



XXXIII JORNADAS SUDAMERICANAS  
DE INGENIERIA ESTRUCTURAL  
Santiago, 26 al 30 de Mayo de 2008



[www.asaae.org.br](http://www.asaae.org.br)

## AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM CONECTOR DE CISALHAMENTO PARA SISTEMAS DE PISO MISTOS COM PRÉ-LAJE DE CONCRETO

### PERFORMANCE EVALUATION OF A SHEAR CONNECTOR FOR COMPOSITE FLOOR SYSTEMS WITH PRECAST SLAB WITH TOPPING

Gustavo S. Veríssimo (1); Alessandro F. N. de Oliveira (2); Maria I. B. Valente (3); José Luiz R. Paes (4); Paulo J. S. Cruz (5); Ricardo H. Fakury (6); Francisco C. Rodrigues (7)

(1,4) Professor Doutor, Universidade Federal de Viçosa  
(2) Engenheiro Mestre, Universidade Federal de Minas Gerais  
(3,5) Professor Doutor, Universidade do Minho (Portugal)  
(6,7) Professor Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais  
[gustavo@ufv.br](mailto:gustavo@ufv.br)

#### Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de ensaios push-out com uma versão do conector CRESTBOND, própria para utilização em sistemas de piso mistos com pré-laje de concreto. O conector consiste de uma chapa de aço recortada com uma geometria especial, formando saliências e reentrâncias trapezoidais que proporcionam resistência ao cisalhamento longitudinal e à separação transversal entre o perfil metálico e a laje de concreto. A capacidade da conexão pode ser variada em função da armadura transversal que passa através do conector e da resistência do concreto. A instalação dos conectores é simples, podendo ser feita com solda comum, sem a necessidade de equipamentos especiais no canteiro de obras. O conector apresentado pode substituir grupos de studs. A influência de algumas características geométricas e mecânicas do conector sobre a capacidade última e a ductilidade da conexão, bem como os modos de colapso, são avaliados. O conector apresenta grande rigidez para cargas de serviço e grande ductilidade em estado limite último, podendo ser classificado como um conector dúctil segundo o critério do Eurocódigo 4. Apresenta-se uma equação para predição da resistência última do conector. Os resultados obtidos demonstram que o conector proposto apresenta um grande potencial para sua utilização na construção mista, como uma alternativa às conexões de cisalhamento disponíveis na atualidade.

*Palavra-chave: conector de cisalhamento, push-out, viga mista, estrutura mista, estrutura metálica*

#### Abstract

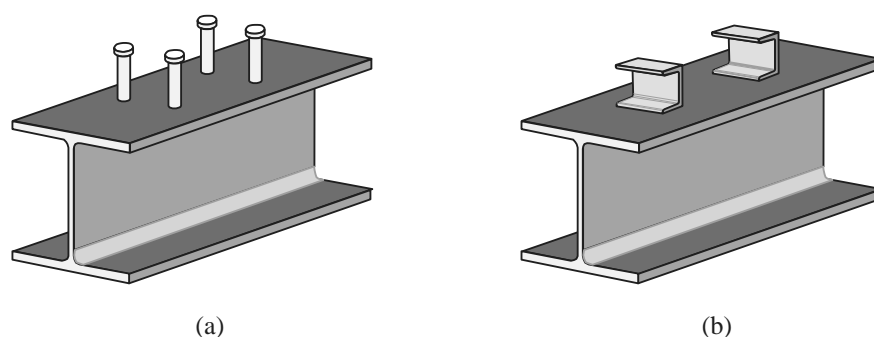
This paper presents results of push-out tests with the CRESTBOND connector, adapted for composite floor systems with precast slab with topping. The connector consists of a cut steel plate with special shape that provides strength to longitudinal shear forces and uplift. The connection capacity can vary with the transverse reinforcement that passes across the connector and the concrete strength. The connector installation is simple without need of special equipment. The influence of some connector characteristics over its ultimate capacity and ductility, as well as failure modes, are evaluated. The connector is very stiff for service loads, very ductile in ultimate limit state and can be classified as a ductile connector according Eurocode 4. An equation to predict the connector capacity is presented. The obtained results show that the new connector is a good alternative to the shear connections available.

*Keywords: shear connector, push-out, composite beam, composite structure, steel structure*

## 1 INTRODUÇÃO

A conexão entre as seções de aço e de concreto é um componente essencial de um elemento estrutural misto. Essa conexão é viabilizada por conectores de cisalhamento mecânicos, que permitem a transferência de forças longitudinais do aço para o concreto e vice-versa, além de resistir a forças transversais ao eixo do elemento, que tendem a causar a separação dos materiais na interface entre ambos (efeito conhecido como *uplift*). Os conectores de cisalhamento são instalados no perfil de aço, usualmente por solda, antes da concretagem, assegurando dessa forma que os dois materiais que constituem a seção mista trabalhem como se fossem praticamente uma peça única.

