

Manual da Sustentabilidade da Construção em aço



MANUAL DE

**CONSTRUÇÃO
EM AÇO**



Manual da Sustentabilidade da Construção em Aço

Série “Manual de Construção em Aço”

- Galpões para Usos Gerais
- Ligações em Estruturas Metálicas
- Edifícios de Pequeno Porte Estruturados em Aço
- Alvenarias
- Painéis de Vedação
- Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço
- Tratamento de Superfície e Pintura
- Transporte e Montagem
- Steel Framing: Arquitetura
- Interfaces Aço-Concreto
- Pontes e Viadutos em Vigas Mistas
- Treliças tipo Steel Joist
- Viabilidade Econômica
- Dimensionamento de Perfis Formados a Frio conforme NBR 14762 e NBR 6355 (CD)
- Projeto e Durabilidade
- Estruturas Mistas Vol. 1 e 2
- Prevenção contra Incêndio no Projeto de Arquitetura
- Projeto de Abertura em Almas de Vigas de Aço e Vigas Mistas de Aço e Concreto
- Estruturas Compostas por Perfis Formados a Frio. Dimensionamento pelo Método das Larguras Efetivas e Aplicação Conforme ABNT NBR 14762:2010 E ABNT NBR 6355:2012
- Tecnologias de Vedação e Revestimento para Fachadas
- Steel Framing Engenharia
- Manual da Sustentabilidade da Construção em Aço

ANDERSON BENITE
ELIANA TANIGUTI
PEDRO GONZALEZ

Manual da Sustentabilidade da Construção em Aço

INSTITUTO AÇO BRASIL

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

RIO DE JANEIRO | 2019

© 2019 INSTITUTO AÇO BRASIL / CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por quaisquer meio, sem a prévia autorização desta Entidade.

Editora Técnica: Silvia Scalzo Cardoso

Apoio técnico aos autores: Patricia Ramos, Nathalia Barreto

Iniciativa: Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro da Construção em Aço

Realização: Aço Brasil / CBCA

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Informações do AçoBrasil/CBCA

B467m Benite, Anderson; Taniguti, Eliana; Gonzalez, Pedro
Manual da sustentabilidade da construção em aço / Anderson Benite, Eliana
Taniguti, Pedro Gonzalez, Silvia Scalzo Cardoso [revisora]. - 1.Ed. - Rio de Janeiro:
Instituto Aço Brasil : CBCA, 2019.

84 p. : il. (color) ; 29 cm. -- (Série Manual de Construção em Aço).

Bibliografia

ISBN 978-85-89819-44-2

1. Construção em aço. 2. Sustentabilidade. 3. Construção civil. 4. Construção
metálica. 5. Edifícios verdes. I. Título. II. Série.

CDU 624.014:349.6

1ª Edição , 2019
Instituto Aço Brasil /

Centro Brasileiro da Construção em Aço
Rua do Mercado, 11 / 18º Andar
20010-120 - Rio de Janeiro - RJ
e-mail: cbca@acobrasil.org.br
site: www.cbca-acobrasil.org.br

Agradecemos todas as empresas e profissionais que
forneceram entrevistas e informações aos autores,
viabilizando a produção deste manual.

Capítulo 1

Introdução	09
1.1 - Sustentabilidade, a ponte entre desenvolvimento e meio ambiente	10
1.2 - Sustentabilidade e a construção civil	10
1.3 - Estruturação do manual	13

Capítulo 2

Os 10 aspectos sustentáveis da Construção em Aço	18
2.1 - Durabilidade	18
2.2 - Reciclabilidade e minimização de resíduos	20
2.3 - Reutilização e desconstrução	23
2.4 - Precisão construtiva e o projeto integrado	28
2.5 - Flexibilidade no layout e liberdade de formas	31
2.6 - Redução dos incômodos no entorno da obra	37
2.7 - Prazos de obra	40
2.8 - Produtividade	43
2.9 - Segurança e qualificação profissional	45
2.10 - Desempenho ambiental do canteiro de obra	48

Capítulo 3

Aspectos sustentáveis da indústria do aço e da fabricação dos seus produtos para a construção	52
3.1 - Sustentabilidade na indústria siderúrgica	53
3.1.1 - Reciclagem e reuso do aço e seus coprodutos	55
3.1.2 - Saúde ocupacional e segurança	56
3.2 - Sustentabilidade nos fabricantes de componentes para construção	56
3.2.1 - Estrutura metálica	57
3.2.2 - Telhas em aço e painéis de fechamento	59
3.2.3 - Perfis para Drywall e Light Steel Frame (LSF)	60
3.3 - Seleção de fornecedores	61

Capítulo 4

Certificações de Desempenho Ambiental	66
4.1 - Certificações de Desempenho Ambiental	66
4.2 - Benefícios de uma edificação com Certificação de Desempenho	66
4.3 - Declaração Ambiental do Produto	67
4.4 - Certificação LEED	68
4.5 - Certificação GBC Brasil Casa e Condomínio	71
4.6 - Certificação AQUA-HQE	73
4.7 - Selo Casa Azul	75

Referências Bibliográficas	80
-----------------------------------	-----------



O CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço tem a satisfação de oferecer aos profissionais da construção civil mais este manual, de uma série cujo objetivo é a disseminação de informações técnicas e as melhores práticas relacionadas à construção em aço.

O setor da construção civil é responsável por significativos impactos ambientais no planeta, causados pela extração de recursos naturais, pela produção das matérias-primas utilizadas nos diversos sistemas construtivos, além dos impactos da obra, operação do edifício e de seu desmonte.

Esses impactos devem ser avaliados desde a concepção do edifício. Durante a fase de obra, o sistema construtivo utilizado acarretará impactos no entorno do canteiro de obra. Após a finalização da obra, na operação e manutenção do edifício, os sistemas construtivos empregados continuarão gerando impactos. Todos os processos, seja a construção, a operação e no final da vida útil, o desmonte do edifício, produzirão impactos nas gerações futuras.

Dito isto, o desafio do setor da construção é responder aos impactos ambientais com soluções inovadoras e industrializadas que possam gerar menores impactos e melhor controle de sua gestão.

Diante desse cenário, este manual tem como objetivo principal discutir a construção industrializada e os sistemas construtivos em aço à luz da sustentabilidade. Muito se discute o assunto sob a ótica da operação do edifício, com foco na gestão de facilidades, como economia de energia e de água na operação do edifício, os quais, sem dúvida, são fundamentais para a sustentabilidade. No entanto, há pontos de grande relevância para a sustentabilidade que tangem particularmente os sistemas construtivos em aço, e que esse manual procura elencar, discutir e exemplificar.

Espera-se que as questões levantadas sobre a construção em aço, contidos neste manual, possam ampliar a visão das aplicações do aço e de seus benefícios em prol da sustentabilidade, contribuindo ainda para a difusão de competência técnica e empresarial no País

O CBCA, entidade que promove a construção industrializada em aço no Brasil, acredita que a difusão dos sistemas construtivos em aço colabora com o avanço tecnológico da construção civil brasileira.





CAPÍTULO 1

Introdução



1.1 Sustentabilidade, a ponte entre desenvolvimento e meio ambiente

O homem sempre explorou intensivamente os recursos naturais e interferiu nos vários sistemas que compõem o meio ambiente. Por muito tempo o desenvolvimento era visto como algo contraditório à preservação ambiental e não se podia esperar que os dois andassem juntos.

A partir da segunda metade do século XX, a sustentabilidade se tornou objeto de estudo e preocupação em razão dos problemas ambientais (MIKHALLOVA, 2004).

Em abril de 1987, a Comissão Brundtland, comissão de meio ambiente e desenvolvimento da ONU definiu no relatório “Nosso futuro comum” o conceito de desenvolvimento sustentável, como sendo:

“O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.”

O conceito de sustentabilidade foi evoluindo desde então, mas sempre visto como uma ponte entre desenvolvimento e meio ambiente, preservando os recursos naturais para que estes se mantenham no futuro sem comprometer as próximas gerações e desassociando o crescimento econômico da necessidade de se extrair mais recursos naturais.

1.2 Sustentabilidade e a construção civil

A partir da década de 50 do século passado iniciou-se uma série de esforços a nível global para solucionar os problemas ambientais gerados pelo homem.

Diversas discussões, estudos e ações foram implementados desde então. A figura 1 ilustra a evolução, com alguns marcos importantes, da evolução da abordagem da sustentabilidade ao longo do tempo:



Figura 1: Marcos importantes da evolução da abordagem da sustentabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores.

O conceito de sustentabilidade é amplo e não se restringe ao gerenciamento e proteção dos recursos naturais, mas integra desenvolvimento e melhorias na qualidade de vida do ser humano.

Nesse âmbito, a implantação de ações sustentáveis no setor da construção assume papel de grande relevância, por ser um dos principais responsáveis pela escassez dos recursos naturais e pela produção de resíduos, e, ao mesmo tempo, é o setor responsável pela concepção de infraestruturas e edificações que dão suporte ao homem e sua qualidade de vida.

Segundo a Agenda 21, a construção sustentável é referida como processo holístico com o objetivo de restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído, aplicando os princípios de desenvolvimento sustentável em todo o ciclo das construções, abrangendo a extração e beneficiamento das matérias-primas, o planejamento e projeto, a construção dos edifícios e infraestrutura, até seu término de vida, desconstrução e tratamento dos resíduos resultantes.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, estima-se que globalmente o setor consuma entre 40% a 75% dos recursos naturais (CBIC, 2014). No Brasil esse índice é de aproximadamente 50%, tendo uma demanda de 4 a 7t de material por habitante/ano (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Parte do alto consumo de materiais pode ser atribuído às perdas e geração de resíduos. A construção gera entre 20 a 25% do total de resíduos da indústria brasileira. Ao final da vida útil de um material são gerados cerca de 5 kg de resíduos para cada 1 kg de material utilizado (JOHN, 2000).

Considerado um dos setores com maior impacto ambiental negativo, consome entre 40 e 75% do total dos recursos naturais disponíveis no planeta. As edificações respondem por cerca de 40% do consumo global de energia e até 30% das emissões globais de gases de efeito estufa. No Brasil, é responsável pela geração entre 20% e 25% do total de resíduos da indústria brasileira (CBCS, 2014; CBIC, 2014).

Fica evidente que a indústria da construção é intensiva no uso dos recursos naturais. O rápido crescimento da população mundial, o qual cria uma grande demanda por edifícios e obras de construção, impõe uma enorme pressão sobre os recursos existentes e constitui uma parte importante em todos os efeitos ambientais que influenciam gravemente o equilíbrio natural, a saúde humana e a sobrevivência.

Promover um melhor uso da matéria prima e reduzir o seu consumo é fundamental para a evolução no sentido de uma construção mais sustentável.

Um outro ponto relevante para reduzir o uso dos recursos naturais é a maximização da vida útil dos produtos. A elaboração de um projeto para a edificação passa a ser imprescindível, por meio de:

- especificação mais adequada dos materiais;
- desenvolvimento de edificações flexíveis, que se adaptam às diferentes necessidades do usuário e à evolução ao longo do tempo;
- substituição da demolição pela desconstrução, buscando maximizar o reuso dos componentes da edificação.

Para a evolução da construção sustentável o conceito de desenvolvimento sustentável deve ser inserido em todo o ciclo de vida da construção; desde a extração da matéria prima para fabricação de produtos e componentes até o fim da vida útil de uma edificação.

Nesse contexto, os sistemas construtivos em aço podem ser empregados como uma alternativa para quem busca uma construção mais sustentável. São sistemas industrializados que mitigam parte do consumo em razão de desperdícios, já que seu processo é fabril, em ambiente controlado e com medidas para a redução das perdas.

1.3 Estruturação do manual

Dada a relevância do tema sustentabilidade no setor da construção, este manual tem como objetivo abordar as principais características e vantagens dos sistemas da construção em aço sob a ótica da sustentabilidade.

Por ser um tema amplo, esta publicação foca nos principais benefícios em se adotar os sistemas construtivos em aço, desde a concepção do empreendimento, do projeto de arquitetura à execução da obra.

O Manual é dividido em 4 capítulos, incluindo este, que contextualiza a importância da temática, discorrendo brevemente sobre a evolução do conceito de sustentabilidade ao longo dos anos, o impacto do setor da construção para o meio ambiente e a relevância da construção em aço no atendimento a esta agenda.

No capítulo 2 são apresentados os principais aspectos da sustentabilidade nas obras, particularmente nos sistemas construtivos em aço. Neste capítulo também se aborda a visão dos projetistas e os ganhos potenciais ao se conceber um projeto integrado ao entorno, às demais disciplinas e ao processo de execução.

São elencados empreendimentos que se destacam pelo uso de sistemas construtivos em aço, explicando as razões pelas quais o aço se mostrou a solução mais apropriada e a sua contribuição para maior sustentabilidade das edificações.

Quando se analisa a sustentabilidade, o impacto do uso de um material ou componente jamais pode ser feito de maneira pontual. É preciso considerar todo o ciclo de vida, desde a extração da matéria prima até o fim de sua vida útil.

Desta forma, as ações em prol da sustentabilidade implementadas na cadeia produtiva do aço são tratadas no capítulo 3. A indústria siderúrgica vem investindo ao longo dos anos no desenvolvimento de tecnologias limpas e programas de responsabilidade social. O Relatório de Sustentabilidade, produzido e divulgado pelo Instituto Aço Brasil, apresenta as principais ações desta indústria no país (AÇO BRASIL, 2018).

Neste mesmo capítulo também se aborda ações de sustentabilidade adotadas pelas empresas que produzem componentes para construção metálica, como fabricantes de estruturas metálicas, telhas metálicas e painéis de fechamento e perfis leves (drywall e light steel frame).

O quarto e último capítulo apresenta uma breve descrição dos sistemas existentes para avaliação de desempenho ambiental em edificações: LEED, GBC Brasil Casa, AQUA-HQE e Selo Casa Azul. Também é possível visualizar a contribuição dos sistemas construtivos em aço para melhorar a performance em cada um desses sistemas de certificação.

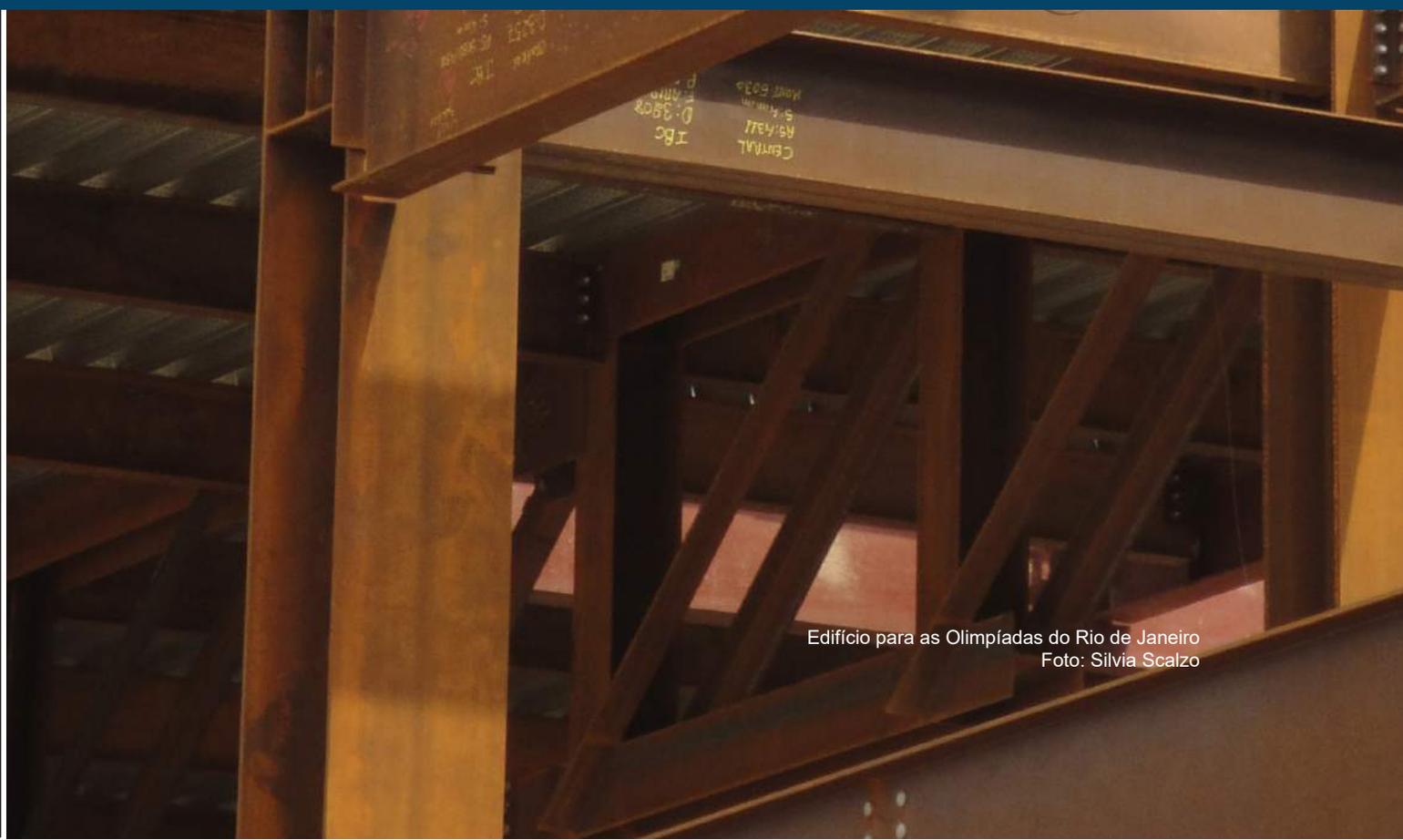
Sem a pretensão de ser completo e exaustivo, espera-se que este manual forneça uma visão das diferentes formas de aplicação do aço e os seus ganhos em prol da sustentabilidade, contribuindo com a capacitação dos profissionais do setor para a promoção e intensificação do uso do aço nas edificações.





