



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

dos Santos, Altevir Castro; Szcüs, Carlos Alberto
Diafragmas horizontais de piso em madeira, confeccionados com chapas de OSB e vigas I, submetido
ao carregamento em seu plano
Acta Scientiarum. Technology, vol. 32, núm. 4, 2010, pp. 375-382
Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226529007>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Diafragmas horizontais de piso em madeira, confeccionados com chapas de OSB e vigas I, submetido ao carregamento em seu plano

Altevir Castro dos Santos^{1*} e Carlos Alberto Szcüs²

¹Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, Cx. Postal 711, 85819-110, Jardim Universitário, Cascavel, Paraná, Brasil. ²Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: altevir@unioeste.br

RESUMO. Este trabalho aborda nova perspectiva para construções em madeira, sob a ótica construtiva de sistemas com estruturas leves (Lightweight wood-frame construction), pela sua consagrada aplicação internacional e forte viabilidade de utilização no Brasil. Apresenta ensaios realizados pela primeira vez no Brasil, trazendo contribuição inicial sobre o assunto, com subsídios para projeto e execução de diafragmas de piso com emprego de material nacional oriundo do manejo racional de florestas cultivadas. O objetivo geral é avaliar a resistência e a rigidez de diafragmas horizontais, construídos em Sistemas Leves de Madeira, quando submetidos ao carregamento monotônico em seu plano. Para atendimento desse propósito, foram ensaiados protótipos em escala real (2,50 x 5,00 m) com diferentes arranjos construtivos e avaliou-se a influência dos seguintes parâmetros: utilização de dispositivos enrijecedores entre vigas, que constituem a ossatura do diafragma horizontal; rigidez das ligações e o efeito do espaçamento entre pregos na rigidez do conjunto, composto de madeira e chapas de OSB – Oriented Strand Board Nacional. Dos ensaios realizados, conclui-se que o emprego de dispositivos enrijecedores permite o aumento do número de pregos de fixação no perímetro das chapas e esse acréscimo é responsável pelo aumento da resistência e rigidez dos diafragmas.

Palavras-chave: estruturas em madeira, diafragmas de madeira, sistema plataforma, edificações em madeira, piso em OSB.

ABSTRACT. **Wood light-frame floor diaphragms, made with OSB panels and I-joists, subjected to lateral loads.** This work is focused on lightweight wood-frame constructions, which are accepted worldwide and may be considered feasible for use in Brazil as well. It presents the results of experimental tests on floor diaphragms subjected to lateral loads. This is the first time this kind of test is performed in Brazil. Thus, it brings up valuable information about this subject, giving technical information that may contribute to the design and construction of floor diaphragms employing local materials that come from planted forests. The main goal of this research is to evaluate the resistance and rigidity of wood light-frame floor diaphragms, when subjected to monotonic lateral forces acting in the plane of the floor. Full-scale floor diaphragm specimens (2.50 x 5.00 m) were tested with different constructive arrangements, and the influence of the following variables were examined: blocked vs. unblocked diaphragms, rigidity of the nailed joints between I-joists and sheathing; and distance between nails around the perimeter of the OSB boards. The tests showed that the blocked floor diaphragms enable nailing the whole perimeter of the boards, thus increasing its resistance and rigidity.

Key words: timber structure, wood diaphragm, platform frame, wood frame construction, OSB diaphragm.

Introdução

O sistema construtivo com estruturas leves de madeira (*Lightweight wood-frame construction*) é amplamente utilizado em países como Estados Unidos, Canadá, França, Japão, Austrália, entre outros, e viabiliza maior industrialização e padronização do processo construtivo. A padronização, realizada pela indústria, dos vários

componentes utilizados nesse tipo de construção, como: esquadrias, louças, ferragens, metais etc. possibilita extrema eficiência nas várias etapas de montagem. Todas as peças se encaixam adequadamente graças a um eficiente controle de qualidade, exigido em todos os segmentos envolvidos na construção. Tudo isso assegura interferência mínima durante o processo de montagem, permite o cumprimento rigoroso do

cronograma da obra e reduz custos por maior rapidez nos prazos de execução com racionalização de mão de obra e menor desperdício de material.

Essa técnica, exemplificada na Figura 1, utiliza basicamente painéis estruturados com montantes de madeira de pequenas dimensões na seção transversal, geralmente pouco espaçadas, formando um quadro sobre o qual é colocado um fechamento de chapas de madeira reconstituída e/ou gesso acartonado, apresentando considerável economia de tempo, além da praticidade na execução e manutenção das instalações elétricas e hidráulicas.

