

Ensaio experimental para verificação do aumento da carga suportada por uma treliça projetada em perfis de *LightSteel Frame (LSF)* reforçada com madeira do tipo *Oriented Strand Board (OSB)*.

Experimental essay for verification of increase of supported load by a truss projected in profiles of Light Steel Frame (LSF) reinforced with Oriented Strand Board (OSB) wood type

Amanda Ferreira Vicente¹
Edmilson Modesto Junior²
Mateus Mendes Silva³
Cléverson Arenhart⁴

RESUMO

O tema escolhido consiste em uma análise aprofundada de um método de reforço em estrutura metálica do modelo *Light Steel Frame (LSF)*, utilizando-se perfis de madeira *Oriented Strand Board (OSB)*, a fim de analisar o comportamento da treliça mediante o aumento do suporte de carga proveniente da presença do reforço. Deste modo foi possível perceber a influência do *OSB*, de sua rigidez e resistência mecânica frente às chapas de *LSF*, possibilitando a comparação e análise da eficiência do reforço nas treliças reforçadas com a treliça não reforçada. Além disso, após as treliças estarem prontas, foram adicionadas cargas, por meio de uma prensa hidráulica e mensuradas com manômetro, para testar o suporte em cada uma delas, e então foi possível medir a deformação que as cargas adicionadas causaram na estrutura, de modo a constatar se o reforço pode ou não aliviar a taxa de ruptura. Por fim, constatou-se que a adição de reforço contribuiu positivamente na estrutura, conciliando questões de aumento de carga suportada na treliça e redução da taxa de deformação. Foi escolhida como estrutura mais viável aquela que apresentou melhor comportamento mediante os ensaios e resultados frente às cargas suportadas.

Palavras-Chave: *LightSteel Frame*; Treliça; *Oriented Strand Board*; Reforço; Suporte de carga;

¹ Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Engenheiro Civil, Professor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

ABSTRACT

The chosen theme consists in a deep analysis of reinforcement method in metal frame of the Light Steel Frame (LSF) model, using Oriented Sand Board (OSB) wood profile, in order to analyse the truss behaviour by increasing the load support from the presence of the reinforcement. Thus it was possible to note the OSB influence, its rigidity and mechanical resistance front as the LSF sheets, enabling the comparison and analysis of the reinforcement efficiency in the reinforced truss with the non-reinforced truss. Besides that, after the truss are ready, loads were added by using a hydraulic press and measured with a manometer, to test the support in each of them, then it was possible to measure the deformity that the added loads caused in the frame, in order to verify if the reinforcement can or cannot relieve the break rate. Lastly, the addition of load contributed positively in the frame, conciliating questions of increase of supported load by the truss and reduction of strain rate. The most viable frame chosen was the one that presented the best behaviour upon tests and results withstand loads.

Keywords: Light Steel Frame; Truss; Oriented Strand Board; Reinforcement; Load support.

Introdução

Com o passar do tempo, os setores da construção civil, juntamente com o mercado industrial, passaram a buscar inovações e técnicas alternativas, que garantam não somente praticidade, mas também qualidade e economia no processo construtivo. Por conta disso, segundo a concepção de Dias (1997), entre os séculos XIX e XX, o Brasil apostou em novos métodos provenientes da produção de estruturas em aço. Contudo, antes de tornar-se um grande percursor estrutural, o aço era utilizado apenas em questões “emergenciais”, para atender a grande demanda de construção de pontes e estradas ferroviárias após a 1ª Guerra Mundial. Somente na década de 1950, foi instituída no país a primeira fabricante de aço, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), dessa forma, o aço que antes era importado, passou a ser obra-prima brasileira.

Com a expansão do mercado econômico e conseqüentemente o desenvolvimento das grandes cidades e grandes estruturas, o aço foi finalmente adotado como uma nova opção construtiva e as estruturas metálicas ganharam espaço nas grandes obras, por volta da década de 1980.(DIAS, 1997, p.23)

Entretanto, todos os fatores que movem determinado tipo de construção, exigem uma análise detalhada dos materiais a serem utilizados, bem como, as suas propriedades, características, vantagens e desvantagens.

De acordo com Castro (1999), para evitar algum tipo de divergência e até mesmo prejuízos durante a utilização da estrutura metálica, deve-se compreender que a mesma possui um método construtivo específico e que, talvez a problematização deve-se ao fato de que, muitas vezes a falta de conhecimento com aquilo que se está manipulando pode acarretar em diversos problemas que vão desde a concepção estrutural até o surgimento de patologias.

