



ATENUAR O DESLOCAMENTO VERTICAL EM VIGAS DE MADEIRA UTILIZANDO CABO DE AÇO

Rafael De Bona Cardoso (1), Marcio Vito (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) rafa_do_pinhero@hotmail.com, (2) marciovito@unesc.net

RESUMO

O emprego da madeira na indústria da construção civil, como elemento estrutural, é vista como um material de uso secundário, desprezando sua potencialidade, muitas vezes pelo desconhecimento ou falta de estudo que favorecem sua aplicação de maneira a garantir a competitividade com outros materiais. A madeira tem características próprias difíceis de ser encontradas em outro material como ótima resistência mecânica a tração e compressão, resistência a altos impactos, isolamento térmico, absorção acústica, custo reduzido e renovável, infinidade de padrões estéticos entre outros, tanto que em países com alto desenvolvimento em construções como Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa, o uso da madeira como elemento estrutural em construções é indispensável. Pode-se afirmar que o Brasil é um país rico e que não está sabendo explorar essa riqueza, já que grande parte de seu território contém reservas florestais legais para o corte e reflorestamento. O problema que a madeira traz é o deslocamento vertical máximo quando solicitada a esforços de flexão, fazendo que vigas tenham que ser redimensionadas para perfis maiores, redução dos vãos ou até mesmo a substituição por outro material como aço ou concreto. Esse trabalho terá o intuito de apresentar uma forma de combater esse problema, fazendo uma associação da viga de madeira do tipo *Eucalyptus grandis* e um cabo de aço de forma a dificultar esse deslocamento, isso se dará quando a viga receber uma protensão gerada pelo cabo. Foram realizados ensaios em vigas de tamanho real, aplicando cargas verticais de cima para baixo e analisando qual será seu comportamento. Com os resultados dos ensaios foi verificado um significativo acréscimo na capacidade de carga para as vigas com o reforço do cabo de aço tornando com isso o método eficaz para este caso.

Palavras chaves: Madeira, Cabo de aço, Deslocamento vertical.



1. INTRODUÇÃO

O emprego da madeira na construção civil remonta desde os primórdios da civilização. Esta se apresenta como material excepcional e como matéria-prima industrial de múltiplo aproveitamento que acompanha e sustenta o desenvolvimento da qualidade de vida do homem. Depois do aço é o material mais consumido na construção civil (MASCARENHAS, 2008)

A madeira é um ótimo material de construção quanto aos aspectos de conforto, plasticidade no projeto, rapidez de montagem e durabilidade. Habitar uma casa de madeira aproxima o homem da natureza, pois a madeira mantém em seu estado final de industrialização, características como cores, textura e aromas naturais, que podem ser explorados nas diferentes aplicações das construções habitacionais (MEIRELLES et al, 2007).

Diversas propriedades tornam a madeira um produto muito atraente frente a outros materiais. Dentre essas, são comumente citados o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, as boas características de isolamento térmico e elétrico, além de ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas (ZENID, 2010).

No Brasil, ao longo de sua história, os usos de técnicas construtivas inadequadas fizeram com que as construções em madeira sejam sinônimas de sub-habitação ou de pouca durabilidade. Os novos paradigmas de sustentabilidade e as transformações que a sociedade vem passando, fazem com que esse estigma necessite ser revisto (MEIRELLES et al, 2007)

O emprego da madeira na construção civil, acontece de forma temporária, na instalação do canteiro de obras, nos andaimes, nos escoramentos e nas fôrmas. De forma definitiva, é utilizada nas esquadrias, nas estruturas de cobertura, nos forros e nos pisos. (GESUALDO, 2003).

A madeira serrada no Brasil é ainda o principal dos produtos de madeira empregados na construção civil, enquanto que em países desenvolvidos os painéis têm participação mais significativa. Em pesquisas feitas junto a empresas da



construção civil se constata que a qualidade das peças de madeira é um dos principais problemas enfrentados no suprimento de madeira serrada (ZENID, 2010).

Gesualdo (2003), afirma que a madeira demanda um baixo consumo de energia para sua confecção, enquanto o aço e o concreto requerem um processo industrial refinado. Com relação à massa específica, a madeira possui cerca de 1/8 da massa específica do aço. De forma geral a madeira possui resistência mecânica maior que o concreto convencional.