CAPÍTULO 2

Os 10 aspectos sustentáveis da Construção em Aço



Edifício para as Olimpíadas do Rio de Janeiro
Foto: Silvia Scalzo

Este capítulo apresenta os principais aspectos de sustentabilidade da construção em aço no canteiro de obras divididos em 10 temas distintos, abrangendo desde o projeto, que não pode ser dissociado da execução, até o reuso, desmontagem e reciclabilidade.

2.1. Durabilidade

Ter durabilidade significa que o produto é fisicamente resistente a danos e desgastes e, ao mesmo tempo, se mantém num patamar de desempenho igual ou superior a aquele pré-definido, sendo relevante para o usuário e não perdendo suas funções. Caso contrário, haverá a demanda por um novo produto para substituí-lo.

A substituição de um produto que chegou ao seu fim de vida pode acarretar na extração de mais materiais virgens do meio natural, consumindo os limitados recursos do planeta, bem como, demandando novos processamentos industriais e os decorrentes impactos ambientais no meio ambiente.

Além disso, ao término de sua vida útil, o produto ainda se torna um resíduo que precisará ser destinado adequadamente para não trazer maiores impactos ao meio ambiente e, mesmo assim, o volume de resíduos gerados pressiona as cidades e seus limitados locais de destinação final, o que é uma das problemáticas urbanas da atualidade.

Desta forma, maior durabilidade é uma característica importante dos materiais considerados como mais sustentáveis. De maneira simplificada, quando um material tem seu tempo de vida alongado, seus impactos ambientais de extração, produção e destinação são reduzidos.

Nesse contexto, o aço pode ser considerado um dos materiais de construção de maior durabilidade. Estruturas como a da ponte Forth Rail Bridge em Quensferry – Reino Unido (1890) (figura 2.1) e Edifícios como o National Liberal Club em Londres – Inglaterra (1887) (figura 2.2) demonstram, por sua idade e condições atuais de uso, a grande durabilidade que pode ser alcançada com o aço, considerando, é claro, que todas as manutenções sejam realizadas de forma adequada.



Figura 2.1 - Forth Rail Bridge

Comprimento: 1.630 m - Volume de aço: 54.000 t - Execução da obra: Sir William Arrol & Co. - Ano de conclusão: 1890
Projeto arquitetônico: John Fowler and Benjamin Baker - Foto: Pixabay



Figura 2.2: National Liberal Club (1887)

Projeto arquitetônico: Alfred Waterhouse - Ano de conclusão: 1887

Fonte: Geograph / Foto: Stephen Richards

A norma brasileira de desempenho – ABNT NBR 15575, define durabilidade como a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso e manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção do edifício (ABNT, 2013). Tal definição reforça a importância da manutenção e de se considerar as condições de uso ao se projetar, construir e operar um edifício.

Na construção em aço, para a garantia da durabilidade, é fundamental que a fabricação seja executada de acordo com as boas práticas, assim como a montagem e gestão dos controles dos mecanismos de deterioração que podem gerar patologias a médio e longo prazo.

Os componentes de aço, ao serem produzidos em ambientes fabris com maior controle do processo quando comparados aos sistemas construtivos moldados em canteiros de obra, podem reduzir a possibilidade de deterioração antecipada por falhas em sua fabricação.

Além disso, por ser um material inorgânico, o aço não é susceptível a formação de mofo, ao ataque de cupins ou outras pragas comuns em diversos materiais utilizados na construção.

A durabilidade do aço também depende do nível de exposição e agressividade dos ambientes onde ele é empregado (atmosfera, solo, proximidade da orla marítima, presença de produtos químicos e vapores, etc.). Assim, a adoção de proteção contra a corrosão é essencial, devendo ser aplicada corretamente e de acordo com o nível de exposição, podendo ainda advir de propriedades específicas do próprio aço produzido ou pela aplicação de camadas protetoras.

Outros cuidados devem ser tomados no que tange à corrosão, por exemplo, a previsão de detalhamentos de projeto que assegurem a drenagem eficiente de pontos com potencial de acumulação de água, o fechamento de frestas, o uso de proteção galvânica quando houver duas ou mais ligas de aço diferentes e, até mesmo, a adoção de sobre-espessuras dos elementos para suportar a corrosão.

Devem ser avaliadas as possíveis patologias de uma edificação em aço, que demandariam reparos durante a vida útil, de modo que a adoção de maiores níveis de proteção possa representar uma adequada decisão no longo prazo.

Por fim, é importante destacar que a correta especificação e aplicação das proteções, bem como, o contínuo monitoramento e manutenções preventivas e corretivas podem estender substancialmente a vida do aço empregado, fazendo com que a durabilidade se torne uma característica sustentável.

2.2. Reciclabilidade e minimização de resíduos

Reciclagem é o processo de conversão de materiais residuais em novos materiais e produtos, que podem ser iguais ou diferentes do material ou produto original (BRASIL, 2010).

A reciclagem permite reintroduzir um material no ciclo produtivo e de consumo, o que traz vantagens ambientais e sociais pois reduzem o consumo de matérias-primas virgens que precisariam ser extraídas do meio natural, poupam energia e água nos processos produtivos, diminuem as emissões e o volume de resíduos a serem destinados aos já limitados aterros e ainda geram empregos na indústria da reciclagem.

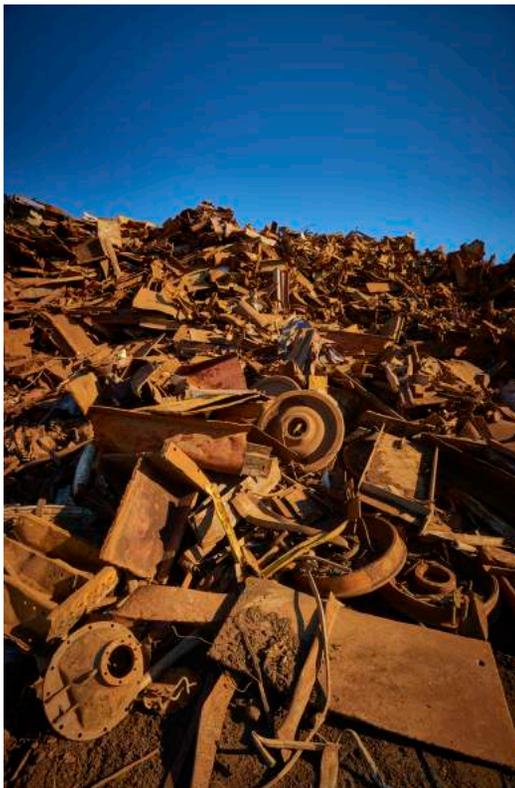


Figura 2.3 Perfis para reciclagem e sucata compactada

Fonte: WorldSteel / Foto: Worldsteel / Roger Ball

O aço tem como diferencial a possibilidade de reciclagem em ciclo fechado, quando os materiais são transformados em novos materiais com as mesmas propriedades originais, ou seja, os processos de reciclagem podem transformar a sucata em aço novamente (Fig. 2.3).

Usualmente, a maior parte dos materiais utilizados nas construções permitem apenas o *downcycling*, ou seja, a conversão para novos materiais que possuem propriedades ou funcionalidades depreciadas. Exemplos de *downcycling* incluem a trituração de blocos para enchimento de valas ou o uso de resto de madeira para servir de combustível em fornos.

Um dos fatores promotores da reciclagem do aço é a propriedade magnética, que facilita a utilização de maquinários com sistemas de imãs e que permitem separá-lo de outros materiais durante a triagem.

A figura 2.4 apresenta os cenários de destinação dos principais materiais como concreto, madeira e aço, empregados nas estruturas dos edifícios. São apresentadas as porcentagens de cada material destinados a processos de descarte ou reuso (STEEL CONSTRUCTION, 2018).

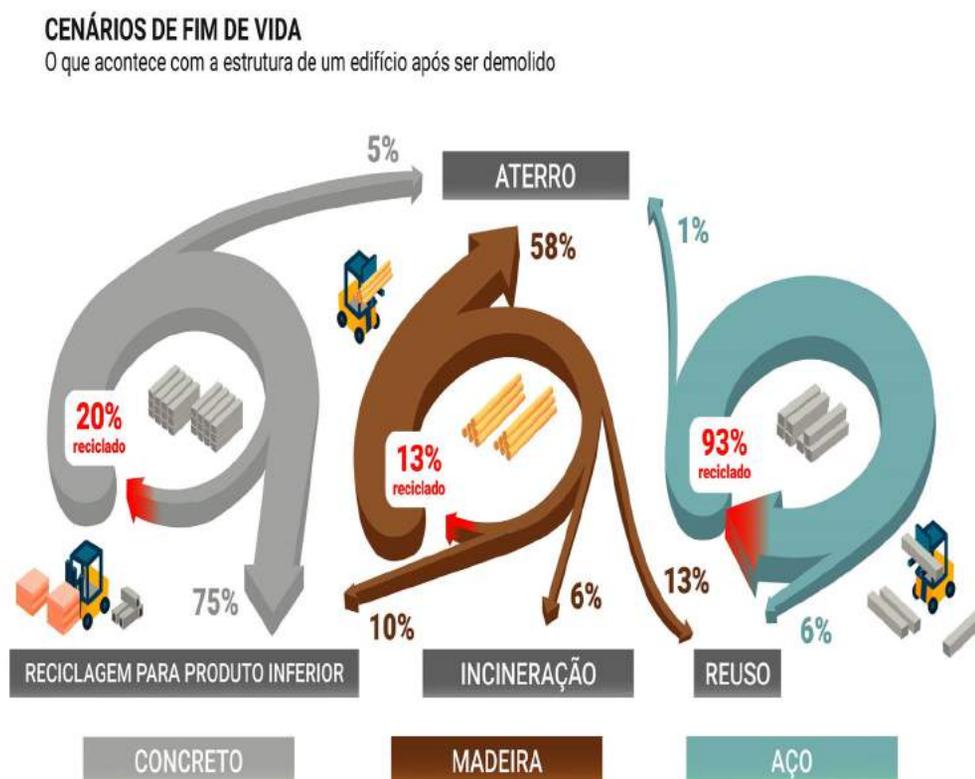


Figura 2.4 Destinação dos materiais utilizados nas estruturas de edifícios
Fonte: adaptado de Steel Construction (2018)

Comparando-se os três materiais, verifica-se que a maior taxa de reciclagem é a referente ao aço com 93% em ciclo fechado, uma quantia significativa de reuso (6%) e muito pouco sendo destinado para aterro para encerramento do ciclo de vida (1%).

A lógica de funcionamento é semelhante na maioria dos mercados, porém, com diferentes percentuais em razão da maturidade do mercado de reciclagem de cada localidade. No Brasil, cerca de 30% de todo o aço produzido é proveniente de reciclagem (AÇO BRASIL, 2018).

Além de sua reciclabilidade, como o processo de produção dos componentes de aço é desenvolvido em ambientes de fábrica, há a possibilidade de reintroduzir novamente no processo os resíduos que não forem passíveis de serem evitados.

Alguns fabricantes e montadores possuem certificações de seus sistemas de gestão da qualidade e meio ambiente de acordo com as normas ISO 9001 e ISO 14001 respectivamente, indicando maior empenho na redução de perdas por meio de controles de qualidade e mitigação de impactos ambientais com a consequente redução do consumo de matérias primas e dos resíduos nos processos produtivos.

Outro aspecto relevante é que, no Brasil, a maioria das fôrmas utilizadas para a execução de estruturas em concreto armado ainda são confeccionadas em madeira e possuem um número limitado de reaproveitamentos.

Nas construções de estruturas em aço, a utilização de fôrmas fica limitada a poucos elementos do edifício que podem ser construídos em concreto, diminuindo assim o consumo de madeira e a geração de seus resíduos e todos os custos decorrentes de seu transporte e destinação final.

Em relação a gestão de resíduos, foi feita uma análise comparativa do edifício The One (figura 2.5), construído em estrutura mista, com outro empreendimento executado no sistema convencional. Ambos os edifícios foram construídos pela mesma construtora, a Odebrecht Realizações Imobiliárias. (GOMES, TOURRUCÔO, 2012)



Figura 2.5: Edifício The One, São Paulo - SP, 2012 - Odebrecht Realizações. Arquitetura Itamar Berezin. Fabricação da estrutura: Codeme. Fonte: Revista Arquitetura & Aço - Foto: Carlos Gueller

No caso do The One, foi possível obter uma redução da quantidade de resíduos de madeira de 81% e uma redução de 11% dos resíduos cinzas, referentes as sobras de concreto (CIAMPI JR., 2013).

O consumo de madeira para uso temporário na obra, como é o caso de fôrmas para concreto, pode ser considerado um desperdício visto que, após final de sua vida útil ele se torna um resíduo, o qual, mesmo quando destinado para outros fins, como aglomerados, combustíveis, indústria de papel e celulose, e compostagem, trata-se de *downcycle*, ou seja, a qualidade do material é depreciada.

É relevante a participação da madeira na composição de custos das estruturas de concreto, podendo variar de 8,01 m² a 12,52 m² por m³ de estrutura de concreto produzido (TCPO 13 - PINI, 2008).

Neste contexto, o emprego do aço é uma alternativa mais sustentável para as obras, visto que possibilita, por meio da implementação de um programa de gerenciamento de resíduos, o envio de suas sobras para a reciclagem, desviando-as dos aterros onde teria o seu ciclo de vida encerrado, ainda incentivado pelo alto valor comercial da sucata de aço no mercado de reciclagem, fato que colabora para que o aço seja um dos materiais mais reciclados no mundo.

A construção civil demanda uma grande quantidade de recursos naturais e, ao se utilizar materiais ou componentes que tenham todo ou parte de seu conteúdo proveniente de material que tenha sido reciclado, fica reduzida a necessidade de extração de matérias primas do meio natural, sendo assim, uma alternativa mais sustentável.

A aquisição de materiais com conteúdo reciclado incorporado também promove a valorização comercial dos resíduos e incentiva o desenvolvimento do mercado de reciclagem, promovendo o crescimento contínuo dessa alternativa para um futuro ciclo fechado, gerando empregos e permitindo preservar recursos naturais para as próximas gerações.

Neste contexto, privilegiar a aquisição do aço com conteúdo reciclado é uma alternativa mais sustentável. As certificações de desempenho ambiental de edifícios, como as apresentadas no capítulo 4 deste manual, valorizam essa premissa, e quanto maior a quantidade de conteúdo reciclado incorporado no edifício construído, maior será seu desempenho ambiental.

2.3 Reutilização e desconstrução

Diferentemente da reciclagem, a reutilização é o uso subsequente de um material ou componente após o término de sua vida, podendo ser reaproveitado e mantendo uma forma igual ou similar a original (BRASIL, 2010).

Tanto o processo de reciclagem quanto o de reutilização demandam o consumo de energia, seja para o reaproveitamento da sucata ou para as atividades de desconstrução, transporte e ajustes para sua recuperação. De toda forma, tais alternativas são vantajosas do ponto de vista ambiental, pois reduzem a quantidade de recursos naturais para produzir uma nova unidade quando comparado ao uso de material virgem, considerando-se a produção, a geração de resíduo, o consumo total de energia e emissões de poluentes (STEEL CONSTRUCTION, 2018).

A reutilização, ao demandar uma quantidade inferior de energia e de matéria prima, se torna muito interessante. Nesse contexto, aproveitar, mesmo que parcialmente, a estrutura já existente de um edifício ou, até mesmo, construir um novo edifício a partir de componentes desmontados de outros edifícios ou estruturas, é uma das formas mais sustentáveis de se criar um “novo” edifício, pois permite reduzir os diversos impactos decorrentes do fim da vida do edifício antigo ou de seus componentes.