Visto isso, Hass; Martins (2011) afirmam que a demanda proveniente da construção civil, produz a necessidade de uma construção rápida, eficaz e com menor taxa de desperdício, garantindo ao mesmo tempo qualidade de edificação e conscientização ambiental.

Em contrapartida, Teixeira (2007) destaca algumas desvantagens constatadas na utilização do aço, primeiramente na questão financeira, já que, apesar de fabricado no Brasil, é um material de custo elevado. Outro ponto a ser destacado, seria a falta de técnica e mão de obra qualificada especificamente neste tipo de estrutura. Além disso, pode-se analisar a deficiência quanto a questão de transporte das peças, já que as mesmas são pré-moldadas e não fabricadas “*in loco*”, como as estruturas de concreto.

Com o intuito de tentar sanar algumas das deficiências provenientes da construção em aço convencional, foi então desenvolvido o *LightSteel Frame (LSF)* que, segundo a concepção de Freitas; Crasto (2006), consiste em perfis de aço galvanizado a frio, com objetivo de suportar as cargas solicitantes da estrutura, que garantem uma construção a seco e conseqüentemente uma maior agilidade na montagem da estrutura. Diferente da montagem convencional, que necessita de chumbagem e soldas, o *LSF* é interligado apenas por parafusos.

A NBR 15253 (2005) define a espessura das chapas a serem utilizadas de acordo com o formato e suas respectivas aplicações. Vale destacar que, de acordo com Batista (2011), além de utilização estrutural, o *LSF* também pode servir na execução de sistema de fundações, como por exemplo sapatas; fechamentos, isolamentos e instalações elétricas e hidráulicas, de acordo com o projeto de residência. A figura 1 apresenta o início de uma execução em *LSF*.



Figura 1 - Montagem de painéis em estrutura metálica. **Fonte:** Campos (2014).

Em consequência da instauração do *LSF*, métodos de reforço e aprimoramentos de suas vantagens foram instituídos no mercado buscando-se principalmente soluções econômicas e mais resistentes. Uma dessas alternativas, que inclusive foi objeto de estudo desde projeto, seria o revestimento das placas de *LSF* com a madeira *OSB* (*Oriented Strand Board*) que consiste em um painel de madeira, proveniente de reflorestamento, semelhante ao material de tapume, e que, segundo Hass; Martins (2011) garantem à estrutura qualidade no desempenho e resistência mecânica, agindo na influência do contraventamento, estabilidade e melhorias nas questões de isolamento térmico e acústico.

Seguindo a premissa da proposta inicial do *LSF*, os componentes adicionais da estrutura também são interligados por meio de parafusos perfurantes e roscantes. A figura 2 mostra treliças metálicas revestidas em *OSB*.



Figura 2 - Treliças metálicas revestidas em OSB. **Fonte:** Freitas; Crasto (2006).

Materiais e métodos

Para a montagem das treliças que foram utilizadas nos ensaios, foram adotadas as dimensões da seção baseando-se nos catálogos: Barbieri do Brasil e CBCA, em conformidade com as normas ABNT, NBR 15253 (2014), NBR 6355 (2003) e NBR 14762 (2010).

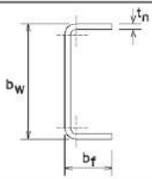
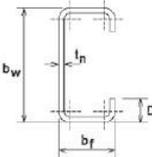
Foram utilizados perfis de *LightSteel Frame* organizados da seguinte maneira:

- Guias: U90 x 30 x 0,08 mm;
- Montantes Verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- Montantes Diagonais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- Dimensão total da treliça: 2400 x 400 mm; - Parafuso auto brocante: Ø5,5 x 32 mm;

De acordo com Freitas; Crasto (2006), as guias são perfis em U, não enrijecidos, e que não devem transmitir nem absorver esforços, servindo somente como topo e base da treliça. Já os montantes são perfis UE, ou seja enrijecidos para suporte e transmissão de esforços, além de possuir a borda que servirá de encaixe deste nas guias. A tabela abaixo especifica as propriedades das guias e montantes, bem como os modelos e formatos da seção.

Tabela 1 - Detalhamento de guias e montantes.

Fonte: NBR 15253 (2014).

SEÇÃO TRANSVERSAL	Designação	Utilização
	U simples $U\ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido $Ue\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga

A treliça 1, de acordo com a figura abaixo (figura 3), foi executada de modo convencional, ou seja, utilizando apenas os materiais metálicos e parafusos.