Os aços estruturais são aqueles que, devido a sua resistência, ductilidade, e outras propriedades, são utilizados em elementos estruturais que suportam e transmitem esforços mecânicos. A sua classificação pode ser feita de diversas formas, onde podemos citar suas propriedades mecânicas, quantidade de carbono, elementos de liga (RODRIGUES, 2010).

Conforme De Marco (2006), os cabos de aço são elementos mecânicos utilizados para transmissões entre grandes distâncias. São também empregados para fins estruturais suportando cargas (força de tração), deslocando-as nas posições horizontal, vertical ou inclinada. É um tipo de transmissão bastante econômica levando em consideração a relação entre grandes distâncias e altas potências.

O cabo de aço é composto, basicamente, por um conjunto de arames de aço, reunidos em um feixe helicoidal, constituindo uma corda de metal resistente aos esforços de tração e com a característica de possuir uma flexibilidade bastante acentuada (DE MARCO, 2006).

A associação destes dois elementos (madeira e cabo de aço) torna-se interessante uma vez que seu propósito será aumentar a carga aplicada numa viga de madeira do tipo *Eucalyptus grandis* para um determinado deslocamento vertical imposto por norma (NBR 7190/97) comparado a uma viga sem esta associação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de avaliar o comportamento da madeira quando solicitada a esforços de flexão estática, foram fabricadas 6 vigas para realização dos ensaios,

onde 3 serão ensaiadas com o reforço de cabo de aço e as outras 3 sem o reforço. As vigas serão ensaiadas até o limite de deslocamento máximo permitido por norma que no caso é $\frac{L}{200}$.

Os respectivos ensaios foram realizados no I-Parque (Parque Científico e Tecnológico) que pertence à Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

2.1. CARACTERIZAÇÃO E MONTAGEM DA VIGA A SER ENSAIADA

A madeira utilizada foi a espécie do tipo *Eucalyptus grandis*, em função de sua disponibilidade, vasta aplicação na construção civil e suas propriedades físico-mecânicas. Essas propriedades estão disponibilizadas na norma brasileira NBR 7190/97 e são:

ρ_{12} (12%) é a massa específica aparente a 12% de umidade = 640kg/m³

f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras = 40,3MPa

f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras = 70,2 MPa

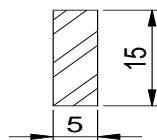
f_{t90} é a resistência à tração normal às fibras = 2,6MPa

f_v é a resistência ao cisalhamento = 7,0MPa

E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras = 12813Mpa

Para a realização do ensaio, as peças foram executadas de forma retangulares com uma seção de 5x15cm (75cm²) conforme Figura 01, atendendo assim o item 10.2.1 da NBR 7190/97, que considera que peças principais isoladas, como vigas e barras longitudinais de treliças, a espessura mínima deverá ser de 5cm e a área mínima das seções transversais deverá ser igual a 50 cm², o comprimento total da viga medirá 250cm sendo o seu vão teórico se 240cm, já que será descontados 5cm de cada lado para apoio das mesmas.

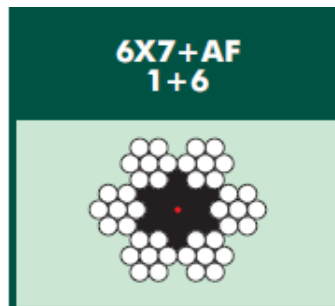
Figura 01 – Seção da viga



Fonte: Dados do pesquisador (2013)

O cabo de aço que será utilizado nos ensaios é do tipo 6x7 seale com alma de fibra artificial e o diâmetro de 3/16" (4,78mm) conforme Figura 02, afim de realizar uma pequena protensão de 1,5mm na viga de madeira aumentando assim sua resistência a flexão estática (Figura 02).