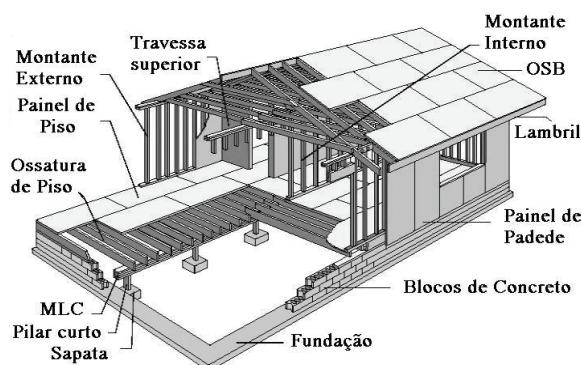


Figura 1. Representação do sistema construtivo com estruturas leves de madeira.

O presente trabalho tem como propósito a inserção, na realidade brasileira, da técnica construtiva de diafragmas de piso confessionados em sistemas leves de madeira, avaliando seu comportamento estrutural e apresentando subsídios para o projeto e a execução de diafragmas de piso com emprego de madeira nacional, oriunda de manejo racional de florestas cultivadas, utilizando conectores metálicos tipo prego, aplicados com ferramenta pneumática.

O sistema é formado basicamente por painéis estruturados de paredes e de piso. As paredes portantes, conforme ilustrado na Figura 2, são confeccionadas a partir de montantes verticais que possuem, geralmente, uma seção transversal de 38 mm de espessura e profundidade determinada pela espessura do isolamento térmico, na maioria das vezes de 140 mm. As paredes internas não necessitam desse tipo de isolamento e, por isso, a sua profundidade é usualmente de 90 mm. Os montantes suportam as solicitações verticais dos pisos e da cobertura e são responsáveis pela rigidez transversal dos painéis estruturados. As chapas de madeira colocadas como fechamento são fixadas aos montantes por meio de pregos espaçados adequadamente de modo a prevenir a flambagem desses elementos estruturais.

Chapas de revestimento em madeira recomposta servem, também, para compor a estruturação do painel, que se comporta como um diafragma de

parede com significativa rigidez no seu plano. O fechamento interno das paredes externas, bem como o das duas faces das paredes internas, podem ser realizados com o emprego de placas de gesso. Embora as placas de gesso não sejam consideradas portantes, elas possuem rigidez suficiente para contribuir no travamento dos componentes estruturais. A principal utilização desse material é para proteção contra incêndio, além de permitir que se obtenha acabamento de melhor qualidade nas superfícies internas.

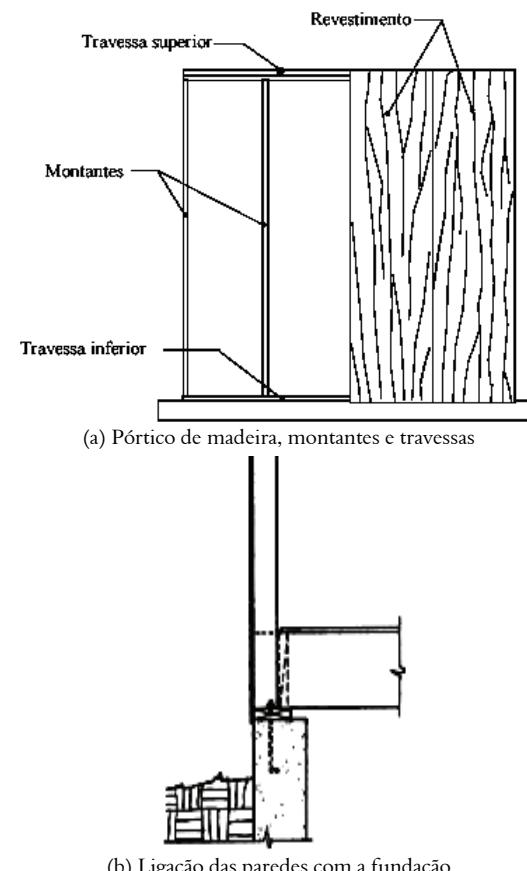


Figura 2. Constituição básica da parede estrutural (Shearwall).

Esse sistema é bastante estável e rígido, pois resiste de modo extremamente eficiente à ação de eventuais solicitações horizontais, como o efeito do vento. A pressão pelo vento atua nas superfícies de fechamento da edificação e é distribuída para os montantes correspondentes nos painéis estruturados. As reações horizontais necessárias para se equilibrar os montantes, transformam-se em cargas aplicadas nos diafragmas horizontais que formam o piso. As reações requeridas para se equilibrar o piso correspondem às solicitações aplicadas nas paredes formadas por painéis estruturados (*shearwalls*), orientadas num plano paralelo à direção do vento. Essas cargas são levadas às fundações por meio desses diafragmas verticais

colocados nos vários níveis da edificação, conforme esquema representativo apresentado na Figura 3.