Um caso interessante foi o de um hangar construído em estrutura metálica em Londres em

1942, durante a segunda guerra mundial, que foi desmontado e reconstruído na cidade de Rotterdam em 1952 e, que após muitos anos, em 2015, foi novamente desmontado e reconstruído e se tornou um terminal de ônibus no aeroporto de Schiphol na cidade de Amsterdam (figura 2.6).



Hangar em Londres, 1942

Fonte: Wikimedia Commons / Foto: Alan Zomerfeld



Hangar em Rotterdam, 1952

Fonte: Wikimedia Commons / Foto: Herbert Behrens / Anefo



Terminal de ônibus no aeroporto de Schiphol em Amsterdam, 2015

Fonte: Wikimedia Commons / Foto: Bart

Figura 2.6 - Exemplo de reutilização de estrutura em aço



Figura 2.7: Edifício Castalia que considerou a reutilização de forma intensiva. Castalia, Haia (Holanda) 1998 - Michael Greaves Architecture & Design
 Autor: Gjmoij / Foto: Gjmoij / Wikimedia Commons

O edifício Castalia em Haia na Holanda é um outro exemplo de reutilização do esqueleto de aço de um edifício existente para concepção de um novo edifício.

A estrutura do edifício, datado de 1965, ganhou novas fachadas e uma cobertura inclinada em meados dos anos 90.

A estrutura em aço com lajes em concreto mostrou-se forte o suficiente para suportar as cargas extras e a estrutura foi reforçada com elementos de aço (figura 2.7).

O conhecido museu d'Orsay em Paris, na França, originalmente era uma estação de trem inaugurada em 1900 e, posteriormente, passou por reformas, para ser reinaugurado como museu em 1986, reutilizando grande parte de sua estrutura e cobertura em aço (figura 2.8).



Figura 2.8 Museu D'Orsay e sua reutilização

Museu D'Orsay, Paris (França) 1986 - Foto: Pixabay

Projeto arquitetônico: ACT-Architecture, Renaud Bardon, Pierre Colboc e Jean-Paul Philippon e Gae Aulenti

Projeto Estrutura Metálica: Victor Laloux / Área construída: 20.000m² / Volume de aço: 12.000 ton / Ano de conclusão: 1986

As edificações com estrutura e componentes em aço podem permitir a sua reutilização de diferentes formas, podendo se destacar:

- Reutilização de uma estrutura ou edificação existente (reutilização adaptativa ou retrofit), normalmente associada a grandes reformas e mudança de uso;
- Reutilização da estrutura e componentes do edifício em uma nova localização por meio do transporte do edifício como um todo ou parte deste, geralmente, mantendo sua forma original;
- Reutilização de componentes do edifício, envolvendo a cuidadosa desconstrução dos elementos para recuperação e uso em novas construções.

Projetos que possibilitem a desconstrução são fundamentais para ampliar o potencial de reutilização e diversas estratégias podem ser utilizadas nesse sentido, tais como: uso de conexões parafusadas e acessíveis para futura desmontagem, minimização do uso de adesivos e selantes, utilização de BIM na concepção dos projetos para permitir a futura identificação dos componentes e rastreabilidade de suas propriedades, dentre outros.

De acordo com o manual de Projeto para Desconstrução, publicação focada em apoiar o desenvolvimento de projetos que permitam sua futura desconstrução (EPA, 2017), existem diversas estratégias que devem ser observadas para aumentar o potencial de reutilização:

- Utilizar fixações mecânicas em detrimento de selantes, adesivos e soldas;
- Minimizar o uso de diferentes tipos de materiais;
- Minimizar o número de componentes;
- Minimizar o número de fixadores;
- Fazer conexões visíveis e acessíveis;
- Prever camadas ou sistemas de construção separáveis;
- Desassociar as instalações da estrutura;
- Minimizar o uso de materiais tóxicos;
- Minimizar o uso de materiais compostos (não separáveis);
- Adotar componentes modulares;

- Prever acessos para futura desmontagem;
- Prever pontos de acesso e ganchos para trabalhos em altura para a atividade de desmontagem;
- Informações acessíveis (desenhos e detalhes da construção, identificação dos componentes, etc.).

O projeto da Arena Cuiabá (figura 2.9), desenvolvido pela GCP Arquitetos, conforme apresentado pelo arquiteto Sergio Coelho, foi concebido com a premissa de que parte de suas arquibancadas pudessem ser desmontadas e removidas após o período da Copa e pudessem ser reaproveitadas em outras localidades.



Figura 2.9: Arena Pantanal e arquibancada removível

Cuiabá 2014

Projeto arquitetônico: GCP Arquitetura e Urbanismo e Grupo Stadia

Área construída: 80.000 m²

Volume de aço: 9000 t

Projeto estrutural: Ponto de Apoio e Sinclair Knight Merz (conceitual)

Fornecedor da estrutura metálica: MV Construções Metálicas Estruturas da arquibancada, cobertura e fechamento (7.600 t); estruturas espaciais Entap Engenharia e Construções.

Execução da obra: Consórcio Santa Bárbara/ Mendes Junior.

Ano de conclusão: 2014

Esta mesma premissa foi considerada na concepção de algumas edificações construídas para os jogos Olímpicos de 2016, como o Estádio Aquático Olímpico e a Arena do Futuro (figura 2.10), que foram projetados para que fossem desmontados e transformados em dois centros esportivos e quatro escolas respectivamente.



Figura 2.10: Estádio Aquático e Arena do Futuro concebidos para poderem ser desconstruídos e reutilizados
 Projeto arquitetônico: Rio projetos 2016 – Lopes Santos & Ferreira Gomes, Oficina de Arquitetos e Paulo Casé Planejamento
 Área construída: 24.000 m² / Volume de aço: 2.700t / Projeto estrutural: Projeto Alpha Engenharia de Estruturas Ltda
 Fornecedor da estrutura metálica: Brafer Construções Metálicas S/A / Execução da obra: Dimensional Engenharia Ltda.
 Ano de conclusão: 2015
 Fonte: Revista Arquitetura & Aço - CBCA, Edição nº 46 - Foto: Acervo Dagnese

Nesse contexto, a utilização de edificações e componentes em aço, seguindo estratégias de desconstrução, possibilitam o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis pois podem já considerar as futuras necessidades de adaptações (ampliações, reduções, mudanças de tipo de uso, alteração de lay-out, etc.), bem como, sua futura desconstrução, reutilização e a reciclagem adequada dos eventuais componentes que tenham encerrado seu ciclo de vida.

2.4. Precisão construtiva e projeto integrado

A utilização de sistemas construtivos em aço, por ter sua base em processos industrializados, demanda que os projetos sejam desenvolvidos com grande precisão e maior nível de detalhamento quando comparado a sistemas construtivos mais convencionais, nos quais, muitas vezes, soluções técnicas acabam sendo definidas durante a fase de construção, gerando desperdícios e resíduos e seus decorrentes impactos ambientais.

Um elevado nível de detalhamento do projeto com a especificação minuciosa dos componentes e sub-sistemas, abrangendo todas conexões e interfaces entre os sub-sistemas (vedações horizontais e verticais, sistemas prediais, cobertura e acabamentos), bem como, a definição de todas as etapas do processo de produção e montagem são fundamentais para que um empreendimento em aço seja bem-sucedido.

Para o arquiteto Vinícius Andrade, da Andrade Morettin Arquitetos Associados, o aço, além de ser interessante esteticamente, necessita de maior controle da cadeia de suprimento e maior rigor técnico, sendo que toda logística da obra precisa ser discutida desde o princípio.

O arquiteto exemplifica com um dos projetos de seu escritório, o Instituto Moreira Salles (Figura 2.11), para o qual foram detalhados todos os nós da estrutura metálica parafusada, incorporando-os à estética desejada.

Nesse projeto foi necessário a definição das dimensões de cada elemento em razão das dificuldades de transporte e acesso ao canteiro, uma vez que a obra era localizada em uma das avenidas mais movimentadas do país.



Figura 2.11: Instituto Moreira Salles - São Paulo SP, 2017

Projeto arquitetônico: Andrade e Morettin Arquitetos Associados / Área construída: 8.662 m² / Volume de aço: 400t
 Projeto estrutural: Ycon Engenharia e Projetos Estruturais / Fornecimento da estrutura de aço: Eleve Engenharia e Construções / Execução da obra: Alle Engenharia / Ano de conclusão: 2017
 Foto: Nelson Kon

Com a precisão construtiva do aço ainda pode ocorrer a redução de consumo de matéria prima em outros subsistemas na obra. Por exemplo, dada a precisão da estrutura metálica, que possui um melhor aprumo e nivelamento, as espessuras dos revestimentos de paredes (ex: argamassa) são mais uniformes e podem ter suas espessuras reduzidas, minimizando as perdas incorporadas.

Essa precisão reforça a importância do trabalho dos projetistas e da etapa de projeto em si, e, ao mesmo tempo, incentiva o desenvolvimento de projetos de forma integrada, ou seja, com a participação ativa de diversas disciplinas de projeto (fundações, estrutura, hidráulica, elétrica, ar condicionado, esquadrias, etc.) e da equipe de construção, desde as fases mais iniciais dos projetos, da concepção ou estudo preliminar até o detalhamento das especificações técnicas, métodos construtivos e logística de canteiro.

O arquiteto e professor Siegbert Zanettini, reconhecido defensor e projetista de edifícios em aço menciona: “Tudo precisa ser interligado. Eu não consigo ver, por exemplo, a arquitetura separada da engenharia. Todos os projetos que desenvolvo possuem profunda integração e essa

foi uma das motivações para que eu começasse a trabalhar com aço”. No projeto do CENPES II (Figura 2.12), em razão de suas dimensões, das necessidades técnicas e funcionalidades, foi necessária a formação de uma equipe de projetistas e especialistas nas mais diversas disciplinas, trabalhando de forma integrada desde o início da concepção para que o empreendimento fosse concretizado com sucesso.



Figura 2.12: Projeto CENPES II - Centro de Pesquisas da Petrobras – Rio de Janeiro, 2010

Projeto arquitetônico: Siegbert Zanettini (Zanettini – Arquitetura, Planejamento e Consultoria);

José Wagner Garcia (coautor)

Área construída: 305 mil m²

Volume de aço: 6.800 t.

Projeto estrutural: Heloísa Maringoni (Companhia de Projetos Ltda.)

Fornecedor da estrutura metálica: CPC Estruturas, Brafer

Execução da obra: Consórcio Cenpes (Construtora OAS Ltda., Construbase Engenharia Ltda., Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S.A., Schahin Engenharia S.A. e Construcap – CCPS Engenharia e Comércio S.A.)

Ano de conclusão: 2010

A ASBEA - Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura manifesta que construções em aço exigem grandes níveis de integração e ressalta que o processo de projeto deve ser integrado e destaca diretrizes no Guia de Sustentabilidade na Arquitetura da entidade (ASBEA, 2012):

- capacitação de todos os profissionais de projeto e de consultoria envolvidos;
- definição do conteúdo das informações que devem estar contidas nos desenhos e nos textos e a padronização da apresentação;
- concepção arquitetônica consistente e flexível;
- eficiência e a eficácia da coordenação de projetos regidas pela consciência formal e técnica da concepção do projeto;
- observância das necessidades e expectativas dos clientes do projeto;

- atendimento das necessidades específicas da execução e controle de obras.

O desenvolvimento de projetos integrados, de acordo com a entidade norte americana AIA - The American Institute of Architects (AIA, 2007), permite uma maior agregação dos conhecimentos e expertises dos diversos membros da equipe e traz os seguintes benefícios:

- Maior controle dos custos de orçamento da edificação;
- Maior aderência aos requisitos dos clientes e exigências normativas;
- Maior planejamento do projeto e da pré-construção;
- Antecipação e resolução de problemas construtivos.

Portando, um projeto desenvolvido de forma integrada pode trazer economias de 2 a 10% nos custos de construção de uma edificação, o que reforça a sua relevância (UKOGC, 2007).

O projeto integrado exige a compreensão objetiva e precisa do edifício e de todos os seus elementos por todos seus participantes em suas diversas disciplinas. Nesse contexto, a adoção do BIM - Building Information Modeling é desejável visto que permite que o projeto seja manipulado concomitantemente pelos diversos profissionais envolvidos, reduzindo significativamente o risco de falhas e interferências entre as diversas partes do edifício.

Cardoso e Gonzales (2014) analisaram quatro edifícios construídos em estrutura mista, entre eles o The One e identificaram desenvolvimento integrado e diversas práticas de engenharia simultânea como: integração entre equipes, utilização de novas tecnologias de gestão e de produção e valorização das parcerias entre agentes que resultaram em redução dos prazos de obras, introdução de inovações e alta qualidade dos produtos construídos.

2.5. Flexibilidade no layout e liberdade de formas

A construção em aço permite a utilização de formas e volumes singulares, ampliando muito o leque de possibilidades estéticas para se desenvolver projetos mais arrojados e de expressão arquitetônicas marcantes. Diversos são os exemplos de projetos com essas características no mundo, como os apresentados nas figuras 2.13 a 2.16 a seguir.



Figura 2.13 - Museu do Amanhã, Rio de Janeiro – Brasil - 2016

Projeto Arquitetônico: Santiago Calatrava Architects & Engineers (Zurich - Suíça) e Ruy Rezende Arquitetura (Rio de Janeiro - RJ)
 Área construída: 65.000m²
 Projeto da Estrutura Metálica: Projeto Alpha Engenharia de Estruturas – São Paulo/SP,
 Fabricação e montagem: Martifer
 Volume de aço: 3.810t
 Ano de conclusão: 2016

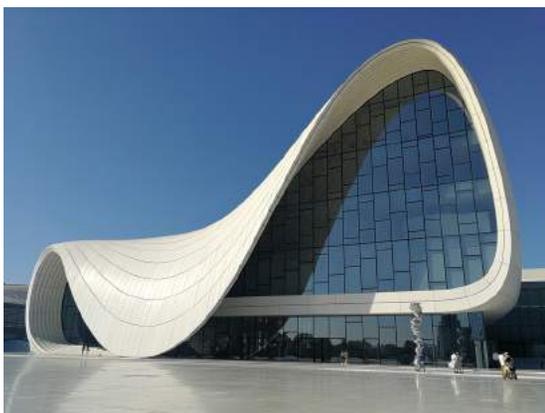


Figura 2.14 - Heydar Aliyev Cultural Center, Baku - 2012

Projeto arquitetônico: Zaha Hadid Architects, Patrik Schumacher
 Área construída: 101.801 m²
 Volume de aço: 5.500 t
 Projeto estrutural: ATK Tuncel Enginners
 Projeto da estrutura metálica: Brimat, Mikodam, Zumtobel, Lindner, Penetron
 Construtora: DiA Holding
 Ano de conclusão: 2012
 Foto: Aleksandr Zykov/ Flickr



Figura 2.15 - Arena das Dunas – Natal – Brasil - 2014

Projeto Básico: Populous / Coutinho, Diegues e Cordeiro Arquitetos - Projeto executivo: Grupo Stadia



Figura 2.16 - Museu Soumaya – Cidade do México - México – 2010 – Laboratory of Architecture
 Arquitetura: Fernando Romero, Mauricio Ceballos
 Construtora: Carso Infraestructura y Construcción
 Foto: Pixabay

O arquiteto Luís Capote da LoebCapote Arquitetura e Urbanismo destaca que um dos pontos mais interessantes é a “contemporaneidade” que o aço traz aos empreendimentos, sem deixar de lado os aspectos de custo-benefício e o desempenho ambiental, em especial, por ser uma construção industrializada e com menos resíduos.

O edifício Bayer Eco Commercial Building em São Paulo (Fig. 2.17), de autoria do escritório LoebCapote, é um exemplo de empreendimento que obteve o nível mais alto de certificação LEED, o Platina. O edifício possui sua estrutura em aço parafusada, sendo uma estrutura leve, contemporânea e harmonizada com o local onde ele está inserido. Por ser um sistema aparafusado, o arquiteto destaca que a estrutura do edifício também poderá, no futuro, ser desmontada e levada para outro local e ser inteiramente reaproveitada.



Figura 2.17: Projeto Bayer Eco Commercial Building, São Paulo 2014

Projeto arquitetônico: Loeb Capote Arquitetura e Urbanismo

Área construída: 400 m²

Volume de aço: 21 ton

Projeto estrutural: Grupo Dois Engenharia

Fornecedor da estrutura metálica: Baptistella Estrutura Metálica.

Execução da obra: JZ Engenharia

Ano de conclusão: 2013

Foto: Leonardo Finotti

As estruturas em aço também são reconhecidas por superarem maiores vãos entre pilares, permitindo uma maior flexibilidade do posicionamento das vedações verticais internas e das compartimentações dos ambientes. Essa característica otimiza o aproveitamento dos espaços internos, aumentando a área útil do projeto, visto que os elementos metálicos são mais esbeltos quando comparados com estruturas de concreto.

Em razão dessas características, o aço se torna uma alternativa adequada para as edificações onde serão necessárias adaptações de layout, ampliações, reformas e mudanças de tipos de ocupação ao longo de seu período de vida útil.