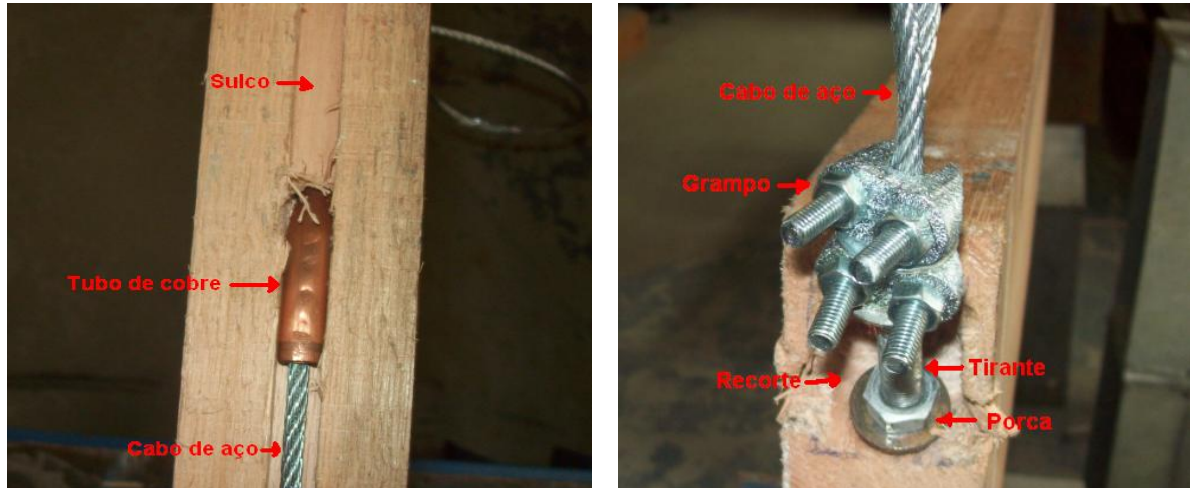
Figura 02 – Cabo de aço



Fonte: Cabos de aço SIVA

As vigas foram fabricadas com um sulco na parte inferior de 1x1cm para facilitar o alojamento do cabo e com isso também, impedindo seu deslocamento lateral. Nas extremidades da viga será feito um recorte para colocação de tirantes com uma porca para fazer a protensão na viga, essa se dará quando for apertado os tirantes fazendo assim que o mesmos se desloquem para fora do recorte e com isso esticando o cabo até o desejado, os tirantes foram furados no centro para que o cabo de aço passe por dentro deles facilitando assim sua fixação que neste caso será feita com grampos, impedindo assim que o cabo se desloque a hora que for tensionado. Um furo de 45° será feito nas duas extremidades da viga, com finalidade de alojar o tirante e ligar o sulco ao recorte. Para evitar que o cabo corte a madeira, será colocado um tubo de cobre no local onde terá contato direto dos mesmos. Portanto o cabo de aço será preso por grampos, passará por dentro do tirante e do tubo de cobre e por sua vez chegará ao sulco passando por toda a extensão da viga chegando à outra extremidade onde se repetirá o processo conforme Figura 03.

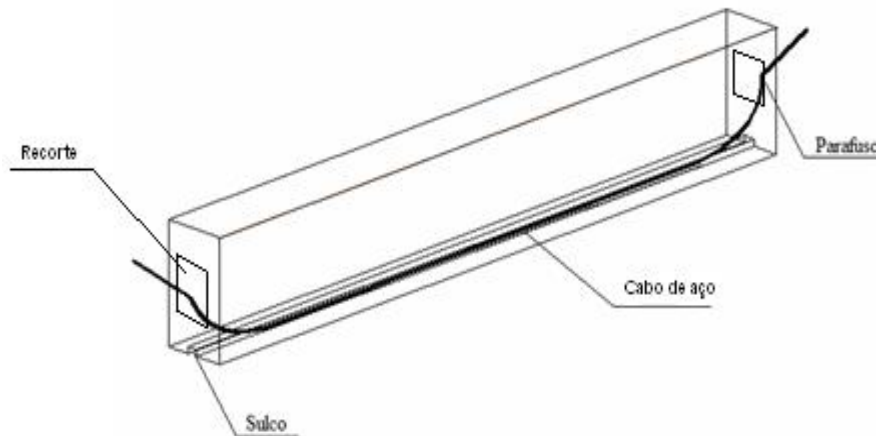
Figura 03 – Fabricação das vigas



Fonte: Dados do pesquisador (2013).

A Figura 04 traz uma ilustração de como a viga com o reforço do cabo de aço ficará depois de montada.

Figura 04 – Viga com o reforço do cabo de aço.