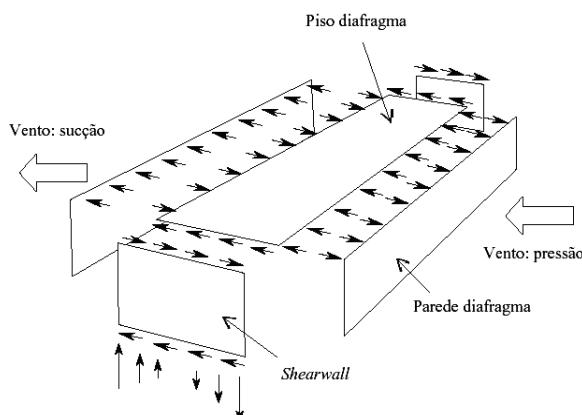


Figura 3. Ação do vento nos painéis estruturados.

Para se projetar elementos, tais como diafragmas de piso e paredes diafragma, é importante se compreender o trajeto realizado pelas solicitações laterais por meio do plano de uma estrutura. A Figura 4 fornece descrição do comportamento básico de um edifício simples sob ação de um carregamento aplicado na parede lateral. Consulte os elementos numerados correspondentes na Figura.

1 - A solicitação, decorrente da ação do vento, é aplicada sobre a parede do diafragma com transmissão de esforços ao diafragma de piso e à fundação por meio de paredes estruturais (*shearwalls*). O termo *shearwall* é utilizado para as paredes portantes solicitadas por esforços de cisalhamento no seu próprio plano, enquanto o termo diafragma é utilizado para os painéis que suportam carregamento na direção normal ao seu plano e transfere esses esforços para as paredes do tipo *shearwall*.

2 - O diafragma horizontal e a fundação suportam a parede e desenvolvem, consequentemente, as reações no plano horizontal para equilíbrio do sistema.

3 - Diafragma de piso é essencialmente uma laje com ossatura de elementos leves de viga, suportada por paredes estruturais.

4 - No diafragma de piso, as solicitações, decorrentes das paredes estruturais (*shearwalls*), geram esforços reativos. O diafragma resiste às cargas geradas no próprio plano, trabalhando como uma grande viga horizontal.

5 - As paredes estruturais, quando corretamente projetadas, resistirão à transmissão de esforços do diafragma e realizarão transferência de carga, num possível momento, à fundação.

As paredes estruturais, responsáveis pela transmissão dos esforços verticais e horizontais à

fundação, quando solicitadas pelos esforços horizontais, atuarão como elementos estruturais planos cujo mecanismo resistente principal se dá por cisalhamento. No caso das edificações residenciais de madeira, esses elementos transmitem o cisalhamento atuante em seu plano para as demais partes da estrutura, realizando o contraventamento do conjunto e garantindo a estabilidade estrutural.

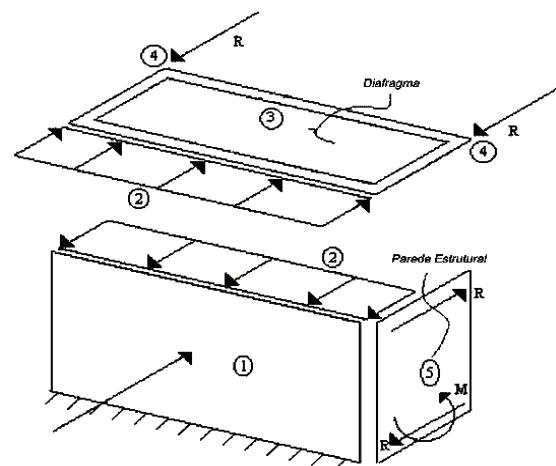


Figura 4. Distribuição de esforços nos painéis estruturados.

A Figura 5 ilustra o funcionamento de sistemas de assoalho ou de telhado, quando projetados, para funcionar como diafragmas horizontais em estruturas típicas de madeira. Na vista de planta, o sistema pode ser descrito essencialmente por um feixe de finos barrotes de madeira ou vigas I (*I-Joist*) com mesas de madeira e alma em OSB (*Oriented Strand Board*), apoiado nas extremidades pelas paredes estruturais com comportamento análogo ao de uma grande viga simplesmente apoiada, uniformemente carregada.

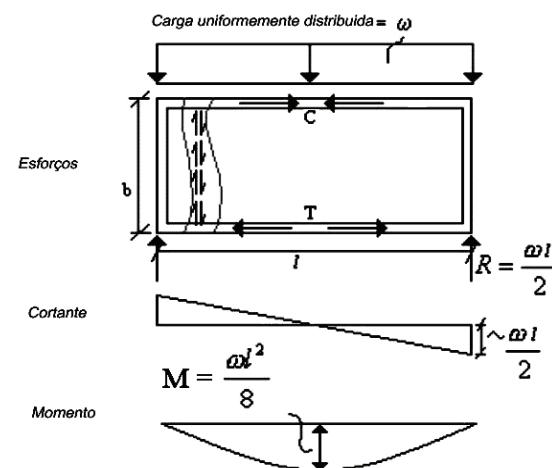


Figura 5. Analogia para dimensionamento de diafragma.

Rigidez do diafragma em seu plano

Várias teorias analíticas têm sido empregadas para se descrever o comportamento de diaframas horizontais de madeira sob ação de carregamento lateral, entre elas, a analogia da viga tem se mostrado mais apropriada para diaframas construídos com chapas de madeira reconstituída. Esse procedimento de analogia de viga foi substanciado por ensaios de laboratório, conforme representação esquemática apresentada na Figura 6.

O projeto de diaframas horizontais em sistemas leves de madeira, segundo essa teoria, dimensiona os painéis de fechamento para agirem como 'alma' e os elementos do perímetro, como 'banzo' (*chord*), assumindo-se que os banzos resistem às solicitações normais à seção transversal e a alma resiste aos esforços de cisalhamento no plano do diafragma. O momento induz a um binário de esforços axiais que é resistido pelos banzos e o pequeno momento observado nos banzos é ignorado.

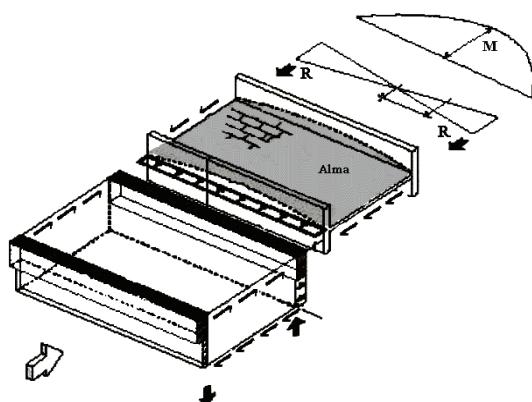


Figura 6. Analogia da viga I para diafragma horizontal.

A alma do diafragma é representada por chapas de fechamento, normalmente de madeira compensada ou OSB – *Oriented Strand Board*. A conexão das chapas de fechamento aos elementos da ossatura é, normalmente, realizada por pregos e/ou parafusos que são os responsáveis pela transferência de esforços de flexão para os banzos. O enrijecimento oferecido pela ligação dos painéis de fechamento aos componentes estruturais da ossatura reflete diretamente a rigidez da alma e do diafragma como um todo.

A resposta da estrutura de um edifício às forças de ação do vento ou cargas dinâmicas, induzidas por terremotos, depende diretamente da duração da ação sobre a estrutura. Sua duração será intimamente relacionada para determinação das características de deformação do diafragma (constante da mola). A determinação da rigidez do diafragma permite calcular a distribuição das forças laterais para os vários componentes verticais do edifício, no qual o diafragma é considerado apoiado, de forma contínua.

Segundo a *ASCE Task Committee on Drift Control* (ASCE, 1988), nos Estados Unidos da América a verificação do deslocamento lateral de edificações em madeira é feita, principalmente, pela ação sísmica e pelo vento. O limite de deflexão comumente empregado para projetos de edificações é da ordem de 1/600 a 1/400 da altura do edifício.

A deflexão em diaframas de madeira (Δ) ocorre pelas ações combinadas de esforços de flexão nos banzos (Δ_b), esforços de cisalhamento na alma (Δ_s), deslizamento dos pregos (Δ_n) e deslizamento das emendas nos banzos (Δ_{ss}):

$$\Delta = \Delta_b + \Delta_s + \Delta_n + \Delta_{ss} \quad (1.a)$$

O deslocamento transversal máximo, no meio do vão, em diaframas construídos com fechamento de chapas de madeira reconstituída, pode ser determinado pela fórmula desenvolvida pela *American Plywood Association-APA* e apresentado no Apêndice A, do ATC-7 (ATC, 1981) - *Construção de diafragma de madeira compensada*. Segundo Skaggs e Martin (2004), essa fórmula é ainda hoje utilizada para o cálculo da deflexão de diaframas retangulares sob ação de cargas distribuídas, com espaçamento uniforme entre pregos para fixação das chapas de fechamento e confeccionados com emprego de elementos enrijecedores. Segundo Bower (1974), a correlação entre os valores da deflexão teórica para a deflexão experimental dos diaframas dada por essa expressão matemática é satisfatória.

$$\Delta = \frac{5 \cdot v \cdot L^3}{96 \cdot EAb} + \frac{v \cdot L}{4 \cdot Gt} + 0,0006Le_n + \frac{\sum \Delta_c x_s}{2b} \quad (1.b)$$

em que:

Δ = deflexão no centro do diafragma, mm;

v = cisalhamento unitário máximo pelas cargas de projeto, ($v = V b^{-1}$), N mm⁻¹;

V = cisalhamento máximo pelas cargas de projeto, N;

L = comprimento do diafragma, mm;

b = largura do diafragma, mm;

E = módulo de elasticidade do material do banzo do diafragma, N mm⁻²;

A = área da seção do banzo do diafragma, mm²;

G = módulo de rigidez das chapas de fechamento, N mm⁻²;

t = espessura efetiva da chapa, mm;

e_n = deformação de um prego para uma determinada carga, mm;

x_s = distância da emenda do banzo ao apoio, mm;

Δ_c = deslizamento individual da emenda do banzo, mm.

Bower (1974) apresenta tabelas para valores de e_n remetendo ao *Uniform Building Code* as citações para valores de G e t .

Material e métodos

Ensaios preliminares

As propriedades mecânicas do OSB utilizadas neste trabalho foram obtidas por ensaios e o módulo de elasticidade na direção vertical é de 4840 MPa e o módulo de elasticidade ao cisalhamento (G) é de 1820 MPa.

As propriedades mecânicas do Pinus foram obtidas por ensaios descritos no Anexo B da norma brasileira NBR-7190 (ABNT, 1997). O módulo de elasticidade longitudinal (E) é de 12.600 MPa e adotou-se a relação $E : G \approx 14 : 1$ (BODIG; JAYNE, 1992) para o módulo de elasticidade transversal (G), de aproximadamente 900 MPa.

Ensaios das vigas

A confecção das Vigas-I com 2,5 m de comprimento foi realizada de forma artesanal, empregando-se mesas em madeira de *Pinus sp* e alma em OSB – *Oriented Strand Board*, conforme metodologia e ensaios apresentados por Santos (2007).

Confecção dos protótipos de diafragmas horizontal de piso

A confecção dos protótipos seguiu a seguinte metodologia: confecção de dois banzos com seção 9 cm de espessura por 8 cm de altura e 500 cm de comprimento; fixação das cantoneiras metálicas nos banzos com pré-marcação da disposição das vigas-I; distribuição e fixação das vigas-I nos banzos; fixação dos enrijecedores, quando empregados, nas vigas-I, e fixação das chapas de OSB nas vigas-I.

A Figuras 7 apresenta a confecção dos protótipos com emprego dos elementos enrijecedores de *pinus sp.*, de seção de 5 x 7 cm, entre as vigas-I. Tais elementos possibilitam a fixação de pregos entre vãos, nas extremidades das chapas de OSB, utilizadas como fechamento de piso.

Variáveis envolvidas na confecção dos protótipos

As variáveis avaliadas nos protótipos são apresentadas na Tabela 1 e os parâmetros fixos apresentados na Tabela 2.

Para a etapa experimental foram confeccionados 12 protótipos em escala real (2,50 x 5,00 m) com diferentes configurações, conforme ilustra a Tabela 3.

Para análise dos resultados de ensaios, a configuração 1 representa protótipos confeccionados sem o emprego de dispositivos enrijecedores e as configurações 2 e 3 são, respectivamente, protótipos confeccionados com emprego de dispositivos enrijecedores vinculados e não vinculados às chapas de fechamento por intermédio de pregos.



Figura 7. Detalhe da fixação das chapas de OSB nos enrijecedores e nas vigas-I.

Tabela 1. Parâmetros variáveis para ensaio dos diafragmas horizontais de piso.

Parâmetros Variáveis	Especificação
(1) Espaçamento entre pregos	100 mm 205 mm 410 mm
(2) Configuração do diafragma	Sem enrijecedores Com enrijecedores Com enrijecedores despregados

Tabela 2. Parâmetros fixos para ensaio dos diafragmas horizontais de piso.

Parâmetros Fixos	Especificação
Altura da viga-I	200 mm
Seção das mesas da viga-I	2x (78 x 60 mm)
Espessura da alma da viga-I	18 mm
Espaçamento entre eixos das vigas-I	615 mm
Tipo de chapa de fechamento	OSB Home (Máisia) 0,84 m x 2,50 m 18 mm
Espessura da chapa de fechamento	2 inteiras + (1/2 + inteira + 1/2) + 2 inteiras
Disposição das chapas de fechamento	2,7 x 70 Anelado (pneumático)
Tipo de prego	20 mm
Afastamento do prego-borda OSB	20 mm
Dimensões do protótipo	2,50 m x 5,00 m

Tabela 3. Número de protótipos ensaiados de acordo com os parâmetros investigados.

Espaçamentos entre pregos	Número de protótipos ensaiados		
	configuração 1	configuração 2	configuração 3
100 mm	-	dois	-
205 mm	três	três	dois
410 mm	-	dois	-

Instrumentação utilizada no ensaio dos protótipos

Os ensaios experimentais dos diafragmas horizontais foram realizados com auxílio da laje de reação do Laboratório de Experimentação em Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da UFSC, constituído de estruturas metálicas construídas com a forma triangular e dotadas de dispositivos rotativos com ajuste de altura para a contenção dos diafragmas durante os ensaios. Células de carga foram utilizadas para leitura das reações de apoio nas extremidades do diafragma e da aplicação da carga central; para leitura dos deslocamentos foram utilizados transdutores de deslocamento dispostos nas extremidades opostas às células de carga, conforme a Figura 8.

Para o monitoramento e a aquisição dos valores de deformação e carregamento empregou-se o sistema *spider 8* da HBM, conforme apresentado na Figura 9.

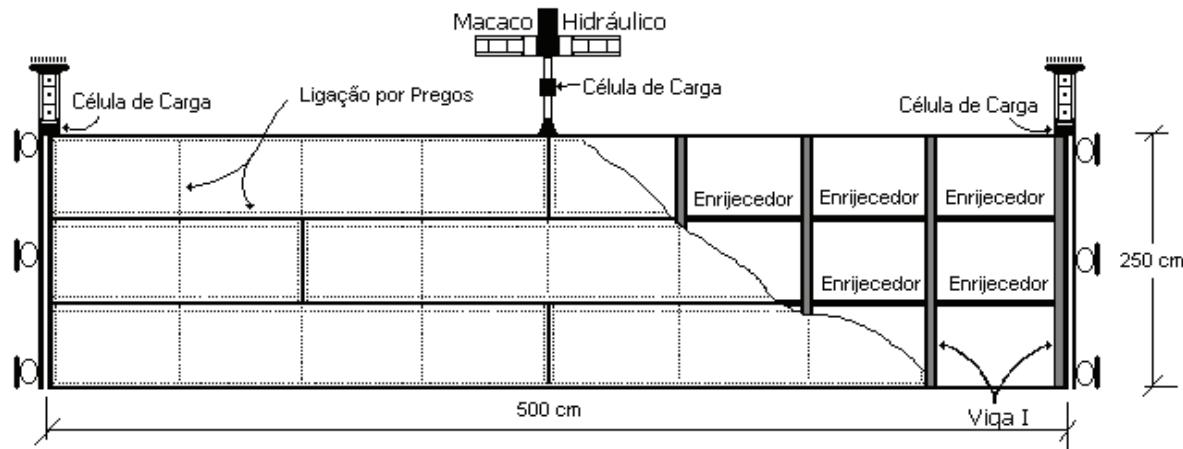


Figura 8. Representação esquemática do protótipo e dispositivo de ensaio.



Figura 9. Sistema de aquisição de dados empregado no ensaio dos protótipos.

Resultados e discussão

Formulação para cálculo do deslizamento da ligação.

A contribuição pelo deslizamento dos pregos, conforme a equação 1.b, é determinada pelo diagrama carga-deslocamento característico para o prego utilizado, e o valor de ' e_n ' normalmente é expresso pela fórmula geral do tipo ' $e_n = a \cdot (V_n)^b$ '. Para determinação do valor de ' e_n ' para o prego anelado 2,7 x 70 ($\Phi = 2,7$ mm; $L = 70$ mm) foi empregado o diagrama carga-deslocamento e a partir dos resultados experimentais, realizou-se análise de regressão, conforme demonstrado na Figura 10.

Ajustando a expressão da Figura 9 em função dos esforços de cisalhamento atuantes no diafragma, temos:

$$e_n = (V_n/938)2,4074 \quad (2)$$

sendo: $V_n = V/n$

Em que:

$V =$ cisalhamento máximo pelas cargas de projeto. N :

$n = n^{\circ}$ de pregos aplicados nas chapas de fechamento nas extremidades do diafragma.

submetidos ao cisalhamento máximo;

V_n = cisalhamento atuante em um único prego, N;

e_n = deslocamento de um único prego pelo esforço de cisalhamento, mm.

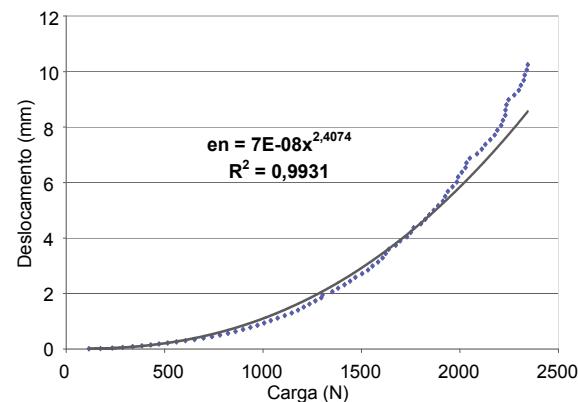


Figura 10. Análise de regressão para determinação do deslizamento de pregos anelados 2,7x70.

Modelo analítico

Segundo Skaggs e Martin (2004), Breyer et al. (1998) e Bower (1974), a determinação da deflexão dos protótipos pode ser estimada por meio da formulação analítica apresentada, no entanto, foram necessárias correções em função da geometria das chapas de OSB (0,84 x 2,50 m) e da concentração de cargas no carregamento. Dessa forma, a equação 1.b apresentada, desconsiderando-se a parcela pelas emendas do banzo, é assim representada:

$$\Delta = \frac{v \cdot L^3}{12 \cdot E A b} + \frac{v \cdot L}{2 \cdot G t} + 0,0017 \cdot L e_n \quad (3)$$

Para o cálculo do termo ' e_n ' empregou-se a expressão dada pela equação 2.

Considerando-se que o modelo em questão é utilizado para estimativas de diafragmas confeccionados com emprego de dispositivos

enrijecedores e distribuição uniforme de pregos, comparações entre os resultados analíticos e experimentais são apresentadas a seguir, sob a forma gráfica, para as diferentes densidades de prego que seguiram distribuição uniforme.

A Figura 11 apresenta os resultados analíticos e experimentais para protótipos confeccionados com as características da configuração 2 e emprego de pregos 2,7 x 70 ($\Phi = 2,7$ mm; $L = 70$ mm), espaçados uniformemente.

A formulação analítica apresentada é utilizada para o cálculo da flecha máxima de diafragmas confeccionados, com emprego de dispositivos enrijecedores e distribuição uniforme de pregos. No entanto, ensaios realizados pela *American Plywood Association-APA* sugerem que a deflexão de um diafragma que não emprega elementos enrijecedores é de aproximadamente 2,5 vezes a deflexão calculada de um diafragma construído com dimensões semelhantes e emprego de elementos enrijecedores.

Se o diafragma é construído com vigas espaçadas com mais de 0,6 m entre centros, testes indicam aumento adicional da deflexão de cerca de 20%.

A Figura 12 demonstra o comportamento da aplicação do critério sugerido pela *American Plywood Association-APA* para protótipos confeccionados com a configuração 1 e emprego de pregos 2,7 x 70 ($\Phi = 2,7$ mm; $L = 70$ mm), espaçados a cada 20,5 cm. O comportamento dos protótipos com a configuração 3, confeccionados com emprego de dispositivos enrijecedores, mas sem a fixação desses nas chapas de OSB por pregos, foi similar aos dos protótipos com a configuração 1, confeccionados sem o emprego de dispositivos enrijecedores. Esses resultados permitem observar que o acréscimo de resistência e rigidez observado nos protótipos de configuração 2 são decorrentes da elevação da densidade de pregos empregados para fixação da parte periférica das chapas de OSB.

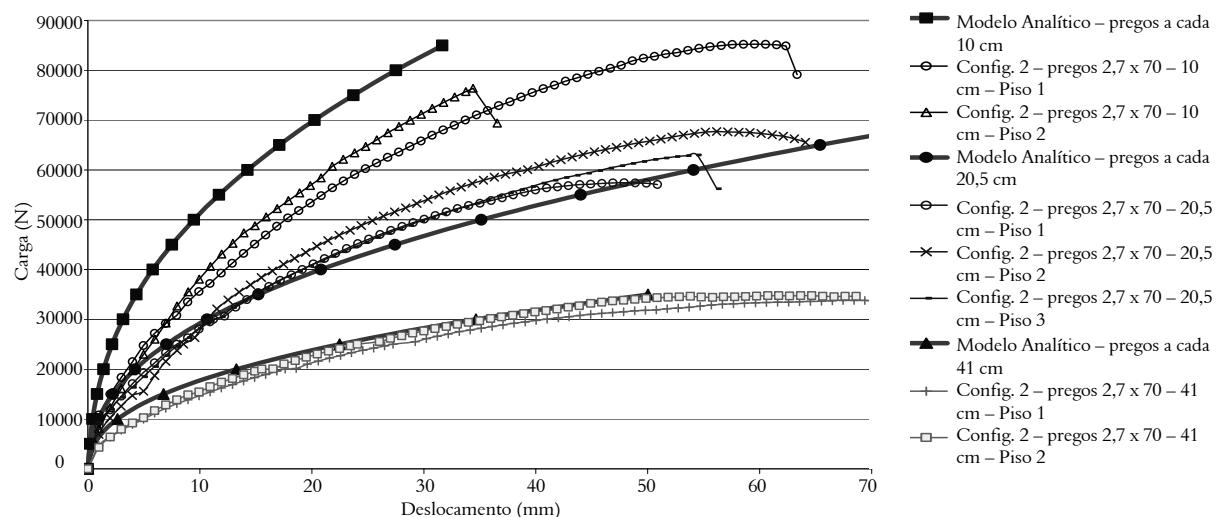


Figura 11. Resultados analíticos e experimentais para protótipos de configuração 2 com pregos 2,7 x 70.

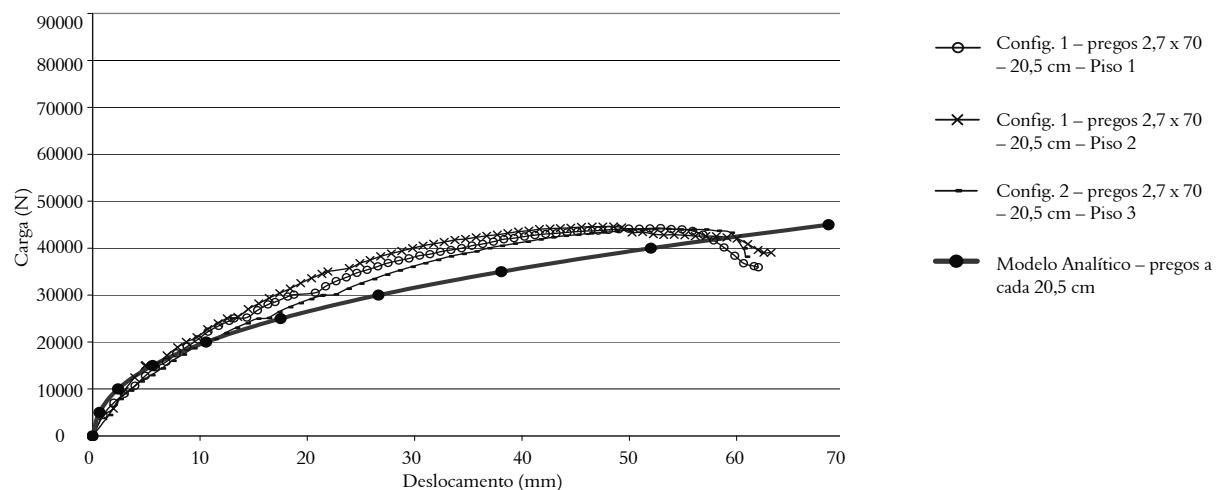


Figura 12. Comparações entre resultados experimentais e do modelo analítico para protótipos de configuração 1 com pregos 2,7x70 espaçados a cada 20,5 cm.

Conclusão

A formulação desenvolvida pela *American Plywood Association-APA* e apresentada neste artigo permite estimar a deflexão de diafragmas confeccionados com emprego de dispositivos enrijecedores e distribuição uniforme de pregos. A fórmula permite determinar os valores parcelados pelos esforços de flexão no banzo, cisalhamento da alma e deslizamento das emendas, e os resultados obtidos representam estimativas bastante semelhantes aos ensaios experimentais realizados.

Foi confirmada a indicação da *American Plywood Association-APA*, para o exemplo realizado neste trabalho, de que a deflexão de um diafragma que não emprega elementos enrijecedores é de aproximadamente 2,5 vezes à deflexão calculada de um diafragma construído com dimensões semelhantes e emprego de elementos enrijecedores.

Dos ensaios realizados, conclui-se que a resistência e rigidez dos diafragmas estão diretamente relacionadas ao número de pregos utilizados na fixação das chapas de fechamento. O emprego de dispositivos enrijecedores permite o aumento do número de pregos de fixação no perímetro das chapas, e esse acréscimo é responsável pelo aumento da resistência e rigidez, não se comprovando a afirmativa de Falk e Itani (1989) de que diafragmas que empregam elementos enrijecedores apresentam maior rigidez em função da armação adicional conferida por esses elementos.

Dentre os parâmetros avaliados, observou-se que a rigidez do diafragma é significativamente influenciada pela rigidez das ligações e pela densidade de pregos utilizados na fixação das chapas de fechamento.

Sugere-se, portanto, o emprego de elementos enrijecedores nos projetos de diafragmas horizontais de pisos solicitados lateralmente. Tais elementos são de fácil execução e possibilitam significativa elevação da capacidade resistente, conferindo maior

estabilidade ao conjunto pelo emprego de maior número de pregos.

Referências

- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**: projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ASCE-American Society of Civil Engineers - Task Committee on Drift Control. Wind drift design of framed buildings: state of the art. **Journal of Structural Division**, v. 114, n. 9, p. 2085-2108, 1988.
- ATC-Applied Technology Council. **Guidelines for design of horizontal wood diaphragms**. Berkeley: ATC-7, 1981.
- BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Malabar: Krieger Publishing Company, 1992.
- BOWER, W. H. Lateral analysis of plywood diaphragms. **Journal of Structural Division**, v. 100, n. 4, p. 759-772, 1974.
- BREYER, D. E.; FRIDLEY, K. J.; COBEN K. E. **Design of wood structures ASD**. 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1998.
- FALK, R. H.; ITANI, R. Y. Finite element modeling of wood diaphragms. **Journal of Structural Engineering**, v. 115, n. 3, p. 543-559, 1989.
- SANTOS, A. C. Diafragmas horizontais de piso em madeira, confeccionados com chapas de OSB e vigas I, submetidos ao carregamento vertical. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 29, n. 2, p. 119-124, 2007.
- SKAGGS, T. D.; MARTIN, Z. A. Estimating wood structural panel diaphragm and shear wall deflection. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 9, n. 3, p.136-141, 2004.

Received on September 11, 2008.

Accepted on August 4, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.