

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto
completo desta dissertação será
disponibilizado somente a partir de
16/07/2028

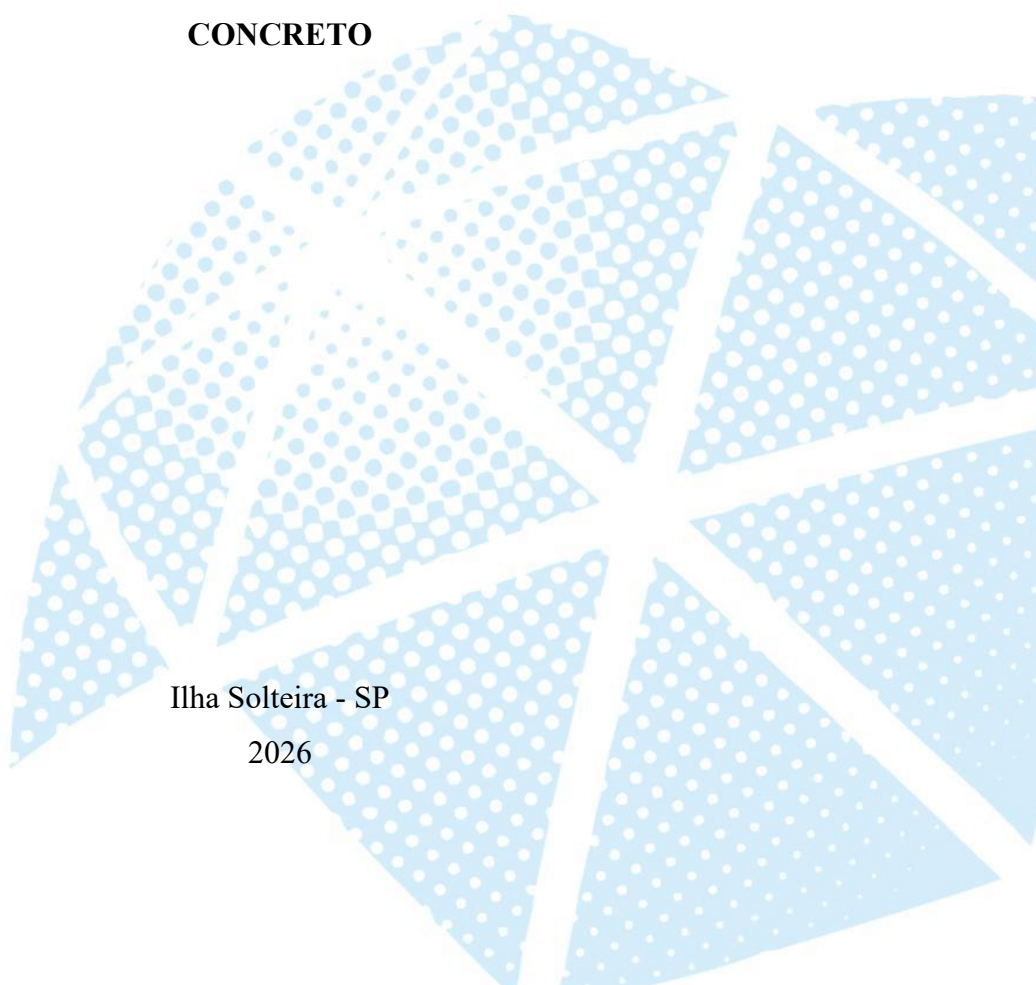
**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ANA PAULA BERNARDINO

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO MICROCONFINAMENTO DO CONCRETO NA
REGIÃO DE INTRODUÇÃO DE CARGA DE LIGAÇÕES SIMPLES ENTRE VIGAS
METÁLICAS E PILARES TUBULARES DE AÇO PREENCHIDOS COM
CONCRETO**

Ilha Solteira - SP

2026



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA PAULA BERNARDINO

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO MICROCONFINAMENTO DO CONCRETO NA
REGIÃO DE INTRODUÇÃO DE CARGA DE LIGAÇÕES SIMPLES ENTRE VIGAS
METÁLICAS E PILARES TUBULARES DE AÇO PREENCHIDOS COM
CONCRETO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira – São Paulo, para obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Emerson Alexandro Bolandim

