

**CEUB**

EDUCAÇÃO SUPERIOR

ISSN: 2763-7298

REVISTA DA ARQUITETURA:

# CIDADE E HABITAÇÃO



**Projeto estrutural em light steel framing aplicado ao Programa de Habitação Social de Brasília**

Structural design in light steel framing applied to the Social Housing Program in Brasília

Pedro Victor de Moraes Guerra

Nathaly Sarasty Narváez

VOLUME 1 - NÚMERO 2 - JUL./DEZ. 2021

# Sumário

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	5
<b>BRASÍLIA EM FRAGMENTOS: PERCURSOS E BIOGRAFIAS</b> .....	12
Aline Stefânia Zim	
<b>CHANCELA DO PATRIMÔNIO NATURAL: RELAÇÕES DE POLÍTICAS AMBIENTAIS E PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO COMO PAISAGEM</b> .....	22
Paulo Afonso Cavichioli Carmona Talita Alves Morais e Rabelo	
<b>CIDADES PARA QUEM?</b> .....	37
Élida Lorraine Ramalho Almeida	
<b>CLIMA, MEIO AMBIENTE URBANO E A DENGUE EM SALVADOR</b> .....	43
Manoel Messias Teixeira Júnior Antônio Pedro Alves de Carvalho	
<b>CONTROLE DA QUALIDADE DO AR INTERNO NOS AMBIENTES</b> .....	56
Chenia Figueiredo Cybelle Faria	
<b>ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PASIVAS PARA LA ZONA BIOCLIMÁTICA 4 EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DE PERÚ</b> .....	69
Diana Karen Pari Quispe Joára Cronemberger Silva Caio Frederico e Silva	
<b>ESTUDOS DE CASO PÓS-PANDEMIA: COMO SE COMPORTARÁ A SOCIEDADE</b> .....	80
Eliete de Pinho Araujo Manuel José Costa de Carvalho e Sousa	
<b>NÚCLEO DE APOIO AO DISCENTE – NAD E CEUB: REFLETINDO SOBRE FUNÇÕES E ACESSIBILIDADE NO CONTEXTO INCLUSIVO</b> .....	95
Norma Albuquerque Augusto	
<b>O PROCESSO DE GENTRIFICAÇÃO AMBIENTAL E O MICROCLIMA</b> .....	110
Clarianne Martins Braga Borges Gustavo Alexandre Cardoso Cantuária	

**PROJETO ESTRUTURAL EM LIGHT STEEL FRAMING APLICADO AO PROGRAMA DE HABITAÇÃO SOCIAL DE BRASÍLIA..... 122**

Pedro Victor de Moraes Guerra

Nathaly Sarasty Narváez

**QUALIDADE AMBIENTAL E ASPECTOS PARA A HUMANIZAÇÃO DE UMA UTI NEONATAL: UM ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS (SC)..... 133**

Isamara Gabriela de Souza Pinto

Keli de Farias Alves

Máira Longhinotti Felipe

Maria Carolina Furlan Romi

Patrícia Biasi Cavalcanti

Tiago Mitsuo Nagasaki

# Projeto estrutural em light steel framing aplicado ao Programa de Habitação Social de Brasília\*

## Structural design in light steel framing applied to the Social Housing Program in Brasília

Pedro Victor de Moraes Guerra\*\*

Nathaly Sarasty Narváez\*\*\*

### Resumo

O Brasil está entre os 10 maiores produtores de aço do mundo. Apesar disso, o emprego de sistemas construtivos compostos por estruturas metálicas é pouco expressivo se comparado com o potencial do parque industrial brasileiro. Nos últimos anos, o *Light Steel Framing* vem se tornando um método construtivo bastante explorado no mercado da construção civil. Por ser algo relativamente novo no país, ainda faltam ferramentas que possibilitam a modelagem e o dimensionamento das estruturas em *LSF*. Nesse contexto, o presente trabalho visa apresentar o sistema construtivo para modelar, analisar e dimensionar um projeto residencial. Para tanto, foram sistematizadas informações sobre os componentes do sistema e realizado um estudo de caso de habitação social aplicado a um software brasileiro de dimensionamento de estruturas em aço formadas à frio. Os resultados obtidos foram comparados com a norma vigente ABNT NBR 14762/2010, assim foi possível verificar uma viabilidade técnica na implantação do *Light Steel Framing*, devido às vantagens que o sistema proporciona.

