



CONSTRUMETAL 2014

Congresso Latino-Americano da Construção Metálica

Contribuições Tecnocientíficas

- Parte 1 -

Coberturas e Fechamentos – Materiais, Tecnologia e Projeto

Tema: Coberturas e Fechamentos – Materiais, Tecnologia e Projetos

ESTRUTURA PARA ENGRADAMENTO DE TELHADOS DE RESIDÊNCIAS COM SISTEMA *LIGHT STEEL FRAMING**

Alexandre Kokke Santiago¹

Maíra Neves Rodrigues²

Francisco Carlos Rodrigues³

Resumo

A utilização de engradamentos metálicos para estruturação de telhados de edificações é prática consagrada na construção civil brasileira, face às grandes vantagens deste material, como leveza, versatilidade, capacidade de vencer grandes vãos, qualidade e disponibilidade de matéria-prima. No caso específico de residências, nota-se a concorrência com estruturas de madeira, que são cada vez menos comuns e mais onerosas pela menor disponibilidade de matéria-prima aprovada. Percebe-se ainda que o emprego de estruturas de aço neste segmento é marcado pelo uso de barras metálicas cortadas e soldadas *in loco*, em processo artesanal, com baixa produtividade e qualidade, além de elevado desperdício. O presente artigo demonstra a possibilidade de produção e utilização de engradamentos metálicos montados no sistema *Light Steel Framing* (LSF) para uso em residências em alvenaria convencional. A solução em LSF emprega aços galvanizados e permite que a estrutura de cobertura seja pré-montada em indústria, com maior controle e produtividade, e depois montada em canteiro com grande eficiência, rapidez, sem improvisações e com custo competitivo. São apresentadas no artigo experiências práticas de utilização do sistema para coberturas de residências, suas vantagens e limitações, além de ensaio realizado para validação da solução frente às normas pertinentes.

Palavras-chave:

Engradamento metálico de telhados; *Light Steel Framing* (LSF), Estruturas metálicas

ROOF STRUCTURES FOR RESIDENTIAL CONSTRUCTION USING LIGHT STEEL FRAMING SYSTEM.

Abstract

The use of light steel roof framing in buildings is a common practice in the Brazilian civil construction due to the great advantages of this material, such as lightness, versatility, large spans, quality and availability of raw materials. Regarding specifically residential construction,

¹ Arquiteto e Urbanista UFMG, MSc. Engenharia Civil UFOP, Professor Associado IET UNI-BH, Sócio da Construseco Construtora, Belo Horizonte, MG

² Arquiteta e Urbanista UFV, MSc. Engenharia de Estruturas UFMG, Professora Associada IET UNI-BH, Gestora de P&D da Flasan, Belo Horizonte, MG

³ Professor Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG

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



it can be observed the competition of wood structures, which are becoming less common and more expensive due to the decreasing availability of approved raw materials. It can be noticed that the use of steel structures for roof structures is marked by low quality and efficiency, as well as high wastage due to the handcrafted process of cutting and welding pieces on site. This paper demonstrates the possibility of producing and using Light Steel Framing (LSF) system for roof structures of houses built in conventional masonry. LSF solution uses galvanized steel allowing pre-assembly of the roof structure in the factory, with greater accuracy and productivity, and then mounting it on construction site with efficiency, speed, competitive costs and without improvisation. This article presents practical experiences of using this system for residential roofs, its advantages and limitations, as well as performance test to validate the solution for relevant Standards requirements.

Keywords:

Metal Roof Structure; Light Steel Framing (LSF); Metal structure

1 INTRODUÇÃO

A utilização de telhados aparentes, com os mais diversos tipos de telhas, é prática comum em residências na arquitetura brasileira, desde as tradicionais casas coloniais até a arquitetura contemporânea. Os sistemas tradicionais de engradamento para telhados de residências são executados com estruturas de madeira, sejam elas compostas por tesouras que vencem o vão livre dos espaços construídos ou apoiadas sobre lajes de concreto com uso de pontaletes. Entretanto, em função do maior controle existente hoje sobre a produção e o manejo adequados de madeira controlada e os aumentos recentes no custo da mão de obra, houve grande acréscimo no custo final da utilização de estruturas de madeira em telhados.