Coorientador: Prof. Dr. Renato Silva Nicoletti

Ilha Solteira - SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

- B523a Bernardino, Ana Paula.
- Avaliação do efeito do microconfinamento do concreto na região de introdução de carga de ligações simples entre vigas metálicas e pilares tubulares de aço preenchidos com concreto / Ana Paula Bernardino. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
181 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Engenharia de Construção Civil, 2026
- Orientador: Emerson Alexandro Bolandim
Coorientador: Renato Silva Nicoletti
Inclui bibliografia
1. CFST. 2. Ligações simples. 3. Pinçamento. 4. Introdução de carga. 5. Confinamento. 6. Análises numéricas.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **AVALIAÇÃO DO EFEITO DO MICROCONFINAMENTO DO CONCRETO NA REGIÃO DE INTRODUÇÃO DE CARGA DE LIGAÇÕES SIMPLES ENTRE VIGAS METÁLICAS E PILARES TUBULARES DE AÇO PREENCHIDOS COM CONCRETO**

AUTORA: ANA PAULA BERNARDINO

ORIENTADOR: EMERSON ALEXANDRO BOLANDIM

COORIENTADOR: RENATO SILVA NICOLETTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Civil, área: Engenharia de Construção Civil pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **EMERSON ALEXANDRO BOLANDIM**
Data: 15/07/2026 18:10:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. EMERSON ALEXANDRO BOLANDIM (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia Civil / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira - FEIS

Documento assinado digitalmente
 **MAXIMILIANO MALITE**
Data: 15/07/2026 23:13:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. MAXIMILIANO MALITE (Participação Virtual)

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS DA ESCOLA DE ENGENHARIA SÃO CARLOS - EESC- USP DE SÃO CARLOS - SP

Documento assinado digitalmente
 **SAULO JOSE DE CASTRO ALMEIDA**
Data: 15/07/2026 18:38:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. SAULO JOSÉ DE CASTRO ALMEIDA (Participação Virtual)

Departamento de Estruturas / Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS RIBEIRO DOS SANTOS**
Data: 15/07/2026 18:22:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LUCAS RIBEIRO DOS SANTOS (Participação Virtual)

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Ilha Solteira, 15 de julho de 2026.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir estar aqui, por me conduzir e por me abençoar durante toda a minha trajetória.

Aos meus pais Valdira e José Sérgio, por serem colo, amor, carinho, e por nunca me desampararem.

Às minhas irmãs, Andra, Ellen e Maju e ao meu sobrinho, Levi, pela união, pelo amor, pelo companheirismo e pela torcida de sempre.

À minha Dinda, por ter acreditado em mim sempre e por ter sido uma das minhas grandes apoiadoras das minhas ideias.

À Amanda, minha namorada, pelo amor, suporte, companheirismo que me ajudaram a chegar até aqui.

À rep Label, pelo companheirismo, pela amizade, pelo acolhimento e por proporcionar a maior parte dos meus melhores momentos em Ilha Solteira.

Ao meu orientador, Emerson Aleandro Bolandim, pelos ensinamentos, por todo o suporte nesta pesquisa e por ter confiado no meu trabalho.

Ao meu coorientador Renato Silva Nicoletti, por toda a ajuda e conhecimento transmitido.

Aos meus amigos do grupo GMeCA, pela união e ajuda em diversos dos processos realizados para finalizar este trabalho.

À Unesp, pelo suporte, pela estrutura e pelo ensino oferecidos durante toda minha trajetória na FEIS.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