No projeto da unidade industrial da empresa Knorr Bremse (figura 2.18), o arquiteto Luis Capote relata que quando o projeto migrou para a estrutura metálica, foi possível a retirada de dois eixos de pilares, e ainda assim, vencer um vão de 35 metros, o maior já realizado pelo escritório. Essa alternativa possibilitou um layout mais livre, facilitando o posicionamento do maquinário, das circulações de pessoas e empilhadeiras, diminuindo interferências. Sendo assim, a solução estrutural trouxe grande flexibilidade para as futuras e prováveis modificações que ocorrerão no layout da linha de produção.



Figura 2.18: Knorr Bremse, Itupeva 2013

Projeto arquitetônico: Loeb Capote Arquitetura e Urbanismo

Área construída: 35.000 m²

Projeto estrutural: Statura Engenharia e Projetos

Execução da obra: Construtora Ribeiro Caram

Ano de conclusão: 2013

Foto: Leonardo Finotti

Reforçando a versatilidade do aço, o arquiteto Newton Massafumi, da Gesto Arquitetura, afirma que na concepção do projeto da residência Pitangueiras (Fig. 2.19), a escolha de elementos construtivos industrializados (estrutura metálica, vedações em light steel frame e fechamentos internos em drywall) favoreceu não só a velocidade de construção, como também trouxe mais leveza à obra, resultando em uma menor carga para a estrutura e favorecendo a adoção de poucos pilares no projeto, abrindo espaço para o aproveitamento da iluminação natural.



Figura 2.19: Residência Pitangueiras, Santana de Parnaíba 2010

Projeto arquitetônico: Gesto Arquitetura

Área construída: 890 m²

Volume de aço: 42 t

Projeto estrutural: Ycon Engenharia

Fornecedor da estrutura metálica: Cetec Indústria, Comércio e Engenharia

Execução da obra: Sommar Engenharia e Construção

Ano de conclusão: 2010

Além das diferentes formas, o uso do aço permite o desenvolvimento de uma construção modular, onde os módulos são fabricados em condições de maior controle e depois são transportados e montados no local definitivo, podendo-se melhorar a qualidade, acelerar o processo construtivo e explorar os benefícios decorrentes da industrialização.

O arquiteto Arnaldo Lima do escritório Edo Rocha Arquiteturas defende a construção modular: “Um ponto interessante no projeto em estrutura metálica é o fato de ser possível desenvolver e explorar uma estrutura modular”, citando como exemplo o projeto da UNIESP, no qual foram projetados e fabricados módulos para a construção das salas de aulas na unidade de Ribeirão Preto, SP (Figura 2.20).

Esse conceito foi replicado para uma nova unidade na cidade de São Roque, SP (Figura 2.20), com outro terreno e outra implantação, mas onde os mesmos módulos das salas puderam ser utilizados. Arnaldo ressalta ainda que o uso da modulação é importante em termos de velocidade de projeto e construção e, após a execução das fundações, a construção se torna uma montagem de componentes, análoga a montagem de um brinquedo Lego® com a repetição dos módulos.



Figura 2.20: Projeto UNIESP Ribeirão Preto, SP e UNIESP São Roque, SP – Edo Rocha Arquiteturas

O arquiteto Arnaldo Lima acrescenta que o aço permite ousar nas formas dos projetos, como no edifício Empresarial Senado de autoria de seu escritório (Figura 2.21).

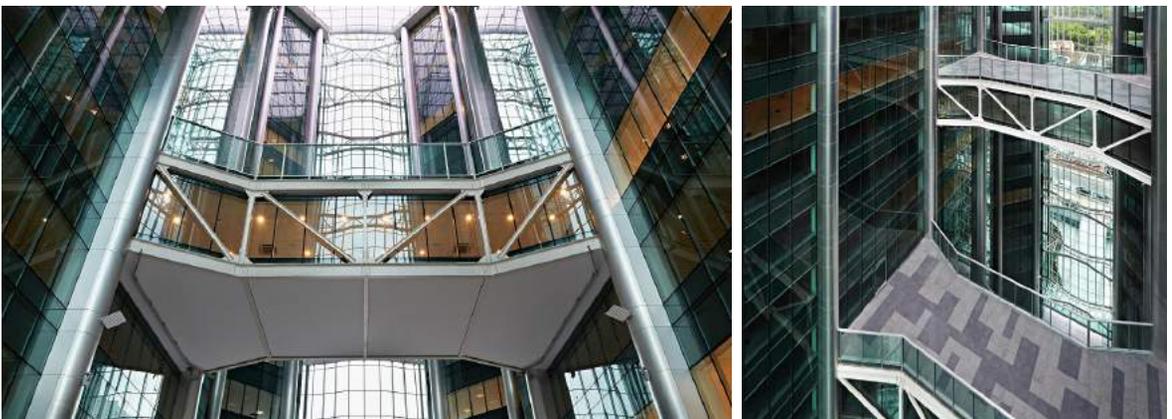


Figura 2.21: Torre Empresarial Senado – Rio de Janeiro - RJ – 2012 Edo Rocha Arquiteturas

O projeto da Casa Natura é um exemplo de solução industrializada e replicável (figura 2.22). De acordo com o arquiteto Lourenço Gimenes, da FGMF Arquitetos, a Casa Natura foi concebida para que sua estrutura pudesse se adequar em diferentes dimensões de terrenos, permitindo sua replicação em diferentes localidades, de modo que os componentes metálicos “*plug-ins*” seriam adotados de acordo com o tipo de implantação e insolação com a utilização de brises e painéis de fechamento.



Figura 2.22: Projeto Casa Natura –São Paulo – FGMF Escritório de Arquitetura, 2010

Foto: Fran Parente

Os edifícios modulares podem permitir mais facilmente a sua desmontagem e a realocação de seus módulos, reconicionados e reutilizados para um novo edifício, reduzindo assim a demanda por matérias-primas e a quantidade de energia gasta para se construir um novo edifício.

2.6. Redução dos incômodos no entorno da obra

A construção em aço possibilita a redução dos prazos de construção e, por consequência, a minimização da duração dos incômodos no entorno da obra e seus decorrentes impactos na vizinhança.

A redução do tempo de atividades executadas nos canteiros de obras, traz como benefício a redução do tempo de exposição da vizinhança à poluição sonora e às vibrações, aos transtornos gerados pelo tráfego de veículos, dentre outros incômodos usuais de uma obra.

Em localidades mais sensíveis a esses incômodos, como nas proximidades de hospitais, escolas, casas de repouso, bairros residenciais e regiões comerciais de grande tráfego, o controle e mitigação de incômodos da obra se tornam extremamente relevantes. Ampliações e reformas de edifícios que estejam em operação e ocupados possuem uma sensibilidade ainda maior.

O projeto de expansão do Hospital Sírio Libanês, em São Paulo, concluído em 2015, com a construção de duas torres que somam 155.000 m² de construção, foi desenvolvido com a estrutura em aço em razão das grandes limitações quanto à emissão de ruídos, poeira e impactos para a operação do hospital e seu entorno (figura 2.23). O edifício recebeu certificação LEED, categoria Gold.



Figura 2.23: Expansão do Hospital Sírio Libanês – 2015

Projeto arquitetônico: L+M Gets / Área construída: 24.000 m² / Volume de aço: 2.700t / Projeto estrutural: ETCPL, Codeme, Metform (Steel Deck) / Fornecedor da estrutura metálica: Codeme / Execução da obra: Método Engenharia e Schahin.
Ano de conclusão: 2015

Uma estrutura em aço normalmente implica em menores cargas nas fundações, quando comparada a uma estrutura de concreto. Isso traz como benefício uma redução do dimensionamento das fundações possibilitando menor quantidade de estacas, menor profundidade ou até mesmo, dependendo de seu porte, a adoção de fundações diretas (ex: sapatas e radier) reduzindo o tempo de geração de ruído e vibrações para vizinhança durante o período de fundações.

A utilização de sistemas com maior grau de industrialização, como no caso das estruturas ou fechamentos em aço, também permite eliminar ou reduzir diversas atividades produtivas que ocorreriam usualmente no canteiro, uma vez que são realizadas na indústria.

Neste contexto, ressalta-se o conceito de construção *off-site*, muito alinhado às construções com estrutura em aço. Esse conceito consiste no planejamento, projeto, fabricação e montagem de elementos de construção em local diferente da localização final de sua instalação, possibilitando uma construção rápida e eficiente. (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2018).

Como o processo de produção dos sistemas em aço pode ocorrer de forma paralela (*off-site*) ao desenvolvimento de outras atividades de obra, é possível executar as fundações da obra enquanto a estrutura é produzida em fábrica, otimizando o cronograma de construção e reduzindo também os conflitos de interferências de diferentes serviços quando estes ocorrem simultaneamente no canteiro (Figura 2.24).

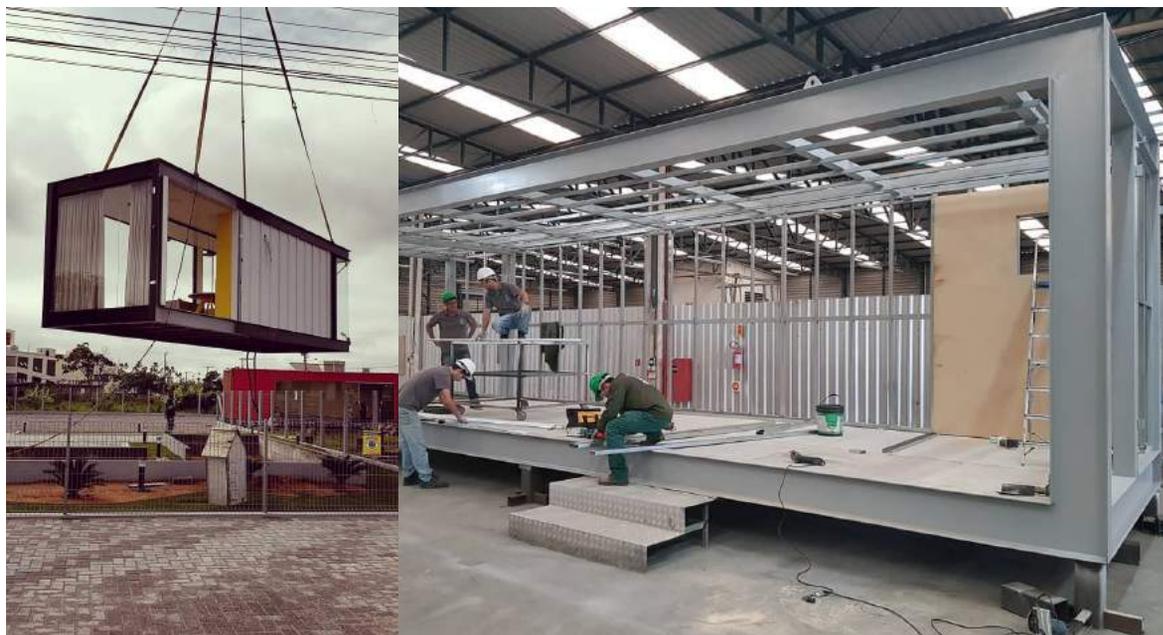


Figura 2.24: Produção offsite de obra em estrutura metálica

Fonte: Brasil ao Cubo

O eng. Jonas Medeiros, especialista em construções industrializadas, relata que no Japão, a construção *off-site* é uma realidade e boa parte dos edifícios já são produzidos inteiramente em ambientes fabris e apenas montados nos terrenos. Também acrescenta que empresas tradicionais transferiram aprendizados de seus setores industriais (automobilística, eletrônica, etc.) e criaram suas divisões para atuar nesse setor, como a Pana Home (da Panasonic) e a Toyota Home.

Nesse contexto, os eventos de chuva que costumam prejudicar muito a produtividade e estender os prazos de construção, não geram os mesmos impactos em um processo, em que boa parte da produção, é desenvolvido dentro de galpões industriais cobertos (Figura 2.25).



Figura 2.25: Produção de elementos em galpão industrial

Fonte: Brafer

Outro aspecto relevante do aço é o fato de que os elementos estruturais, ao chegarem prontos aos canteiros de obras, já estão aptos a resistir aos esforços para o qual foram dimensionados assim que montados, não demandando dias de espera para atingir a resistência prevista de projeto como ocorre em estruturas de concreto moldadas in loco (Figuras 2.26 e 2.27).

Em edificações com estrutura em aço, o tempo de produção pode ser reduzido também pela eliminação ou redução de diversas atividades, como a confecção e montagem de fôrmas execução de armações em aço, escoramentos, concretagem, cura do concreto e a consequente desmontagem dos sistemas de fôrmas e sua mobilização.



Figura 2.26: Módulo de escada da residência Pitangueiras pronto para montagem.
Fonte: Gesto Arquitetura



Figura 2.27: Módulo de viga entregue pronto para montagem.
Fonte: Revista Arquitetura e Aço, Ed. 47 pg. 8

A eliminação de atividades oriundas dos processos produtivos, que não agregam valor ao processo, sempre foram objeto de segmentos industriais como o automobilístico, que é referência em produtividade e na aplicação de metodologias de *Lean Production*. Essas metodologias, cada vez mais, são incorporadas na construção civil com o nome de *Lean Construction*.

A redução de atividades no canteiro com maior emprego de atividades de montagem ao invés de modelagem e a utilização de fabricações externas ao canteiro de obras colaboram para redução de incômodos no local da obra e na redução de prazos.

2.7 Prazos de obra

No que tange ao planejamento de obras, a estrutura metálica aumenta o potencial de redução de prazos, pois normalmente, a execução da estrutura está no caminho crítico dos cronogramas, ou seja, qualquer atraso ou adiantamento desta atividade resultará na alteração imediata do prazo total de construção da edificação.

O eng. Edson Kater, responsável pela construção dos edifícios do complexo Porto Atlântico Leste no Rio de Janeiro, da Odebrecht Realizações, destacou a utilização de sistemas industrializados, em função da velocidade para responder a demanda por unidades hoteleiras e espaços comerciais (Figura 2.28).

Com um estudo detalhado e apoiado pela empresa fornecedora das estruturas metálicas, ao mudar o sistema estrutural de viga, pilar e laje em concreto para um sistema misto com núcleo central em concreto e estrutura metálica, pode-se reduzir 5 meses no prazo total de obra, passando de 36 para 31 meses, e a economia decorrente permitiria custear o investimento inicial maior com a estrutura em aço e também reduziria os riscos de atrasos, que seriam extremamente prejudiciais para o negócio.



Figura 2.28: Porto Atlântico Leste - Odebrecht Realizações - Rio de Janeiro - RJ 2016

Projeto arquitetônico: STA Arquitetura / Área construída: 110.000 m² / Volume de aço: 4.800t

Projeto estrutural: Knijnik Engenharia Integrada (fundações rasas e laje de subsolo), Bedê Engenharia de Estruturas (núcleos de concreto) e Codeme Engenharia S/A (estruturas metálicas) / Fornecedor da estrutura metálica: Codeme Engenharia S/A / Execução da obra: Odebrecht Realizações Imobiliárias. / Ano de conclusão: 2016

Fonte: Revista Arquitetura e Aço Revista 48 pg.12 e 13 / Foto: Divulgação / OR

O aeroporto de Confins, por exemplo, não teria como ficar pronto no prazo estipulado de 12 meses se fosse construído em outro sistema. Segundo o arquiteto Marcelo Barbosa, do escritório Bacco Arquitetos Associados, “o prazo de execução é sempre um atributo sedutor no uso do aço, e no caso do aeroporto, por ser um empreendimento de grandes dimensões, a estrutura metálica permitiu que componentes chegassem prontos ao canteiro, fossem montados e posteriormente revestidos com rapidez, permitindo cumprir um prazo desafiador”.



Figura 2.29: Expansão do Aeroporto de Confins, Belo Horizonte, 2016

Projeto arquitetônico: Bacco Arquitetos Associados / Área construída: 128.000 m² / Volume de aço: 4.800t

Projeto estrutural: Codeme Engenharia S/A , Grupo Dois Engenharia / Fornecedor da estrutura metálica: Codeme Engenharia S/A / Execução da obra: Dan-Hebert Engenharia e Racional Engenharia. / Ano de conclusão: 2016

Foto (esquerda): Ana Mello / Foto (direita): BH Airport divulgação

No edifício The One, já mencionado anteriormente, a alteração da estrutura convencional de concreto para estrutura em aço promoveu o alívio de cargas nas fundações em aproximadamente 12%, permitindo substituir estacas escavadas por estacas em hélice contínua, reduzindo esse custo em 25% e diminuindo um mês no prazo total de obra (CIAMPI JR., 2013).

A redução do prazo de obra e a decorrente desmobilização antecipada do canteiro de obras possibilitam também reduzir as despesas indiretas (ex: energia, água, seguros, alugueis de máquinas, EPIs, etc.) e seus decorrentes impactos ambientais, bem como o tempo de alocação da equipe de administração da obra e as despesas de escritório central.