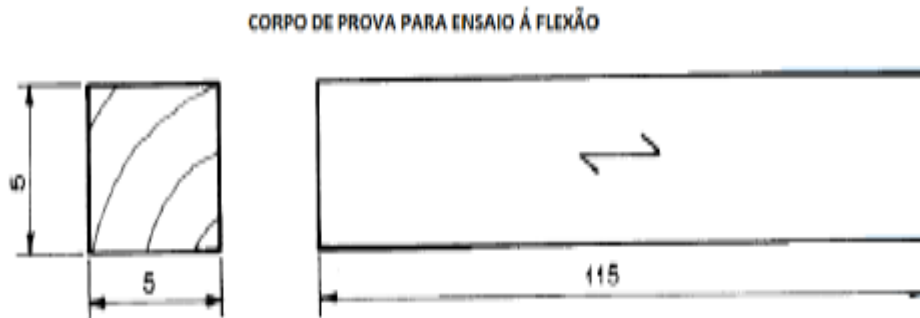
Fonte: Dados do pesquisador (2013)

2.2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO

Os ensaios realizados nas vigas foram o de resistência à flexão estática de quatro pontos. As amostras eram compostas de 6 corpos de prova onde 3 com reforço do cabo de aço e os outros 3 sem o reforço.

A NBR 7190/97 em seu Anexo B, Item 14.3, determina o tamanho mínimo da amostra para ensaio à flexão de acordo com a Figura 05.

Figura 05 – Medida mínima para corpo de prova

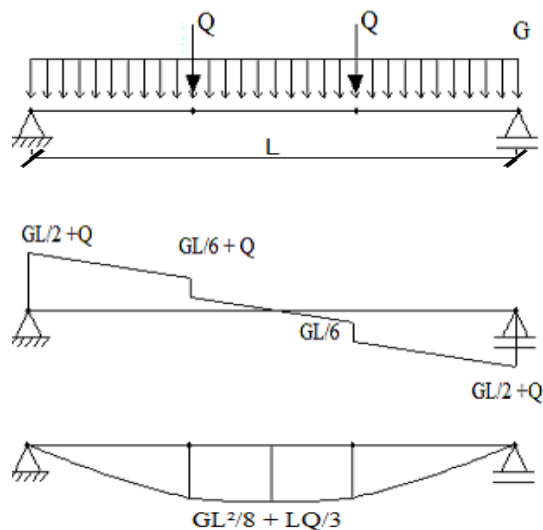


Fonte: NBR 7190/97.

Como as amostras utilizadas estão acima das medidas estabelecidas pela norma e nesse caso sendo mais característicos para os resultados obtidos, foram utilizados os métodos de ensaios estabelecidos nesta norma.

O ensaio de resistência à flexão estática foi do tipo quatro pontos ficando a representação esquemática do ensaio e os seus respectivos diagramas apresentados na Figura 06.

Figura 06 - Esforços solicitantes na viga



Fonte: Dados do pesquisador (2013).

2.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA O ENSAIO DE FLEXÃO

Para medir o deslocamento vertical de norma com suas respectivas cargas, foi utilizada uma instrumentação específica, essa disponível no Laboratório Experimental de Estruturas localizado no I-Parque.

Os equipamentos de registros eletrônicos foram conectados em um equipamento de aquisição de dados (Figura 07), que tem como objetivo obter informações através da medição de suas grandezas, essas serão convertidas de um parâmetro qualquer em um sinal eletrônico o qual é monitorado, analisado e por fim comparado com grandezas padronizadas, as mesmas serão armazenadas ao computador fornecendo os resultados dos ensaios.

Figura 07 - Sistema de aquisição de dados



Fonte: Dados do pesquisador (2013)

O sistema de aquisição de dados utilizado foi o QuantumX MX840A de 8 canais, com interface ao programa computacional CatmanEasy -ambos da empresa HBM .

Uma célula de carga com capacidade de leitura de 500 KN funcionará como transdutor de força para o ensaio, ela foi posicionada entre o macaco hidráulico e a viga de distribuição (Figura 08). Essa viga possui a função de reagir ao esforço aplicado no material de estudo, por esse motivo ela deve possuir uma rigidez que garanta que as deformações geradas pelas forças de reação, não influenciem no estudo.