**Figura 3:** Treliça 1 executada com perfis de *Light Steel Frame*.

- 2 Guias: U0,90 x 0,30 x 2,60 m + Espessura de 9mm
- 7 Montantes verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- 6 Montantes de Contraventamento (diagonal): 0.89 x 0.37 x 0.54m, gancho: 7mm, espessura: 8mm;
- Dimensão total da treliça: 2400 x 400 mm;
- Parafuso auto brocante: Ø5,5 x 32 mm

A treliça 2, representada na figura 4, foi revestida em suas faces com placas de *OSB* nas dimensões adotadas de acordo com o catálogo LP Brasil (2012), com o intuito de fazer com que a placa *OSB* e o perfil estrutural trabalhem juntos, de modo a garantir rigidez à estrutura.



Figura 4: Revestimento das faces da treliça 2, utilizando *OSB*.

- 2 Guias *LSF*: U90 x 30 x 0,08 mm;
- 7 Montantes verticais: UE89 x 37 x 7x 0,08 mm;
- 6 Montantes de Contraventamento (diagonal): UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- 2 placas em *OSB* para revestimento nas faces da treliça 240 x 120 x 11,1 mm;
- Dimensão total da treliça: 2400 x 400 mm;
- Parafuso auto brocante: Ø5,5 x 32 mm;
- Parafuso auto brocante: Ø4,2 x 25 mm (para fixação do *OSB* na estrutura metálica).

A treliça 3 foi revestida com *OSB* parcialmente, ou seja apenas nos montantes para verificar o comportamento e a eficácia do esforço quando aplicado apenas nas juntas da estrutura (pontos críticos).

- 2 Guias: U90 x 30 x 0,08 mm;
- 7 Montantes verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;

- 6 Montantes de Contraventamento (diagonal): UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- Aproximadamente 14 placas em *OSB* para revestimento na base e topo dos montantes, nas dimensões de 150 x 100 mm e 100 x 100 mm; (figura 25).

A figura 5 (a e b) mostram a disposição das placas de *OSB* na treliça.



Figura 5 a e b: Disposição das placas *OSB* na treliça 3.

Em conformidade com o manual CBCA e as normas vigentes, foram adotados 400 mm (comprimento mínimo) entre os montantes, de modo a ocupar a dimensão pré adotada (2400mm).

Para a fixação das peças durante a montagem da seção, foram utilizados dois parafusos em cada montante vertical, sendo um no topo e um na base. Nas extremidades foram utilizados quatro parafusos, sendo dois no topo e dois na base. Totalizando, por fim, aproximadamente 18 parafusos em cada face. Para a fixação dos montantes diagonais, utilizaram-se 2 parafusos em cada, sendo um no topo e um na base, totalizando aproximadamente 12 parafusos em cada face.

Esse procedimento inicial foi utilizado na execução das três treliças.

A treliça 2 foi revestida em ambas as faces laterais com a placa de *OSB*. A placa foi dimensionada de acordo com a dimensão original da treliça e parafusada em suas extremidades e nas delimitações dos montantes.

A treliça 3 seguiu o mesmo procedimento da anterior, porém a placa de *OSB* foi cortada em 14 partes de 150 x 100 mm e 100 x 100 mm que foram parafusadas no topo e na base de cada montante, determinados os pontos críticos quanto ao suporte de carga.

A figura 6 mostra o conjunto de treliças pronto para os ensaios.



Figura 6: Treliças 1, 2 e 3 montadas.

O ensaio físico descrito à seguir foi realizado no Laboratório de Engenharia do UniSalesiano em Araçatuba - SP.

A força foi aplicada pontualmente, ou seja, ao centro do vão teórico das treliças ortogonalmente ao eixo horizontal da estrutura, no sentido da parte superior para a parte inferior (figura 7).



Figura 7: Treliça posicionada sobre a prensa hidráulica para realização do ensaio.

O manômetro 2 ficou responsável por medir os valores da deformação, deslocamento e flecha. Ele foi zerado e fixado à prensa através de ímãs e movimentavam os ponteiros gradativamente a partir do momento em que a estrutura estava recebendo carga. A partir do deslocamento dos ponteiros, os resultados mostrados, em metros, foram aplicados na equação da flecha para obtenção dos valores mostrados no capítulo seguinte. A figura 8 mostra a análise que era feita nos manômetros simultaneamente mediante o acréscimo de carga, para constatar se o manômetro 2 não seria zerado, o que ocasionaria erro permanente de ensaio, pois não apresentaria mais valor de deformação.



Figura 8: Análise simultânea da movimentação dos manômetros marcadores mediante o ensaio.