Conforme eng. Cassiano Gracio, da Racional Engenharia, para a construção da fábrica da montadora Jaguar, no Rio de Janeiro, havia uma meta de prazo extremamente exígua por parte do cliente. A produção dos veículos deveria iniciar como estipulado pois, caso contrário, os incentivos fiscais e demais acordos firmados com o Governo do Estado Rio de Janeiro seriam perdidos.

Esse fato levou a construtora a adotar estruturas com pilares metálicos, laje steel deck e cobertura metálica como solução para que o complexo constituído por 13 edifícios fosse construído dentro do prazo recorde de 14 meses.

A construção de uma edificação de forma mais rápida, além dos menores impactos ambientais também possibilita antecipar ganhos financeiros provenientes da operação em razão de sua entrega antecipada, como por exemplo: a locação do imóvel e a possibilidade de faturamento das operações que ocorrerão no imóvel sejam elas: lojas, escritórios em edifícios corporativos, quartos de hotéis, leitos de hospitais, salas de aulas, ou início de produção de indústrias, dentre outros. O empreendedor também possui um retorno mais rápido do capital investido, permitindo iniciar outros novos negócios mais rapidamente.

2.8. Produtividade

Como a construção em aço promove um processo com maior nível de industrialização e com menores prazos, é possível racionalizar o uso de mão de obra, reduzindo a quantidade de colaboradores na execução de atividades no canteiro de obras e aumentando a produtividade global.

Na obra do Porto Atlântico Leste, o planejamento de obra, inicialmente elaborado para um projeto em estrutura convencional de concreto, previa um pico de 1.200 trabalhadores. No entanto, com a mudança para um sistema construtivo misto com uso intensivo de aço, este pico foi reduzido para 800 trabalhadores, um terço inferior ao da alternativa inicial.

Em um comparativo da produtividade de mão de obra utilizada para edifícios em estrutura de aço e em concreto armado, a quantidade de homem horas alocados no canteiro de obras foi reduzida em aproximadamente 24%, conforme mostra a tabela 2.1 (MINGIONE, 2016).

	Estrutura em Aço	Concreto Armado
Homem hora por m ² de área construída	2,36 hh/m ²	3,10 hh/m ²

Tabela 2.1: Comparativo de produtividade de mão de obra global / Fonte: Mingione, 2016

Em outro estudo comparativo, apresentado na Figura 2.30 é possível identificar a redução da quantidade de homem hora por metragem quadrada da ordem de 10%, de 7,71 hh/m² para 7,00 hh/m² (ARAÚJO, 2017). Também é possível notar que parte do trabalho teve uso intensivo de mecanização representando 42% (2,95 de 7,00) do montante de homens horas / por metro quadrado.

Consumo de recurso (Hh) na produção de Estruturas Metálicas

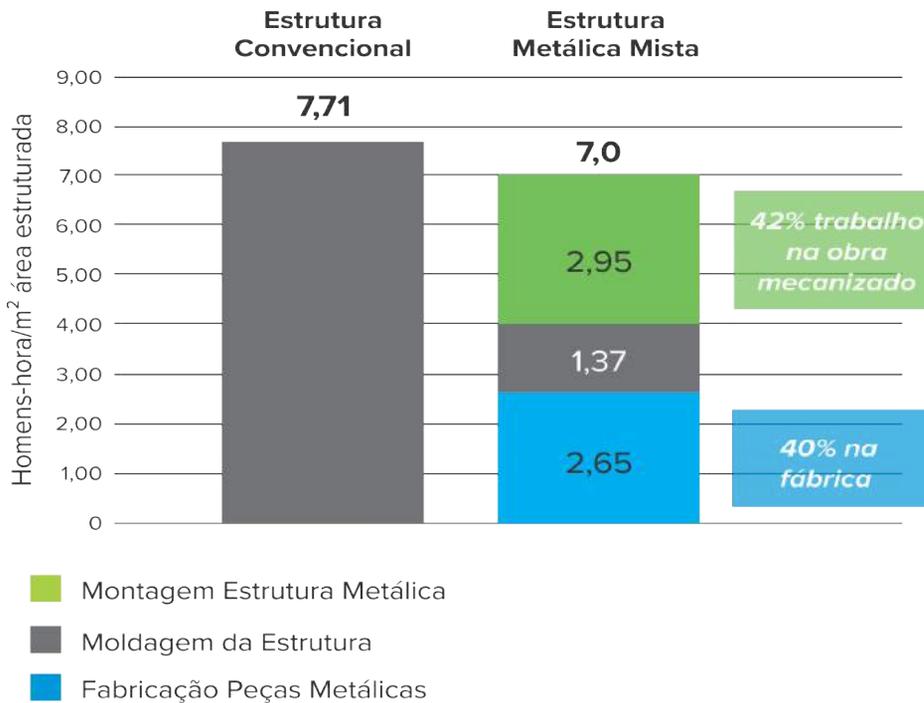


Figura 2.30: Consumo de Recurso (Hh) na produção de estruturas metálicas
 Fonte: ARAÚJO, 2017

Com base nos dados de produção obtidos de dois empreendimentos construídos pela Odebrecht Realizações, sendo um convencional e outro com estrutura mista, observa-se na tabela 2.2 que a melhoria da produtividade é significativa na obra que se empregou estrutura metálica, tanto na mão de obra direta quanto na indireta (CIAMPI JR., 2013).

Comparativo	Fachada pré-moldada e estrutura convencional	Fachada Pré-Moldada e Estrutura mista	Redução
Mão de obra direta	2,99 hh/m ²	2,47 hh/m ²	17,3%
Mão de obra indireta	21,17 hh/m ²	15,75 hh/m ²	25,6%
Total mão de obra	24,15 hh/m ²	18,22 hh/m ²	24,5%

Tabela 2.2: Comparativo de produtividade entre obras com diferentes sistemas construtivos.
 Fonte: CIAMPI JR., 2013

Cardoso e Gonzales (2014) atestam em pesquisa sobre empreendimentos com estrutura mista aço e concreto, a forte preocupação na gestão da produção, nas quais seus ciclos de produção são controlados e medidos. A produção da estrutura é controlada seja quanto à montagem metálica, onde há controle desde a fixação de parafusos à concretagem dos pilares mistos. No empreendimento The One, segundo Ciampi (2013), houve medições detalhadas sobre a produtividade de serviços e os comparativos de homem/hora:

- Quanto a laje steel deck, a produtividade prevista era de 5.000 a 6.000 m²/mês e foi realizado 5.300 m²/mês para a instalação da chapa metálica e conectores/dia;
- Em relação à estrutura metálica, a produtividade prevista era de 20 a 25 vigas/dia e a realizada 23 vigas/dia;
- Quanto a produtividade de aplicação da proteção passiva foi de 500 m²/dia.

Segundo Cardoso e Gonzales (2014), a medição da produção é um instrumento de retroalimentação para o empreendimento em curso e para os próximos empreendimentos.

Por fim, é possível atribuir boa parte da racionalização da mão de obra nas estruturas em aço a uma série de fatores, como por exemplo: execução das atividades desenvolvidas fora do canteiro de obras, eliminação de atividades e tempos de espera que ocorre no sistema convencional (Ex: fôrmas, cura do concreto, armação de pilares, desforma, etc.) e o maior grau de mecanização.

2.9. Segurança e qualificação profissional

Como já mencionado, as construções em aço possuem boa parte de suas atividades desenvolvidas *off-site* e isso implica na realização de trabalhos em ambientes fabris, onde, usualmente, as condições de segurança e saúde para os trabalhadores é superior quando comparadas às condições encontradas nos canteiros de obras.

Em ambientes fabris, as condições de trabalho são mais estáveis, visto que as atividades acontecem, normalmente, em postos fixos; as tarefas são melhor designadas e repetitivas, com fluxos e menores deslocamentos e, por consequência, os riscos são reduzidos e mais facilmente identificados. Da mesma forma, os impactos ambientais são melhor identificados e mais facilmente controlados (geração de resíduos, efluentes, poluição sonora, impactos de vizinhança etc.).

Os profissionais alocados em ambientes fabris têm ainda o benefício de possuir um endereço de trabalho constante e não itinerante, diferentemente do que ocorre com os trabalhadores de obra (mudança a cada nova obra), promovendo assim o convívio e a maior presença dos profissionais junto a suas famílias, permitindo a construção de relações mais estáveis na comunidade local.

Outro aspecto positivo é o fato que os trabalhadores das fábricas ou de montagem em obra demandam um maior nível de qualificação profissional em razão da especialização necessária para execução dessas atividades. Ao mesmo tempo, por não estarem contratados exclusivamente para uma obra que tem seu término já previsto (mão de obra temporária), possuem menor rotatividade, o que aumenta a experiência dos profissionais em suas funções e torna os investimentos em capacitação por parte dos empregadores mais efetivos.

O aumento da qualificação e experiência dos profissionais acaba por reduzir o número de trabalhadores que ainda estão no início da curva de aprendizado em suas funções, reduzindo a quantidade de falhas e retrabalhos e, até mesmo, a exposições a situações de risco e acidentes.



Figura 2.31: Montagem em obra por profissionais qualificados e com elevada mecanização.

Foto: Shutterstock

Segundo Araújo (2017), o nível de remuneração dos profissionais envolvidos na produção da estrutura em aço foi, em média, 22% superior, demonstrando uma melhor condição de remuneração desses profissionais.

O processo de montagem em obra, por demandar uma menor quantidade de homem-hora, também reduz a quantidade de profissionais expostos aos diversos riscos de canteiro (altura, impactos, quedas em nível, choque, etc.), ou mesmo, os riscos provenientes dos demais serviços que ocorrem simultaneamente no mesmo local (Figura 2.31). Além disto, diversos outros aspectos podem contribuir para redução do potencial de acidentes na construção em aço, tais como:

- Menor necessidade de cortes ou ajustes a serem feitos no canteiro de obras;
- Redução de transporte de materiais por pessoas, um trabalho extenuante e com potencial de produzir doenças ocupacionais e acidentes;
- Componentes em aço podem ser pré-montados ou pré-fabricados em módulos na fábrica ou no próprio canteiro, no nível térreo, reduzindo a quantidade de trabalhos a serem executados em altura;
- Os componentes podem ser entregues no canteiro de acordo com o cronograma de montagem, reduzindo assim a necessidade de espaço para armazenamento em obra, transportes desnecessários e todos riscos relacionados;

- Utilização de equipamentos mecânicos com sistemas de proteção embutidos e que colaboram com maior nível de segurança;
- Utilização de escadas em aço, que após posicionadas permitem o acesso seguro dos profissionais para os pisos superiores, desde que com os devidos guarda-corpos de proteção;
- Sistemas em dry-wall ou light steel framing possuem elementos mais leves para transporte pelos colaboradores, reduzindo riscos ergonômicos;
- Sistemas como as lajes em steel deck, ao serem montados com as devidas proteções de periferia já fornecem uma plataforma segura para execução dos trabalhos de montagem de armação e concretagem e, ao mesmo tempo, protegem os profissionais que realizam trabalhos nos pisos inferiores.

Alguns fabricantes e montadores possuem ainda certificações de sistemas de gestão por terceira parte como, por exemplo, a certificação internacional OHSAS 18001 - Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO), na qual a saúde e segurança é gerida por meio de um rigoroso processo de identificação e controle de riscos de acidentes e doenças no ambiente de trabalho (Figura 2.32 e 2.33).



Figura 2.32: Exemplo de instalação de proteções coletivas
Foto: Shutterstock



Figura 2.33: Exemplo de diferentes equipamentos mecânicos utilizado na montagem de estruturas em aço
Foto: Shutterstock

2.10. Desempenho ambiental do canteiro de obra

Além da redução do tempo de obra e, portanto, menos incômodos locais, o uso do aço na construção, por aspectos inerentes da sua forma de aplicação, também possibilita um canteiro de obra com melhor performance ambiental conforme será apresentado a seguir.

Como boa parte do processo produtivo é desenvolvida *off-site* com a produção da estrutura em fábrica, o canteiro de obras se beneficia da redução de profissionais, tarefas e insumos a serem planejados dentro da logística global do empreendimento.

No caso de um edifício construído em estruturas em aço, o espaço necessário no canteiro de obras pode ser minimizado, pois não será preciso estocar maiores quantidades de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens e nem montar algumas centrais de produção (ex: fôrma e armação) quando comparado a construção em concreto. Com isso, há redução da quantidade de fluxos e interferências, liberando espaço para outras atividades. Além disso, com a redução dos resíduos, o fluxo de transporte e as áreas para armazenamento dos resíduos também podem ser minimizados.

A menor quantidade de mão de obra no canteiro reduz também a quantidade de áreas necessárias para sanitários, refeitórios, cozinha, dimensionamento de portarias e, por consequência, diminui os custos indiretos envolvidos, bem como, o consumo de água, geração de resíduos e efluentes dessas áreas.

Para o aproveitamento desses benefícios de forma ampla, é importante que haja um bom planejamento do processo de produção, montagem e das entregas dos componentes, adotando-se conceitos de *just-in-time*, onde a administração da produção determina melhor período de

fabricação e entregas, em função da utilização na obra. Neste sentido, também é importante a correta identificação das peças para montagem de forma correta e rápida, permitindo também a sua rastreabilidade.

O eng. Cassiano Gracio, da Racional Engenharia, relata que o importante ao se trabalhar com estrutura metálica é diminuir a estocagem no canteiro de obras, ou seja, ao chegar, os componentes da estrutura já devem ser posicionados no local definitivo, otimizando-se o espaço físico, a organização de canteiro e a limpeza. Ao não se instalar diretamente o componente, colocando-o no solo de forma não adequada, por exemplo, pode-se necessitar de nova limpeza ou repintura, além de demandar espaço físico também pode gerar atividades adicionais custosas e, normalmente, não orçadas.

A estrutura em aço pode ser projetada para eliminar ou minimizar o uso de estruturas provisórias de escoramentos, como, por exemplo ao se utilizar laje steel-deck. Com isso, libera-se o espaço nos pisos inferiores, possibilitando armazenamento de materiais nesta área ou execução de outros serviços (vedações, revestimentos, instalação de esquadrias, etc.), otimizando assim os processos produtivos e eliminando tempos de espera. A figura 2.34 mostra atividades simultâneas de montagem da estrutura metálica e da fachada.

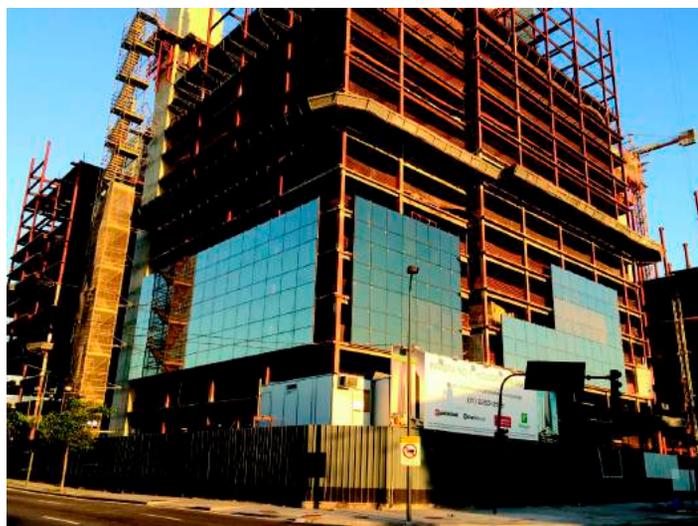


Figura 2.34: Porto Atlantico Leste - Odebrecht Realizações - Rio de Janeiro - 2016

Com a menor necessidade do uso de madeira para execução de estruturas provisórias de fôrmas, as quais, posteriormente se tornam resíduos extremamente volumosos (grande quantidade de vazios), o canteiro poderá contar com áreas menores para o armazenamento de resíduos. Além disso, ocorre a minimização do uso de serras circulares com menor geração de ruídos e particulados, reduzindo a exposição dos trabalhadores e a poluição sonora.