As regiões de introdução de carga em pilares tubulares de aço preenchidos com concreto (CFST-*Cncrete Filled Steel Tubes*) apresentam um estado de tensões complexo, influenciado pelo efeito de pinçamento (*pinching effect*), fenômeno ainda pouco explorado em ligações simples. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o comportamento da ligação simples entre pilares CFST de seção circular e vigas de aço em perfil I, por meio de modelagem numérica via Método dos Elementos Finitos (MEF) no *software* Abaqus®. A metodologia estruturou-se nas seguintes etapas: revisão sistemática da literatura, estudo do confinamento do concreto, análise da interface aço-concreto, calibração do modelo e análise paramétrica de 72 modelos, variando a geometria da chapa, o diâmetro e o comprimento do tubo, além das combinações de carregamento e das condições de contorno. Desse modo, duas foram as condições de contorno avaliadas na extremidade superior do modelo, uma com apenas a translação longitudinal livre, visando simular um pilar de continuidade entre pavimentos e outra totalmente livre simulando um pilar de topo. O estudo preliminar do confinamento fundamentou a definição das estratégias de modelagem da ligação, sobretudo quanto à escolha dos modelos constitutivos dos materiais e à discretização da malha. Na análise paramétrica, constatou-se que a capacidade de transferência de carga foi diretamente proporcional ao comprimento da chapa e ao diâmetro do tubo. A falha dos modelos foi governada estritamente pela plastificação das chapas, de modo que a carga última se mostrou independente do comprimento do pilar e de suas restrições de extremidade. A distribuição de deformações evidenciou a mecânica de transferência por cisalhamento interfacial, observou-se a incompatibilidade de deformações entre os materiais na região imediatamente acima da ligação, seguida por sua progressiva convergência a partir da metade inferior da chapa até a base do pilar. A restrição na extremidade superior minimizou a perturbação das deformações na região do comprimento do pilar superior à ligação. em contrapartida, os modelos de extremidade livre apresentaram um aumento dessa incompatibilidade, especialmente os modelos de menor comprimento quando submetidos aos níveis mais elevados de carregamento. Sob condições de serviço, as chapas de seis furos (maior comprimento) suportaram todas as solicitações analisadas, ao passo que a configuração de três furos (menor comprimento) se mostrou insuficiente para os pilares de menor diâmetro.

Palavras-chave: CFST; ligações simples; pinçamento; introdução de carga; confinamento; análises numéricas.

ABSTRACT

The load introduction regions in concrete-filled steel tubular (CFST) columns exhibit a complex stress state influenced by the pinching effect, a phenomenon that remains underexplored in simple connections. In this context, this research aimed to evaluate the behavior of the simple connection between circular CFST columns and I-section steel beams through numerical modeling using the Finite Element Method (FEM) in Abaqus® software. The methodology was structured into the following stages: systematic literature review, concrete confinement study, steel-concrete interface analysis, model calibration, and a parametric study of 72 models, varying plate geometry, tube diameter and length, as well as loading combinations and boundary conditions. Two boundary conditions were evaluated at the upper end of the model: one with only free longitudinal translation, to simulate a continuous column between floors, and another completely free, to simulate a top-story column. The preliminary confinement study underpinned the definition of connection modeling strategies, particularly regarding the selection of material constitutive models and mesh discretization. In the parametric analysis, it was found that the load transfer capacity was directly proportional to the plate length and tube diameter. Model failure was strictly governed by plate yielding, such that the ultimate load proved independent of column length and its end constraints. Strain distribution evidenced the mechanics of interfacial shear transfer: strain incompatibility between materials was observed in the region immediately above the connection, followed by progressive convergence from the lower half of the plate to the column base. The constraint at the upper end minimized strain disturbance in the column length above the connection; conversely, free-end models showed an increase in this incompatibility, especially in shorter models when subjected to higher loading levels. Under service conditions, six-hole plates (greater length) supported all analyzed loads, whereas the three-hole configuration (shorter length) proved insufficient for columns with smaller diameters.

Keywords: CFST; simple connections; pinching effect; load introduction; confinement; numerical analyses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Tipos de seções transversais de pilares mistos	7
Figura 1.2: Ilustração do efeito de confinamento no concreto	8
Figura 1.3: Ilustração de ligação simples entre pilar tubular circular de aço preenchido com concreto e viga em perfil “I”. a) Vista frontal e b) Vista superior	9
Figura 1.4: Ligação simples, com chapas diafragma externas, parafusada na viga e soldada no pilar CFST de seção circular em edifício de múltiplos pavimentos	9
Figura 1.5: Comprimento de introdução de carga definido pela NBR 8800 (ABNT, 2024) ..	10
Figura 1.6: Pinçamento e efeito de contração devido à rotação da ligação	11
Figura 1.7: Fluxograma das etapas da metodologia de pesquisa	13
Figura 2.1: Classificação das ligações segundo a rigidez pela norma europeia.....	18
Figura 2.2: Classificação das ligações pela norma americana	20
Figura 2.3: Ligação por chapa simples entre pilar CFST de seção circular e duas vigas de aço em perfil "I" adjacentes	22
Figura 2.4: Ilustração de uma ligação por chapa passante	23
Figura 2.5: Ilustração dos tipos de ligação por diafragmas: a) externos; b) internos; e c) passantes.	24
Figura 2.6: Ligação por viga passante, executada por abertura retangular	25
Figura 3.1: Fluxograma do protocolo de busca.....	28
Figura 3.2: Gráfico da produção anual e acumulada de artigos a respeito de ligações entre pilares CFST e vigas de aço	29
Figura 3.3: Distribuição dos países correspondentes aos autores das publicações a respeito de ligações entre pilares CFST e vigas metálicas.....	30
Figura 3.4: Nuvem de palavras mais frequentes encontradas nos artigos.....	31
Figura 3.5: Tipos de configurações de ligações por cisalhamento.....	33
Figura 3.6: Região de introdução de carga.....	34
Figura 3.7: Condições de contorno dos ensaios: a) apoiado pela base e b) apoiado pela ligação	35
Figura 3.8: Exemplos de diferentes configurações de ligações para pilares elípticos	36
Figura 3.9: Detalhamento da ligação por diafragmas internos a) na região superior da ligação e b) na região inferior da ligação	38
Figura 3.10: Efeitos de pinçamento e contração do tubo decorrentes da rotação da ligação ..	39
Figura 3.11: Ligação do tipo BBC	40

