



Tema: Coberturas e Fechamentos - Materiais, Tecnologia e Projetos

OS SISTEMAS DE COBERTURAS E FECHAMENTOS QUE FORMAM A MODERNA ARQUITETURA EM AÇO*

Eduardo Munhoz de Lima Castro¹

Resumo

Ao se analisar um edifício apenas pelo sistema estrutural adotado, seja integralmente metálico ou misto [aço e concreto], é comum encontrar estudos relevantes aos elementos estruturais de composição do sistema: vigas, pilares, perfis, ligações, muitas vezes de forma bem detalhada. Contudo, ao se tratar do fechamento da edificação, tanto para cobertura quanto para as áreas laterais, o único acesso a informação se dá através de catálogos de fabricantes, que por muitas vezes não possuem uma linguagem arquitetônica diante das necessidades mais expressivas que o material possa produzir em compatibilidade com o projeto. Este trabalho tem como objetivo mostrar as várias possibilidades de uso e emprego das chapas de aço corrugadas trapezoidais, senoidais ou lisas, nas suas múltiplas formas, optando-se por elementos produzidos no mercado nacional, aplicados de forma criativa, de forma a traduzir-se em uma expressão plástica arquitetônica marcante com personalidade, funcionalidade, viabilidade executiva e segura ao longo dos anos.

Palavras-chave: Arquitetura com aço; Sistemas de cobertura; Sistemas de fechamentos laterais; Plasticidade e expressão em aço.

THE ROOFING AND CLADDING SYSTEMS THAT FORM THE MODERN ARCHITECTURE'S STEEL

Abstract

While analyzing a building only by the way of its structural system, be it entirely metallic or mixed (steel and concrete), it's common to find studies about the structural elements of the system composition: beams, pillars, listings, connections, usually well detailed. However, when dealing about the building's closure, as for the coverage and lateral areas, the only access to information is through catalogs of manufacturers, which most of the time lack an architectural language before the most expressive needs that the material can produce in compatibility with the project. This work's main objective is to show the several possibilities of use and utility of steel plates corrugated trapezoidally, sinusoidally or smoothly, on its multiple shapes, opting for elements produced on the national market, applied on a creative way, in order to turn them into a striking architectural artistic expression with personality, functionality and secure business feasibility over the years.

Keywords: Steel architecture; Roofing systems; Cladding systems; Plasticity and steel expression.

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



¹ Arquiteto e Urbanista formado pela Faculdade de Belas Artes de São Paulo em 1987. Especialista em Administração de Marketing pela Fundação Armando Álvares Penteado - FAAP em 2003, Mestre pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie em 2005. Professor Universitário do curso de Arquitetura e Urbanismo e Design de Interiores das Faculdades Integradas Alcântara Machado - FIAM e Faculdade de Artes Alcântara Machado – FAAM, São Paulo, SP; Consultor de mercado.



1 INTRODUÇÃO

Resistente, durável, flexível e belo, o aço gera riquezas, propicia o desenvolvimento de novos produtos, possibilita a modernização tecnológica e inspira a criatividade artística.

Aço é sinônimo de arquitetura moderna.

No século XX, este material inspirou arquitetos e engenheiros, combinando resistência e eficiência com oportunidades de expressão escultural. Hoje, na era do pluralismo arquitetônico e da inovação da engenharia, o aço está presente nos mais sofisticados e modernos edifícios.

Parte disso se deve à evolução da metalurgia, análise estrutural, fabricação, montagem e desenvolvimento de componentes construtivos que complementam e fecham a estrutura.

Os limites do aço são cada vez mais explorados, técnica e expressivamente gerando soluções estéticas ricas, criativas e variadas.

Desde a implantação dos primeiros altos-fornos, em meados do Século XIX, o aço desempenha um papel protagonista no desenvolvimento humano.