CAPÍTULO 3

Aspectos sustentáveis da indústria do aço e da fabricação dos seus produtos para a construção

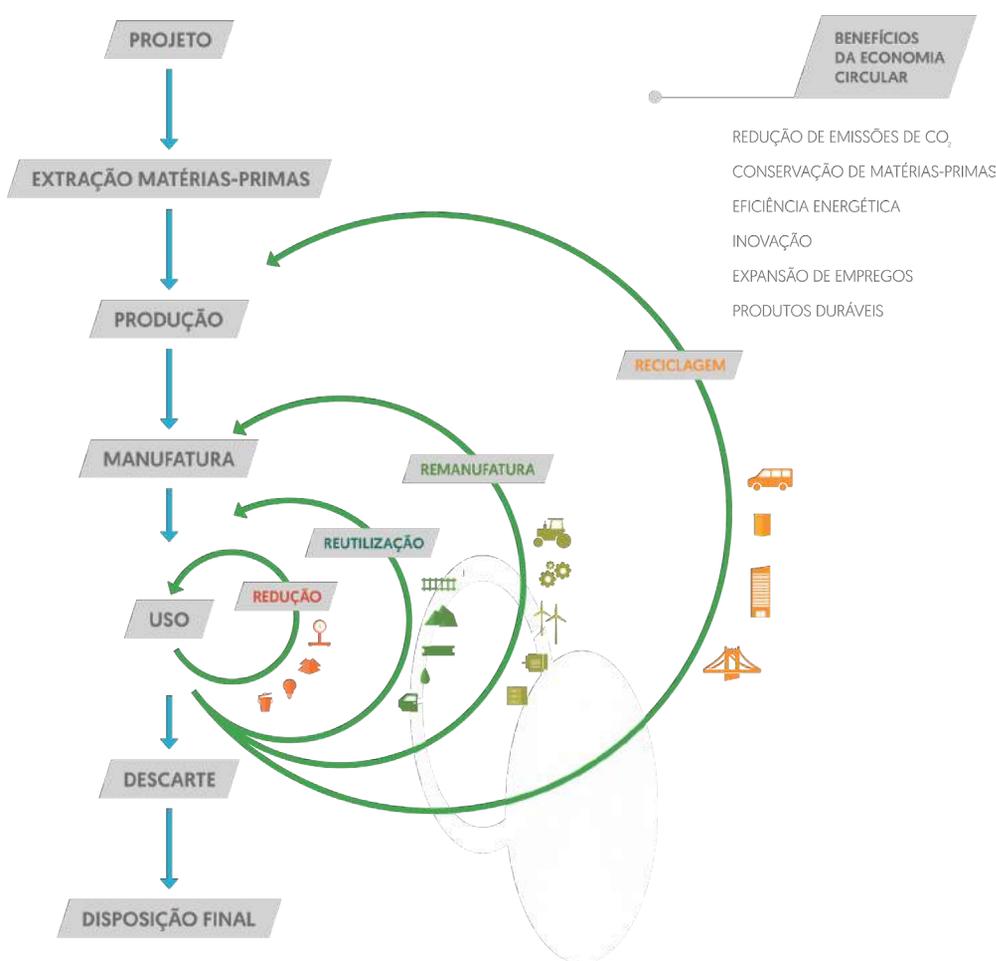


Quando se analisa a sustentabilidade, a produção dos materiais e componentes deve ser considerada, uma vez que, transporte e uso dos mesmos impactam no meio ambiente.

O capítulo anterior tratou da sustentabilidade no canteiro de obras. Visando uma abordagem holística, este capítulo aborda como a cadeia produtiva do aço, que engloba a indústria siderúrgica e os fabricantes de componentes construtivos, responde aos desafios da sustentabilidade.

Além disso, vale lembrar que o aço é um material associado ao conceito de economia circular (figura 3.1), ou seja, pode ser reutilizado, remanufaturado e reciclado sem perder suas propriedades.

ECONOMIA LINEAR X ECONOMIA CIRCULAR



Redução: diminuição da quantidade de matérias primas e energias usadas para produção e redução do peso dos produtos

Reutilização: é a extensão de uso de um produto de pós consumo mantendo a mesma função que desempenhava

Remanufatura: transforma produtos usados e/ou com defeitos em produtos novos, com um novo ciclo de vida.

Reciclagem: recuperação da matéria prima sem perder suas propriedades

Figura 3.1: Aço e a economia circular

Fonte: Relatório de Sustentabilidade Instituto Aço Brasil, 2018

Segundo estimativa do Sindicato das Empresas de Sucata de Ferro e Aço (Sindinesfa), o recolhimento do material metálico disperso na sociedade brasileira gera trabalho para cerca de três mil empresas sucateiras que atuam em todo o país.

A figura 3.2 apresenta as expectativas positivas quanto a um futuro mais sustentável do aço e na direção de uma economia circular, onde o reuso, a reciclagem pós-consumo e remanufatura crescem no futuro e, em paralelo, a extração de matéria-prima e as perdas são reduzidas (WSA, 2016).

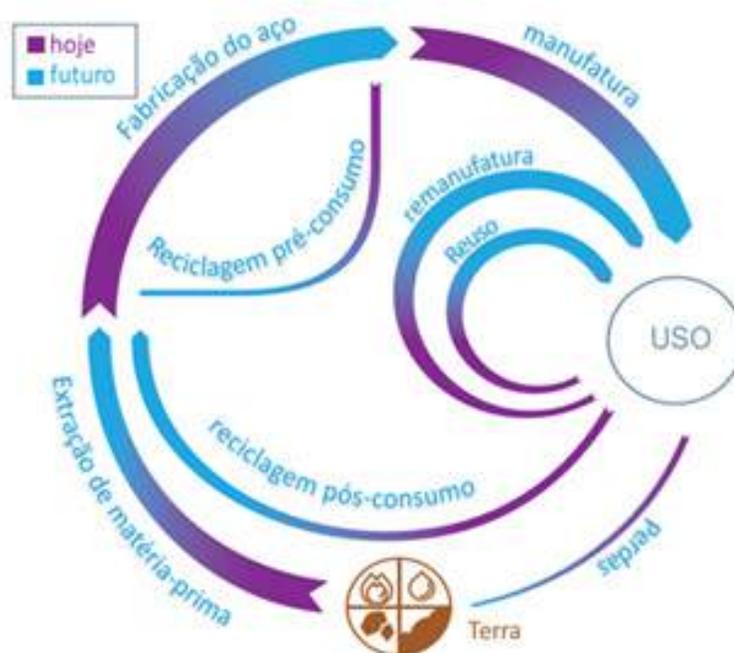


Figura 3.2: Presente e um futuro mais sustentável do ciclo do aço

Fonte: Adaptado de World Steel Association, 2016

3.1 Sustentabilidade na indústria siderúrgica

A indústria siderúrgica brasileira vem implantando ao longo dos anos diversas ações em prol da sustentabilidade, destacando-se mundialmente pelo seu comprometimento e ações que visam a redução do impacto ambiental no processo de produção do aço.

O parque produtor de aço é composto por 29 usinas e administradas por 10 grupos empresariais. Com capacidade produtiva de 50,4 milhões de t/ano de aço bruto, emprega mais de 103 mil colaboradores, sendo o 9º produtor mundial (AÇO BRASIL, 2018).

O setor é fortemente comprometido em gerar menor impacto ao ambiente, implementando diversas ações:

- otimização no uso e aproveitamento das matérias-primas;
- uso racional da água;
- maior eficiência energética;
- redução das emissões atmosféricas, resíduos e efluentes.

O Instituto Aço Brasil divulga a cada dois anos o Relatório de Sustentabilidade do setor, divulgando os indicadores de desempenho ambiental, que são apresentados na tabela 3.1

	Volume de sucata reciclada <i>(milhões de toneladas)</i>	Índice de recirculação de água doce <i>(%)</i>	Geração própria de energia <i>(% em relação a energia total consumida)</i>
2016	5,6	96	54
2017	5,8	96	57

Tabela 3.1: Indicadores de desempenho ambiental da indústria siderúrgica brasileira.
Fonte: AÇO BRASIL, 2018

Os esforços da indústria siderúrgica na busca de desempenho ambiental se juntam a mitigação de um dos seus maiores desafios, que é reduzir a pegada de carbono associada à produção do aço.

Para isso, são realizados inventários de emissão de gases efeito estufa (GEE) e a otimização da eficiência energética dos processos de produção.

O World Steel Association (WSA) também relata que nos últimos 50 anos a indústria siderúrgica investiu em pesquisa e tecnologia para criar tipos de aços mais resistentes que permitem reduzir até 40% do seu peso, otimizando-se o consumo de produtos. Ao reduzir o peso, a quantidade de matérias-primas e energia usada para criar e transportar o produto é diminuída, reduzindo a extração de recursos naturais e principalmente reduzindo as emissões de CO₂ dos veículos.

Para dar uma ordem de grandeza dessa evolução, se a Torre Eiffel fosse reconstruída nos dias de hoje, os engenheiros precisariam apenas de um terço do peso do aço que foi originalmente usado (em 1889) dada as melhorias de resistência mecânica e na qualidade alcançada pela indústria siderúrgica no último século (Steel Construction, 2018).

Um dos resíduos do processo de produção de aço, a escória de alto forno (uma mistura de metais resultantes do processo de redução e com a presença de silicato) é utilizada em substi-

tuição ao clínquer na fabricação de cimento do tipo CP-III. Essa composição com conteúdo de escória apresenta maior impermeabilidade e durabilidade, baixo calor de hidratação, assim como alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado, além de ser resistente a sulfatos (ABCP, 2018).

3.1.1 Reciclagem e reuso do aço e seus coprodutos

A indústria siderúrgica fabrica e recicla o aço. É um processo complexo, exigindo mão de obra especializada, bem como estrutura e máquinas adequadas para o processo.

O processo semi-integrado usa como principal matéria-prima a sucata de aço, reciclando este material em fornos elétricos a arco, também chamados de aciarias elétricas.

No Brasil, cerca de 30% de todo o aço produzido é proveniente de reciclagem (AÇO BRASIL, 2018).

A figura 3.3 ilustra o ciclo de vida do aço, sendo possível notar que a reciclagem ocorre em diversas etapas do ciclo.



Figura 3.3: Ciclo de vida do aço
Fonte: Aço Brasil, 2018

Vale ressaltar que o aço reciclado não apresenta qualquer diferença ou perda de qualidade em relação ao aço original.

Além da reciclagem no processo de produção da própria indústria, o setor busca formas de reaproveitar os coprodutos gerados no processo, como a escória, por exemplo.

Nesse contexto foi criado pelo Instituto Aço Brasil, o Centro de Coprodutos Aço Brasil (CCABrasil). O objetivo é fomentar o desenvolvimento de coprodutos que venham a atender, com qualidade e de forma sustentável, diversas possibilidades de aplicações.

Uma das ações de excelência em sustentabilidade destacada pelo World Steel Association é uma iniciativa da indústria brasileira que utiliza a escória de aciaria (coproduto) como revestimento primário em pavimentação. Ao aplicar este produto em 650km de vias, beneficiou mais de 30 municípios (WSA, 2017).

3.1.2 Saúde ocupacional e segurança

Um outro aspecto contemplado na sustentabilidade diz respeito à saúde e segurança do trabalhador.

A indústria siderúrgica brasileira possui comitês formais para prevenção de acidentes e doenças bem como monitoramento de situações de risco e treinamentos, que se refletem na redução da quantidade de acidentes ao longo dos anos.

Em 2016, aconteceram 1.015 acidentes envolvendo o efetivo próprio e de terceiros, 27,7% a menos que em 2015, que totalizou 1.403 acidentes. Em 2017 houve queda de 8,4%, com total de 930 acidentes (AÇO BRASIL, 2018).

Vale destacar que maior parte dos acidentes foi sem afastamento, representando entre 41 e 42% do total.

3.2 Sustentabilidade nos fabricantes de componentes para construção

Na etapa de laminação do aço, este é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, perfis laminados, barras etc.

Diversos produtos e componentes podem ser processados a partir do aço laminado. Na construção, podemos citar por exemplo: estruturas, telhas, perfis galvanizados, etc.

Para produção de cada componente são necessários equipamentos e infraestrutura específicos. No geral, as empresas se estruturaram para produção de um tipo de componente, embora existam diversas que montam uma ou mais plantas para ofertar diferentes componentes.

A figura 3.4 ilustra os processos básicos de produção de componentes em aço. Cabe destacar que cada etapa do processo de fabricação de cada componente compreende particularidades e complexidades, mas basicamente envolvem:

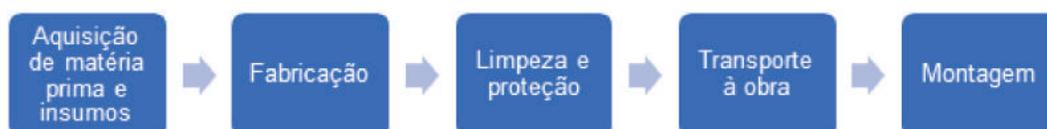


Figura 3.4: Processo de fabricação de produtos à base de aço

Existem diferentes metodologias e indicadores para mensurar o impacto ambiental gerado no processo de produção de componentes e, sem a intenção de ser exaustivo, os próximos itens apresentam de forma qualitativa os ganhos de sustentabilidade ao empregar componentes de aço para a indústria da construção civil.

3.2.1 Estrutura metálica

As estruturas metálicas são resultados de processos industrializados. A linha de produção e a sequência de operação pode variar conforme a empresa e o tipo de produto.

De um modo geral as operações típicas de uma fábrica são:

- Fabricação dos perfis
- Definição de suas ligações
- Corte de material: mecânico, térmico, oxicorte, plasma ou laser;
- Traçagem
- Usinagem e forjamento
- Desempeno, dobra e calandragem

- Furação de peças
- Definição da sequência de montagem
- Manuseio e posicionamento das peças
- Execução de gabaritos
- Parafusagem e soldagem
- Acabamento
- Limpeza e pintura
- Embarque

Os equipamentos e tecnologias empregados também podem variar conforme empresas. Cada vez mais as fábricas vêm buscando aumentar o grau de automatização na produção, buscando-se ganhos, como por exemplo:

- produção das peças com maior qualidade e precisão milimétrica;
- ganho de tempo na produção das peças;
- menor esforço do operário de produção;
- menor risco de acidente;
- quantidade mínima de sucata gerada no processo.

Com controle no processo, as fábricas de estruturas metálicas mais modernas geram aproximadamente apenas 1% de resíduos sólidos.

O resíduo mais ambientalmente impactante é o resíduo classe I, proveniente das câmara de pintura e de jateamento de granalha. Esses resíduos devem ser descartados por uma empresa certificada, com gerenciamento e destinação adequada. O uso de pintura a pó é mais favorável sob o aspecto ambiental, pois as emissões são menores.

Já os resíduos de aço do processo são comercializados para empresas especializadas que os processam e os reaproveitam para outras indústrias.

As estruturas em aço, incorporaram nos últimos anos muitos dos avanços da indústria, tendo como resultado a redução dos índices de acidentes nas obras pelos esforços de conscientização

associados à utilização de equipamentos modernos de proteção individual.

Como o processo de produção das estruturas de aço é melhor controlado, desde a fabricação até a montagem final, o colaborador trabalha num nível de segurança semelhante aos alcançado pela indústria, tanto no ambiente de fábrica como nos canteiros de obra (PINHO, 2008).



Figura 3.5: Ciclo de vida da estrutura metálica
Fonte: AISC, 2015

3.2.2 Telhas em aço e painéis de fechamento

As telhas, assim como outros materiais de fechamento, são os grandes responsáveis pelo desempenho térmico e acústico, influenciando fortemente no conforto dos usuários. Cobertura e fechamentos são também chamados de envelope do edifício, onde o aço vem sendo cada vez mais utilizado.

Durante a escolha dos fechamentos de uma construção é importante que se faça uma avaliação prévia das propriedades termofísicas dos materiais, tais como a condutividade térmica, o calor específico e a massa específica. Essas propriedades definem a capacidade do elemento de fechamento de transmitir e/ou armazenar calor, parâmetro importante na avaliação do desempenho térmico da edificação.

As tecnologias empregadas na construção de coberturas metálicas evoluíram ao longo do tempo. Em seu processo de fabricação, nenhum resíduo perigoso é gerado. As sobras são comercializadas para um beneficiador, que recicla e disponibiliza para o mercado.

Atualmente existem processos de acabamento de telhas e painéis que permitem melhorar a refletância e a emissividade do material, proporcionando maior conforto térmico ao ambiente, seja pelo revestimento metálico do aço ou pelo processo de pintura das chapas.

Além disso, quando empregadas em conjunto com materiais isolantes, as telhas metálicas e painéis de fechamento podem formar conjuntos termo acústicos, reduzindo a passagem de calor e ruído para o ambiente interno.

Quando devidamente especificada e executada, podem reduzir o consumo de energia pelo menor uso de equipamentos para refrigeração, aumentando a eficiência energética da edificação.

Estudo realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) mostra ser possível reduzir o consumo de energia elétrica de 36% a 42% com telhas sanduíche em poliuretano (PUR) ou poliisocianurato (PIR) (NAKAMURA; FIGUEIROLA, 2011).

Ao final da vida útil, as telhas podem ser recicladas e transformadas em novos aços.

A cobertura metálica e o fechamento metálico podem auxiliar na obtenção de selos e certificações de sustentabilidade, por envolverem materiais recicláveis e soluções de montagem racionalizada, sem desperdícios. Além disso, muitos sistemas de cobertura já incorporam sistemas para captação de águas pluviais para reuso.

3.2.3 Perfis para Drywall e Light Steel Frame (LSF)

Apesar dos sistemas Drywall e LSF serem visualmente semelhantes, possuem características diferentes.