Resultados e discussões

O primeiro parâmetro em relação ao teste efetuado foi encontrar a carga máxima suportada por cada uma das treliças, e com a utilização do relógio hidráulico, foi medido o valor de flecha máxima de cada uma das treliças. A figura 31 mostra as três estruturas após o ensaio de deformação.

Treliça 1

Tendo em vista que primeira treliça sofreu deformações como demonstrado na figura 9, por conta da flambagem aplicada no centro da estrutura e suportou uma carga máxima de 1.250,00 Toneladas sofrendo deformação em várias partes do corpo da estrutura, com isso obteve se uma flecha de 1,78 cm.

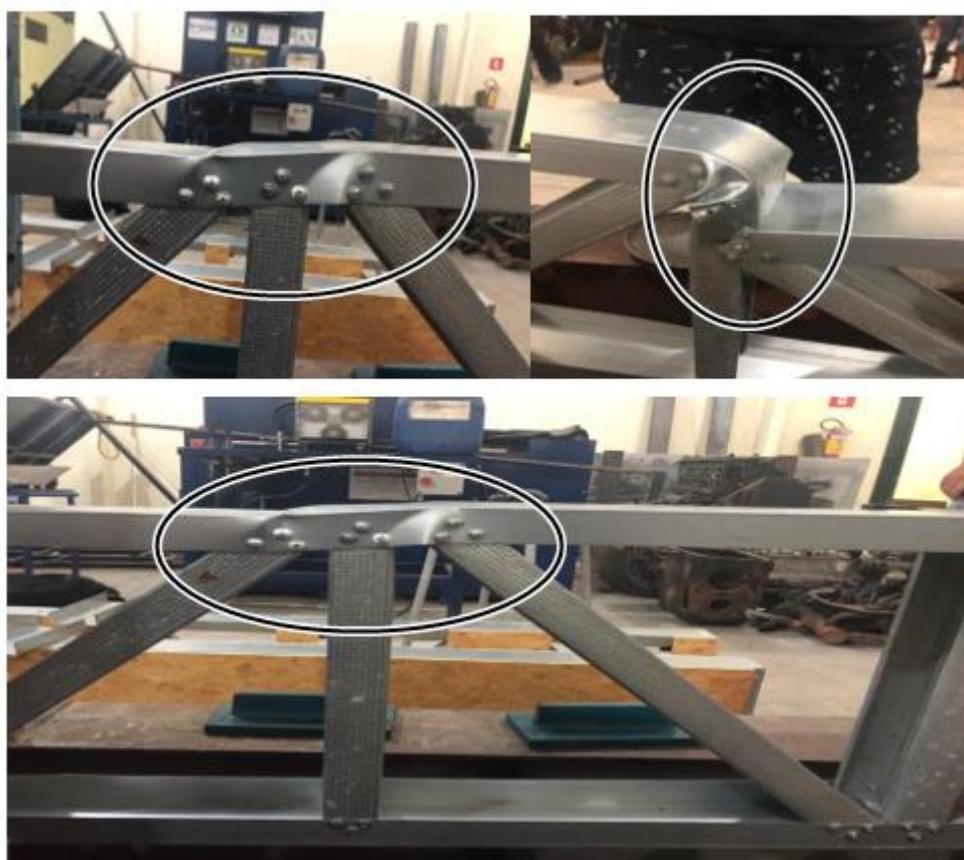


Figura 9: Deformações na estrutura em teste.

Observando se a figura 9, os locais marcados com um círculo são os locais onde houve deformação. Com a observação dessa estrutura, foi visto que os reforços que foram aplicados nas outras duas estruturas foram exatamente nos pontos críticos da treliça onde existia a necessidade de se reforçar para que se obtivesse uma maior resistência da estrutura. A tabela 2 demonstra os valores obtidos no ensaio da primeira treliça.

Tabela 2: Resultados obtidos – Treliça 1

TRELIÇA 1					
	Elemento	Nsd	ESFORÇO	Nrd	Aproveitamento (%)
Banzo Superior	1	6,1	COMPRESSÃO	16,68	36,57%
	2	6,2	COMPRESSÃO	16,68	37,17%
	3	18,4	COMPRESSÃO	16,68	110,31%
	4	18,4	COMPRESSÃO	16,68	110,31%
	5	6,2	COMPRESSÃO	16,68	37,17%
	6	6,1	COMPRESSÃO	16,68	36,57%
Banzo Inferior	7	0,0	-	0	0,00%
	8	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	9	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	10	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	11	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	12	0,0	-	0	0,00%
Montantes	13	6,1	COMPRESSÃO	20,52	29,73%
	14	0	-	0	0,00%
	15	0	-	0	0,00%
	16	12,2	COMPRESSÃO	20,52	59,45%
	17	0	-	0	0,00%
	18	0	-	0	0,00%
Diagonais	19	6,1	COMPRESSÃO	20,52	29,73%
	20	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%
	21	8,7	COMPRESSÃO	14,93	58,27%
	22	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%
	23	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%
	24	8,7	COMPRESSÃO	14,93	58,27%
	25	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%