As soluções de estruturas em aço para a execução de engradamentos metálicos são uma alternativa bastante aceita no mercado da construção civil brasileira para substituição das estruturas de madeira. As grandes vantagens do material, como leveza estrutural, versatilidade, capacidade de vencer grandes vãos, facilidade de montagem e manuseio, além da qualidade, disponibilidade e controle da matéria prima são pontos favoráveis a este tipo de solução. Porém, percebe-se que a maioria das estruturas de aço montadas como engradamentos metálicos são executadas a partir de barras metálicas cortadas e soldadas *in loco*, em processo artesanal, com baixa produtividade e qualidade, além de elevado desperdício.

O desenvolvimento das soluções construtivas em aço alcança sua melhor viabilidade técnica e econômica quando passa a utilizar conceitos de industrialização. Há algumas experiências no Brasil de sistemas de estruturas para telhados prontos, que entregam um produto beneficiado que aumenta a produtividade ao tornar a instalação da estrutura na obra um processo de montagem de elementos pré-montados e planejados de forma eficiente.

Uma destas experiências é o sistema Usiteto, desenvolvido pela Usiminas (Portal Metálica, 2014) [1], onde são utilizados perfis de aço formados a frio, compondo pilares e engradamento do telhado para execução de cobertura de casas térreas de 36m² e 42m². Este sistema alia peças industrializadas e padronizadas, com encaixes que permitem uma montagem rápida e com grande precisão (Figura 1). Uma das desvantagens deste sistema é a utilização de pilares

metálicos, que poderiam ser suprimidos caso o telhado se apoiasse sobre as paredes de alvenaria estrutural, tornando a solução mais econômica.



Figura 1 – Estrutura Usiteto
Fonte: Portal Metálica, 2014 [1]

A alternativa em aço para execução de estrutura de telhados proposta neste artigo utiliza o sistema *Light Steel Framing* (LSF) buscando um conceito de solução que possa ser utilizado em residências construídas em alvenaria estrutural convencional. A solução em LSF proposta permite que a estrutura de cobertura seja pré-montada em indústria, onde há maior controle e produtividade, e depois montada em canteiro com grande eficiência, rapidez e sem improvisações, com custo competitivo, tornando-se assim uma solução bastante interessante para diversos segmentos da construção civil. O sistema LSF permite diversas tipologias de montagem diferentes, de acordo com a situação da obra, podendo tanto ser constituído de tesouras convencionais quanto de painéis inclinados (Figura 2).



Figura 2 – Estruturas de telhado em *Light Steel Framing*
Fonte: Santiago, Terni, Pianheri, 2009 [2]

2 SOLUÇÃO DE ENGRADAMENTO METÁLICO EM *LIGHT STEEL FRAMING*

2.1 Sistema *Light Steel Framing*

O *Light Steel Framing* é um sistema construtivo, geralmente autoportante, composto por vários componentes industrializados que possibilitam uma construção com grande rapidez de execução e precisão.

O LSF se caracteriza por um esqueleto estrutural composto por perfis leves de aço galvanizado formados a frio. Os perfis são utilizados na composição de painéis estruturais de paredes, vigas de piso, treliças, tesouras de telhado, entre outros componentes. As montagens mais usuais de LSF utilizam combinações de seções transversais “U” enrijecido (Ue) e “U” simples, mas há sistemas de montagem que empregam apenas seções Ue (Figura 3). As seções dos perfis Ue são, geralmente, 90x40x12 mm, 140x40x12 mm e 200x40x12 mm. Já os perfis U possuem seções de 90x40 mm, 140x40 mm e 200x40 mm, padronizadas pela norma brasileira ABNT NBR 6355:2012 [3]. Podem ser utilizados perfis com outras seções, como cantoneiras e perfis cartola, em função de necessidades específicas de cada projeto ou aplicação do sistema (Freitas, Santiago, Crasto, 2012) [4].



Figura 3 – Detalhes da montagem de estruturas de *Light Steel Framing*
Fonte: Flasan, 2014 [5]

A estrutura em LSF é montada a partir de perfis formados a frio em aço galvanizado estrutural do tipo ZAR (Zincado de Alta Resistência), cobertura de galvanização 180 g/m² (Z180), resistência ao escoamento (fy) mínima de 230 MPa, conforme requisitos da norma ABNT NBR 15253:2005 [6]. A espessura da chapa de aço é geralmente igual a 0,80 mm, 0,95 mm ou 1,25 mm, sendo determinada de acordo com o cálculo estrutural. Todas as ligações entre elementos de LSF são realizadas com parafusos estruturais autobrocantes, flangeados ou sextavados, em quantidade também avaliada e definida em cálculo estrutural (Rodrigues, 2006) [7].