**Palavras-Chave:** *LSF*; software; estruturas; aço; construção.

### Abstract

Brazil is among the world's 10 largest steel manufacturers. Despite this, the use of building systems composed of steel structures is not very expressive if compared with the potential of the Brazilian industrial park. In recent years, Light Steel Framing has become a construction method widely explored in the civil construction market. As it is something relatively new in the country, there is still a lack of tools enabling the modelling and dimensioning of SFL structures. In this context, this paper aims to present the building system to model, analyze, and design a residential project. To this end, information about the system components was systematized, and a case study of social housing applied to a Brazilian software for dimensioning cold-formed steel structures was conducted. The results obtained were compared with the current standard ABNT NBR 14762/2010, so it was possible to verify

\* Recebido em 24/02/2022  
Aprovado em 21/06/2022

\*\* Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC/RJ pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil (2012). Professor horista do Centro Universitário de Brasília, Brasil.

\*\*\* Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Brasília, Brasil (2017). Assistente Administrativo do Centro Universitário de Brasília, Brasil.

the technical feasibility of the implementation of Light Steel Framing due to the advantages that the system provides.

**Keywords:** *LSF*; software; structures; steel; construction.

## 1 Introdução

O Light Steel Framing (LSF) é um sistema construtivo que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados à frio de aço galvanizado (FREITAS; CRASTO, 2006). Devido à sua industrialização, proporciona maior agilidade e produtividade em seu processo executivo se comparado aos sistemas mais comumente utilizados no Brasil. O método framing teve início, nos Estados Unidos, de modo a solucionar a demanda por habitações, foi necessário recorrer a um método construtivo que utilizasse o material disponível na região e que atendesse aos requisitos requeridos naquele momento. Naquela ocasião, o material disponível e em maior abundância era a madeira, a partir daí as construções em Wood Frame tornaram o sistema construtivo mais comum nos EUA. O crescimento da economia americana e a abundância na produção de aço no período pós Segunda Guerra possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis estruturais em aço. O uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passou a ser vantajoso devido a maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade de a estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremotos e furacões.

O Light Steel Framing destaca-se pela composição de vários subsistemas. Os elementos de fundação, estrutural, fechamentos internos e externos, instalações hidráulicas e elétricas. Sendo assim, a escolha de trabalhadores e do material utilizado interfere diretamente na velocidade, qualidade e desempenho do sistema. O mercado do sistema construtivo LSF no Brasil não conta com ferramentas computacionais, exclusivas e integradas, que possam proporcionar ao engenheiro ou arquiteto, um auxílio no cálculo estrutural e, ao mesmo tempo, gerar a modelagem e visualização dos montantes ou demais estruturas que compõem o

sistema. O McalcLSF é um programa desenvolvido com base nas normas ABNT NBR 14.762/2010, NBR 8.800/2008 e NBR 6.355/2012 que preenche uma lacuna muito grande no mercado de softwares de dimensionamento para os sistemas de estruturas em aço formados à frio no Brasil. Sendo assim, o trabalho desenvolvido foi motivado em atestar o software estrutural, verificando se o mesmo se encontra adequado às normas em que foi desenvolvido.

## 2 Objetivo

Modelar, analisar e dimensionar um projeto residencial do programa de habitação social de Brasília, no sistema Light Steel Framing por meio do software estrutural Stabile - McalcLSF comparando os resultados com as normas vigentes: ABNT NBR 14.762/2010, NBR 8.800/2008 e NBR 6.123/1988.

## 3 Metodologia

Inicialmente uma revisão bibliográfica das normas e manuais foi realizada, em seguida foi desenvolvido um projeto estrutural de uma residência familiar através de um software comercial. Por fim, uma comparação com as normas nacionais ABNT NBR 14.762/2010 e NBR 8.800/2008 foi efetuada para validar os resultados do programa. O projeto utilizado no estudo de caso foi de uma edificação popular unifamiliar do programa de habitação social Minha Casa Minha Vida (MCMV) do Ministério das Cidades, 2017. A modelagem, análise e dimensionamento da estrutura foi realizado por meio do software desenvolvido exclusivamente para o sistema Light Steel Framing, MCalcLSF. A licença do programa foi concedida pelo diretor da empresa Stabile Engenharia LTDA. Para realizar a comparação com a norma ABNT NBR 14.762/2010, foram selecionados dois elementos estruturais: um montante e uma viga de entepiso. Os cálculos dos esforços resistentes gerados pelo software foram verificados utilizando uma planilha de cálculo baseada na norma acima citada.