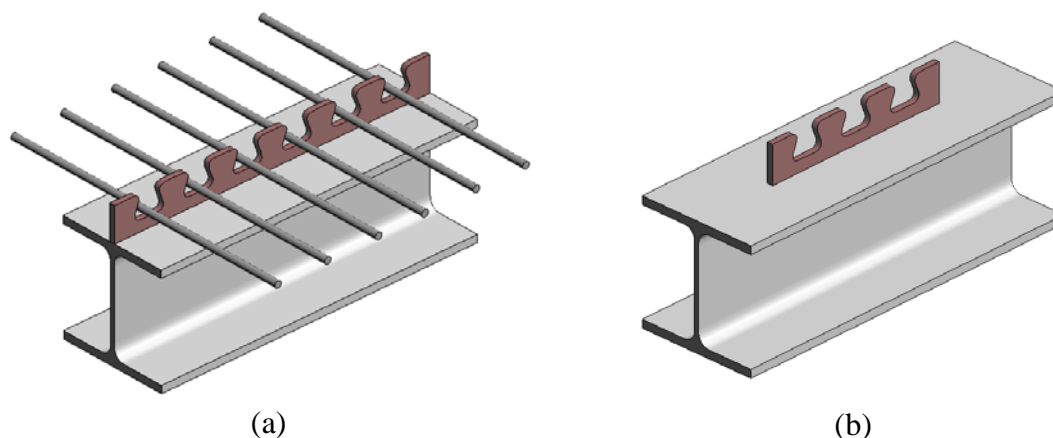
Uma variedade de dispositivos e configurações têm sido utilizados como conectores de cisalhamento, e diversos aspectos econômicos e técnicos continuam a motivar o desenvolvimento de novos produtos. No Brasil, tem sido comum a utilização de dois tipos de conectores de cisalhamento em sistemas de piso de edifícios: o *stud bolt* (FIG. 1a), e o conector em perfil U (FIG. 1b).



**Figura 1 – Conectores de cisalhamento: (a) stud; (b) perfil U laminado.**

Mais recentemente, dois fatores têm representado limitações para a utilização dos conectores de cisalhamento usuais no Brasil: um deles é o alto custo de instalação dos *studs*; outro é o emprego de perfis laminados com mesas muito estreitas em vigas de sistemas de piso mistos que utilizam pré-laje de concreto. Neste caso, o espaço disponível sobre a mesa do perfil é insuficiente para a instalação de conectores em perfil U laminado, por exemplo.

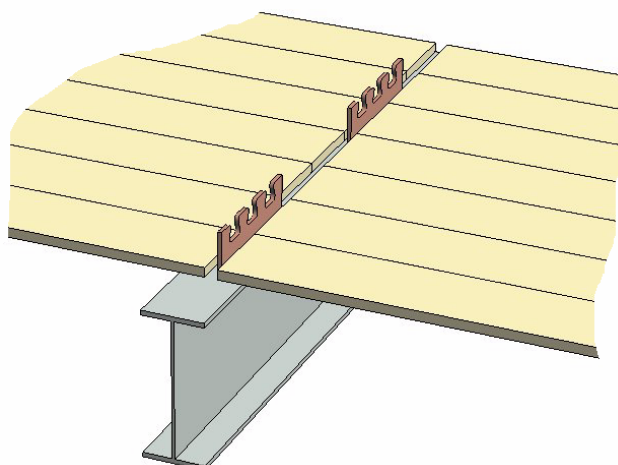
Tendo em vista as dificuldades mencionadas, VERÍSSIMO [1] desenvolveu um conector de cisalhamento em chapa contínua endentada, denominado Crestbond, na busca de uma alternativa que atendesse a necessidades específicas correntes do contexto da construção mista no Brasil (FIG. 2).



**Figura 2 – O conector Crestbond: (a) contínuo; (b) descontínuo.**

O Crestbond concilia uma série de vantagens em relação a outros mecanismos de conexão usuais, tais como:

- simplicidade e baixo custo de fabricação e instalação;
- comportamento rígido em estado de serviço e dúctil em estado limite último;
- furos abertos para facilitar a disposição da armadura da laje;
- desenho simétrico, que proporciona maior produtividade na fabricação, permitindo a obtenção de dois conectores a cada corte;
- geometria em chapa contínua, ideal para sistemas com pré-laje (ver FIG. 3).



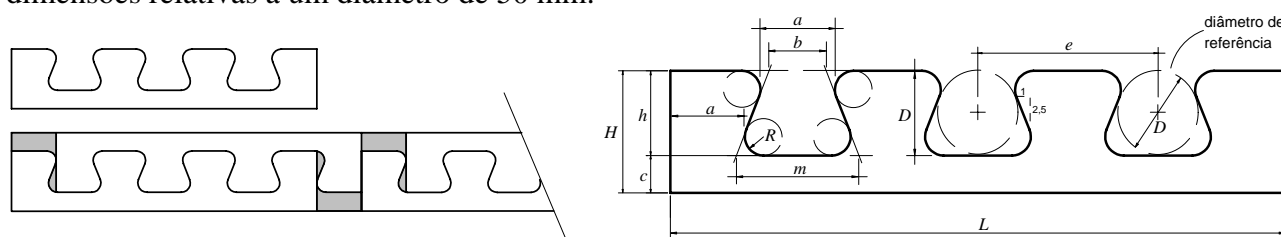
**Figura 3 – O conector Crestbond aplicado com pré-laje de concreto pré-fabricada.**

VERÍSSIMO [2] publicou os resultados de 26 ensaios tipo push-out com o conector Crestbond, realizados no Laboratório de Estruturas da Universidade do Minho, em Portugal. Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos em outro programa de ensaios, realizados no Laboratório de Análise Experimental de Estruturas da UFMG, com uma versão desse conector própria para uso com pré-laje de concreto. Esses ensaios revelaram aspectos importantes do comportamento mecânico do conector que serão apresentados e discutidos adiante.

## 2 METODOLOGIA E PROGRAMA EXPERIMENTAL

### 2.1 Descrição do conector

O conector Crestbond é obtido a partir do corte simétrico de uma chapa plana de aço, com 12,5 mm de espessura. Os dentes trapezoidais possuem dimensões relacionadas ao diâmetro de um círculo fictício inscrito, conforme mostrado na FIG. 4. O conector é designado pelas letras CR seguidas do diâmetro de referência em milímetros. Por exemplo, CR50 é um Crestbond com dimensões relativas a um diâmetro de 50 mm.



**Figura 4 – Corte simétrico do Crestbond CR56b (dimensões proporcionais ao diâmetro de um círculo fictício inscrito no dente trapezoidal).**

O concreto que flui através das aberturas forma pinos virtuais dentro da peça, com dois planos de corte, que proporcionam resistência ao cisalhamento na direção longitudinal e evitam que a laje de concreto se separe verticalmente da viga metálica. Assim, não há necessidade de uma cabeça de ancoragem, como ocorre com os conectores *stud*.

VERÍSSIMO [2] ensaiou conectores CR40, CR50 e CR60. Posteriormente desenvolveu uma versão modificada, chamada CR56b. O Crestbond utilizado nos ensaios relatados neste trabalho era um CR56b modificado, chamado CR56b-PL, desenvolvido especialmente para sistemas de piso com pré-laje. O CR56b-PL possui os dentes elevados, de forma que os pinos de concreto trabalhem acima da pré-laje (FIG. 3).

## 2.2 Metodologia empregada

Para avaliar o desempenho estrutural do CR56b-PL foram realizados 15 ensaios *push-out*, segundo as especificações da norma europeia EN 1994-1-1:2004 [3]. O modelo consiste de duas pequenas lajes de concreto de 60×65×15 cm conectadas a um perfil metálico por meio dos conectores em estudo. Como indicado na FIG. 5, um carregamento é aplicado ao perfil, que desliza relativamente às lajes de concreto até ao colapso da conexão. Ao longo do processo de carregamento, registram-se os deslizamentos relativos entre o aço e o concreto, bem como a força atuante, em intervalos de tempo pré-fixados. Ao final do ensaio tem-se um conjunto de pontos para o traçado da curva força-deslizamento.

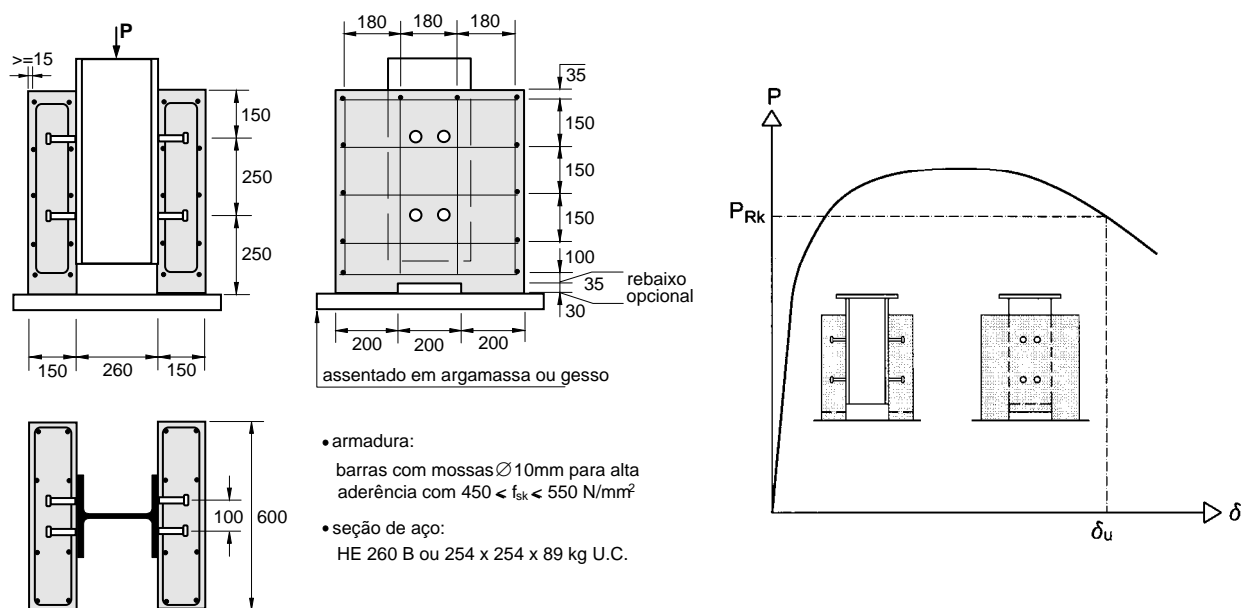


Figura 5 –Ensaio push-out segundo a EN 1994-1-1:2004 [3].

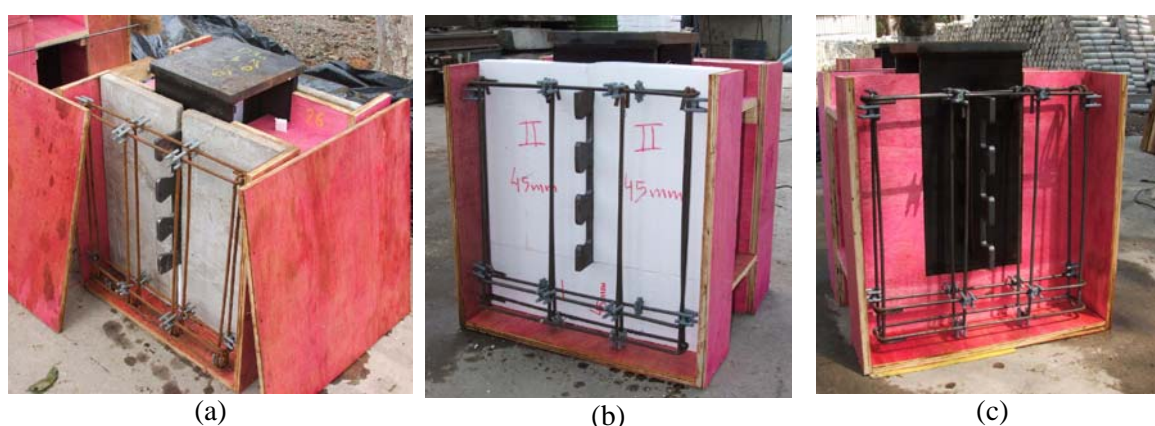
Na primeira fase do ensaio, são realizados 25 ciclos de carga e descarga, entre patamares de 5% e 40% do valor da carga de ruptura esperada. Na seqüência, o ensaio passa a ser controlado pelo deslizamento relativo entre o perfil metálico e a laje de concreto. Esse deslocamento deve ser medido até que a carga aplicada seja inferior a 80% da carga máxima atingida.

A capacidade de deslizamento  $\delta_u$  de um corpo de prova deve ser tomada como o máximo deslizamento medido para a carga característica ( $P_{Rk}$ ), como mostrado na FIG. 5. A carga característica  $P_{Rk}$  é tomada como a menor carga de colapso, dividida pelo número de conectores, reduzida de 10%. O deslizamento característico  $\delta_{uk}$  considerado é igual a  $0,9\delta_u$ .

### 2.2.1 Descrição dos modelos

Os conectores CR56b-PL foram cortados a plasma, a partir de uma chapa de aço USI-CIVIL 350, com resistência ao escoamento  $f_y = 436$  MPa e resistência à ruptura  $f_u = 577$  MPa. Posteriormente foram soldados a perfis Açominas W250x89. As armaduras foram montadas com barras de aço CA50 com 8 mm de diâmetro e instrumentadas com extensômetros.

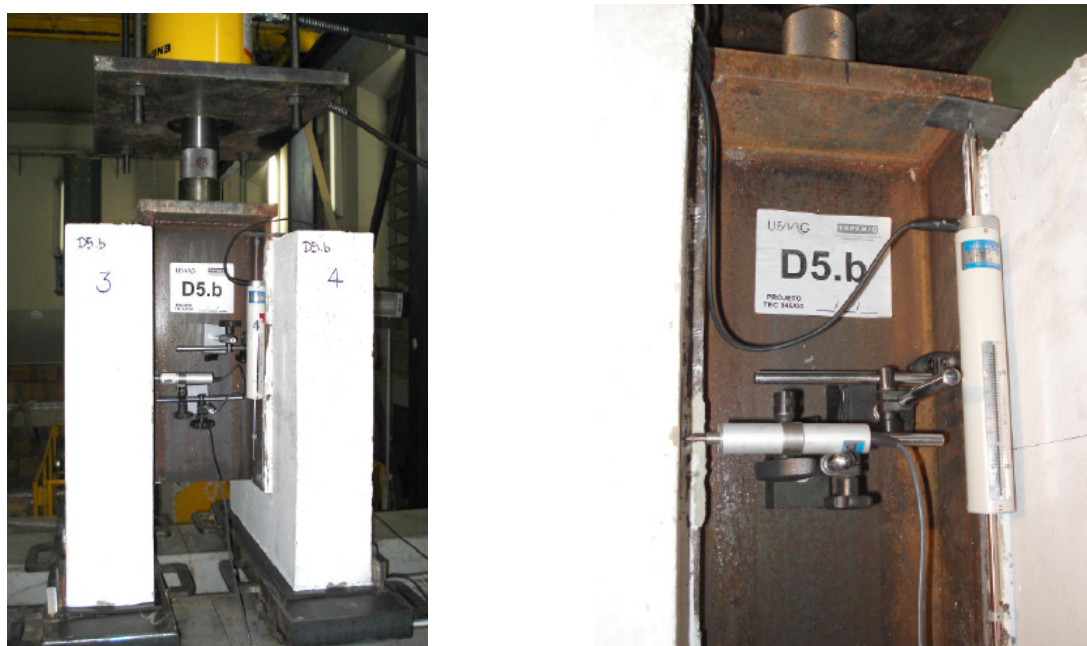
Foram preparados modelos com pré-laje de concreto (FIG. 6a), com placas de poliestireno expandido (Isopor) em lugar da pré-laje (FIG. 6b) e com laje maciça (FIG. 6c).



**Figura 6 – Montagem dos modelos com CR56b-PL: (a) com pré-laje de concreto; (b) com poliestireno expandido e (c) com laje maciça.**

### 2.2.3 Execução dos ensaios

Para a execução dos ensaios, utilizou-se um atuador hidráulico com capacidade de 2000 kN e curso de 150 mm (FIG. 7). Dois transdutores de deslocamento foram instalados, um de cada lado do modelo, para medir o deslizamento longitudinal relativo entre a laje e o perfil. Outros dois transdutores foram usados para medir o afastamento transversal das lajes, conforme mostrado na FIG. 7.



**Figura 7 – Aspecto da montagem dos ensaios e posicionamento dos transdutores de deslocamento.**

### 3 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Na tabela 1 são apresentados as características e propriedades dos modelos ensaiados. Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos.

**TABELA 1 – Características dos modelos ensaiados.**

modelo	tipo	$f_c$ (MPa)	$t_c$ (mm)	$L_{sc}$ (mm)	$h_{sc}$ (mm)	$t_{sc}$ (mm)	$D$ (mm)	$t_{PL}$ (mm)	$n_1$	$n_2$	$A_{tr}$ (mm <sup>2</sup> )
D1a	CR56b-PL iso30	31,6	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	0	301,59
D1b	CR56b-PL iso30	31,3	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	0	301,59
D1c	CR56b-PL iso30	31,3	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	0	301,59
D2a	CR56b-PL iso30	31,4	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	6	603,19
D2b	CR56b-PL iso30	31,4	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	6	603,19
D2c	CR56b-PL iso30	31,3	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	6	603,19
D3a	CR56b-PL pl30	31,6	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	0	301,59
D3b	CR56b-PL pl30	32,4	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	0	301,59
D3c	CR56b-PL pl30	31,1	120	413,36	116,2	12,5	56	30	6	0	301,59
D4a	CR56b-PL iso45	32,6	105	413,36	116,2	12,5	56	45	6	0	301,59
D4b	CR56b-PL iso45	32,2	105	413,36	116,2	12,5	56	45	6	0	301,59
D4c	CR56b-PL iso45	32,2	105	413,36	116,2	12,5	56	45	6	0	301,59
D5a	CR56b	22,2	150	413,36	116,2	12,5	56	0	6	0	301,59
D5b	CR56b	32,1	150	413,36	116,2	12,5	56	0	6	0	301,59
D5c	CR56b	31,3	150	413,36	116,2	12,5	56	0	6	0	301,59

$f_c$  = resistência à compressão do concreto à data do ensaio

$t_c$  = espessura da laje

$L_{sc}$  = comprimento longitudinal do conector

$h_{sc}$  = altura do conector

$t_{sc}$  = espessura da chapa do conector

$D$  = diâmetro de referência (do círculo inscrito no dente trapezoidal)

$t_{PL}$  = espessura da pré-laje;

$n_1$  = número de barras de armadura transversal passando por fora do conector

$n_2$  = número de barras de armadura transversal passando por dentro do conector

$A_{tr}$  = área total da armadura transversal =  $(n_1+n_2)\pi\phi^2/4$

$\phi$  = diâmetro das barras da armadura transversal – sempre igual a 8 mm

$L_c$  = comprimento da laje (sempre constante, igual a 650 mm)

**TABELA 2 – Resultados dos ensaios push-out com o conector CR56b-PL.**

modelo	idade do concreto	$f_c$ (MPa)	$P_{max}$ total (kN)	$q_{test}$ $P_{max}/2$ (kN)	$q_{calc}$ Eq. (2) (kN)	$\frac{q_{test}}{q_{calc}}$	$\delta_u$ (mm)	$\delta_{uk}$ (mm)	médias (mm)	$\delta_{P_{max}}$ (mm)
	dias									
D1.a	99	31,6	574,3	287,1	326,96	0,88	10,3	9,3		2,4
D1.b	90	31,3	661,7	330,9	325,52	1,02	5,5	5,0	7,0	2,1
D1.c	90	31,3	640,7	320,4	325,52	0,98	7,5	6,8		2,8
D2.a	92	31,4	814,8	407,4	396,35	1,03	9,3	8,4		4,4
D2.b	92	31,4	838,8	419,4	396,35	1,06	9,0	8,1	8,3	4,1
D2.c	91	31,3	796,2	398,1	396,09	1,00	9,5	8,6		3,5
D3.a	97	31,6	639,1	319,6	326,96	0,98	8,5	7,7		5,2
D3.b	90	32,4	603,2	301,6	330,29	0,91	14,7	13,2	10,7	5,0
D3.c	86	31,1	636,2	318,1	324,65	0,98	12,4	11,2		3,2
D4.a	96	32,6	574,7	287,4	326,75	0,88	5,2	4,7		1,8
D4.b	85	32,2	574,7	287,4	325,29	0,88	8,3	7,5	6,2	1,6
D4.c	85	32,2	598,7	299,4	325,29	0,92	7,1	6,4		1,9
D5.a	84	22,2	616,7	308,4	288,62	1,07	22,5	20,3		4,4
D5.b	82	32,1	751,8	375,9	340,98	1,10	13,7	12,3	16,4	4,2
D5.c	83	31,3	697,7	348,9	336,91	1,03	18,4	16,6		4,8

Nas FIGs. 8a, 8b e 8c são apresentadas curvas força-deslizamento para grupos de modelos similares, onde se pode observar a concordância dos resultados.

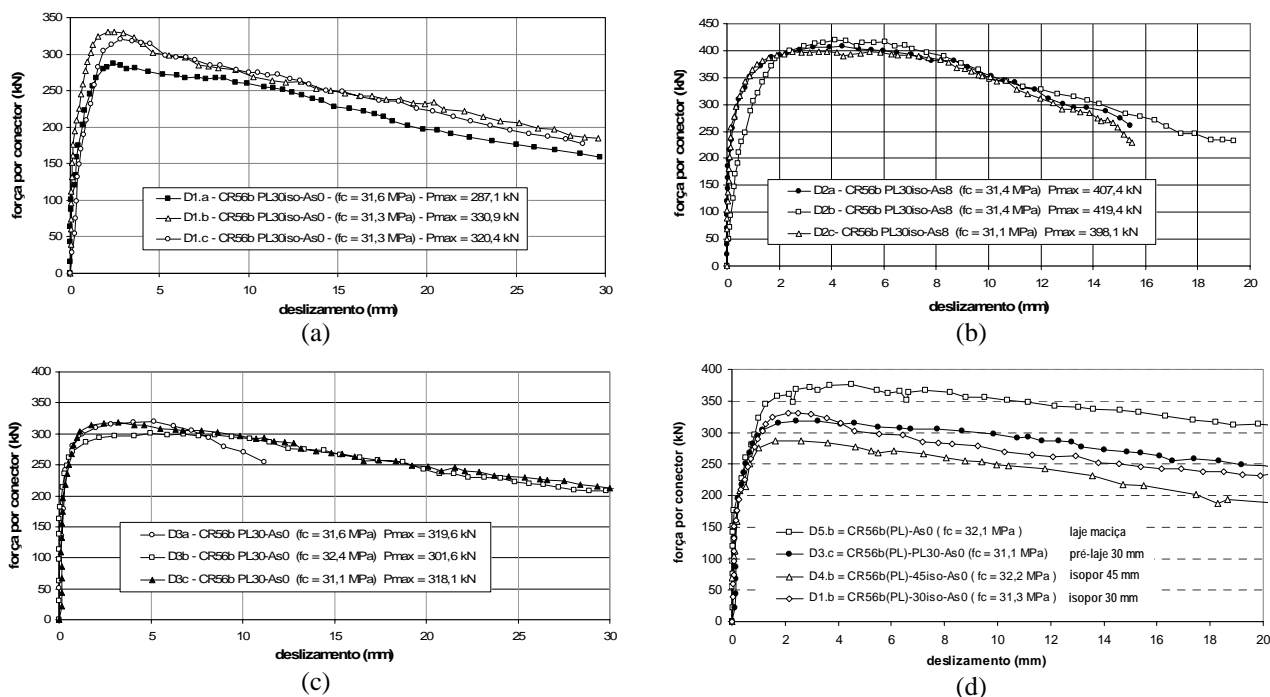


Figura 8 – Curvas força-deslizamento.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nas FIGs. 8a e 8b são mostradas as curvas para os modelos com isopor em lugar da pré-laje, com e sem armadura passante, respectivamente. Ao comparar as curvas, nota-se claramente a contribuição da armadura tanto na capacidade da conexão quanto na sua ductilidade.

A FIG. 8c mostra as curvas para os modelos com pré-laje de concreto. Comparando-a com a FIG. 8a pode-se notar que a pré-laje contribui para um ligeiro aumento da rigidez do sistema na fase de serviço e melhora a ductilidade na fase última, mas não contribui significativamente na capacidade de carga. Se a pré-laje se mantivesse íntegra durante o carregamento e plenamente aderida ao concreto da capa, o sistema tenderia a se comportar como o modelo com laje maciça. Entretanto, observou-se após os ensaios que os modelos com pré-laje apresentaram desempenho quase idêntico aos modelos com Isopor. Esse resultado demonstrou que a pré-laje não contribuiu efetivamente na capacidade do sistema. Presume-se que esse comportamento ocorreu porque as pré-lajes usadas nos modelos não foram armadas.

Na FIG. 8d pode-se observar o comportamento de um modelo com pré-laje em comparação com os modelos com laje maciça e com Isopor. A resistência do modelo com pré-laje fica bem próxima do valor para o modelo com Isopor de mesma espessura, e inferior à do modelo com laje maciça. Como era esperado, os modelos com Isopor de 45 mm apresentaram resistência média inferior à dos modelos com Isopor de 30 mm. Nos primeiros, como a espessura efetiva de concreto é menor ( $t_c = 105$  mm), a área frontal do conector em contato direto com a laje e a área de concreto ao cisalhamento ficam reduzidas em relação aos modelos com Isopor de 30 mm, resultando numa resistência final.

O mecanismo de ruptura observado nos ensaios com o Crestbond está relacionado ao colapso do concreto. Os conectores e as respectivas soldas permanecem intactos ou quase intactos até à carga máxima. Na fase pós-pico, o deslizamento da laje se acentua e em alguns modelos os conectores apresentaram deformações decorrentes da pressão exercida pelo concreto sobre os

dentos. A ruptura dos modelos se inicia com a abertura de uma fissura longitudinal na zona logo à frente do conector, que se propaga gradualmente pela laje, conforme pode ser visto na FIG. 9.



**Figura 9 – Fissuração progressiva típica para o CR56b-PL.**

A ductilidade da conexão está associada ao sistema conector/armadura/concreto, e não apenas ao conector isolado. A altura do conector tem influência direta na resistência frontal e dos pinos de concreto, bem como na fissuração do concreto no entorno dos furos. Ao mesmo tempo, o efeito de pino e a própria fissuração da laje dependem da resistência do concreto. Além disso, a espessura da laje, a taxa de armadura e a disposição das barras de aço transversais ao conector influenciam na capacidade e na ductilidade da conexão. A resistência última decorre de quatro fenômenos observados: a força frontal de compressão no conector, o corte dos pinos de concreto nas aberturas, a resistência da laje ao cisalhamento longitudinal na linha do conector e o efeito da armadura.

O deslizamento correspondente à carga máxima nos ensaios com Crestbond é menor do que o que se observa para o *stud*. O comportamento pós-pico é caracterizado por uma perda de carga mais lenta. Como a ruptura não se dá por cisalhamento do conector, a deformação final é muito elevada. De um modo geral, o limite de proporcionalidade na conexão com Crestbond é bastante alto, oscilando numa faixa que vai de 70 a 95% da carga última.

Após os ensaios, a fim de investigar o estado dos conectores e do concreto no seu entorno os modelos foram demolidos. Em todos os casos observou-se claramente o cisalhamento do concreto em dois planos de corte coincidentes com as faces laterais dos conectores, bem como porções de concreto esmagado e compactado dentro dos dentes (FIG. 10).



**Figura 10 – Aspecto do conector após o ensaio (praticamente intacto) e o efeito de pino.**



Tendo em conta o modo de ruptura observado nos ensaios, compôs-se uma expressão para o cálculo da resistência do Crestbond com a seguinte forma:

$$q = B_1 \sqrt{\frac{h_{sc} - t_{PL}}{t_c - t_{PL}}} (h_{sc} - t_{PL}) t_{sc} f_c + B_2 n D^2 \sqrt{f_c} + B_3 A_{cc} \sqrt{f_c} + B_4 \left( \frac{A_{tr}}{A_{cc}} \right) \quad (1)$$

onde:

- $q$  é a resistência de um conector em Newtons;
- $n$  é o número de aberturas do conector;
- $A_{cc}$  é a área de cisalhamento do concreto por conector (a área longitudinal da laje menos a área do conector em  $\text{mm}^2$ ), dada por  $A_{cc} = L_c(t_c - t_{PL}) - L_{sc}(h_{sc} - t_{PL}) + \frac{n\pi D^2}{4}$
- $L_c$  é o comprimento de laje por conector em mm;
- $A_{tr}$  é a área total de armadura transversal ( $\text{mm}^2$ ) no entorno de um conector, (ver notas da tabela 1) - a taxa de armadura transversal máxima a considerar deve ser de 1% (VERÍSSIMO [1]);
- $B_1, B_2, B_3$  e  $B_4$  são os coeficientes de regressão determinados a partir dos resultados experimentais.

O primeiro termo na Eq. (1) corresponde à resistência frontal do conector, no contato com a laje de concreto, O segundo termo contabiliza a contribuição dos pinos de concreto na resistência ao cisalhamento da conexão, onde  $D$  é o diâmetro e  $n$  é o número de aberturas do conector. O terceiro termo corresponde ao cisalhamento da laje, e o quarto, à influência da armadura.

Fazendo-se uma análise de regressão múltipla com os dados experimentais, obtêm-se os seguintes resultados:

coeficiente de regressão	erro padrão	$R^2$ ajustado
$B_1 = 1,94$	0,477	0,997
$B_2 = 2,72$	0,182	
$B_3 = 0,07$	0,044	
$B_4 = 3,58$ Newtons	0,342	

A equação de resistência fica, portanto:

$$q = 1,94 \sqrt{\frac{h_{sc} - t_{PL}}{t_c - t_{PL}}} (h_{sc} - t_{PL}) t_{sc} f_c + 2,72 n D^2 \sqrt{f_c} + 0,07 A_{cc} \sqrt{f_c} + 1,79 \times 10^7 \left( \frac{A_{tr}}{A_{cc}} \right) \quad (2)$$

Na Eq. (2), os coeficientes  $B_1, B_2$  e  $B_3$  são adimensionais. O coeficiente  $1,79 \times 10^7$  que multiplica o quarto termo da equação é resultado da multiplicação do coeficiente de regressão  $B_4 = 3,57$  N pela constante  $5 \times 10^6$  utilizada, na análise de regressão, para manter a taxa de armadura na mesma ordem de grandeza dos outros termos da equação. Esse artifício evita o mau condicionamento da matriz de correlação. O coeficiente  $B_4$  possui a unidade de kN porque a relação entre  $A_{tr}$  e  $A_{cc}$  é um adimensional.

A raiz quadrada que multiplica o primeiro termo da Eq. (2) representa a influência da excentricidade do conector na capacidade da conexão. Os resultados experimentais obtidos por VERÍSSIMO [1] indicaram que a relação entre a altura total do conector e a espessura da laje, que determina a excentricidade do conector, tem influência importante no comportamento da conexão. Quanto menor essa excentricidade, melhor o desempenho do conector.

## 5 CONCLUSÕES

Apresenta-se neste trabalho uma avaliação do comportamento estrutural do conector Crestbond CR56b-PL, especialmente desenvolvido para uso com sistemas de piso misto com pré-laje de concreto. Os resultados obtidos demonstraram que o CR56b-PL apresenta comportamento estrutural adequado, caracterizado por alta rigidez para cargas de serviço e grande ductilidade em estado limite último.

A colocação de barras de armadura passando por dentro das aberturas no conector melhora seu desempenho, tanto quanto à resistência última como à ductilidade.

Quando a conexão é mobilizada, o concreto confinado dentro das aberturas do conector rompe por cisalhamento em dois planos de corte. Esse efeito de pino responde por uma fração significativa da capacidade da conexão.

Propôs-se uma equação para o cálculo da resistência do Crestbond, que incorpora aspectos adicionais em relação ao modelo sugerido por OGUEJIOFOR (1997) para o Perfobond, a saber: a excentricidade do conector, a influência da pré-laje e a forma de considerar o efeito da taxa de armadura transversal. A equação apresenta boa concordância com os resultados experimentais e é válida nas seguintes condições: as aberturas no conector devem ser proporcionais a diâmetros entre 40 e 60 mm; a espessura da chapa do conector deve estar na faixa  $12 \text{ mm} \leq t_{sc} \leq 12,5 \text{ mm}$ ; o concreto deve ter resistência entre 25 e 50 MPa.

Os conectores Crestbond apresentam várias vantagens em relação aos conectores *stud*: são facilmente produzidos em qualquer fábrica de estruturas metálicas; podem assumir diferentes tamanhos e formas; são facilmente soldados ao perfil metálico, sem necessidade de equipamentos especiais; a solda pode ser efetuada tanto na obra como na fábrica. Em termos de capacidade de carga, o Crestbond propicia resistência similar à obtida com grupos de *studs*.

Em relação ao Perfobond, o Crestbond apresenta como vantagens os furos abertos (que facilitam a disposição das barras de armadura) e deslizamento característico médio superior a 6,0 mm, podendo ser classificado como um conector dúctil segundo a EN 1994-1-1:2004

Os resultados obtidos evidenciam que a escolha de um determinado tipo de conector deve levar em consideração as diferenças de comportamento e uma avaliação das vantagens e desvantagens do seu emprego. Estes aspectos terão implicação direta na resposta do elemento estrutural para o qual o conector é dimensionado e no tipo de carregamento a que este estará sujeito durante a sua vida útil.

## 6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à CAPES ao CNPq pelo apoio para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VERÍSSIMO, G. S. Desenvolvimento de um Conector de Cisalhamento em Chapa Dentada para Estruturas Mistas de Aço e Concreto e Estudo do seu Comportamento. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, EE-UFMG, Belo Horizonte, Brasil. 2007.
- [2] VERÍSSIMO, G. S. et al. Análise Experimental de um Conector de Cisalhamento em Chapa de Aço Endentada para Estruturas Mistas de Aço e Concreto. *XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estructural*. Campinas, Brasil. 2006.
- [3] CEN, EN 1994-1-1:2004: *Design of composite steel and concrete structures*. European Committee for Standardization (CEN), 2004.
- [4] OGUEJIOFOR, E. C.; HOSAIN, M. U. Numerical analysis of push-out specimens with Perfobond rib connectors, *Computer and Structures*, Vol. 62, No. 4, p.617-624, 1997.