2.2 Solução de engradamento em LSF para telhados

Para avaliação da viabilidade do uso de engradamento de LSF em telhados, foi desenvolvido em 2011 pela empresa Flasan Soluções para Construção a Seco, de Belo Horizonte, MG, um projeto de estrutural para residências de 36m², com base no projeto arquitetônico da casa padrão MG-80-I-2-36 da COHABMINAS (Companhia de Habitação de Minas Gerais), utilizada



como referência nos projetos habitacionais naquele período (COHABMINAS, 2007) [8]. Este telhado possui 2 águas iguais, e foi pensado para uso de telhas cerâmicas, que tem sido a tipologia mais adotada pelo órgão em seus projetos.

A solução de engradamento metálico de telhados utilizando o sistema *Light Steel Framing* desenvolvida e avaliada neste artigo tomou como premissa básica o conceito de industrialização dos elementos da estrutura, de modo a produzi-los em uma fábrica, onde são pré-montados com grande precisão e controle, permitindo uma produtividade que dificilmente é alcançada nas montagens em canteiro. As peças que compõem esta estrutura, perfis e encaixes, são produzidos sob medida, de modo a facilitar o trabalho do montador na fábrica e a minimizar o desperdício de matérias primas.

O sistema é composto por painéis inclinados que se apoiam nas paredes em alvenaria estrutural na parte inferior, onde há também um beiral de 50 cm em todo o perímetro da edificação. Na cumeeira, há um sistema de pontaletes também apoiados na alvenaria, que suportam a extremidade superior do painel em uma viga central. Nesta viga há peças metálicas de articulação onde a extremidade superior do painel inclinado é encaixada, de maneira a absorver pequenas imperfeições na execução da alvenaria.

O sistema utiliza perfis tipo Ue com seção 90x40x12 mm para composição dos caibros do painel inclinado, fixados entre si com parafusos autobrochantes galvanizados e com espaçamento aproximado de 800 mm. Sobre eles são instalados perfis tipo cartola, também em aço galvanizado, espaçados conforme a galga da telha cerâmica a ser utilizada. A cumeeira central é fabricada com perfis caixa compostos por dois perfis Ue 140x40x12 mm e recebe as peças de articulação, também em aço galvanizado (figura 4).



Figura 4 – Detalhes da montagem das peças padronizadas do telhado de LSF

Fonte: Flasan, 2011 [9]

Este modelo padronizado de telhados foi submetido a avaliação experimental de carregamento no Laboratório de Análise Experimental de Estruturas, da Escola de Engenharia da UFMG (Rodrigues, 2011) [10], onde foi avaliado seu comportamento e sua capacidade portante frente as solicitações previstas. A descrição e os resultados deste ensaio constam no item 3 deste artigo.

3 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO ENGRADAMENTO METÁLICO EM LSF

Com o objetivo de atestar o sistema de engradamento proposto, foi realizada pela empresa Flasan, em parceria com o Laboratório de Análise Experimental de Estruturas da UFMG [10], prova de carga em protótipo com área equivalente a 36 m², adotando como referência a casa padrão da COHABMINAS. O ensaio verificou os deslocamentos limites e as forças resistentes da cumeeira, dos caibros e das ripas e o comportamento das ligações entre caibros e cumeeira.

A estrutura do engradamento ensaiado foi composta por viga da cumeeira em perfil caixa formado por dois perfis Ue 140x40x12x0,95; Caibros em perfil Ue 90x40x12x0,80, sendo que no apoio da cobertura da varanda, o caibro é constituído por um perfil caixa formado por dois perfis Ue 90x40x12x0,80; Ripas em perfil Cartola Cr 20x25x10x0,50; e ligações feitas por parafusos autobrochantes e autoatarraxantes. Todos os perfis foram fabricados em aço ZAR230.

A Figura 5 mostra em diagrama unifilar os apoios dos elementos do telhado na edificação, sendo a cumeeira do telhado apoiada nos oitões e pontalete central, enquanto sete linhas de caibros intermediários, com espaçamento de aproximadamente 815 mm, são apoiados nas paredes laterais e na cumeeira e duas linhas apoiadas sobre os oitões.