Figura 3.12: Arranjo experimental dos ensaios aplicados aos pilares CFST com cantoneiras de aço embutidas no núcleo de concreto.	43
Figura 3.13: Ligação do tipo (TSOBC) entre pilar CFST de seção quadrada e viga em perfil “H”	45
Figura 3.14: Ligação por parafusos cegos modificados entre pilar CFST circular e viga em perfil “I”	47
Figura 4.1: Equipamento de ensaio de compressão triaxial	55
Figura 4.2: Organograma da interação entre as variáveis paramétricas do estudo do confinamento passivo	59
Figura 4.3: Condições de contorno do modelo numérico de confinamento ativo.....	63
Figura 4.4: Comparação entre os resultados experimentais, numéricos e analíticos das curvas tensão vs. deformação axial do ensaio de Chen <i>et al.</i> (2017) para diferentes níveis de confinamento: a) 0 MPa, b) 5 MPa, c) 10MPa e d) 20 MPa	65
Figura 4.5: Comparação entre os resultados experimentais, numéricos e analíticos das curvas tensão vs. deformação axial do ensaio de Sfer <i>et al.</i> (2017) para diferentes níveis de confinamento: a) 1,5 MPa, b) 4,5 MPa, c) 9MPa, d) 30 MPa e e) 60 MPa.....	66
Figura 4.6: Modelo numérico: (a) Configuração geométrica de um modelo com armaduras (S100), e (b) as respectivas configurações de contorno e carregamento.....	71
Figura 4.7: Representação do comportamento tensão vs. deformação à compressão do concreto	75
Figura 4.8: Comparação das curvas experimentais e numéricas: a) modelo 88.9-300-C4; b) modelo 6D/t88-1; c) modelo 6D/t88-2	78
Figura 4.9: Resultados da análise numérica para o modelo 88.9-300-C4: a) tensões de von Mises no tubo de aço; b) tensões mínimas principais no núcleo de concreto	78
Figura 4.10: Comparação do refinamento da malha para o modelo D300: a) espessura t_1 e $L/D = 3$; b) espessura t_1 e $L/D = 5$; c) espessura t_2 e $L/D = 3$; d) espessura t_2 e $L/D = 5$; e) espessura t_3 e $L/D = 3$; e f) espessura t_3 e $L/D = 5$	80
Figura 4.11: Comparação do refinamento da malha para o modelo D600: a) espessura t_1 e $L/D = 3$; b) espessura t_1 e $L/D = 5$; c) espessura t_2 e $L/D = 3$; d) espessura t_2 e $L/D = 5$; e) espessura t_3 e $L/D = 3$; e f) espessura t_3 e $L/D = 5$	80