O Sistema Drywall é empregado para vedações internas e para fins não estruturais. O Sistema LSF, por sua vez, pode ter função estrutural sendo utilizado para estrutura, lajes e também para estrutura de cobertura. Light Steel Frame transmite carga e Drywall, não. Os perfis, portanto, não são os mesmos.

O processo de fabricação dos perfis para os dois sistemas é similar e alguns fabricantes possuem maquinários com possibilidade de fabricar os dois tipos de perfis.

Os rolos de chapa de aço passam pelas perfiladoras, que fazem a conformação e produzem os perfis no comprimento desejado. Nos perfis são feitas perfurações para permitir a passagem das instalações.

Alguns fabricantes de perfis para LSF ofertam o sistema chamado “engenheirado”. Esse sistema engloba o dimensionamento dos perfis conforme carga da edificação e o seu corte, na fábrica, no comprimento exato e com as furações necessárias.

Tanto na fabricação de perfis para Drywall como LSF há uma quantidade mínima de resíduos gerados, sendo a maior parte originada no processo de furação dos perfis.

Os resíduos gerados na fabricação desses perfis, são comercializados nas empresas que os reutilizam para outras finalidades, como indústria metalúrgica por exemplo.

Por ser um material leve, os perfis galvanizados de Drywall e LSF reduzem custos de transporte e emissões de poluentes decorrentes do deslocamento.

Comparativamente a alvenaria, para o transporte de 1.250 m² de parede são necessárias 6 carretas transportando 15.600 blocos. No sistema Drywall uma carreta transporta painéis que fazem o fechamento de 1.300 m² (KNAUF, s.d.).

A mão de obra tem um menor risco ocupacional de sobrecarga física devido a leveza dos componentes do sistema a seco como perfis de Drywall e LSF.

Ainda sob o ponto de vista da sustentabilidade, o sistema de construção a seco tem como vantagens (SCI, 2014):

- adequar os níveis de conforto térmico e acústico;
- facilitar a incorporação de construção modular;
- melhorar a produtividade no canteiro;
- facilitar a desmontagem;
- aumentar a rapidez no processo de ampliação e reforma.

3.3 Seleção de fornecedores

Em seu Guia de Compra Responsável, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) apresenta diretrizes para que a construtora realize compras considerando a responsabilidade ambiental e social de seus fornecedores. Segundo Ferrari (2015), dentre os itens elencados destacam-se:

- definição de requisitos para qualificar e manter fornecedores comprometidos com sua política de compra responsável, eliminando-se os fornecedores que não se adequam;
- compromisso dos fornecedores com o cumprimento de requisitos legais, ambientais, sociais (incluindo normas regulamentadoras de trabalho) e relativos a qualidade do produto;
- Rastreamento e registro das informações sobre origem dos materiais;

- Identificação e monitoramento de risco de descumprimento de responsabilidade ambiental e social de seus fornecedores;
- Regularidade com a saúde e segurança ocupacional, seguridade social, Certidão Negativa de Violação de Direitos Humanos (CNVDH);
- Direito de associação e negociações trabalhistas;
- Regularidade de pagamento e piso salarial.

Como já abordado, os componentes de aço têm como vantagens o baixo desperdício tanto na fábrica como no canteiro e a possibilidade de desmontagem e reaproveitamento em outras indústrias.

A evolução da construção deve ser permanente e o mercado irá exigir cada vez mais materiais de adequado desempenho ambiental e baixa energia incorporada, com possibilidade de reciclagem e baixa geração de resíduos.

Para os profissionais do setor, John (2017) destaca a importância de se analisar os processos e fabricantes mais ecoeficientes e selecionar, para cada função e projeto, os materiais que apresentem melhores resultados.







CAPÍTULO 4

Certificações de Desempenho Ambiental



W Torre Morumbi
Foto: Marcelo Scandardi

4.1 Certificações de Desempenho Ambiental

As certificações de desempenho ambiental surgiram devido a necessidade de se estabelecer padrões mínimos de performance para os edifícios, valorizando os esforços adicionais exigidos e permitindo a sua promoção comercial ou institucional junto a sociedade.

Existem diferentes modelos de certificação no mercado e cada um deles possui requisitos e sistemas de pontuação próprios.

As certificações exigem processos com verificação externa e independente, abrangendo aspectos como a redução dos impactos da construção (volume de resíduos, preservação de áreas verdes, nível de ruído, etc.), menores consumos de recursos (água, energia, matéria prima, etc.), uso de materiais mais sustentáveis e uma maior qualidade dos ambientes para os ocupantes (conforto térmico, lumínico, acústico, etc.) dentre outros.

O atendimento aos critérios mínimos exigidos por cada órgão certificador possibilita o uso do selo ou marca junto ao seu produto (o edifício) permitindo sua diferenciação em relação aos demais edifícios.

4.2 Benefícios de uma edificação com Certificação de Desempenho

A certificação de um edifício agrega valor para o proprietário ou investidor, que se beneficiará com o aumento do seu valor comercial (venda ou locação) e redução dos custos operacionais (ex: água, energia elétrica, gás).

Ocupantes e funcionários da obra também se beneficiam, uma vez que passam a trabalhar em ambientes com maior qualidade, segurança e conforto.

Os benefícios para os usuários ou investidores de uma edificação certificada são:

- Diminuição dos custos operacionais com a adoção de tecnologias mais eficientes no uso de água, eletricidade e demais instalações prediais;
- Facilidade na operação ao privilegiar o uso de materiais e componentes de maior durabilidade e menor necessidade de manutenção;
- Melhoria na saúde dos trabalhadores e ocupantes do edifício com a redução do uso de produtos químicos tóxicos durante a construção;

- Redução do impacto ambiental e urbano, ao incentivar a ocupação em terrenos em áreas já urbanizadas, fora de áreas de preservação, com acesso a rede de transporte e boa infraestrutura urbana;
- Redução do impacto à vizinhança ao exigir um rigoroso controle da poluição das atividades de obra com o uso de lava-rodas, mitigação de poeira, controle de ruídos e não assoreamento do sistema de drenagem pluvial;
- Incentivo a compra de materiais de fabricantes que possuem maior nível de responsabilidade socioambiental.

4.3 Declaração Ambiental de Produto

O setor da construção civil utiliza uma ampla variedade de materiais que cumprem diferentes funções, ou combinações de materiais, tornando a avaliação ambiental muito desafiadora. Da mesma forma, essa complexidade traz dificuldades para os fabricantes demonstrarem e promoverem as características ambientais de seus produtos com base em critérios objetivos, transparentes e baseados em desempenho.

As Declarações Ambientais de Produtos (DAP) são documentos que agrupam informações dos impactos ambientais de um produto ou de sistema obtidos graças à realização de uma Análise do Ciclo de Vida (ACV).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia para avaliar o impacto ambiental de um produto durante todo o seu ciclo de vida. Isso engloba a extração ou reciclagem de matérias-primas, transporte, fabricação, construção ou montagem, uso, manutenção e operação e destino até o fim da sua vida útil. Em consequência, a ACV requer não apenas um conhecimento detalhado dos fluxos associados a todas as etapas de produção, mas exige “conhecer” também o futuro do produto, os fluxos associados ao seu uso e pós-uso (JOHN, 2017).

Os profissionais da construção civil estão cada vez mais reconhecendo a importância e valor das Declarações Ambientais de Produto (DAP) como canal de dados detalhados sobre desempenho ambiental dos produtos. De maneira análoga aos informes nutricionais contidos nas embalagens dos produtos alimentícios, a DAP serve para o especificador avaliar a melhor seleção de produto, de acordo com suas necessidades.

A DAP é baseada em normas ISO - International Organization for Standardization (ISO 14025 e EN 15804) para comunicar os impactos ambientais durante parte do ciclo de vida associados a um produto ou componente, abrangendo a extração de matéria prima, uso de energia, geração de resíduos, emissões na atmosfera, solo e água.

A DAP permite avaliação de um produto com vista a pontuações nas certificações de desempenho ambiental de edifícios garantindo melhores escolhas e minimizando o chamado *green washing*, ou seja, o fornecimento de informações incorretas ou a desinformação disseminada por uma organização para apresentar uma imagem ambientalmente responsável de seus produtos.

As DAPs ainda promovem uma competição, *benchmarking* e a busca das melhores estratégias para que os fabricantes direcionem seus esforços na redução dos impactos ambientais para tornarem seus produtos mais sustentáveis.

Cabe destacar que as DAPs são úteis para avaliar e comparar os impactos ambientais entre diferentes alternativas construtivas.

A seguir serão detalhadas as certificações ambientais empregadas no Brasil, bem como os requisitos em que o aço contribui positivamente.

4.4 Certificação LEED

O termo LEED é um acrônimo para Leadership in Energy and Environmental Design (Liderança em Energia e Design Ambiental). Esta certificação é concedida pela entidade norte americana USGBC (United States Green Building Council) fundada em 1993 com o objetivo de promover a sustentabilidade no setor da construção nos EUA e que, posteriormente, se internacionalizou de maneira expressiva.

Esta certificação, cuja logo é apresentada na figura 4.1, é a mais utilizada no mundo com mais de 53.724 edifícios já certificados em 160 países (USGBC, 2019), sendo também a mais empregada no Brasil.



Figura 4.1: Logomarca LEED
Fonte: USGBC

Em um ranking publicado pela USGBC em dezembro de 2018, o Brasil estava no quarto lugar entre os países com mais certificados LEED fora dos EUA, com as marcas de 531 empreendimentos certificados e um total de 16,74 milhões de metros quadrados construídos, ficando apenas atrás da China, Canadá e Índia (USGBC, 2019).

Um dos fatores de sucesso para esta certificação é a possibilidade de sua aplicação em diferentes tipologias, tais como: edifícios comerciais e residenciais, fábricas, galpões logísticos, shoppings, lojas de varejo, hospitais, escolas e até mesmo bairros inteiros.

O sistema de avaliação é baseado em requisitos de desempenho da operação do edifício e do seu processo construtivo, os quais são atualizados periodicamente para considerar a evolução tecnológica do mercado.

A versão atual dos referenciais técnicos do LEED, documentos que definem todos os requisitos, é a versão 4 que está em vigor desde 2016. O LEED possui 4 referenciais técnicos que consideram as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento (figura 4.2).

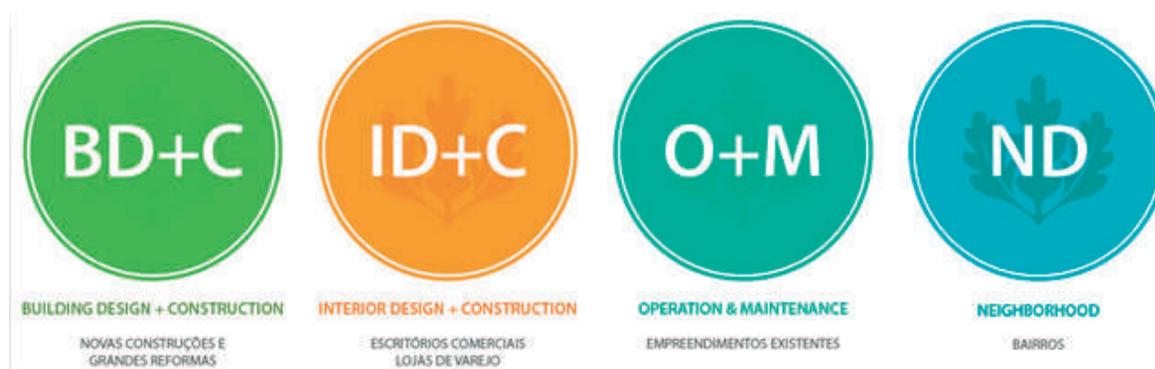


Figura 4.2: Referenciais técnicos para diferentes necessidades abordados na certificação LEED

Fonte: USGBC, 2018

Todos os referenciais técnicos, com exceção do referencial LEED ND, que possui uma divisão diferenciada, estão divididos nos seguintes temas: localização e transporte, sustentabilidade do local, eficiência no uso da água, energia e atmosfera, material e recursos, qualidade do ambiente interno, inovação e prioridades regionais.

O atendimento das exigências dos pré-requisitos é obrigatório para todos os edifícios e o atendimento dos créditos concedem pontos que, quando somados, determinam o nível de certificação (figura 4.3).

A pontuação mínima é de 40 pontos e os demais níveis de certificação refletem a performance do edifício e os decorrentes investimentos e tecnologias adotados no projeto e na construção.



Figura 4.3: Faixas de pontuação para definição do nível de certificação LEED

Fonte: USGBC, 2018

A Tabela 4.1 apresenta os requisitos para os quais os sistemas construtivos em aço contribuem para uma melhor pontuação na certificação LEED.

LEED BD+C v. 04 Building Design and Construction	
 Terrenos Sustentáveis	
Crédito	Contribuição dos sistemas construtivos em aço
Prevenção da Poluição nas Atividades de Construção	o processo construtivo em aço gera menos poluentes particulados (menos poeira em processos de cortes, lixamentos, etc.) facilitando o atendimento deste pré-requisito.
 Materiais e Recursos	
Crédito	Contribuição dos sistemas construtivos em aço
Gerenciamento dos Resíduos da Construção e de Demolição	as sobras e rejeitos de uma demolição ou nova construção em aço podem ser mais facilmente segregados e destinados para a reciclagem, auxiliando na gestão de resíduos e contribuindo para um maior índice de reciclagem na obra.
Divulgação e Otimização de Produtos do Edifício - Origem de Matérias-Primas – Relatório de extração de matéria primas	os componentes fabricados em aço podem contribuir para esta pontuação visto que muitos fabricantes já possuem relatórios de sustentabilidade de acordo com padrões GRI, OECD, etc.
Divulgação e Otimização de Produtos do Edifício - Origem de Matérias-Primas Divulgação e Otimização de Produtos do Edifício - Declaração Ambiental do Produto	caso o fabricante possua a DAP de seu produto, ele poderá contribuir para essa pontuação que demanda estudos de análise de ciclo de vida que costuma ser mais complexos para outros tipos de produtos.
Divulgação e Otimização de Produtos do Edifício - Origem de Matérias-Primas Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Origem de Matérias-Primas (opção 2) - Práticas de extração líderes	os componentes fabricados em aço podem contribuir para esta pontuação visto que alguns fabricantes já incorporam resíduos (pré ou pós-consumo) na composição de seus produtos.

Tabela 4.1: Principais contribuições dos sistemas construtivos em aço nos requisitos da certificação LEED

4.5 Certificação GBC Brasil Casa e Condomínio

Os referenciais GBC Brasil Casa (figura 4.4) e GBC Brasil Condomínio são sistemas de certificação brasileiros criados especificamente para atender ao setor residencial (residências unifamiliares e condomínios).



Figura 4.4: GBC Casa
Fonte: GBC- Brasil

Tais certificações são concedidas pela Green Building Council Brasil (GBC Brasil), uma instituição criada em 2007, filiada ao World Green Building Council, que tem como missão transformar a indústria da construção civil brasileira e a cultura da sociedade em direção à sustentabilidade.

Em setembro de 2012 foi lançada a primeira versão do referencial técnico para certificação de residências unifamiliares. Mais de 200 profissionais do setor da construção do país fizeram parte do processo de elaboração da primeira versão do referencial, organizando-se em comitês temáticos que contribuíram com seus conhecimentos técnicos e com a experiência da aplicação de outros sistemas de certificação já consolidados.

Em 2017, visando aumentar a abrangência no mercado residencial foi lançado o referencial GBC Brasil Condomínio. Também foram realizadas importantes revisões no GBC Brasil Casa, incorporando as lições aprendidas com os projetos já certificados.

As principais novidades foram a inclusão de uma categoria para responsabilidade social, que congrega requisitos relacionados ao respeito às normas, segurança do trabalho e formalidade e também a possibilidade de certificação em duas etapas: projeto e obra concluída.

Em janeiro de 2019 haviam 58 empreendimentos registrados e 9 já certificados, sendo 39 unifamiliares e 19 multifamiliares.

Os critérios para a certificação estão detalhados nos créditos e pré-requisitos distribuídos entre as categorias: implantação, uso eficiente da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno, requisitos sociais, inovação e projeto e créditos regionais. Os conceitos de saúde, bem-estar e conforto dos ocupantes aparecem de forma transversal nas diversas categorias da certificação.

De forma análoga à certificação LEED, para se obter a certificação, o empreendimento precisa atender a todos os pré-requisitos e obter uma quantidade mínima de pontos. A certificação é concedida em quatro níveis (Verde, Prata, Ouro e Platina) de forma a incentivar a busca por melhores pontuações e o decorrente melhor desempenho ambiental da edificação.

Na tabela 4.2 são apresentados os itens em que o aço pode contribuir para melhorar a pontuação na certificação GBC Brasil Casa e Condomínio.