Com a possibilidade de sua produção em larga escala que propiciou o avanço da Revolução Industrial em direção à descoberta de novas tecnologias aplicadas na agricultura, na indústria, na construção, nos transportes, enfim, na vida cotidiana de todos. A siderurgia é a indústria de base por excelência, já que o aço está presente em todas as outras atividades econômicas.

2 O AÇO COMO MATERIAL NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

- O aço é versátil
- O aço é adaptável e inovador
- O aço é moderno e fabricado em (e para) uma indústria de alta tecnologia
- O aço é usado em inúmeras aplicações
- O aço é infinitamente reciclável
- O aço é o material mais reciclado em todo o mundo
- O aço representa crescimento
- O aço é cultura

A falta de conhecimento sobre o emprego dos produtos provenientes do aço para construção civil e arquitetura promove uma limitação espontânea de sua utilização, resultando na adoção de edificações convencionais ou mistas que por muitas vezes ocasionam diversas patologias após a conclusão da obra.



Projetar em aço, tomando-se como partido o conhecimento da tecnologia de construção a seco, permite

- leveza estrutural,
- racionalização do canteiro,
- controle de custos e
- agilidade operacional.

Os materiais devem ser selecionados especialmente de forma a não comprometer o resultado final do planejamento e do projeto, uma vez que as situações de aplicação são variáveis:

O conhecimento dos materiais empregados na construção é de vital importância para o projeto e a construção na Engenharia Civil. Tanto os materiais da estrutura da edificação como aqueles usados para o seu fechamento e acabamento têm essa importância vital. O colapso de uma estrutura é, na verdade, colapso do material constituinte dessa estrutura, porque ou ele foi incorretamente especificado ou não apresentou as propriedades previstas (Agopyan, 1995, p.75-78)

Torna-se assim importante o conhecimento do comportamento dos materiais em todas as etapas do processo construtivo, e conforme justifica Agopyan (1995, p.75-78) "[...]os materiais empregados na indústria da construção civil são de grande variedade e a tendência é diversificar ainda mais, pois novos materiais estão sendo introduzidos na construção, e também estão ocorrendo junções de materiais tradicionais, gerando produtos com comportamento específico, diferente daquele dos seus componentes isolados. Além de sua variedade, os materiais chegam ao canteiro de obra em vários estágios de produção. Existem produtos que a partir de constituintes básicos podem ser até produzidos no próprio canteiro, como os concretos, outros são entregues na obra totalmente manufaturados. [...] Devido à importância e à complexidade do assunto, procura-se aprimorar o estudo dos materiais de construção, aplicando cada vez mais os conhecimentos científicos".

3 AÇO E A QUESTÃO SUSTENTÁVEL

A responsabilidade de construir com o objetivo de não agredir o meio ambiente é um desafio para nosso século, e sendo assim, a industrialização da construção civil é uma premissa que deve ser levada em consideração desde a concepção do projeto arquitetônico, promovendo por meio das modernas tecnologias em pré-fabricação de materiais a configuração do canteiro de obras para uma linha de montagem.

Essa premissa encontra fundamento no Relatório Brundtland, cujo documento intitulado de Nosso Futuro Comum, publicado em 1987, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ressalta os riscos excessivos dos recursos naturais sobre a capacidade de suporte dos ecossistemas e propõe o desenvolvimento sustentável como "[...] aquele que atende as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações



futuras de atender suas próprias necessidades"¹.

Cada nova edificação impacta o meio, consumindo energia, recursos naturais, esgoto e água tratada, aumentando a poluição. Cabe aos arquitetos, engenheiros, estudar as consequências do empreendimento em longo prazo:

- Fazendo bons projetos arquitetônicos
- Incentivando novas tecnologias
- Otimizando o uso de energia
- Diminuindo os desperdícios
- Utilizando materiais recicláveis
- Inovando

Em edificações na qual o aço participa estruturalmente ou por meio de cobertura e fechamento pode-se:

- **Reformar** a edificação ao invés de demolir
- **Desmontar** e **reutilizar** os componentes
- Desmontar **reciclando** o material

O Aço é um material 100% reciclável.