Figura 4.12: Comparação do refinamento da malha para o modelo D900: a) espessura t_1 e $L/D = 3$; b) espessura t_1 e $L/D = 5$; c) espessura t_2 e $L/D = 3$; d) espessura t_2 e $L/D = 5$; e) espessura t_3 e $L/D = 3$; e f) espessura t_3 e $L/D = 5$	81
Figura 4.13: Comparação das cargas últimas numéricas e analíticas para os modelos D300: todas as disposições de armaduras com $L/D=3$	82
Figura 4.14: Comparação das cargas últimas numéricas e analíticas para os modelos D300: todas as disposições de armaduras com $L/D=5$	82
Figura 4.15: Influência das armaduras transversais na previsão da capacidade resistente de pilares CFST pelo EN 1994-1-1:2026: comparação entre a abordagem convencional e o modelo proposto	85
Figura 5.1: Configuração típica de um ensaio do tipo <i>push-out</i>	90
Figura 5.2: Resposta mecânica da interface - curva tensão de cisalhamento vs. deslizamento	90
Figura 5.3: Diferentes tipos de curva tensão de cisalhamento vs. deslizamento.....	92
Figura 5.4: Exemplo de lei curva tração vs. separação	95
Figura 5.5: Descrição do sistema coordenado local da interface - direções normais e tangenciais	96
Figura 6.1: Configuração experimental do ensaio realizado por Shakir-Khalil (1992).....	101
Figura 6.2: Detalhamento das chapas de ligação	102
Figura 6.3: Relação entre a carga última e o número de elementos finitos na análise de sensibilidade	103
Figura 6.4: Discretização final adotada para o modelo numérico da ligação	104
Figura 6.5: Condições de contorno aplicadas ao modelo numérico da ligação	106
Figura 6.6: Comparação entre os resultados numéricos e experimentais das deformações axiais (ϵ) ao longo do pilar para diferentes níveis de solicitação: a) 50%, b) 75% e c) 90% de P_u .	107
Figura 6.7: Comparação das curvas de carregamento vs. deformação axial numéricas e experimentais para os níveis a)1 e b)6.....	108
Figura 6.8: Distribuição dos parâmetros de dano do concreto no modelo numérico da ligação: a) compressão e b) tração	109
Figura 6.9: Distribuição de deformações plásticas equivalentes (PEEQ): a) nas chapas de ligação e no tubo de aço e b) apenas no tubo de aço	110
Figura 6.10: Edifício de múltiplos pavimentos em etapa de montagem	112

Figura 6.11: Organograma referente às variáveis da análise paramétrica do modelo da ligação	113
Figura 6.12: Esquema representativo das áreas de influência das vigas sobre um pilar central: a) modulação 8 m × 10 m e b) modulação 8 m × 8 m	114
Figura 6.13: Exemplo da discretização final dos modelos do estudo paramétrico	116
Figura 6.14: Condições de contorno e carregamento aplicadas aos modelos com extremidade livre	117
Figura 6.15: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D300, extremidade cR, chapa de 3 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	119
Figura 6.16: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D300, extremidade cR, chapa de 6 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	121
Figura 6.17: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D300, extremidade sR, chapa de 3 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	123
Figura 6.18: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D300, extremidade sR, chapa de 6 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	124
Figura 6.19: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D600, extremidade cR, chapa de 3 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	125
Figura 6.20: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D600, extremidade cR, chapa de 6 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	126
Figura 6.21: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D600, extremidade sR, chapa de 3 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	127
Figura 6.22: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D600, extremidade sR, chapa de 6 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	128
Figura 6.23: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D900, extremidade cR, chapa de 3 furos, L/D = 3: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e L/D = 5: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto	129