Como demonstra a tabela 2, a estrutura foi separada em partes, assim sendo banzo superior e inferior, montantes e diagonais. Via ftool os resultados de compressão e tração máximas em cada parta da estrutura foi anotado como *Nsd* como mostra a tabela 4, os resultados obtidos por calculo manual utilizando catálogos de especificação de perfis *LSF* e a norma da ABNT 14.762; 2010 assim o resultado de compressão e tração máximas de projeto foram anotados como **Nrd** como mostra a tabela 4. Executando o método comparativo entre os dados computacionais e manuais, foi obtido o aproveitamento da estrutura relacionando o reforço que foi alocado.

Treliça 2

A segunda treliça teve como carga máxima antes de atingir seu ponto de deformação inicial uma carga de 2,100 Toneladas, essa carga gerou algumas deformações e rompimento da placa *OSB* como mostra a figura 10. Com isso foi obtido uma flecha de deformação de 0.8cm, medida através do relógio hidráulico.



Figura 10: Deformações e rompimento da treliça 2.

A deformação ocorrida na treliça 2 como mostra a figura 34, entende-se que a estrutura com o reforço em *OSB* teve um aumento gigante no suporte de carga, porém quando atingido sua carga máxima as placas de *OSB* sofrem ruptura completa de banzo superior a banzo inferior da estrutura, já a estrutura em *LSF* sofreu deformações leves como pode-se observar na tabela 3.

Tabela 3: Resultados obtidos da treliça 2.

TRELIÇA 2					
	Elemento	Nsd	ESFORÇO	Nrd	Aproveitamento (%)
Banzo Superior	1	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
	2	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
	3	30,8	COMPRESSÃO	16,68	184,65%
	4	30,8	COMPRESSÃO	16,68	184,65%
	5	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
	6	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
Banzo Inferior	7	0	-	0	0,00%
	8	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	9	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	10	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	11	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	12	0	-	0	0,00%
Montantes	13	10,2	COMPRESSÃO	20,52	49,71%
	14	0	-	0	0,00%
	15	0	-	0	0,00%
	16	20,4	COMPRESSÃO	20,52	99,42%
	17	0	-	0	0,00%
	18	0	-	0	0,00%
	19	10,2	COMPRESSÃO	20,52	49,71%
Diagonais	20	14,4	TRAÇÃO	75,48	19,08%
	21	14,5	COMPRESSÃO	14,93	97,12%
	22	14,3	TRAÇÃO	75,48	18,95%
	23	14,3	TRAÇÃO	75,48	18,95%
	24	14,5	COMPRESSÃO	14,93	97,12%
	25	14,4	TRAÇÃO	75,48	19,08%

Realizando o comparativo entre os dados computacionais que foram anotados na tabela (tabela 5) foram denominados Nsd e o dados obtidos através do cálculo manual adotado como Nrd. Fazendo-se o comparativo entre os valores obtidos com o aproveitamento da estrutura em teste, e com isso, analisado o quanto os reforços alocados mudaram o comportamento da estrutura.

Treliça 3

A terceira e última treliça em teste teve um comportamento relativo com o das outras duas treliças que foram testadas anteriormente, sua carga máxima suportada foi de 1,300 Toneladas, superando a primeira treliça assim chegando ao resultado esperado por conta de seu reforço em OSB. Após a carga aplicada observou-se a deformação na estrutura como mostra a figura 11, isso ocorrendo devido a flambagem local aplicada no centro do vão da estrutura, gerando uma flecha de 1,50 cm.



Figura 11: Deformação da estrutura após carga aplicada.

O comportamento da treliça 3 ao decorrer dos testes foi relativo com o das outras duas treliças, porém observa-se que houve deformação somente no eixo central do banzo superior da estrutura.

Levando em consideração que o reforço tem um impacto no aumento de carga suportada, observa-se que foi aplicada uma chapa pequena no eixo central da estrutura. Isso demonstra que pode-se aumentar o suporte de carga da estrutura 3, se em trabalhos futuros aplicar uma chapa maior no ponto crítico do eixo central do banzo superior, pode-se aumentar gradativamente o suporte de carga máxima dessa estrutura.