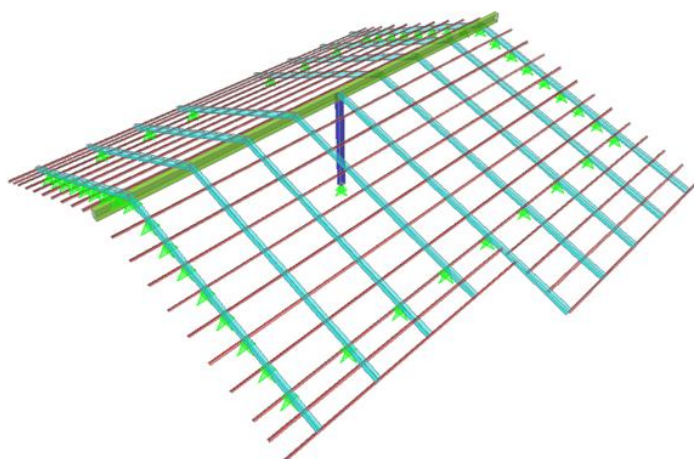


Figura 5 - Diagrama do engradamento ensaiado
Fonte: Rodrigues, 2011 [10]

As medições dos deslocamentos da cumeeira, caibros e ripas foram realizadas por relógios comparadores, com campo de medida de 50 mm, como mostrado na Figura 6. A Figura 7 mostra os pontos de localização das medições. Nas posições R1 a R11 foram registrados os deslocamentos dos caibros e cumeeira, enquanto nas posições R'1 a R'7 realizaram-se medições para determinar os deslocamentos das ripas.



Figura 6 – Instrumentação utilizada para medição de deslocamento.

Fonte: Rodrigues, 2011 [10]

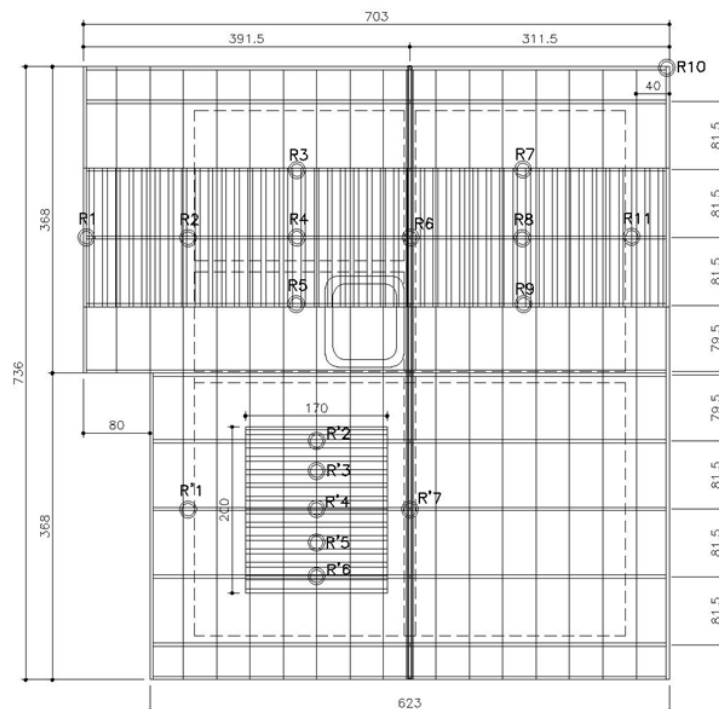


Figura 7 – Posições dos relógios comparadores.

Fonte: Rodrigues, 2011 [10]

De acordo com a ABNT NBR 14762:2010 [11], os deslocamentos limites de serviço são valores práticos utilizados para verificação no dimensionamento e em ensaios com aplicação de cargas de serviço, respeitando os Estados-Limites de Serviço (ELS) da estrutura estudada. No entanto, no presente trabalho, o protótipo foi submetido também às ações de carga para Estado-Limite Último (ELU), utilizando coeficiente de ponderação para combinações normais e peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições *in loco*, igual 1,4. Ou seja, a majoração das ações permanentes ficou cerca de 40% acima das ações nominais. A Tabela 1 apresenta os valores considerados para ELS e ELU neste ensaio.

Tabela 1 - Carregamentos adotados na projeção horizontal. Inclinação do telhado = 35%.