Figura 6.24: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D900, extremidade cR, chapa de 6 furos, $L/D = 3$: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e $L/D = 5$: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto.....	130
Figura 6.25: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D900, extremidade sR, chapa de 3 furos, $L/D = 3$: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e $L/D = 5$: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto.....	131
Figura 6.26: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar — D900, extremidade sR, chapa de 6 furos, $L/D = 3$: a) tubo de aço; b) núcleo de concreto e $L/D = 5$: c) tubo de aço; d) núcleo de concreto.....	132
Figura 6.27: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar sob carregamento de serviço — modelo D900, chapa de 6 furos, Combinação 1, $L/D = 3$: a) tubo; b) núcleo; $L/D = 5$: c) tubo, d) núcleo.....	135
Figura 6.28: Distribuição da deformação axial (E33) ao longo do pilar sob carregamento de serviço — modelo D300, chapa de 3 furos, Combinação 1, $L/D = 3$: a) tubo; b) núcleo; $L/D = 5$: c) tubo, d) núcleo.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Características fixas dos modelos de confinamento passivo	58
Tabela 4.2: Propriedades mecânicas dos materiais utilizadas nos modelos de confinamento passivo	59
Tabela 4.3: Características dos ensaios experimentais de referência	61
Tabela 4.4: Parâmetros do CDP utilizados nos modelos de confinamento ativo	64
Tabela 4.5: Comparação das tensões máximas entre os resultados experimentais, numéricos e analíticos com relação ao ensaio de Chen <i>et al.</i> (2017).....	66
Tabela 4.6: Comparação das tensões máximas entre os resultados experimentais, numéricos e analíticos com relação ao ensaio de Sfer <i>et al.</i> (2002)	67
Tabela 4.7: Características dos ensaios de referência para validação do modelo numérico de confinamento passivo	77
Tabela 4.8: Comparação das cargas últimas dos modelos experimentais e numéricos.....	77
Tabela 4.9: Síntese das cargas últimas numéricas e experimentais, bem como as razões correspondentes para todos os modelos do estudo do confinamento passivo	83
Tabela 4.10: Razão média entre as cargas últimas numéricas e analíticas por parâmetro de análise	86
Tabela 6.1: Características geométricas do protótipo A6.....	100
Tabela 6.2: Propriedades mecânicas dos materiais utilizados na confecção do protótipo A6	101
Tabela 6.3: Dimensões adotadas para o detalhamento das chapas de ligação	102
Tabela 6.4: Características do estudo de sensibilidade de malha para o modelo da ligação .	103
Tabela 6.5: Parâmetros adotados para a representação numérica da coesividade na interface	105
Tabela 6.6 Cargas últimas transmitidas por chapa de ligação nos modelos submetidos à falha	118
Tabela 6.7: Verificação da capacidade de transferência das ligações sob as cargas usuais (grau de utilização idêntico para $L/D = 3$ e 5 e para as extremidades restrita e livre).....	133

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Modelos de ligações de acordo com a norma europeia	19
Quadro 3.1: Revistas referentes à publicação de artigos a respeito de ligações entre pilares CFST e vigas metálicas	30
Quadro 3.2: 10 artigos mais citados dentre os selecionados pelo protocolo de busca.....	31
Quadro 3.3: Classificação dos artigos incluídos na análise bibliográfica.....	32
Quadro 3.4: Síntese de informações dos estudos experimentais a respeito de ligações soldadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	38
Quadro 3.5: Síntese de informações dos estudos com abordagem numérica a respeito de ligações soldadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	44
Quadro 3.6: Síntese de informações dos estudos experimentais a respeito de ligações parafusadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	46
Quadro 3.7: Síntese de informações dos estudos com abordagem numérica a respeito de ligações parafusadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	48
Quadro 3.8: Síntese de informações dos estudos analíticos ou teóricos a respeito de ligações soldadas ou parafusadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	49
Quadro 3.9 : Lacunas identificadas e as referências	52
Quadro 5.1: Diferentes modelos de previsão da resistência da interface de pilares CFST.....	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral.....	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	RESUMO DA METODOLOGIA.....	13
1.4	DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	14
2	LIGAÇÕES.....	16
2.1	CLASSIFICAÇÃO DAS LIGAÇÕES.....	16
2.1.1	Classificação de acordo com o EN 1993-1-8:2005.....	16
2.1.2	Classificação de acordo com o AISC 360-22.....	19
2.2	LIGAÇÕES MAIS USUAIS ENTRE PILARES CFST DE SEÇÃO CIRCULAR E VIGAS DE AÇO EM PERFIL “I”	21
2.2.1	Ligação por chapa simples (<i>single-plate</i>)	22
2.2.2	Ligação por chapa passante (<i>through plate</i>)	22
2.2.3	Ligação por diafragmas.....	23
2.2.4	Ligação por viga passante (<i>through beam</i>)	24
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL).....	26
3.1	PROTOCOLO DE BUSCA	26
3.2	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	28
3.3	ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA.....	32
3.3.1	Estudos experimentais a respeito de ligações soldadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto.....	33
3.3.2	Estudos que apresentam abordagem numérica a respeito de ligações soldadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	39
3.3.3	Estudos experimentais a respeito de ligações parafusadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto.....	44
3.3.4	Estudos que apresentam abordagem numérica a respeito de ligações parafusadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	47
3.3.5	Estudos analíticos ou teóricos a respeito de ligações soldadas ou parafusadas aplicadas a pilares tubulares de aço preenchidos com concreto	49
3.3.6	Lacunas identificadas	50