Tabela 4: Resultados obtidos treliça 3.

TRELIÇA 3					
	Elemento	Nsd	ESFORÇO	Nrd	Aproveitamento (%)
Banço Superior	1	6,3	COMPRESSÃO	16,68	37,77%
	2	6,3	COMPRESSÃO	16,68	37,77%
	3	19	COMPRESSÃO	16,68	113,91%
	4	19	COMPRESSÃO	16,68	113,91%
	5	6,4	COMPRESSÃO	16,68	38,37%
	6	6,3	COMPRESSÃO	16,68	37,77%
Banço Inferior	7	0	-	0	0,00%
	8	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	9	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	10	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	11	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	12	0,0	-	0	0,00%
Montantes	13	6,3	COMPRESSÃO	20,52	30,70%
	14	0,0	-	0	0,00%
	15	0,0	-	0	0,00%
	16	12,6	COMPRESSÃO	20,52	61,40%
	17	0,0	-	0	0,00%
	18	0,0	-	0	0,00%
	19	6,3	COMPRESSÃO	20,52	30,70%
Diagonais	20	8,9	TRAÇÃO	75,48	11,79%
	21	8,9	COMPRESSÃO	14,93	59,61%
	22	8,8	TRAÇÃO	75,48	11,66%
	23	8,8	TRAÇÃO	75,48	11,66%
	24	8,9	COMPRESSÃO	14,93	59,61%
	25	8,9	TRAÇÃO	75,48	11,79%

Para reunir as informações obtidas, os dados foram organizados em planilha, conforme segue a tabela abaixo (tabela 5).

Tabela 5: Planilha de resultados obtidos.

Treliças	Peso Suportado (TN)	Deformação Ocorrida
1	0,0 Ton	00.0mm
	300 Ton	00.00 mm
	900 Ton	0.093mm
		Relogio Zerado
	1000 ton	0.0163mm
	1100 ton	0.095mm
		Relogio Zerado
	1200 ton	0.097mm
	1250 ton	0.0141mm
	Rompimento	
2	0,0 Ton	0.000mm
	1000 Ton	0.0100mm
	1500 Ton	0.0993mm
		Relogio Zerado
	2000 Ton	0.033mm
	2100 Ton	0.167mm
	Rompimento	
3	0.0 Ton	0.0 mm
	900 Ton	0.0600mm
	1300 Ton	0.1030mm
	Rompimento	

Ao realizar uma análise aprofundada dos resultados de carga máxima de cada estrutura em teste (tabela 7), é visto que a terceira e última treliça teve um suporte de carga maior que o da treliça 1 porém menor que o da treliça 2, mas levando em consideração a quantidade de reforço emposta em cada estrutura, a treliça 3 resistiu muito com um gasto baixo. A treliça 2 como mostra a tabela 7 foi a que mais resistiu, porém tendo um gasto muito elevado por conta de seu reforço, pois a placa alocada nas duas faces da estrutura aumenta sua resistência, mas também o seu valor. A Treliça 1 não tinha nenhum reforço alocado em sua estrutura, mas também resistiu muito bem frente ao teste de carga que foi aplicado.

Abaixo a tabela 8 faz uma síntese dos resultados sincronizando as cargas resistidas com o valor total da estrutura para obter-se um resultado de viabilidade.

Tabela 8: Resultados finais e comparativo de viabilidade.

TRELIÇA 1 (REFERENCIAL)		
CARGA SUPORTADA	CUSTO	CUSTO POR KN
12,5	R\$ 126,22	R\$ 10,10

TRELIÇA 2		
CARGA SUPORTADA(KN)	CUSTO (R\$)	CUSTO POR KN
21	R\$ 168,88	R\$ 8,04

TRELIÇA 3		
CARGA SUPORTADA(KN)	CUSTO (R\$)	CUSTO POR KN
13	R\$ 133,99	R\$ 10,31

TRELIÇA	CARGA SUPORTADA (KN)	CUSTO (R\$)
1	12,5	R\$ 126,22
2	21	R\$ 168,88
3	13	R\$ 133,99

A TRELIÇA 2 SUPORTOU 168% DA CARGA SUPORTADA PELA TRELIÇA 1 E CUSTOU 133,79,15% DO VALOR DA TRELIÇA 1
A TRELIÇA 3 SUPORTOU 104% DA CARGA SUPORTADA PELA TRELIÇA 1 E CUSTOU 106,15% DO VALOR DA TRELIÇA 1
A TRELIÇA 2 SUPORTOU 161,53% DA CARGA SUPORTADA PELA TRELIÇA 3 E CUSTOU 126,12% DO VALOR DA TRELIÇA 3

Com o fim dos testes executados e apresentação dos resultados obtidos (tabela 8), foi realizado um comparativo entre os resultados para se entender qual das três treliças seria mais viável tendo menos custo monetário. Analisando a tabela 8, entende-se que a treliça 2 teve um suporte de carga elevado perante as outras, porém seu custo também foi o mais alto.

