

Tema: Coberturas e Fechamentos – Materiais, Tecnologia e Projetos

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

Alexandre Kokke Santiago<sup>1</sup>

Maíra Neves Rodrigues<sup>2</sup>

Francisco Carlos Rodrigues<sup>3</sup>

### **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,

---

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

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

<sup>3</sup> 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 36m<sup>2</sup> e 42m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup> (Z180), resistência ao escoamento ( $f_y$ ) 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 36m<sup>2</sup>, 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 m<sup>2</sup>, 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.

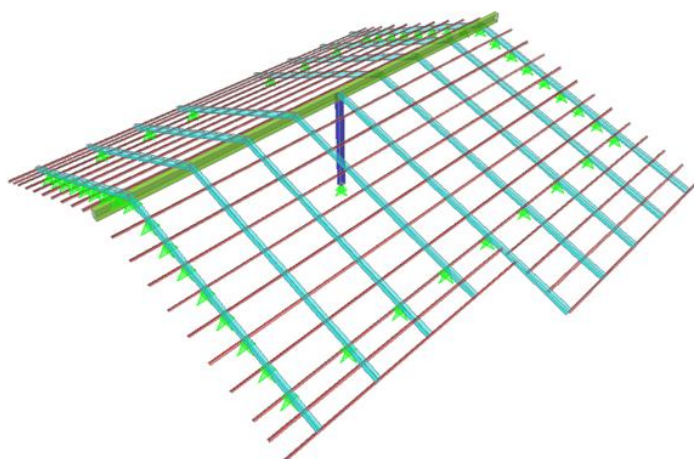


Figura 5 - Diagrama do engradamento ensaiado  
Fonte: Rodrigues, 2011 [10]

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]

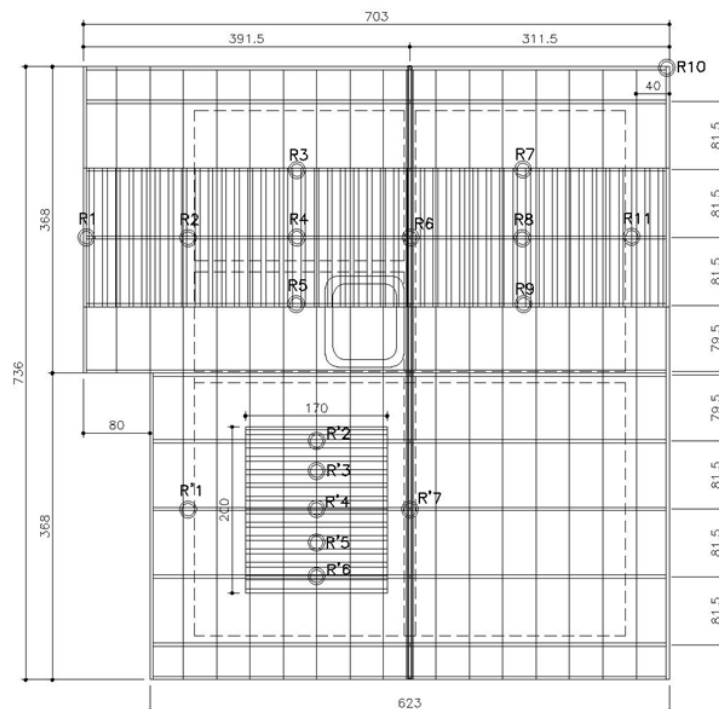


Figura 7 – Posições dos relógios comparadores.

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 <sup>2</sup> ) | $F_{Q2}$ - Sobrecarga (kgf/m <sup>2</sup> ) | $F_{Q1}$ - 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 <sup>2</sup>   | 113,69 kgf/m <sup>2</sup>  |
| 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/m<sup>2</sup>, e para Estado Limite Último, 113,69 kg/m<sup>2</sup>

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 <sup>1</sup>          | 4,53  | 2,24                                     |

<sup>1</sup> 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 m<sup>2</sup>, 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>, 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.