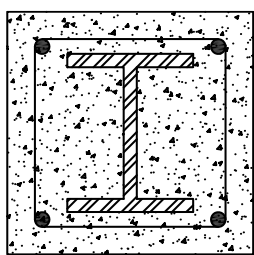
3.3.7	Discussão e análise crítica.....	52
4	ESTUDO DO CONFINAMENTO DO CONCRETO	55
4.1	METODOLOGIA PARA ESTUDO DO CONFINAMENTO DO CONCRETO.....	57
4.2	CONFINAMENTO ATIVO	60
4.2.1	Ensaaios experimentais de referência	60
4.2.2	Modelo analítico de referência.....	61
4.2.3	Modelos numéricos	62
4.2.4	Resultados.....	64
4.3	CONFINAMENTO PASSIVO	68
4.3.1	Modelos analíticos de referência.....	68
4.3.1.1	Previsão da capacidade resistente plástica de CFSTs segundo o EN 1994-1-1:2026	68
4.3.1.2	Previsão do aumento da resistência do concreto pelo confinamento das armaduras	70
4.3.2	Modelos numéricos	71
4.3.2.1	Características Gerais	71
4.3.2.2	Interações e contato	72
4.3.2.3	Modelo constitutivo do aço	72
4.3.2.4	Modelo constitutivo do concreto	72
4.3.2.5	Calibração e validação do modelo numérico.....	76
4.3.3	Resultados.....	81
4.4	ANÁLISE CRÍTICA.....	87
5	INTERFACE AÇO-CONCRETO.....	89
5.1	COMPORTAMENTO DA INTERFACE.....	89
5.2	ESTRATÉGIAS DE MODELAGEM NUMÉRICA	94
5.2.1	Lei tração vs. separação.....	95
5.2.2	Rigidez inicial	96
5.2.3	Modelagem do dano.....	97
6	ESTUDO NUMÉRICO DA LIGAÇÃO.....	100
6.1	CALIBRAÇÃO DO MODELO NUMÉRICO	100
6.1.1	Ensaio experimental de Shakir-Khalil (1992)	100
6.1.2	Modelo numérico	101

6.1.3	Resultados	106
6.2	ANÁLISE PARAMÉTRICA	110
6.2.1	Definição das combinações de carregamento	113
6.2.2	Modelo numérico	115
6.3	RESULTADOS	117
6.3.1	Modelos submetidos à situação última.....	117
6.3.1.1	Diâmetro D300	119
6.3.1.2	Diâmetro D600	124
6.3.1.3	Diâmetro D900	128
6.3.2	Modelos submetidos a carregamentos usuais	133
7	CONCLUSÕES	137
7.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	139
	REFERÊNCIAS.	140
	APÊNDICE A – resultados complementares do estudo paramétrico da ligação	
	Distribuição das deformações dos modelos submetidos às cargas usuais	
		148

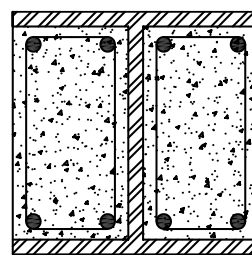
1 INTRODUÇÃO

Os pilares mistos de aço e concreto são elementos estruturais nos quais os perfis de aço são associados ao concreto e atuam em conjunto para resistir aos esforços de compressão, flexão ou à combinação entre eles. A maneira de associação dos perfis de aço com o concreto atribui três diferentes classificações às seções transversais dos pilares mistos: totalmente revestidas, parcialmente revestidas e preenchidas (Figura 1.1).

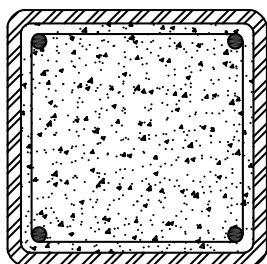
Figura 1.1: Tipos de seções transversais de pilares mistos



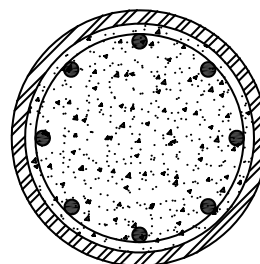
Seção totalmente revestida



Seção parcialmente revestida



Seção quadrada preenchida



Seção circular preenchida

Fonte: Adaptado de NBR 8800 (ABNT, 2024).