Tendo em vista que a treliça 1 teve um suporte de carga menor que as outras duas, seu custo total foi o mínimo dentre as três treliças, em relação a treliça 3 que teve um suporte de carga maior que o da treliça 1 considera os custos apresentados, acaba que não se tornando viável por conta da relação custo/benefício.

Conclusões

O estudo apresentado neste trabalho, relacionando estruturas de perfis *Light Steel Frame (LSF)* e placas de *Oriented Strand Board (OSB)* apresentou a possibilidade de criar estruturas otimizadas, utilizando dois materiais com propriedades diferentes, mas que, quando combinados, dão forma a um novo modelo estrutural.

Com os resultados obtidos concluiu-se que, as duas estruturas revestidas com os painéis *Oriented Strand Board*, obtiveram um ganho de resistência, assim suportando quase o dobro de carga que a estrutura sem nenhum reforço. Dessa forma, o projeto mostrou que as propriedades mecânicas do *OSB*, causam impacto diretamente na rigidez da estrutura, de acordo com a quantia aplicada como reforço em cada treliça, resistindo mais ao esforço de flexão aplicado.

A principal demonstração desse ensaio é que é possível executar uma estrutura intermediária, com alto desempenho, combinando materiais e economizando financeiramente.

Analizando-se os resultados obtidos, tem-se que frente a estruturas de concretos as estruturas em perfis *LSF* podem ser uma boa escolha dependendo do tipo de projeto a ser executado. Observando o comportamento das estruturas estudadas revelou que no futuro se houver trabalho relacionado ou até uma continuação do trabalho aqui apresentando, pode-se obter melhorias em relação ao comportamento das estruturas por conta de melhor adequação das estruturas.

Tendo em vista o resultado positivo do trabalho em si apresentado, conclui-se que o embasamento teórico deste trabalho, possibilitou o conhecimento do material e método construtivo utilizado, respectivamente, o *Oriented Strand Board (OSB)* e o *Light Steel Frame (LSF)*, demonstrando as características e a empregabilidade de cada um deles.

Referências Bibliográficas

ABRAF. (2013) - **Anuário estatístico Associação Brasileira de Produtores de Florestas 2013, ano base 2012** / ABRAF. – Brasília: 2013. 148 p.

AGUILAR, M.T.P.; SANTOS, M. P - **Painéis de madeira como vedação vertical em construções**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6355. **Dimensionamento de perfis de aço formados a frio** – Padronização. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6355. **Dimensionamento de perfis de aço formados a frio** – Padronização. Rio de Janeiro, 2012 (atualizada).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14762. **Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253. **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, painéis reticulados em edificações: requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2014.

BATISTA, R. C. **Análise estrutural de uma residência constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio segundo o sistema construtivo a seco – *LightSteel Framing (LSF)***. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. 63 p.

BIAZUS, A.; HORA, A.; LEITE B.G.P. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. 2010. BNDES setorial 32, 90 p.

BRUNO, E. F. S; RODRIGUES, M. L.; MARTINS, T.B. – **Ensaio de treliça executada com perfis de aço galvanizado formados a frio simples e revestida com**

placas OSB. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Unisalesiano – Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxilium. Araçatuba, São Paulo, 2016. 69 p.

CAMPOS, P.F. *LightSteel Framing – Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento.* Dissertação mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. 198 p.

CASTRO, E.M.C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999. 202 p.

CBCA (**Centro Brasileiro da Construção em Aço**). Disponível em <<http://www.cbcaacobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-vantagens.php>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GALVANIZAÇÃO. **GALVABRASIL 2013.** São Paulo, 22 out. 2013. Disponível em <<http://www.icz.org.br/galvabrasil/2013/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento.** Buenos Aires: Consul Steel, 2002.

DIAS, L. A. M. **Edificações de aço no Brasil.** 1ed. São Paulo: Ziguarte, 1997. 204 p.

FREITAS, A. M. S.; CRASSTO, R. C. M. de. **Manual de Construção em Aço -Steel Framing: Arquitetura.** Instituto Aço Brasil/CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2006. 121 p.