## 4 Características do sistema light steel framing

Por atender às exigências do mercado atual, o Light Steel Framing tem se tornado um método construtivo muito popular no país. A facilidade de montagem, execução das ligações, transporte e manuseio devido à leveza dos elementos, faz com que o sistema tenha uma produtividade elevada, de modo que a obra não tenha atrasos. Carvalho (2014) afirma que ao se utilizar o sistema LSF uma série de vantagens são comprovadas, como: alta resistência, baixo peso (tanto da estrutura como dos demais componentes), grande precisão dimensional, resistência ao ataque de insetos e os materiais utilizados são quase que totalmente recicláveis, contribuindo para a sustentabilidade da edificação.

O LSF é impulsionado em um mercado já saturado de atrasos e desperdícios, que geram uma série de interferências no orçamento de um projeto. O sistema convencional possui diversos elementos (estrutural, vedação) compostos pela agregação de um ou mais insumos, aumentando o número de patologias além de não haver uma precisão exata no levantamento de materiais. A utilização do sistema Light Steel Framing possui uma extensa lista de vantagens. Na Tabela 1 é possível verificar as principais vantagens do sistema construtivo LSF.

**Tabela 1** – Vantagens do sistema LSF

Vantagens
Sistema construtivo industrializado, rigorosos controles de qualidade na produção da matéria prima;
Maior precisão dimensional;
Facilidade de montagem manuseio e transporte devido à leveza dos elementos;
Redução dos custos com fundação se comparado com alvenaria;
Construção com baixíssimo uso de recursos naturais (água);
O aço é um material 100% reciclável;
Durabilidade e longevidade proporcionada pelo processo de galvanização das chapas utilizadas na fabricação dos perfis;
Facilidade nas instalações hidráulicas e elétricas;
Fidelidade orçamentária.
Menor prazo de execução da obra
Resíduo mínimo na obra;

Devido à sua comprovada resistência, o aço é capaz de vencer grandes vãos, eliminando colunas e paredes intermediárias. Com isso, oferece maiores espaços e confere flexibilidade na concepção e execução de projetos;

Fonte: Elaborado pelo autor.

A principal desvantagem está no preconceito do setor à implementação de um sistema constituídos de frames. Apesar dos países onde há uma maior atividade sísmica empregar o LSF, por conta de sua elevada resistência, no Brasil ainda há uma certa relutância em adotar o sistema. Além disso, tudo que foge ao tradicional em qualquer área, desperta sensações de suspeita e insegurança. Tanta resistência poderá dificultar comercialmente uma construtora que deseja adotar o sistema light steel framing. Neste sistema construtivo o projeto e a execução necessitam estar precisamente alinhados. Não são tolerados erros, desvios ou desperdícios em sua implementação, diferentemente dos sistemas convencionais. Por essa razão, a mão de obra precisa ser especializada, não permitindo que uma pessoa sem conhecimento técnico realize os procedimentos executivos que vão da leitura dos projetos à montagem dos painéis e demais elementos estruturais.

## 5 Estudo de caso

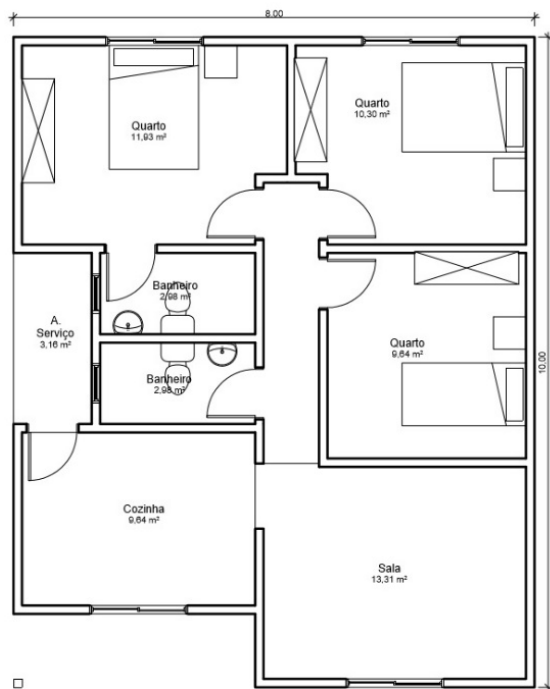
Para a realização do projeto em Light Steel Framing, foram analisadas plantas baixas que se enquadravam nas especificações mínimas de unidade habitacional. A Portaria nº 269, de 22 de março de 2017 do Ministério das Cidades dispõe os parâmetros mínimos arquitetônicos e urbanísticos de uma unidade habitacional no âmbito do Minha Casa Minha Vida (MCMV).

Os montantes devem apresentar um espaçamento máximo entre si de 400 mm ou de 600 mm. Estas dimensões são definidas através do cálculo estrutural e definem a modulação do projeto. Por se tratar de uma unidade habitacional, para dar maior rigidez à estrutura foi adotado um espaçamento de 400 mm. O principal critério a ser analisado para a escolha da planta baixa, foi a largura e o comprimento total da edificação. Deste modo, o projeto utilizado foi aquele que mais aproximou seus comprimentos externos dos múltiplos da medida

adotada para a modulação (400 mm). A modulação otimiza custos e mão de obra devido a que se padronizam os componentes estruturais.

A planta de arquitetura (Figura 1) foi desenvolvida para o programa habitacional do município de Águas Lindas de Goiás, localizado no interior do estado de Goiás a 60 km de Brasília. Todos os ambientes correspondem com os requisitos mínimos exigidos para uma unidade habitacional.

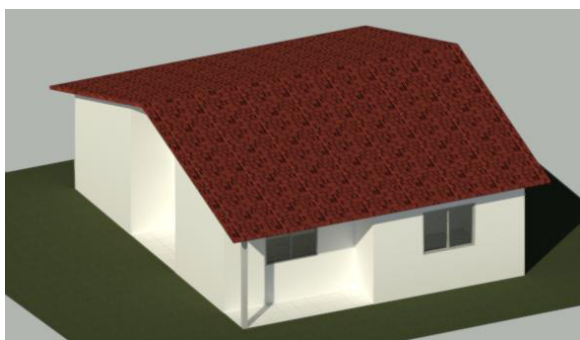
Figura 1 – Planta de Arquitetura



Fonte: BRASIL. Ministério das Cidades, 2017.

O projeto original possui uma área de obra de 69,86 m<sup>2</sup> (7,0 x 9,98 m<sup>2</sup>). Para adequar o projeto selecionado aos espaçamentos da modulação adotada, foi necessário acrescentar 1 metro em sua largura e 0,02 metros em seu comprimento (Figura 2).

Figura 2 – Renderização do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido a essa alteração das medidas, foi possível otimizar e padronizar o número de modulações na estrutura. Após o aumento das medidas, a área passou a ser de 80 m<sup>2</sup> (8,0 x 10,0 m<sup>2</sup>), conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Características do empreendimento

Características do Empreendimento	
Habitação de interesse social em <i>Light Steel Framing</i>	
Localização	Águas Lindas de Goiás, Goiás
Área do terreno	200,0 m <sup>2</sup>
Área construída	80,0 m <sup>2</sup>
Porcentagem área construída	40%
Fundação	Radier
Número de Pavimentos	Térrea
Dimensões dos ambientes	8,00 m de frente por 10,00 m de fundo; sala (13,31 m <sup>2</sup> ); Cozinha (9,64 m <sup>2</sup> ); quarto 1 (11,93 m <sup>2</sup> ); quarto 2 (10,30 m <sup>2</sup> ); quarto 3 (9,64 m <sup>2</sup> ); Banheiros (2,98 m <sup>2</sup> )

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.1 Definição das ações na estrutura

Para a realização do projeto estrutural, foram considerados os carregamentos permanentes apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Ações permanentes

Entrepiso		Peso Próprio Parede		Telhado	
Laje	35,0 kgf/m <sup>2</sup>	Placas Internas	8,0 kgf/m <sup>2</sup>	Telhas	7,5 kgf/m <sup>2</sup>
Piso	18,0 kgf/m <sup>2</sup>	Revest. Interno	6,5 kgf/m <sup>2</sup>	Isolamento	5,0 kgf/m <sup>2</sup>
Forro	15,0 kgf/m <sup>2</sup>	Revest. Externo	8,5 kgf/m <sup>2</sup>	Forro	15,0 kgf/m <sup>2</sup>
Extra	0,0 kgf/m <sup>2</sup>	Placa Externa	12,0 kgf/m <sup>2</sup>	Utilidades	10,0 kgf/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	150,0 kgf/m <sup>2</sup>	Extra	5,0 kgf/m <sup>2</sup>	Sobrecarga	25,0 kgf/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>68,0 kgf/m<sup>2</sup></b>	<b>Total</b>	<b>40,0 kgf/m<sup>2</sup></b>	<b>Total</b>	<b>37,5 kgf/m<sup>2</sup></b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

No cálculo da ação do vento, foi considerado que a edificação está localizada em um terreno plano de um bairro da cidade de Águas Lindas de Goiás. Deste modo, conforme a ABNT 6.123:1988 os parâmetros necessários para a determinação da ação do vento são:

- Velocidade básica do vento:  
 **$v_0 = 36 \text{ m/s}$**
- Fator topográfico:  **$S_1 = 1,0$**  (Terreno plano ou fracamente acidentado)
- Rugosidade de terreno: Categoria IV (Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados)
- Maior dimensão da cobertura: Classe A (menor que 20m)
- Cota média do topo dos obstáculos  $Z = 10\text{m}$
- Fator  **$S_2 = 0,79$**  (Tabela 2 NBR ABNT 6123:1988)
- Fator estatístico:  **$S_3 = 1,0$**  (Grupo 3. Tabela 3 – NBR ABNT 6123:1988)
- Velocidade característica do vento:  
 **$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 28,44 \text{ m/s}$**
- Pressão dinâmica:  
 **$q = 0,613 \cdot V_k^2 = 49,5 \text{ kgf/m}^2$**   
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988)

## 5.2 Modelagem do projeto no software McalLSF

O software estrutural utilizado para o cálculo e dimensionamento da estrutura constituída por perfis formados a frio, foi desenvolvido pela Stabile Engenharia LTDA. Segundo o desenvolvedor, é um programa destinado a modelar, analisar e dimensionar projeto de estruturas em *Light Steel Framing*. O McalLSF é um dos componentes de uma família de softwares computacionais criados com a finalidade de projetar e dimensionar estruturas de aço. O programa é composto por uma série de módulos que desempenham diversas funções necessárias para cumprir seu objetivo principal.

Quando solicitado, o modelador do mCalLSF gera automaticamente um modelo de cálculo com as geometrias pré-definidas na inicialização do software, considerando os estados de ações. O programa realiza a análise de primeira e segunda ordem para determinar a sensibilidade da estrutura quanto aos deslocamentos. Segundo o desenvolvedor, o dimensionamento e a verificação dos perfis estão em conformidade com a ABNT NBR 14.762/2010. Todos os cálculos necessários para o dimensionamento são disponibilizados pelo programa em arquivo de texto, possibilitando ao usuário uma conferência passo a passo dos cálculos realizados pelo software.

O software dispõe de um módulo específico onde as funções permitem de maneira automatizada alocar os montantes e demais elementos conforme a modulação pré-definida no projeto. Assim que iniciado, o software solicita a inserção dos perfis para cada elemento que compõe a estrutura em LSF. A Tabela 4 demonstra os perfis selecionados para a realização do projeto.

Tabela 4 – Perfis utilizados

Elemento	Denominação
Montante	Ue 90 x 40 x 12 x 0,95
Guia	U 92 x 40 x 0,95
Viga	Ue 100 x 50 x 17 x 2,25
Contravento	RET 50 x 0,95
Bloqueador	U 90 x 40 x 0,95
Banzos (treliças)	Ue 90 x 40 x 12 x 1,2
Diagonais	Ue 90 x 40 x 12 x 0,95
Espelho do Beiral	U 90 x 40 x 1,25
Cumeeira	90 x 40 x 1,25
Oitão	92 x 38 x 0,95
Terça/longarina	Cart 50 x 100 x 20 x 2

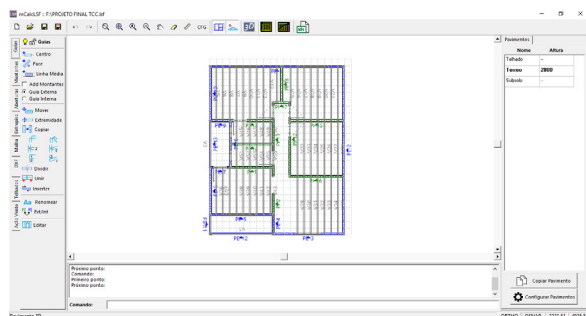
Fonte: Autores

O modulador LSF permite que o usuário projete todos os elementos, das guias dos montantes ao telhado. Por meio do mesmo módulo, é possível se obter os projetos de planta e os quantitativos dos materiais da edificação. A Figura 4 demonstra a in-



terface do módulo tal como as ferramentas disponíveis para adequação.

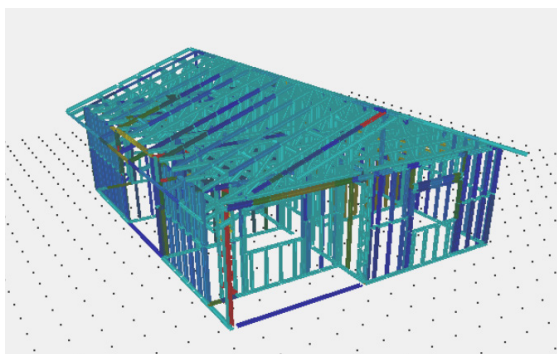
Figura 4 – Interface do módulo LSF



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a inserção dos elementos é possível obter os cálculos de resistência e solicitações por meio do módulo de cálculo Mcalc3D (integrado ao McalcLSF com adequações aos perfis formados à frio). A renderização e a visualização dos frames (Figura 5) de toda a estrutura são obtidas também por esse módulo, sendo possível apresentar ao usuário a prévia da estrutura do projeto.

Figura 5 – Renderização dos frames



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6 Análise de resultados

Foram analisados e comparados os cálculos de dimensionamento dos perfis Ue, gerados pelo software com os cálculos dispostos pela norma ABNT NBR 14.762/2010.

### 6.1 Montante

O primeiro elemento a ser analisado foi um montante composto por um perfil U enrijecido 90

x 40 x 12 x 0,95 submetido somente à compressão axial com altura de 280cm. As solicitações consideradas para a análise dos resultados foram geradas pelo software com base nas envoltórias das combinações (Tabela 5).

Tabela 5 – Esforços do montante

Elemento: Montante					
Barra: 493					
Envoltória de combinações geradas pelo software (kgf)					
Combinação	Nas	NtSd	VxSd	VySd	MxSd
1	227,43	0	0	0	0
2	77,84	0	0	0	0
3	80,5	0	0	0	0
4	77,8	0	0	0	0
5	78,58	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os dados da Tabela 5, observa-se que o pior caso a ser analisado foi a combinação 1, com solicitação de compressão na barra (NcSd) de 227,43 kgf. Os cálculos de resistência foram realizados conforme a ABNT NBR 14.762/2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituída de perfis formados a frio e são apresentados na Tabela 6, comparando com os resultados obtidos pelo programa McalcLSF.

Tabela 6 – Comparação entre cálculos manuais e resultados do programa para o elemento montante

Compressão					Equivalência
Item 9.7 - NBR 14762/2010			Mcalc LSF	Und	
Descrição	Denominação	Valor	Valor		
Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Z (Y):	Nez (y)	1008,99	1012,43	kgf	99,66%
Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y (X):	Ney (x)	5738,13	5766,28	kgf	99,51%
<b>Força normal de flambagem elástica por torção:</b>	Net	861,44	888,53	kgf	96,95%
Força normal de flambagem elástica por Flexo torção:	Nex	808,50	832,45	kgf	97,12%

Compressão				Und	Equivalência
Item 9.7 - NBR 14762/2010			Mcalc LSF		
Descrição	Denominação	Valor	Valor		
A força axial de flambagem global elástica Ne é a menor entre os valores obtidos (Item 9.7.2.1 NBR 14762/10)	Ne	808,50	832,45	kgf	97,12%
Índice reduzido de esbeltez da barra	$\lambda_0$	2,31	2,31		100,00%
Fator de redução da força axial de compressão resistente ( $\lambda_0 > 1,5$ )	X	0,16	0,16		100,00%
Compressão devido à flambagem global	NcRd	604,62	605,71	kgf	99,82%
Solicitação/ Resistência	NcSd/ NcRd	0,376	0,375		99,82%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por estar submetido somente a compressão, as resistências foram calculadas com base nos modos de colapso de um perfil comprimido, flambagem global. Após os cálculos das resistências, verificou-se que os valores obtidos por meio da norma, se encontram muito próximos ao que o software forneceu. A relação entre a solicitação e a resistência equiparou-se quase 100% à norma, tendo como equivalência máxima de 99,82% e mínima de 96,95%. Devido a esses dados, pode-se afirmar que para o cálculo dos montantes, o software é equivalente à norma.

## 6.2 Viga de entropiso

Assim como o cálculo das resistências dos montantes, os esforços solicitantes para a viga (Tabela 7) foram obtidos por meio das envoltórias das combinações geradas pelo software. O pior caso a ser analisado, assim como no caso do montante, foi a combinação 1.

Tabela 7 – Esforços da viga

Elemento: Viga						
Barra: 494						
Envoltória de combinações geradas pelo software (kgf)						
Combinação	NcSd	NtSd	VxSd	VySd	MxSd	MySd
1	59,85	0,00	0,51	204,29	16291,94	93,24
2	16,77	0,00	-3,34	43,38	3459,87	548,31
3	14,81	0,00	-8,22	43,38	3459,87	-1321,44
4	0,00	-29,88	4,52	43,38	3459,87	-736,07
5	0,00	-78,08	8,41	43,38	3459,87	-1357,9

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Freitas e Crasto (2006), para aplicações residenciais são recomendados vãos de até 4 metros para uso de perfis Ue 200 x 40 x 0,95. O vão sobre o qual a viga está atuando, possui 3,19 m. Desta forma, o perfil adotado para as vigas de entropiso foi o perfil Ue 100 x 50 x 17 x 2,25. A Tabela 8 mostra a comparação entre os cálculos manuais seguindo as normas e os resultados obtidos pelo programa.

Tabela 8 – Comparação entre cálculos manuais e resultados do programa para o elemento viga

Cálculo resistência compressão Item 9.7 - NBR 14762/2010			Mcalc LSF	Unid	Equivalência
Descrição	Denominação	Valor			
Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Z (Y):	Nez (y)	3433,60	3295,35	kgf	95,97%
Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y (X):	Ney (x)	15405,72	14778,11	kgf	95,93%
Força normal de flambagem elástica por torção:	Net	4056,33	4049,5	kgf	99,83%
Força normal de flambagem elástica por Flexo torção:	Next	3553,78	3572,21	kgf	99,48%
A força axial de flambagem global elástica Ne é a menor entre os valores obtidos (Item 9.7.2.1 NBR 14762/10)	Ne	3433,60	3295,35	kgf	95,97%

Índice reduzido de esbelteza da barra	$\lambda_0$	1,89	1,92		98,68%
Fator de redução da força axial de compressão resistente ( $\lambda_0 > 1,5$ )	X	0,24	0,24		100,00%
Compressão devido à flambagem global	NcRd	2509,39	2408,35	kgf	95,97%
Cálculo resistência à Flexão - Eixo Y (X) Item 9.7 - NBR 14762/2010			Mcalc LSF	Unid	Equiva- lência
Momento resistente devido ao início do escoamento efetivo					
Descrição	Denominação	Valor	Valor		
Área Efetiva da seção	Aef	4,93	4,86	cm <sup>2</sup>	98,58%
Momento de inércia efetiva da seção em relação ao eixo Y (X)	Ixef	77,89	76,19	cm <sup>4</sup>	97,82%
Posição final do eixo baricêntrico	YgFinal	5,00	5,00	cm	100,00%
Momento de inércia efetiva da seção em relação ao baricêntrico	Ig	77,89	76,19	cm <sup>4</sup>	97,82%
Módulo Elástico efetivo	Wef	15,58	15,24	cm <sup>3</sup>	97,83%
Resistência de cálculo a flexão para o início do deslocamento	M <sup>PL</sup> Rdx	35404,55	34631,80	kgf/cm	97,82%
Momento resistente devido a flambagem lateral com torção					
Momento fletor de flambagem lateral com torção em regime elástico	Me	22552,47	24957,38	kgf. cm	90,36%
Índice reduzido de esbelteza da barra	$\lambda_0$	1,31	1,24		94,36%
Fator de redução do momento fletor resistente	XFLT	0,58	0,64		90,17%
para $0,6 < \lambda_0 < 1,336$ (item 9.8.2.2)					
Tensão	$\sigma$	1442,64	1597,46	kgf/ cm <sup>2</sup>	90,31%
Resistência de cálculo à flexão para o estado limite flambagem lateral	M <sup>FLT</sup> Rdx	20430,43	22129,13	kgf. cm <sup>2</sup>	92,32%

Cálculo resistência à Flexão - Eixo Z Item 9.7 - NBR 14762/2010			McalcLSF	Unid	Equiva- lência
Momento resistente devido ao início do escoamento efetivo					
Descrição	Denominação	Valor	Valor		
Área Efetiva da seção	Aef	4,93	4,86	cm <sup>2</sup>	98,58%
Momento de inércia efetiva da seção em relação ao eixo Y (X)	Ixef	17,36	16,99	cm <sup>4</sup>	97,87%
Posição final do eixo baricêntrico	XgFinal	3,23	3,23	cm	100,00%
Momento de inércia efetiva da seção em relação ao baricêntrico	Ig	17,36	16,99	cm <sup>4</sup>	97,87%
Módulo Elástico efetivo	Wef	5,37	5,26	cm <sup>3</sup>	97,87%
Resistência de cálculo a flexão para o início do deslocamento	M <sup>PL</sup> Rdx	12215,03	11956,11	kgf/ cm	97,88%
Cálculo resistência ao cortante - Eixo Z Item 9.8.3 - NBR 14762/2010			McalcLSF	Unid	Equiva- lência
Momento resistente devido ao início do escoamento efetivo					
Descrição	Denominação	Valor	Valor		
Parâmetro e esbelteza	$\lambda$	40,44	40,44		100%
Coefficiente de flambagem local por cisalhamento (9.8.3) Sem enrijecedores transversais	Kv	5,00	5,00		100%
Parâmetro de esbelteza limite para plastificação	$\lambda_p$	68,31	68,31		100%
Parâmetro de esbelteza limite para escoamento	$\lambda_r$	88,54	88,54		100%
Força cortante resistente para $\lambda < \lambda_p$	Vrdz	2792,05	2792,05	kgf	100%
Cálculo resistência ao cortante - Eixo Y Item 9.8.3 - NBR 14762/2010			Mcalc LSF	Unid	Equiva- lência
Momento resistente devido ao início do escoamento efetivo					
Descrição	Denominação	Valor	Valor		

Parâmetro de esbeltez	$\lambda$	18,2	18,2		100%
Coefficiente de flambagem local por cisalhamento (9.8.3) Sem enrijecedores transversais	Kv	5,0	5,0		100%
Parâmetro de esbeltez limite para plastificação	$\lambda_p$	68,3	68,3		100%
Parâmetro de esbeltez limite para escoamento	$\lambda_r$	88,5	88,5		100%
Força cortante resistente para $\lambda < \lambda_p$	Vrd	2515,9	2515,9	kgf	100%

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Verificou-se que os valores da maioria dos esforços não deram 100% de equivalência. Isso deve-se à vários fatores. Primeiramente, o cálculo dos esforços foi baseado nas dimensões dos perfis da norma ABNT NBR 6.355/2012, em muitos aspectos o programa se aproximava, no entanto, não se igualava. Isso fez com que os valores finais não se iguallassem totalmente aos valores gerados com base na norma de dimensionamento em aço de perfis formados a frio. Além disso, foi considerado para o cálculo, todas as casas decimais de todos os itens, enquanto o programa arredondava para apenas duas casas decimais. Embora os valores não tenham se equiparado a 100%, há uma aproximação muito grande e não interferiu amplamente nos resultados finais de resistência aos esforços.

## 7 Considerações finais

Este trabalho abordou o sistema *Light Steel Framing* aplicado a um projeto do programa de habitação social de Brasília, inserindo uma planta de arquitetura ao software estrutural ainda em desenvolvimento. O mercado do sistema construtivo em questão, ainda conta com poucas ferramentas computacionais para automatização do dimensionamento dos elementos componentes. Sabe-se da complexidade de se criar um programa e da lacuna que existe no mercado da construção em aços leves.

O *mCalcLSF* é um software desenvolvido por uma empresa brasileira exclusivamente para modelagem e dimensionamento de estruturas *LSF*. Com

as ferramentas já disponíveis é possível se obter por completo um projeto estrutural em *LSF*, incluindo memoriais de cálculo, plantas de locação dos painéis, quantitativos e uma visualização prévia em 3D do projeto.

Os memoriais de cálculo gerados pelo programa, foram comparados com a norma vigente de dimensionamento de perfis em aço formados a frio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) e embora não tenha alcançado 100% de equivalência em alguns pontos, o software obteve o mínimo de 90% de exatidão. Isso se deve as dimensões dos perfis considerados pelo sistema, que não foram totalmente equivalentes à norma de padronização dos perfis estruturais de aço formados a frio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

Por meio do embasamento teórico realizado neste projeto, foi possível perceber haver na implantação do *Light Steel Framing*, uma viabilidade técnica devido às vantagens que o sistema proporciona. No entanto, para a escolha do método construtivo adequado a uma edificação, além de uma análise de viabilidade técnica, uma análise de viabilidade econômica também se faz necessária.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 14762*: dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 6123*: forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 6355*: perfis estruturais de aço formados a frio: padronização. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 8800*: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Portaria n. 269, de 22 de março de 2017*. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20122352/do1-2017-03-24-portaria-n-269-de-22-de-marco-de-2017-20122235](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20122352/do1-2017-03-24-portaria-n-269-de-22-de-marco-de-2017-20122235). Acesso em: 17 ago. 2022.

CARVALHO, Paulo de; GRIGOLETTI, Gladimir; BARBOSA, Giovana. *Curso básico de perfis de aço formados a frio*. 3. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2014.

FREITAS, Arlene M. S.; CRASTO, Renata C. M. *Steel framing: arquitetura*. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.