4 O USO DO AÇO E SUA CONTRIBUIÇÃO NA INDUSTRIALIZAÇÃO DOS PROJETOS DE ARQUITETURA

A padronização das peças é um conceito muito importante, pois como todo sistema industrializado ao valer-se da repetição, diminui seu custo em todo processo.

Com o aço obtém-se:

- Organização do canteiro de obra
- Alívio nas fundações
- Vãos livres maiores
- Racionalização de material e de mão de obra
- Menor prazo de execução
- Retorno financeiro mais rápido
- Garantia de níveis e prumos
- Redução de acidentes
- Facilidade de montagem e desmontagem
- Otimização de ampliações e reformas
- Compatibilidade com sistemas construtivos

¹ Nações Unidas no Brasil. [homepage na internet]. A ONU e o meio ambiente [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: <http://www.onu.org.br>



O aço desponta-se como material que propicia um conceito elevado no processo de industrialização, permitindo a pré-fabricação de sistemas construtivos, associando-se aos conceitos de organização e produção em série.

É importante que o projeto em aço já comece a ser pensado com o conceito do material, envolvendo a satisfação do cliente, a técnica, normas, o espaço construído, sua reciclagem e sustentabilidade, o modelo de industrialização e montagem, sua execução, custos, materiais e desempenhos além da estética

Um projeto de arquitetura deve levar em consideração os subsistemas que formarão a proteção da edificação assim como os elementos que permitirão o conforto térmico do conjunto da obra. Não basta apenas estudar a posição ideal de implantação da obra mas as características dos elementos que poderão auxiliar no conforto:

5 NORMAS SOBRE OS PERFIS TRADICIONAIS DE MERCADO

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT, desde abril de 2000 [figura 1] temos:

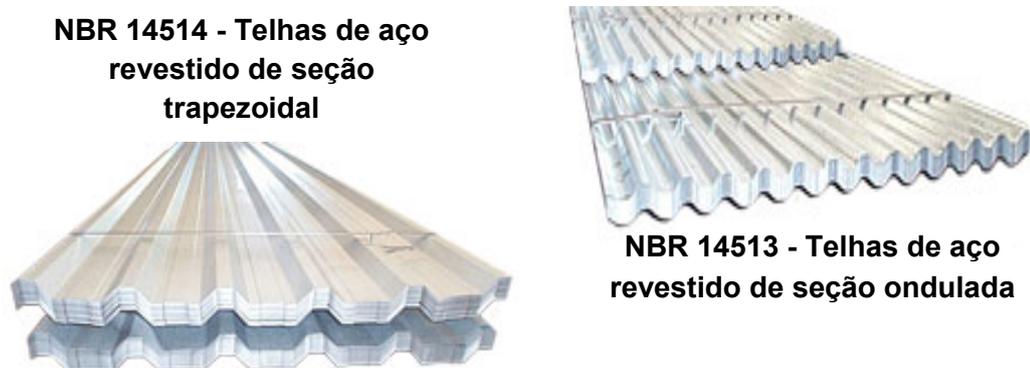


Figura 1: Modelos de perfis corrugados e senoidais tradicionais
Foto: Eduardo Munhoz de Lima Castro, 2014

- Telhas Onduladas: denominadas de *Chapas de Aço Revestidas Conformadas a Frio de Perfil Senoidal* (NBR 14513)
- Telhas Trapezoidais: denominadas de *Chapas de Aço Revestidas Conformadas a Frio de Perfil Trapezoidal* (NBR 14514)

Desta forma, é extremamente recomendável que o responsável pela especificação, seja ele o arquiteto, o projetista ou mesmo o comprador, observe os catálogos do fabricante, as amostras e igualmente o atendimento às normas técnicas já mencionadas. Somente assim, a garantia de qualidade de produto estará assegurada.



6 MATERIAIS – AS TELHAS E FECHAMENTOS EM AÇO

Nas últimas décadas, as telhas produzidas a partir de bobinas de aço revolucionaram de maneira significativa a construção civil no Brasil, representando, para os profissionais de arquitetura e engenharia, excelente solução para coberturas e fechamentos laterais das mais variadas edificações.

Nota-se que a tendência marcante do uso do aço está na diminuição do peso e da inclinação do telhado. O uso das telhas de aço em qualquer edificação representa uma solução para redução de custos estruturais.

Na medida em que o aço zincado se apresenta como um material de grande durabilidade, alta resistência mecânica, baixo custo e versatilidade, propiciando a fabricação de produtos leves de fácil manuseio, os fabricantes de sistemas metálicos de coberturas e fechamentos laterais, o elegeram como sua matéria-prima básica para a produção de telhas e componentes.

6.1 Características Gerais

Fácil aplicação, rapidez, utiliza pouca mão de obra, geralmente são leves, fixadas por parafusos autoperfurantes;

Devido à sua geometria pode vencer grandes vãos, possibilitando a cobertura de grandes áreas com poucas emendas – proporciona baixo custo para estrutura;

As telhas de aço não quebram, não trincam e são resistentes a corrosão;

Fornecer um aspecto moderno e atrativo ao telhado, com uma gama variada de cores. Quando usada como fechamento lateral pode ser disposta tanto na vertical, diagonal ou horizontal e, ainda, ser composta nos cantos com telhas multidobras.

6.2 Telhas Onduladas

No mercado Brasileiro são usualmente empregadas em silos e coberturas de galpões em arco. Pelo perfil não conter vinco, apresenta maior flexibilidade a esse tipo de obra – tem mais resistência ao amassamento e a quebra. Fora do Brasil tem múltiplo uso. São telhas que não tem trecho plano, sendo que sua seção transversal é constituída por uma curva senoidal [figura 2].



Figura 2 : Perfil Senoidal

Fonte: Manual Técnico Telhas de Aço - ABCEM



Exemplo residencial sobre o emprego da telha ondulada:



Figura 3: Cobertura em Arco – Residência do arquiteto Sergio Parada, em Brasília – DF. Distingui-se a cobertura de forma orgânica que parece flutuar sobre as outras formas, oferecendo fluidez e conforto térmico devido a ventilação cruzada.

Fonte: Portal Arcoweb

Outro exemplo pode ser verificado na residência construída em Pindimar Bay – Austrália [figura 4], projeto do arquiteto Alexander Kinross-Rowe, onde os revestimentos externos são efetuados com telha ondulada, formando uma parede sanduíche termoisolante no método construtivo a seco. A diferenciação das cores e o material em si permite baixa manutenção.



Figura 4: Residência com revestimento em telha ondulada.

Fonte: Lysaght



Figura 5: Residência com revestimento em telha ondulada disposta horizontalmente - Arquiteto: Greg Jones, em Geelong, Victoria - Austrália.

Fonte: Lysaght

Na figura 5, a mesma telha fora disposta de modo horizontal, o que se percebe a multiplicidade de possibilidades sobre os efeitos desse material. As cores ajudam a realizar uma arquitetura mais impactante e o sistema construtivo a seco não permite que a residência seja algo inacabado como vemos nos sistemas tradicionais, onde levantam-se as alvenarias e os revestimentos finais externos são os últimos a ocorrer.

6.3 Telhas Trapezoidais

São telhas formadas por trechos horizontais e inclinados, formando o desenho de uma telha grega.

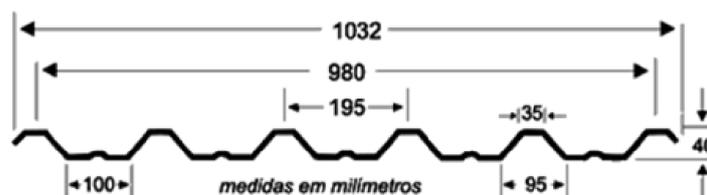


Figura 6 : Perfil Trapezoidal
Fonte: Manual Técnico Telhas de Aço - ABCEM



As telhas trapezoidais apresentam a melhor concepção técnica de coberturas e fechamentos no mercado nacional.

Possuem uma grande diversidade de tipos, em função da altura do trapézio, pode-se obter a melhor performance de qualidade em relação ao projeto especificado. Sua utilização em grandes obras industriais no início da década de 70 e em meados de 80 tornou-se um grande precursor desse mercado.

Em alguns casos podem interagir no cálculo estrutural da edificação, e não somente como uma utilização estética para os projetos arquitetônicos.

Obras industriais de grande porte utilizam telhas trapezoidais [figuras 7 e 8], pois possibilitam a racionalização do tempo de construção (produtividade de execução).

As construções metálicas passaram a solicitar maiores desafios e necessidades, que não existiam em décadas passadas. Assim as telhas trapezoidais passaram a figurar nos projetos e obras de Shopping Center's e Residências, com grande apelo visual.



Figura 7: Perfil trapezoidal – Detalhe para a telha multidobra que envolve toda a lateral frontal da cobertura - Entrepósito Alfandegário Aurora Eadi – Sorocaba – SP – arquiteto Cláudio Libeskind
Fonte: CONSTRUCTALIA



Figura 8: Perfil trapezoidal – Detalhe para a telha multidobra que envolve toda disposta horizontalmente, formando um novo revestimento de fachada, de baixa manutenção e de grande impacto visual - Entrepósito Alfandegário Aurora Eadi – Sorocaba – SP – arquiteto Cláudio Libeskind

Fonte: CONSTRUCTALIA

6.4 Simples ou "Singelas"

Telhas simples são destinadas ao método clássico de coberturas e fechamentos laterais largamente utilizados no país. Os perfis são produzidos de acordo com a necessidade do projeto, em comprimentos máximos de 12 metros (o mesmo para as termo-acústicas).

6.5 Termoacústicas ou Termoisolantes

Os perfis são produzidos de acordo com a necessidade do projeto, em comprimentos máximos de 12 metros (o mesmo para as termoisolantes).

- EVA Filme Aderido
- MEMBRANAS
- LÃ MINERAL (VIDRO OU ROCHA)
- EPS (ISOPOR)
- PUR (Poliuretano) / PIR (Poliisocianurato)



7 RESISTÊNCIA E PROTEÇÃO

Em todo o sistema de cobertura e em fechamentos laterais a água é o principal elemento que se deve formar uma barreira. A água chega a edificação de duas formas:

- pelo meio interno – condensação
- pela meio externo - precipitação atmosférica (chuvas)

Portanto o sistema adotado deve ser suficientemente adequado a conter esses meios.

7.1 Condensação

A condensação ocorre pela diferença de gradiente externo com o interno, formando gotículas que se depositam em pontos que favoreçam o empoçamento, escorram ou gotejam por algum local onde é percebida. Como não é vista dependendo do material de contato pode ocorrer o aparecimento de algas e fungos além de outros elementos que progressivamente possam atacar o material especificado para a cobertura.

7. 2 Barreiras de proteção

As barreiras precisam ser criadas:

- Contra calor
- Contra umidade

As soluções variam em função:

- Clima
- Materiais disponíveis
- Cultura
- Função da edificação
- Vida útil projetada

As telhas deixaram de ser simples elementos de vedação: incorporam características estruturais para resistir os carregamentos impostos pelo meio ambiente, sua montagem e a estrutura de sustentação. Outras funções são: iluminação, acústica, isolamento térmico e a própria vedação lateral (fechamento lateral).

Sistemas de cobertura e fechamento devem proporcionar:

- Resistência a força dos ventos
- Vencer os vãos
- Suportar seu peso e cargas variáveis
- Conforto acústico
- Conforto térmico
- Controle do fluxo e da passagem da água pluvial
- Dependendo da exigência construtiva devem ser resistentes ao fogo



CONCLUSÕES

Os materiais possuem comportamentos distintos e apresentam-se (atualmente) em maior variedade. Mostram-se mais indicados para uma determinada solução do que para outra, dependendo da forma, clima, partido, etc. Cabe ao projetista (arquiteto/engenheiro) verificar em cada caso, o sistema e material que melhor se adapte as condições do projeto.

Com o surgimento de novos produtos para indústria da construção civil, gradativamente vem se desenvolvendo uma nova maneira de erguer as edificações, seja para qual for seu uso (comercial, industrial ou residencial).

Edificações industriais e comerciais partem de soluções semi prontas obtendo prazos, custos e processo construtivo garantido.

Os fechamentos laterais anteriormente erguidos com alvenaria ou estrutura de madeira e telhas de cimento amianto, cedem espaço aos perfis metálicos leves e às chapas corrugadas trapezoidais ou senoidais, chamadas telhas de aço.

Dependendo do local aplicado e da arquitetura projetada possuem especificações de composição bem singulares ao seu emprego. O mesmo acontece com a estrutura de cobertura.

As estruturas de um modo geral passaram a ser mais esbeltas, assim como os materiais empregados, tal como o aço e o concreto, passaram a ser mais resistentes.

A urbanização intensiva a partir da metade do século XX estimula a tendência da racionalização na construção, permitindo prédios mais altos, grandes vãos livres entre apoios e coberturas quase planas com grandes panos de água.

Com o abastecimento do mercado interno pelas companhias siderúrgicas com bobinas de aço galvanizado, o mercado pode expandir o emprego desse material nos fechamentos e coberturas, antes saturado pelas placas de cimento corrugado (telhas de fibrocimento) permitindo opções arquitetônicas e ganhos de vãos de apoio.

As chapas finas metálicas corrugadas permitiram novas aplicações para o envólucro arquitetônico.



REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Construção Metálica - ABCEM. Manual Técnico Telhas de Aço.[manual técnico na internet]. Edição 1; 2009 [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: <http://www.abcem.org.br/publicacoes-telhas-de-aco.php>

AGOPYAN, Vahan. Estudos dos materiais de construção civil – materiais alternativos. In: CUNHA, Lix. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo: Pini: IPT; 1995. p.75-78.

ARCOWEB. [homepage na internet]. Sergio Roberto Parada: Residência, Brasília - DF. [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br>

CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima. A versatilidade dos sistemas de coberturas e fechamentos em aço, nos projetos de arquitetura. In: Construmetal 2008 - Congresso Latino Americano da Construção Metálica. 2008 set. 9-11; São Paulo, Brasil. [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: <http://www.construmetal.com.br/2008>

CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima. Estruturas construtivas da casa paulista. São Paulo. Dissertação [Mestrado em Arquitetura e Urbanismo] - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2005.

CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima; BRUNA, Gilda Collet. A Sustentável leveza do aço: contribuição uso do aço em sistemas de edificações a seco no Brasil. In: Anais do V Encontro de Iniciação Científica E VIII Mostra de Pós-Graduação; 2004 set. 22-25; São Paulo, Brasil. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2004, p. 3 - 9.

CONSTRUCTALIA. [homepage na internet]. Entrepasto Alfandegário Aurora Eadi. [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: http://www.constructalia.com/portugues_br

LYSAGHT. [homepage na internet]. LYSAGHT Case Studies. Residential Article Archive. [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: <http://www.lysaght.com/index.cfm>

MARINGONI, Heloisa Martins. Princípios de arquitetura em aço. 2. ed. São Paulo: Perfis Gerdau Aço Minas, 2004. v.4. Coletânea do uso do aço.

Nações Unidas no Brasil. [homepage na internet]. A ONU e o meio ambiente [acesso em 11 mai 2014]. Disponível em: <http://www.onu.org.br>

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. A concepção estrutural e a arquitetura. 3. ed. São Paulo: Ziguarte, 2003.