GBC Brasil Casa e Condomínio v. 2017	
 Materiais e Recursos	
Crédito	Contribuição dos sistemas construtivos em aço
1. Gerenciamento de Resíduos da Construção	as sobras e rejeitos de uma demolição ou nova construção em aço podem ser mais facilmente segregados e destinados para a reciclagem, auxiliando na gestão de resíduos e contribuindo para um maior índice de reciclagem na obra.
4. Rotulagem Ambiental Tipo II – Materiais Ambientalmente Preferíveis	este crédito valoriza a utilização de materiais cuja composição incorpore insumos reciclados em sua fabricação e alguns fabricantes já incorporam resíduos na composição de seus produtos.
5. Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração Ambiental de Produto	caso o fabricante possua a Declaração de seu produto, ele poderá contribuir para essa pontuação que demanda estudos de análise de ciclo de vida que costumam ser mais complexos para outros tipos de produtos.
6.1. Desmontabilidade e Redução de Resíduos – Sistemas Estruturais	este crédito prioriza o uso de sistemas estruturais desmontáveis, assim o uso de estruturas metálicas e coberturas parafusadas (não soldadas) auxiliam na obtenção desta pontuação.
6.2. Desmontabilidade e Redução de Resíduos – Sistemas Não Estruturais	este crédito prioriza o uso de sistemas desmontáveis em elementos não estruturais, assim, o uso de painéis de fachada ou de vedação interna (drywall, steel framing, etc.) onde é comum o emprego de aço contribuirá para o atendimento deste crédito.

Tabela 4.2: Principais contribuições dos sistemas construtivos em aço nos requisitos da certificação GBC Brasil Casa e Condomínio v. 2017

4.6 Certificação AQUA-HQE

O AQUA-HQE é uma certificação internacional de construção sustentável desenvolvido com base na certificação francesa chamada HQE™ (Haute Qualité Environnementale). A figura 4.5 apresenta o logo da certificação AQUA.



Figura 4.5: Logomarca do Aqua-HQE
Fonte: Fundação Vanzolini

A Fundação Vanzolini, é uma das principais entidades de certificação da construção civil no Brasil e atua com uma grande variedade de certificações (ISO9001, OHSAS18001, ISO140001, etc.).

Em 2008, de forma pioneira, ela desenvolveu a certificação AQUA tendo como base o HQE™ e fazendo todas as adaptações necessárias às normas técnicas, regulamentações e práticas construtivas nacionais. A certificação é acessível a qualquer edifício, residencial ou não, em fase de concepção, renovação ou operação.

Até setembro de 2018, havia no Brasil 500 edifícios certificados, dos quais 276 residenciais e 227 não residenciais.

O grande destaque desta certificação é a exigência de um sistema de gestão para a definição das metas ambientais de cada projeto. Para garantir o seu cumprimento ao longo do processo, todos os envolvidos são mapeados, registrando-se os seus comprometerimentos e responsabilidades no processo.

Além do sistema de gestão, o edifício também precisa atender aos requisitos distribuídos em 14 categorias de certificação de Qualidade Ambiental do Empreendimento (QAE). Cada categoria será classificada nos níveis Base, Boas Práticas ou Melhores Práticas, conforme os requisitos que foram atendidos.

Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar, no mínimo, um perfil de desempenho com 3 categorias classificados como nível Melhores Práticas, 4 categorias no nível Boas Práticas e 7 categorias no nível Base (figura 4.6).



Figura 4.6: Perfil mínimo de desempenho para certificação Aqua-HQE

Fonte: Fundação Vanzolini, 2018

Na tabela 4.3 são apresentados os requisitos da Certificação Aqua-HQE em que o aço pode contribuir positivamente.

AQUA-HQE Referencial de Edifícios Não Residenciais em Construção v. 2016	
Produtos, Sistemas e Processos construtivos	
Crédito	Contribuição dos sistemas construtivos em aço
2.1.2. Refletir e garantir a adaptabilidade da construção ao longo do tempo em função da vida útil desejada e de sua utilização	estruturas em aço permitem maior facilidade de adaptação/ampliação/redução da edificação ao longo de sua vida, aliadas a característica de serem facilmente desmontáveis
2.1.3. Assegurar a desmontabilidade/separabilidade dos produtos e processos construtivos tendo em vista a gestão ambiental otimizada de seu fim de vida	este item prioriza o uso de sistemas desmontáveis, assim o uso de estruturas metálicas e coberturas, contribuirá para o atendimento.
2.3.1. Conhecer os impactos ambientais dos produtos de construção	caso o fabricante possua a DAP de seu produto, ele poderá contribuir para esse item.
2.3.5: exige que sejam escolhidos fabricantes de produtos que não pratiquem a informalidade fiscal e trabalhista	a indústria do aço possui um maior grau de formalidade facilitando o atendimento deste item.
Canteiro de Obras	
Crédito	Contribuição dos sistemas construtivos em aço
3.1.2. Reduzir na fonte a produção de resíduos do canteiro de obras	o uso de componentes construtivos feitos de aço e pré-fabricados ajuda a reduzir na fonte a produção de resíduos do canteiro de obras.
3.1.3. Valorizar ao máximo os resíduos do canteiro de obras em adequação com as cadeias de fornecimento locais existentes, e assegurar-se da destinação apropriada dos resíduos	as sobras e rejeitos de uma demolição ou de uma nova construção em aço podem ser mais facilmente segregados e destinados para a reciclagem, auxiliando na gestão de resíduos e contribuindo para um maior índice de reciclagem na obra.
3.2.2. Limitar os incômodos visuais e otimizar a limpeza do canteiro; 3.2.4. Evitar a poluição do ar e controlar o impacto sanitário e 3.3.2. Reduzir o consumo de água no canteiro	obras em aço, são mais racionalizadas, permitindo um canteiro mais limpo, com menos poeira e com menor consumo de água (ex: sem processos de cura).

Tabela 4.3: Principais contribuições dos sistemas construtivos em aço nos requisitos da certificação AQUA-HQE Referencial de Edifícios Não Residenciais em Construção v. 2016

4.7 Selo Casa Azul

Como forma de reconhecer projetos que adotem soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios, a Caixa Econômica Federal criou o Selo Casa Azul em 2010.



Figura 4.7: Logomarca do selo Casa Azul
Fonte: Caixa Econômica Federal

Este selo é voltado para os projetos habitacionais financiados pela instituição, de forma a utilizar o seu poder de indução de mercado por ser o maior agente financeiro do mercado imobiliário brasileiro.

A CAIXA é reconhecida como o Banco da Habitação por possibilitar que grande parte da população brasileira tenha acesso ao imóvel próprio por meio de suas opções de financiamento e crédito.

O selo se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais apresentados à CAIXA para financiamento ou nos programas de repasse.

Seu referencial técnico foi desenvolvido em conjunto pela equipe técnica da CAIXA e por um grupo multidisciplinar de professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas, que integravam uma rede de pesquisa financiada pelo Finep/Habitare e pela CAIXA.

Até o início de 2019, o site da instituição listava 14 empreendimentos certificados.

A adesão ao selo azul é voluntária e para garanti-lo é preciso apresentar o projeto para uma análise de financiamento da CAIXA, juntamente com toda a documentação e informações técnicas que comprovem o preenchimento dos requisitos do selo. Após esta etapa, a CAIXA informa a graduação do selo alcançada e, no ato da contratação do financiamento, emite o atestado de concessão do selo. Por fim, durante a obra, a Caixa verificará o atendimento aos itens propostos em projeto durante as medições mensais ou em vistorias específicas.

O Guia de atendimento ao selo traz 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água e Práticas Sociais.

Para receber o Selo Casa Azul, o empreendimento deve obedecer a 19 critérios obrigatórios e, de acordo com o número de critérios opcionais atendidos, o projeto ganha o selo nível Bronze, Prata ou Ouro.

A tabela 4.4 apresenta os requisitos em que s sistemas construtivos em aço contribui para uma melhor pontuação no Selo Casa Azul.

Selo Casa Azul	
Conservação de Recursos Materiais	
Crédito	Contribuição dos sistemas construtivos em aço
2.2. Flexibilidade de Projeto	estruturas em aço permitem maior facilidade de adaptação/ampliação/redução da edificação ao longo de sua vida por serem facilmente desmontáveis e adaptáveis
4.1. Coordenação modular	materiais e componentes construtivos de aço são mais facilmente adaptáveis ao desenvolvimento da modulação de projetos.
4.2. Qualidade de materiais e componentes	este item demanda a aquisição de produtos de empresas que estejam qualificadas pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). Muitos fabricantes de perfis de aço para dry-wall estão qualificados, auxiliando o atendimento deste item.
4.3. Componentes industrializados ou pré-fabricados	este item privilegia o uso de componentes industrializados ou pré-fabricados com o objetivo de a reduzir as perdas de materiais e a geração de resíduos. Sistemas construtivos em aço, seja estrutura de aço, drywall, light steel framing, painéis de fachada, etc. contribuem para o atendimento deste item.
4.5. Gestão de Resíduos da Construção e Demolição (RCD)	as sobras e rejeitos de uma demolição ou nova construção em aço podem ser mais facilmente segregados e destinados para a reciclagem, auxiliando na gestão de resíduos e contribuindo para um maior índice de reciclagem na obra.

Tabela 4.4: Principais contribuições dos sistemas construtivos em aço nos requisitos da certificação Selo Casa Azul

Como pode ser visto ao longo deste capítulo, os sistemas construtivos em aço contribuem de forma expressiva para o atendimento de muitos requisitos das certificações ambientais elencadas. Além disso, diversos empreendimentos que foram referenciados ao longo capítulo 2, com seus respectivos benefícios socioambientais, também ressaltam a grande relevância das construções em aço na promoção da sustentabilidade.



Referências Bibliográficas

CAPÍTULO 1

AGOPYAN, V.; JOHN, V.M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 2011.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Desenvolvimento com sustentabilidade. CBIC, 2014. 52 p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas. 2014. 132 p.

INSTITUTO AÇO BRASIL (AÇO BRASIL). Relatório de Sustentabilidade 2018: Dados 2016 e 2017. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/relatorios.asp>>. Acesso em: set.2018.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

MIKHALLOVA, Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. Revista Economia e Desenvolvimento, [S.l.], n. 16, p. 22-40, 2004.

CAPÍTULO 2

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (Estados Unidos). The American Institute of Architects California Council. Integrated Project Delivery: A Guide. Califórnia: Aia national, 2007. 62 p.

ARAÚJO, Luis Otavio Cocito de. Benefícios do Incremento das Operações off-site em Empreendimentos Imobiliários. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING - A VISION FOR THE FUTURE, 2017, Covilhã. Book of Presentation. Covilhã: Universidade Beira Interior, 2017. p. 137 - 138

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. Grupo de Trabalho de Sustentabilidade. Guia sustentabilidade na arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes. São Paulo: Prata Design, 2012. 132 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8.800: Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, p. 247. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15.575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, p. 83. 2013.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17 outubro. 2018.

CIAMPI JR, A. Planejamento e execução de obras rápidas. 2013. Disponível em <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca>>. Acesso em: 15 out.2018.

CARDOSO, S. S.; GONZALES, M. A. Identificação de práticas de engenharia simultânea em edifícios estruturados em aço. Construmetal 2014 - Anais do VI Congresso Latino-Americano da Construção Metálica, 2 a 4 setembro 2014, São Paulo, Brasil.

EPA- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Design for deconstruction. EPA. Washington: 2017.48p

GOMES, C ;TOURRUCÔO, J. Torre rápida. Revista Técnica, Edição 187 – Outubro 2012. Acesso: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/187/torre-rapida-planejamento-detalhado-ao-longo-de-um-ano-286952-1.aspx>

INSTITUTO AÇO BRASIL (Rio de Janeiro). Relatório de Sustentabilidade 2018. 2018. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/>>. Acesso em: outubro de 2018.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Relatório de Pesquisa: Pesquisa sobre Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília: Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais - Dirur, 2010. 66 p.

MINGIONE, Caio Marranghello. Produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios. 2016. 409 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. Off-Site Construction Council. 2018. Disponível em: <<https://www.nibs.org/general/custom.asp?page=oscc>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

STEEL CONSTRUCTION (Reino Unido). Steel and the circular economy. 2018. Disponível em: <https://www.steelconstruction.info/Steel_and_the_circular_economy>. Acesso em: 10 fev. 2018.

TCPO. Tabela de Composição de Preços para Orçamentos. São Paulo: PINI, 2008. 441p.

UKOGC United Kingdom's Office of Government Commerce. Office of Government Commerce, Vol. 5, at p. 6 2007. Disponível em < www.ogc.gov.uk >. Acesso em: 15 ago. 2018.

WORLD STEEL ASSOCIATION (Bélgica). STEEL - THE PERMANENT MATERIAL IN THE CIRCULAR ECONOMY. Bruxelas: Worldsteel, 2016. 23p.

CAPITULO 3

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC). Structural Steel & Sustainability. 2015. 62 slides, color.

FERRARI, M.V.D et al. Guia de compra responsável: gestão estratégica e mecanismos operacionais. 1a. ed. Brasília. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2015. 94 p

INSTITUTO AÇO BRASIL (AÇO BRASIL). Website. Disponível em: <<http://www.aco-brasil.org.br>>. Acesso em: 19 out. 2018.

INSTITUTO AÇO BRASIL (AÇO BRASIL). Relatório de Sustentabilidade 2018: Dados 2016 e 2017. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/relatorios.asp>>. Acesso em: set.2018b.

JOHN, V.M. Materiais de Construção e o Meio Ambiente. In: ed. ISAIA, G. Materiais de construção civil e princípios de ciência aplicada e engenharia de materiais. Ibracon, 2017. Cap 4. Disponível em: < <http://ppgec.poli.usp.br/wp-content/uploads/sites/277/2017/05/VMJOHN-Materiais-e-o-meio-ambiente-2017-09-30-1.pdf> >, Acesso em 12 mar. 2018.

KNAUF DO BRASIL. Comparativo Aquapanel x Alvenaria. Documento Interno, 12 slides, color.

NAKAMURA, J.; FIGUEIROLA, V. Conheça os principais tipos de telhas metálicas e suas aplicações. Revista AU, São Paulo, n. 215, dez. 2011. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/215/conheca-as-principais-tipos-de-telhas-metalicas-e-suas-aplicacoes-250179-1.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

PINHO, F.O. Viabilidade Econômica: Série Manual da Construção em Aço. INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA / CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Rio de Janeiro, 2008, 84p.

THE STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE (SCI). Technical Information Sheet ED020: Sustainability of Light Steel Construction. 2014.

WORLD STEEL ASSOCIATION (WSA). Sustainable Steel: Indicators 2017 and the future. Disponível em: <<https://www.worldsteel.org/publications/bookshop/product-details~Sustainable-Steel--Indicators-2017-and-the-future~PRODUCT~sustainable-steel-2017~.html>>. Acesso em: 05 mar. 2018

WORLD STEEL ASSOCIATION (Bélgica). STEEL - THE PERMANENT MATERIAL IN THE CIRCULAR ECONOMY. Bruxelas: Worldsteel, 2016. 23p.

CAPITULO 4

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul . 2018. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 07 mar. 2018.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificação AQUA-HQE. 2018. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>. Acesso em: 07 mar. 2018.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC). Sobre o Certificado: Certificação Leed. Retirado de “Compreenda LEED” Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: 07 mar. 2018.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC). Sobre GBC Brasil Casa. 2018. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao-casa.php>. Acesso em: 18 jan. 2019.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (Brasil). Guia prático porque e como certificar seu projeto: Certificação. GBC Brasil Casa. São Paulo: GBC, 2019.

JOHN, Vanderley M; PRADO, Racine T. A. (coord.). Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação sustentável. São Paulo: Páginas & Letras. Editora Gráfica, 2010.

U.S. Green Building Council (USGBC). (ESTADOS UNIDOS). LEED is green building. 2019. Disponível em: <https://new.usgbc.org/leed>. Acesso em: 18 jan. 2019.

U.S. Green Building Council (USGBC). (ESTADOS UNIDOS). LEED is green building. 2019. Disponível em: <https://www.usgbc.org/articles/us-green-building-council-announces-top-10-countries-and-regions-leed-green-building>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Link para a licença de imagens

National Liberal Club, Whitehall Place

© Copyright Stephen Richards é licenciado para reutilização em creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0

Halifax Bomber Yorkshire Air Museum

© Copyright Alan Zomerfeld é licenciado para reutilização em creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.cs

Construção de novo hangar em Zestienhoven em Rotterdam

© Copyright Herbert Behrens / Anefo é licenciado para reutilização em creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.en

Nova estação de ônibus em Schiphol Noord

© Copyright Bart é licenciado para reutilização em creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.en

Heydar Aliyev Center

© Copyright Aleksandr Zykov é licenciado para reutilização em creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/

De Castaliatorenens, Den Haag

© Copyright Gjmooy é licenciado para reutilização em creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.en



Rua do Mercado, 11 - 18º andar
Rio de Janeiro - RJ
Telefone: (21) 3445-6300
E-mail: cbca@acobrasil.org.br
www.cbca-acobrasil.org.br

Gestor:

