

Eduardo Aurélio Barros Aguiar

**COMPORTAMENTO DE
CHUMBADORES GRAUTEADOS DE
LIGAÇÕES VIGA-PILAR
PARCIALMENTE RESISTENTES A
MOMENTO FLETOR**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Estruturas.

Orientador: *Prof. Tit. Mounir Khalil El Debs*

São Carlos
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A282c Aguiar, Eduardo Aurélio Barros
Comportamento de chumbadores grauteados de ligações
viga-pilar parcialmente resistentes a momento fletor /
Eduardo Aurélio Barros Aguiar ; orientador Mounir Khalil
El Debs. -- São Carlos, 2010.

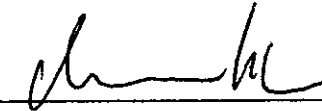
Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de
Concentração em Engenharia de Estruturas) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2010.

1. Ligações viga-pilar. 2. Chumbador grauteado.
3. Ligação semi-rígida. 4. Concreto pré-moldado.
I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **EDUARDO AURELIO BARROS AGUIAR**.

Tese defendida e julgada em 05/05/2010 perante a Comissão Julgadora:



Prof. Titular **MOUNIR KHALIL EL DEBS – (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado



Prof. Dr. **SEBASTIÃO SALVADOR REAL PEREIRA**
(Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG)

Aprovado



Prof. Dr. **JASSON RODRIGUES DE FIGUEIREDO FILHO**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO



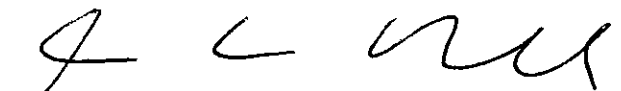
Prof. Titular **CARLITO CALIL JUNIOR**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO



Prof. Dr. **ARMANDO LOPES MORENO JUNIOR**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

APROVADO



Prof. Associado **MARCIO ANTONIO RAMALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas)



Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela proteção e pelas oportunidades oferecidas a cada dia.

Ao Professor Mounir Khalil El Debs, pelo cuidadoso trabalho de orientação, dedicação, valiosos ensinamentos e pela amizade demonstrada ao longo destes anos de convivência.

Ao Professor Paulo B. Lourenço por suas preciosas contribuições na análise numérica realizada neste trabalho e por sua receptividade acolhedora na Universidade do Minho, Portugal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro no âmbito do Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior (PDEE) durante a realização da pesquisa e estada em Guimarães/Portugal.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), através da concessão de afastamento das atividades de docência e de Bolsa de Doutorado durante a realização da pesquisa e permanência em São Carlos/SP.

A Fabíola de Oliveira Aguiar, esposa e companheira, pelo amor, carinho, e compreensão ao longo desses dezenove anos de casamento.

A Eduardo Aurélio de Oliveira Aguiar, filho e amigo, pelo incentivo e pela companhia sempre agradável.

Minha eterna gratidão aos meus pais, Ari Manoel Aguiar e Maria Vitória Barros Aguiar, pela amizade, apoio, dedicação, constantes incentivos e compreensão.

Aos meus sogros, Abílio Álvares de Oliveira e Lucínda Furtado de Oliveira, pelos sinceros incentivos, apoio e confiança em mim depositada.

Aos meus irmãos Lúcio e Gardenia, e a minha cunhada Fabiana pelos incentivos e pela amizade.

A minha tia Maria Amélia, sempre solícita e carinhosa, pelos incentivos.

Ao Prof. Luís Alberto de Castro Albuquerque, da Universidade Estadual do Maranhão, pelo incentivo constante e pela amizade.

Ao Prof. Marcos Fernandes Marques, da Universidade Estadual do Maranhão, pelo incentivo, amizade e pelo convívio sempre agradável.

Aos Amigos Jorge Rayol, Vitor Brandão, Fabiano Ayres e Williane Braga, pelo incentivo, convívio e pela amizade sólida conquistada no tempo de graduação.

Aos amigos Toca, Rose, Karina, José (Ju), Seu José, D. Palma, D. Terezinha, Ronaldo, Dani e Felipe, pelas horas agradáveis de convívio em São Carlos.

A todos os colegas do Departamento de Engenharia de Estruturas, pela convivência ao longo do Doutorado.

Aos técnicos do Laboratório de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, pela disposição durante todo o programa experimental.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, especialmente, Rosi Aparecida Jordão Rodrigues e Maria Nadir Minatel pela dedicação e eficiência nos serviços prestados.

RESUMO

AGUIAR, E. A. B. (2010). *Comportamento de chumbadores grauteados de ligações viga-pilar parcialmente resistentes a momento fletor*. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

Neste trabalho estudou-se o comportamento dos chumbadores grauteados, usados em ligações viga-pilar parcialmente resistentes a momento fletor. O foco da pesquisa foi a análise teórica e experimental do mecanismo resistente do chumbador inclinado. O programa experimental englobou 15 modelos, sendo que as variáveis analisadas foram: a) diâmetros dos chumbadores, de 16 mm, 20 mm e 25 mm; b) inclinações dos chumbadores, de 0° (chumbador normal à interface), 45° e 60°; c) resistência à compressão do concreto adjacente ao chumbador, sendo usado concreto das classes C35 e C50; d) aplicação de força de compressão normal à interface. Os resultados experimentais indicaram aumentos significativos tanto na capacidade última quanto na rigidez a cisalhamento do chumbador. Foram realizadas simulações numéricas, onde foi verificada a sensibilidade dos resultados aos parâmetros inerentes à interface concreto - almofada de apoio, sendo desenvolvidas expressões para estimar tais parâmetros. Com base na análise experimental e em análises numéricas, foram propostos modelos analíticos que conseguiram representar de forma satisfatória a influência da inclinação e demais parâmetros analisados no mecanismo resistente do chumbador.

Palavras-chave: ligação viga-pilar, chumbador grauteado, ligação semi-rígida, concreto pré-moldado

ABSTRACT

AGUIAR, E. A. B. (2010). *Behavior of grouted dowel of partial moment resistant beam-to-column connections*. Tese (PhD Thesis) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

This research deals with the behavior of grouted dowels, used in partial moment resistant beam-to-column connections. The focus of the research was the theoretical and experimental analysis of dowels resistant mechanism. The experimental program include 15 models, and its variables analyzed were: a) the dowel diameter of 16 mm, 20 mm and 25 mm; b) the dowel inclination of 0° (dowels perpendicular to the interface), 45° and 60° ; c) compressive strength of concrete adjacent to the dowels of classes C35 and C50, d) application of compression load, normal to the interface. Experimental results indicated significant increases in ultimate capacity and the shear stiffness of the dowels. Numerical simulations were carried out which identified the sensitivity of results to the parameters of the interface concrete –bearing pad, and developed expressions to estimate such parameters are given. Based on experimental and numerical analysis analytical models have been proposed that could adequately represent the influence of inclination and other parameters in the mechanism resistant dowels.

Key-words: beam-column connection, grouted dowels, semi-rigid connection, precast concrete

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Ligação viga-pilar estudada por MIOTTO (2002)	5
Figura 1.2: Ligação viga-pilar estudada por BALDISSERA (2006)	7
Figura 1.3: Estado de tensões não-uniforme no concreto	9
Figura 2.1: Deformabilidade ao momento fletor em uma ligação viga-pilar	14
Figura 2.2: Curva momento-rotação para uma ligação	16
Figura 2.3: Reta Beam-Line com a curva momento-rotação da ligação	17
Figura 2.4: Diagrama Bi-Linear construído a partir do método “Beam-Line”	19
Figura 2.5: Classificação das ligações segundo o EUROCODE 3 (2002)	22
Figura 2.6: Classificação das ligações quanto à resistência	24
Figura 2.7: Modelo de molas para uma ligação viga-pilar-laje	29
Figura 2.8: Comprimento efetivo de uma barra inserida em um elemento de concreto.	31
Figura 2.9: Distribuição simplificada de tensões de aderência de barras tracionadas.	32
Figura 2.10: Relação entre tensão de aderência e deslizamento proposto pelo CEB.	33
Figura 2.11 - Deslocamento entre dois elementos de concreto adjacentes	34
Figura 2.12 - Esquema dos ensaios de tração realizados por ENGSTROM (1992a).	34
Figura 2.13: Tensão de aderência e deslizamento proposto por ENGSTROM (1992a)	35
Figura 2.14: Relação força x deslocamento - aproximação trilinear.	37
Figura 2.15: Tensões no concreto devido ao efeito de pino em análise linear	39
Figura 2.16: Formação de rótula plástica e zona de ruptura	40
Figura 2.17: Formação de rótula plástica em chumbadores inseridos em dois elementos	42
Figura 2.18: Modelo analítico proposto por FERREIRA (1999).	46
Figura 2.19: Mecanismo de deformação ao cisalhamento por meio de molas	48
Figura 2.20: Ligações ensaiadas por DOLAN et al (1987)	50
Figura 2.21: Ligações viga-pilar ensaiadas por KERONEN (1996).	52

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