Dimensionamento	F_G - Peso da Telha encharcada (kgf/m ²)	F_{Q2} -Sobrecarga (kgf/m ²)	F_{Q1} - Carga de Vento
Estado Limite de Serviço	53,40	27,81	Desconsiderada por ser favorável à segurança.
Estado Limite Último $\gamma_g=1,4$	74,76	38,93	

Fonte: Rodrigues, 2011 [10]

Os parâmetros para avaliação dos deslocamentos limites dos elementos estruturais do telhado e a combinação de carregamento foram definidos em acordo com o Anexo A da ABNT NBR 14762:2010 [11], como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Deslocamentos Limites recomendados pela ABNT NBR 14762:2010 [11]

Descrição	Deslocamentos Limites	L (mm)	Deslocamentos Limites (mm)	Combinação de cargas - ELS	Combinação de cargas - ELU
Viga de Cumeeira	L/250	3300	13,20	81,21 kgf/m ²	113,69 kgf/m ²
Caibros – Seção Central	L/180	2880	16,00		
Caibros – Com balanço	L/180	2246	12,48		
Ripas	L/180	815	4,53		

Para aplicação do carregamento no protótipo foram utilizados sacos plásticos com 20 kg de areia cada, pesados em balança digital calibrada. O carregamento para o Estado-Limite de Serviço, determinado pelo peso próprio da telha e sobrecarga, foi de 81,21 kg/m², e para Estado Limite Último, 113,69 kg/m²

Os deslocamentos foram medidos em 2 etapas em cada posição dos relógios comparadores, sendo a Etapa 1 com carregamento para a condição de serviço e a Etapa 2 para a condição de estado último.



Figura 8 - Carregamento de sacos com 20 kg de areia – Caibros e Cumeeira
Fontes: Rodrigues, 2011 [10]



Figura 9 - Carregamento de sacos com 20 kg de areia – Ripas
Fontes: Rodrigues, 2011 [10]



Nas figuras 8 e 9, nota-se também as telhas de aço, que foram utilizadas para a distribuição dos sacos com areia, sendo que seus pesos próprios foram desprezados durante os ensaios.

3.1 Resultados e Discussão

A Tabela 3 apresenta as médias dos deslocamentos verificados a partir das leituras realizadas nos relógios comparadores posicionados conforme Figura 7, nas Etapas 1 e 2.

Tabela 3 – Deslocamentos encontrados nos ensaios para carregamento nas condições ELS e ELU

Descrição	Deslocamentos Limites recomendados pela ABNT NBR14762:2010 (mm)	Média dos Deslocamentos Registrados (mm)
Viga de Cumeeira	13,20	8,44
Caibros – Seção Central	16,00	16,39
Caibros – Seção com balanço	12,48	1,34
Ripas ¹	4,53	2,24

¹ Os deslocamentos das ripas são relativos aos deslocamentos dos caibros.

Fonte: Rodrigues, 2011 [10]

Observa-se que os deslocamentos verificados nos ensaios da cumeeira, ripas e caibros na seção com balanço, estão abaixo dos limites recomendados pela ABNT NBR 14762:2010 [11]. No entanto, verificou-se que o deslocamento limite do caibro da seção central foi de 16,39mm, 2,5% acima do valor permitido para estado-limite de serviço - 16mm. Entretanto, este valor foi avaliado como irrelevante, pois o deslocamento encontrado também considera a condição de estado-limite último, com sobrecarga 40% maior que o estado de serviço.

Durante a realização dos ensaios foi verificada a tendência da ocorrência da Flambagem Lateral com Torção dos caibros. Portanto, adotou-se o emprego de um sistema de contraventamento lateral dessas barras, utilizando bloqueadores em perfil Ue 90x40x12x0,80 nas extremidades e no centro do engradamento, unidos por fitas de aço com largura de 40mm e espessura de 0,80mm instaladas na mesa inferior do perfil do caibro (Figuras 10 e 11).



Figura 10 - Bloqueador e fita para o travamento dos caibros.

Fontes: Rodrigues, 2011 [10]



Figura 11 - Bloqueador e fita para o travamento dos caibros.

Fontes: Rodrigues, 2011 [10]



Quanto ao comportamento das ligações entre os caibros e a viga da cumeeira, durante as fases de carregamento e descarregamento - com períodos de repouso da estrutura, não foi observado nenhum tipo de colapso ou instabilidade das diversas ligações que compõem o protótipo ensaiado.

Após os ensaios de carga, foram instaladas telhas em metade do protótipo a fim de confirmar a eficiência do sistema de engradamento. Passados 4 meses da instalação das telhas foi realizada outra verificação do comportamento estrutural dos principais componentes do telhado e nenhuma alteração em relação aos ensaios anteriores foi observada.

4 APLICAÇÃO PILOTO DO TELHADO EM OBRA

A partir deste projeto padronizado para residências de 36 m², foi desenvolvido e aplicado em obra na cidade de Betim, MG, em 2011, uma solução piloto de telhado para cobertura de conjunto de 5 casas geminadas (área de 48 m² cada), com telhado em duas águas e telhas cerâmicas.

Os conceitos de industrialização e montagem do sistema foram mantidos sem alterações em relação ao projeto original para casa de 36 m², sendo modificado apenas o dimensionamento dos elementos construtivos para se adaptarem ao aumento das dimensões da área a ser coberta. Nesta obra os painéis foram enviados para a obra pré-montados e com ripas, conforme previsto no projeto original (Figura 12). A única modificação necessária foi a criação de uma linha de apoio intermediária para sustentação do painel, em função do crescimento do vão a ser vencido.



Figura 12 – Instalação em canteiro de painéis pré-montados
Fonte: Flasan, 2011 [9]

A execução desta obra permitiu a validação em situação real da viabilidade dos conceitos de montagem desenvolvidos em projeto. Pode ser percebido pela equipe de instalação que a entrega na obra dos painéis pré-montados, já com as ripas fixadas, agilizou de maneira perceptível o processo de instalação na obra. O prazo de execução do telhado foi considerado satisfatório, ficando abaixo daquele esperado para a montagem de um telhado semelhante em perfis soldados no local. Outro aspecto aprovado na obra real foi a solução de encaixes

reguláveis da cumeeira, que se mostrou satisfatoriamente eficiente, permitindo ajustar a inclinação do telhado a situação da obra.

A grande dificuldade encontrada pelo sistema está na interface com a alvenaria convencional, fruto das tolerâncias de execução e montagem consideradas em cada um dos sistemas. Enquanto o sistema industrializado em aço possui grande precisão de fabricação, utilizando o milímetro como unidade de referência, a alvenaria possui tolerâncias muito grandes, tanto nas dimensões dos espaços quanto nos prumos e alinhamentos.

Neste sentido, o nivelamento da face superior da alvenaria, onde a estrutura do telhado se apoiou, apresentou variações da ordem de 70 mm ao longo do conjunto de 5 casas (33 m), o que é um valor muito elevado para o sistema em LSF, sendo necessário adotar solução provisória para calçar o apoio dos caibros que posteriormente foram substituídos por arremates de argamassa. Além disso, o comprimento do conjunto de 5 casas apresentou diferença em relação ao projeto, sendo executado com 25 cm a mais que o previsto, o que implicou na necessidade de instalação de um painel de complemento para compensar esta diferença de medidas na estrutura de LSF do engradamento.

Apesar dos contratempos e necessidade de pequenos ajustes em obra, o sistema de engradamento metálico pré-montado em LSF se mostrou uma solução eficiente do ponto de vista de solução de montagem e ganho de agilidade e precisão para a obra. Os telhados foram instalados com sucesso e as residências utilizadas pelos seus compradores de forma satisfatória (Figura 13). As peças necessárias para a compensação de imprecisões na alvenaria foram desenvolvidas com sucesso e incorporadas ao sistema do engradamento. É importante ressaltar que, em situações onde se pretende utilizar este tipo de solução, a execução da alvenaria deve ser acompanhada com maior rigor, para que exista vantagem ainda mais significativa no uso do sistema pré-montado de estrutura para telhado.



Figura 13 – Telhado com estrutura instalada em obra e, posteriormente, com telhas
Fonte: Flasan, 2011 [9]



5 CONCLUSÕES

A utilização de telhados em *Light Steel Framing* oferece diversas vantagens diante de outras soluções para coberturas residenciais. O sistema apresentado neste trabalho mostrou ser econômico, leve, de fácil instalação, além de garantir maior durabilidade que os telhados de madeira. Comparados aos outros sistemas de engradamento metálico, observa-se que o LSF apresenta maior facilidade de montagem e fabricação, uma vez que elimina a utilização de soldas. Além de apresentar uma estética mais agradável na composição da cobertura, sem a necessidade de pintura.

Analisando os resultados encontrados nos testes de carga realizados no protótipo, conclui-se que a solução adotada atende aos requisitos de estabilidade estrutural relativos aos perfis para *Light Steel Framing*. Estes ensaios mostraram-se bastante eficientes como método prático para avaliação de dimensionamento de telhados e foi decisivo na aprovação técnica da concepção estrutural da cobertura.

A fase de implantação da solução em obra foi importante para confirmar a facilidade de instalação dos painéis pré-montados. Verificou-se a necessidade de melhorar as interfaces entre os sistemas construtivos de paredes e cobertura, uma vez que o conceito de racionalização e padronização deve ser praticado nas diversas etapas da obra. Erros e imprecisões na execução da alvenaria podem acarretar em atrasos na instalação dos engradamentos e em soluções muitas vezes resolvidas em canteiro sem a avaliação e planejamento ideais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Portal Metálica [homepage na internet]. *Casas Industrializadas: Usiteto Usiminas*. 2014. [acesso em 05 mai 2014]. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/vvvvvv/casas-industrializadas-usiteto-usiminas>.
- 2 Santiago, A. K.; Terni, A. W.; Pianheri, J. *Como Construir - Steel Framing - 05 Coberturas*. São Paulo: Técnica Revista de Tecnologia da Construção, v. 144, p. 77-80; 2009.
- 3 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização*. Rio de Janeiro: ABNT; 2012.
- 4 Freitas, A. M. S.; Santiago, A. K.; Crasto, R. C. M. *Steel Framing: Arquitetura*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA); 2012.
- 5 Flasan Soluções para Construção a Seco [homepage na internet]. *Portfólio de Obras*; 2014. [acesso em 05 mai 2014]. Disponível em: <http://www.flasan.com.br>.
- 6 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações - Requisitos gerais*. Rio de Janeiro: ABNT; 2005.



- 7 Rodrigues, F. C. *Steel Framing: Engenharia*. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA); 2006.
- 8 Companhia de Habitação de Minas Gerais (COHABMINAS). *Projetos Padronizados*. 2007. [acesso em 15 mai 2014]. Disponível em: <http://www.cohab.mg.gov.br/mutuarios/plantas/>.
- 9 Flasan Soluções para Construção a Seco. *Projeto padronizado de engradamento metálico para casa popular*. Belo Horizonte; 2011.
- 10 Rodrigues, F. C. *Relatório Técnico: Prova de Carga do engradamento Flasan em aço galvanizado para cobertura de habitações de interesse social*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG; 2011.
- 11 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio*. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.

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:

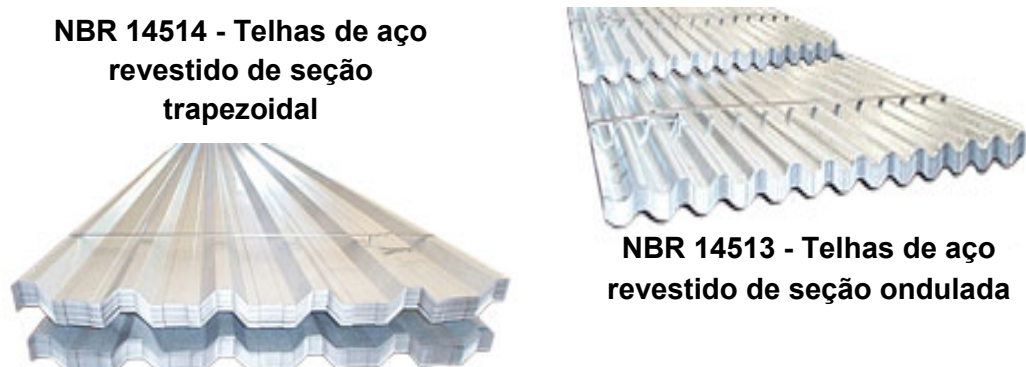


Figura 1: Modelos de perfis corrugados e senoidais tradicionais
Foto: Eduardo Munhoz de Lima Castro, 2014

- 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;

Fornece 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.

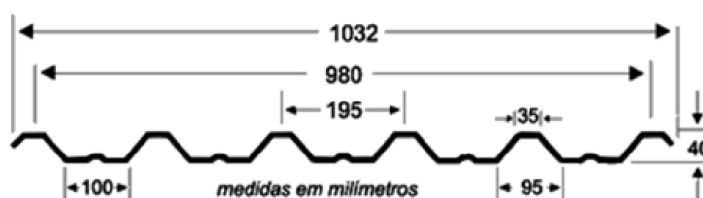


Figura 6 : Perfil Trapezoidal

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]. Entrepósito 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: Zigurate, 2003.