Figura 08 – Pórtico de reação



Fonte: Dados do pesquisador (2013)

Os deslocamentos lineares que a viga irá sofrer será medido por sensores chamados de LVDTs. Ele dá como saída um sinal linear, proporcional ao deslocamento do núcleo, que está fixado ou em contato com o que se deseja medir. O LVDT (Figura 09), que será utilizado mede até 100 mm de deslocamento linear e está conectado ao equipamento de aquisição de dados.

Figura 09 – LVDT



Fonte: Dados do pesquisador (2013)



3. ESTADO LIMITE ÚLTIMO

3.1. CÁLCULOS

De acordo com a norma NBR 7190/97, as ações usuais que devem ser consideradas em estruturas de madeira são: Carga permanente, cargas acidentais verticais, impacto vertical, impacto lateral, forças longitudinais, força centrífuga e vento.

No presente trabalho, será apresentado apenas as ações de carga permanente e carga acidental, as outras citadas não serão aplicadas no presente estudo.

3.1.1. CARGA PERMANENTE

De acordo com o item 5.5.2 da NBR 7190/97, na avaliação do peso próprio, admite-se que a madeira esteja na classe 1 de umidade (12%)

$$Eucalyptus grandis = 640 \text{ kg/m}^3$$

Sendo que a viga possui 2,5m e seção transversal de 5x15cm temos:
 $640 \times 0,01875 = 12 \text{ kg}$. Distribuindo temos 5 kg/m

3.1.2. CARGA ACIDENTAL

Para o determinado ensaio, as cargas acidentais serão consideradas como de longa duração.

$$\text{Carga acidental} = 2P$$



3.2. PROPRIEDADES DA MADEIRA – VALORES REPRESENTATIVOS

3.2.1. COEFICIENTE DE MODIFICAÇÃO (K_{mod})

Segundo a NBR 7190/97, os coeficientes de modificação K_{mod} afetam os valores de cálculo das propriedades da madeira em função da classe de carregamento da estrutura, da classe de umidade admitida, e do eventual emprego de madeira de segunda qualidade.

A equação final para o cálculo do coeficiente de modificação, é dada por (Equação 01) :

$$K_{mod} = K_{mod, 1} \times K_{mod, 2} \times K_{mod, 3} \quad (01)$$

O coeficiente parcial de modificação $K_{mod,1}$, que leva em conta a classe de carregamento e o tipo de material empregado, é dado pela tabela 10 da NBR 7190/97.

$$K_{mod, 1} = 0,7$$

O coeficiente $K_{mod,2}$ leva em consideração a classe de umidade e o tipo de material empregado, é dado pela tabela 11 da NBR7190/97.

$$K_{mod, 2} = 0,8$$

O coeficiente $K_{mod,3}$ leva em conta se a madeira é de primeira ou de segunda categoria. Para se classificar como primeira categoria todas as peças estruturais devem estar isentas de defeitos.

$$K_{mod, 3} = 0,8$$

Aplicando na Equação 01 teremos:

$$K_{mod} = 0,45$$

3.2.2. PARÂMETROS PARA CORREÇÃO DA UMIDADE 12%

Para determinação do teor de umidade das peças submetidas aos ensaios mecânicos foi seguido o que especifica a NBR 7190/97, determinando a massa inicial dos corpos de prova, e posteriormente mantida em estufa, com temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante, considerada como massa seca. Os valores obtidos das resistências foram corrigidos para umidade padrão de referência de 12%, de acordo com a norma e apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 – Determinação da umidade

Tabela de umidade real das amostras			
Amostra	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Umidade %
1	321,28	287,52	11,74
2	312,87	271,31	15,32
3	325,94	290,41	12,23
4	309,29	277,25	11,56
5	305,16	275,84	10,63
6	315,67	284,28	11,04
7	297,58	262,66	13,29
8	307,33	274,64	11,90
Média =			12,21
Desvio padrão=			1,39

Fonte: Dados do pesquisador (2013)

A resistência foi corrigida pela Equação 02:

$$f_{12} = f_{u\%} \left(1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right) \quad (02)$$

Onde:

f_{12} = Resistência corrigida para 12% de umidade;

$f_{u\%}$ = Resistência na umidade real;

$u\%$ = Umidade real.

E a rigidez por (Equação 03):



$$E_{12} = E_{u\%} \cdot \left(1 + \frac{2(U\% - 12)}{100} \right) \quad (03)$$

Onde:

E_{12} = Rigidez corrigida para 12% de umidade;

$E_{u\%}$ = Rigidez na umidade real;

$u\%$ = Umidade real

Logo corrigindo os parâmetros de norma se obtêm:

$F_{c0} = 40,55 \text{ MPa}$

$F_{t0} = 70,64 \text{ MPa}$

$F_v = 7,04 \text{ MPa}$

$E_{12\%} = 12866,81 \text{ MPa}$

3.2.4. COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO DA RESISTÊNCIA

O coeficiente de ponderação para estados limites último decorrentes de tensões, tem os seguintes valores:

Compressão paralela às fibras tem o valor básico $\gamma_{wc} = 1,4$

Tração paralela às fibras tem o valor básico $\gamma_{wt} = 1,8$

Cisalhamento paralelo às fibras tem o valor básico $\gamma_{wv} = 1,8$

Multiplicando o coeficiente K_{mod} pelas tensões e reduzindo pelos coeficientes de ponderação temos (Equação 04):

$$F_{wd} = K_{mod} \cdot \frac{f_{wk}}{\gamma_w} \quad (04)$$

Onde:

F_{wd} = Resistência de cálculo;

K_{mod} = Coeficiente de Modificação;

F_{wk} = Resistência característica;



γ_w = Coeficientes de ponderação (Segundo a NBR 7190/97) 0,55 para o cisalhamento e 0,7 para compressão e tração.

Substituindo os valores na Equação 04 temos:

$$F_{C0d} = 26,07 \text{ MPa}$$

$$F_v = 5,76 \text{ MPa}$$

$$F_{t0d} = 57,31 \text{ MPa}$$

Onde:

F_{C0d} = Tensão resistente à compressão paralela as fibras de cálculo;

F_v = Tensão resistente ao cisalhamento;

F_{t0d} = Tensão resistente à tração paralela as fibras de cálculo.

3.2.5. ESTIMATIVA DA RIGIDEZ

De acordo com a NBR 7190/97, nas verificações de segurança que dependem da rigidez da madeira, o módulo de elasticidade paralelamente às fibras deve ser tomado como valor efetivo (Equação 05).

$$E_{C0,ef} = K_{mod,1} \times K_{mod,2} \times K_{mod,3} \times E_{C0,m} \quad (05)$$

$$E_{C0,ef} = 5790,06 \text{ MPa}$$

3.3. SOLICITAÇÕES NORMAIS

3.3.1. FLEXÃO SIMPLES

Segundo o item 7.3.3 da NBR 7190/97, para peças fletidas, considera-se o vão teórico com o menor dos seguintes valores:

- a) A distância entre eixos
- b) O vão livre acrescido da altura da seção transversal da peça no meio do vão, não se considerando acréscimo maior que 10cm.



Para a situação a – 250cm (vão livre) + 10cm (apoios)

Para a situação b – 250cm (vão livre) + 10cm (máximo acréscimo por altura da seção transversal)

Logo o vão teórico é igual a 240cm.

Nas barras submetidas a momento fletor cujo plano de ação contém um eixo central de inércia da seção transversal resistente, a segurança fica garantida pela observância simultânea das seguintes condições (Equações 06, 07).

$$\sigma_{c1, d} \leq \frac{Md}{W_c} \quad (06)$$

$$\sigma_{t2, d} \leq \frac{Md}{W_t} \quad (07)$$

Onde $\sigma_{c1,d}$ e $\sigma_{t2,d}$ são, respectivamente, as tensões atuantes de cálculo nas bordas comprimida e tracionada da seção transversal com W_c e W_t correspondentes aos respectivos módulos de resistência da seção transversal da peça (Equação 08, 09)

$$W_c = \frac{I}{Y_{cl}} = 187,50\text{cm} \quad (08)$$

$$W_t = \frac{I}{Y_{tl}} = 187,50\text{cm} \quad (09)$$

O peso próprio é dado pela área da seção transversal pelo comprimento.

$$V = 0,15 \times 0,05 \times 2,50\text{m} = 0,01875\text{m}^3$$

Carga distribuída na viga é igual a:

$$\frac{0,01875 \times 640}{2,40} = 5,00\text{Kg/m} = 0,05\text{Kg/cm}$$



Substituindo na Equação 07, temos para a tensão de flexão:

$$206,70 \leq \frac{281,52 + 80Q}{187,5} \quad Q \leq 607,50 \text{Kgf}$$

3.3.2. SOLICITAÇÃO TANGENCIAL

Conforme a NBR 7190/97 item 7.4.1, nas vigas submetidas à flexão com força cortante, a condição de segurança em relação às tensões tangenciais é expressa por (Equação 10):

$$\bar{\sigma}_d \leq f_{v0,d} \quad (10)$$

onde $\bar{\sigma}_d$ é a máxima tensão de cisalhamento atuando no ponto mais solicitado da peça. Para vigas de seção transversal retangular, de largura b e altura h , substituindo os valores na Equação 11 tem-se:

$$\bar{\sigma}_d = \frac{3 V_d}{2bh} \quad (11)$$

$$57,60 = \frac{3x(6+Q)}{2 \times 5 \times 15} \quad Q \leq 2847 \text{Kgf}$$

3.3.3. DESLOCAMENTO VERTICAL MÁXIMO – FLECHA

Para o cálculo da flecha máxima, utilizamos a seguinte expressão (Equação 12):

$$\frac{L}{200} = \frac{5ql^4}{384EI} + \frac{23PL^3}{648EI} \quad (12)$$

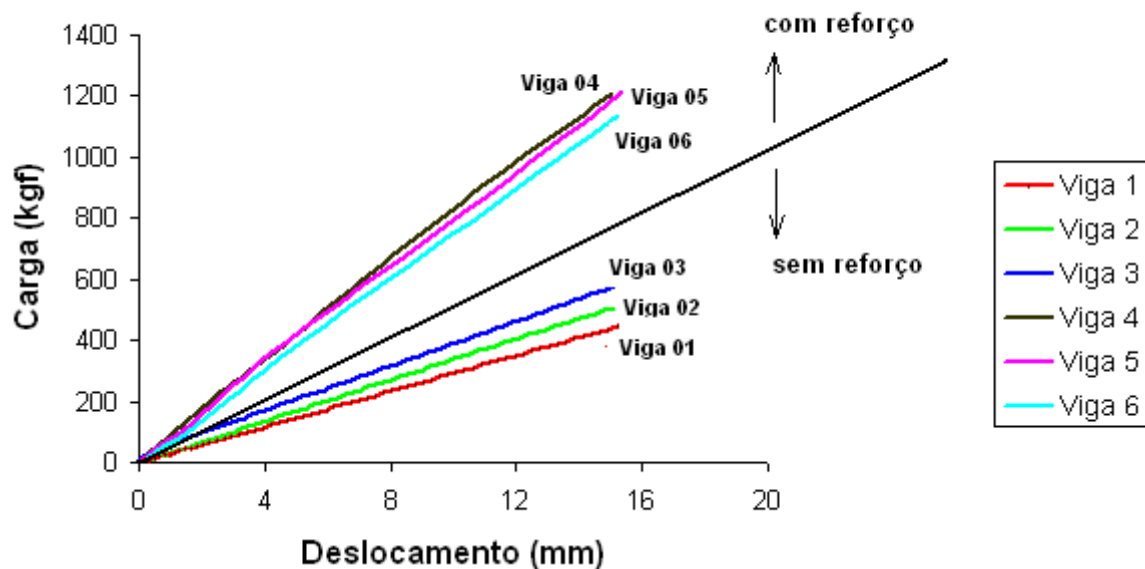
Substituindo os valores na Equação 12 teremos: $Q \leq 194,69 \text{kgf}$.

Multiplicando o valor obtido de Q por dois teremos um $Q = 389,38 \text{Kgf}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As vigas foram ensaiadas no Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) do I.Parque – UNESC e comparando os resultados em apenas um gráfico, tem-se a seguinte representação ilustrativa (Figura 10):

Figura 10 – Resumo do gráfico Carga x Deslocamento



Fonte: Dados do pesquisador (2013)

As vigas 1, 2 e 3 foram ensaiadas sem o reforço do cabo de aço, respectivamente as restantes receberam o reforço.

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos foi elaborada uma tabela, onde nela serão apresentados os principais dados do estudo em questão (Tabela 02).