FOREST PRODUCTS LABORATORY – **Wood handbook: wood as an engineering material.** 2010. Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 508 p.

GASPAR, A.P. **Construção de edifícios de habitação em LightSteel Framing – Alternativa viável à construção tradicional.** Faculdade de comunicação, arquitetura, artes e tecnologias da informação. Porto, 2013. 152 p.

GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas.** 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil, Ouro Preto, 2009. 396 p.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. 76 p.

IWAKIRI, S. – **Painéis de Madeira Reconstituída.** 2005. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – UFPR. Curitiba, Paraná. 2005. 66 p.

IWAKIRI, S.; ALBUQUERQUE, C.E.C.; PRATA, J.G.; COSTA, A.C.B. - **Utilização de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* para produção de painéis de partículas orientadas** - *OSB*. 2008. Ciência Florestal, Santa Maria, 2008. 270 p.

INSTITUTO AÇO BRASIL (IAB). **Aplicações do aço**. Dados coletados em 2017. Disponível em <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/aplicacoes.asp>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

KLINGSPOR. (2011) - **Abrasive Technology**. Disponível em: <http://klingspor.ca/html/index.php?site=3_19_66&lng=por>. Acesso em 21 mar. 2019.

LP Brasil Indústria e Comércio de *OSB*. **Manual de Construção Energética Sustentável**. Curitiba, Paraná. (2012).

LP BRASIL (2012) – **Catálogo Técnico LP OSB placas estruturais para construção CES**. Curitiba, Paraná. 2012. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-osb-home-plus/>>. Acesso em 21 mar. 2019. 8 p.

MACEDO, L. - **Painéis de madeira *Pinus sp.* e adição de partículas de polipropileno biorientado (BOPP)**. 2014. Dissertação Pós-Graduação. Universidade de São Paulo, departamento de engenharia de estruturas escola de engenharia de São Carlos, 2014. 84 p.

MENDES, R.F. - **Efeito de tratamento térmico sobre as propriedades de painéis OSB. 2010**. Dissertação mestrado - Piracicaba, São Paulo, 2010. 67 p.

MENDES, L.M.- ***Pinus spp.* Na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. Tese pós-graduação Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2001.

NAZAR, N. - **Fôrmas e escoramentos para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema**. 2007. 1 Ed. São Paulo, 2007.

REVISTA DA MADEIRA (2006) - **OSB oferece resistência para múltiplos usos**. Edição: n.97, jun. Editora Remade. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=916>. Acesso em 20 mar. 2019.

REVISTA DA MADEIRA (2007) – **Painel de OSB oferece maior resistência para uso em estruturas**. Edição: n.108, jun. Editora Remade. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1157>. Acesso em 20 mar. 2019.

PEREIRA, C. Estrutura Metálica: **Processo executivo, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estruturametalica/>>. Acesso em: 25 de março de 2019.

PINHO, F. O.; PENNA F. **Série Manual de Construção em aço - Viabilidade Econômica**. Rio de Janeiro: IBS / CBCA, 2008. 84 p.

RODRIGUES, F.C. *Steel Framing: Engenharia*. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção do aço, CBCA. Rio de Janeiro, 2006. 127 p.

SANTIAGO, A.K; FREITAS, A.M.S; CRASTO, R.C.M. *Steel Framing: Arquitetura*. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção em Aço, CBCA. Rio de Janeiro, 2012. 151 p.

SILVA, L. EDSON; SILVA, P. VALDIR; PIERIN, I. **Estruturas compostas por perfis formados a frio – Dimensionamento pelo método das larguras efetivas e aplicação conforme ABNT NBR 14762 (2010) e ABNT NBR 6355 (2012)** - Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção do aço, CBCA. Rio de Janeiro, 2014. 194 p.

TEIXEIRA, R.B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas**. 2007. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2007. 248 p.

SURDI P. G.– **Produção de partículas orientadas (OSB) a partir de um híbrido de Pinus elliottii var. Elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo 2012. 101 p.

SCANAVACA JUNIOR, L.– **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do Eucalyptus urophylla S. T. Blake e de seu potencial para a utilização em serraria**. 200. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, 2001. 108 p.

SOUZA, A.M.- **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de Pinus sp com inclusão de telas metálicas**. 2012. Escola de engenharia de

São Carlos, São Paulo, 2012.

SURDI P. G.– **Produção de partículas orientadas (OSB) a partir de um híbrido de Pinus elliottii var. Elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo 2012. 101 p.

ZENID, G.J.- **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2009. Instituto de pesquisas tecnológicas, 2 Ed. São Paulo, 2009.103 p.