Tabela 02 – Resumo dos resultados

Vigas sem reforço				
Nº da viga	Peso (kg)	Densidade (kg/m³)	Deslocamento (mm)	Carga (Kgf)
1	9,35	653,94	11,95	350,06
2	9,12	561,24	12,11	409,28
3	9,92	642,13	12,09	466,58
Média =			12,05	408,64
Desvio padrão =			0,07	47,57
Vigas com reforço				
Nº da viga	Peso (kg)	Densidade (kg/m³)	Deslocamento (mm)	Carga (Kgf)
4	9,24	701,71	11,94	982,58
5	8,93	602,89	12,36	976,70
6	9,68	614,29	12,05	898,56
Média =			12,12	952,61
Desvio padrão =			0,18	38,29

Fonte: Dados do pesquisador (2013)



5. CONCLUSÕES

Conforme mostrados nos resultados dos ensaios, observou-se que se acrescentarmos na viga o cabo de aço e aplicado uma protensão mesmo que mínima. Essa protensão se dará manualmente sem ser medida, obteve-se uma melhora significativa no deslocamento vertical das vigas, isso acontece por que o cabo trabalha em conjunto com a madeira dificultando esse deslocamento.

Através dos valores obtidos no ensaio, as vigas 1, 2 e 3 que não possuem o reforço do cabo de aço precisou de uma carga média de 408,64kgf para atingir o deslocamento de 12mm previsto pela norma NBR 7190/97, já para as vigas com o reforço do cabo o valor da carga média foi de 952,61kgf para o mesmo deslocamento.

Nesse trabalho ficou definido que a associação do cabo de aço com a madeira traz uma melhora significativa no deslocamento vertical das vigas de madeira, com isso constata-se que o método é eficaz para esse caso, sendo necessário estudos sobre a força necessária e as perdas de protensão.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997, 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7203 – Madeira serrada e beneficiada**. Rio de Janeiro, 1982

ARAÚJO, Teresa Denyse P. de. **Estrutura de madeira – Notas de aula**. Universidade Federal do Ceará, 2003.

CALIL JR., C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. 1ª edição, 2003.

COSTA, Arlindo. **Coletâneas de Anatomia da Madeira** – 2001, 42p.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. . **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 5. ed. São Paulo: Ziguarte, 2006.

FILHO, Flávio de Marco. **Elementos de transmissão flexíveis**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

GESUALDO, F.A.R. **Estruturas de madeira – Notas de aula**. Universidade Federal de Uberlândia, 2003, 98p.

MASCARENHAS, Paulo Sérgio M. **Madeira como material de construção**. 2008.

MEIRELLES, Célia Regina Moretti, et al,. **Considerações sobre o uso da madeira no Brasil em construções habitacionais**. 2007.

MELCONIAN, Sarkis,. **Elementos de máquinas**. 2. ed. rev. atual. ampl. São Paulo: Érica, 2001.

MORA, A.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

NASCIMENTO, Fernanda. **Estruturas de madeira – Notas de aula- Capítulo 4**, 2001.



PFEIL, Walter, PFEIL, Michele. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: LTC. 2003, 225p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 7. ed Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINTO, E. M.. **Determinação de um modelo pra profundidade de carbonização transversal a grã para a madeira de E. Citriodora e E. Grandis** / Edna Moura Pinto. - São Carlos, 2005.

RITZMANN, Raul. **Cabos de aço: usos e aplicações**. Rio de Janeiro: [s. n.], c1986.

RODRIGUES, Glauco José de Oliveira. **Estruturas metálicas**. 2010.

SILVA, J.C. **Cresce a presença do eucalipto no Brasil**. Revista da Madeira, Curitiba, n.92, 2005.

SILVA, Valdir Pignatta. **Estruturas metálicas e de madeira**. São Paulo 2012.

SILVA, Valdir Pignatta et al. **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SIVA. **Catálogo de cabos de aço**. 2012.

SZÜCS, Carlos Alberto.TEREZO, Rodrigo Figueiredo. DO VALLE, Ângela. MORAES, Poliana Dias de. Estruturas de madeira – **Apostila de estruturas de madeira**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 199p.

ZENID, Geraldo José. **Madeira na construção civil**. IPT. 2011.