Dentre essas configurações, as seções preenchidas destacam-se por oferecerem diferentes vantagens. Estruturalmente, apresentam maior capacidade resistente, rigidez e ductilidade em comparação às outras seções mistas de dimensões externas equivalentes. Construtivamente, garantem maior agilidade e velocidade, pois os perfis tubulares atuam como forma para o preenchimento de concreto (Debnath *et al.*, 2023). Adicionalmente, o tubo de aço promove confinamento ao núcleo de concreto, que potencializa sua resistência e, consequentemente a capacidade do pilar (Radovanić; Nikolić, 2024).

O efeito do confinamento no comportamento do concreto pode ser compreendido pela análise do seu mecanismo de falha por fissuração. Quando submetido à compressão axial, as forças se espalham entre os agregados e a pasta de cimento resultando em uma tendência de expansão lateral (Figura 1.2a). No concreto não confinado, essa expansão é restringida apenas

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH; LEUNG, A. Y. F.; CHAN, T.-M. Experimental investigation of size and cross-sectional shape effects on strain distributions in concrete-filled steel tubes. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 235, p. 109782, dez. 2025.
- ABED, F.; ALHAMAYDEH, M.; ABDALLA, S. Experimental and numerical investigations of the compressive behavior of concrete filled steel tubes (CFSTs). **Journal of Constructional Steel Research**, v. 80, p. 429–439, jan. 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2023.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações**. Rio de Janeiro, 2024.
- AL-ANI, Y. R. Finite element study to address the axial capacity of the circular concrete-filled steel tubular stub columns. **Thin-Walled Structures**, v. 126, p. 2–15, maio 2018.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 318-25: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary**. Farmington Hills: ACI, 2025.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **ANSI/AISC 341-10: Seismic Provisions for Structural Steel Buildings**. Chicago: AISC, 2010.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **ANSI/AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings**. Chicago: AISC, 2010.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **ANSI/AISC 360-22: Specification for Structural Steel Buildings**. Chicago: AISC, 2022.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A572/A572M-21e1: Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel**. West Conshohocken: ASTM International, 2023.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, nov. 2017.
- BINICI, B. An analytical model for stress–strain behavior of confined concrete. **Engineering Structures**, v. 27, n. 7, p. 1040–1051, jun. 2005.
- BOAKE, T., M.; HUI, V. **SSEF - Fun is in the Details**. Acesso em: 28 nov. 2025.
- CAI, Shao-Huai. **Modern steel tube confined concrete structures**. Beijing: China Communication Press, 2003.
- CARRAZEDO, R. **Mecanismos de confinamento e suas implicações no reforço de pilares de concreto por encamisamento com compósito de fibras de carbono**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) —[s.l.] Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA), 2002.

CARREIRA, D. J.; CHU, K. H. Stress-strain relationship for plain concrete in tension. **American Concrete Institute Journal**, v. 83, n. 1, p. 21-28, 1986.

CHEN, D.; YU, X.; SHEN, J.; LIAO, Y.; ZHANG, Y. Investigation of the curing time on the mechanical behavior of normal concrete under triaxial compression. **Construction and Building Materials**, v. 147, p. 488–496, ago. 2017.

CODEME. **Acervo Técnico**. 2017.

CODEME. **Acervo Técnico**. 2024.

DE OLIVEIRA, W. L. A. et al. Evaluation of passive confinement in CFT columns. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 66, n. 4, p. 487–495, abr. 2010.

DE OLIVEIRA, W. L. A.; DE NARDIN, A.; EL DEBS, A. L. H. C.; EL DEBS, M. K. Influence of concrete strength and length/diameter on the axial capacity of CFT columns. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 65, n. 12, p. 2103–2110, dez. 2009.

DEBNATH, P. P.; CHAN, T.-M. Experimental performance of single blind-bolted CFST column connection under predominant shear loading. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 196, p. 107386, set. 2022.

DEBNATH, P. P.; XU, F.; CHAN, T.-M. Load transfer mechanism in concrete-filled steel tubular columns: Developments, challenges and opportunities. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 203, p. 107781, abr. 2023.

DUNBERRY, E.; LEBLANC, D.; REDWOOD, R. G. Cross-section strength of concrete-filled HSS columns at simple beam connections. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 14, n. 3, p. 408–417, 1 jun. 1987.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1992–1–1: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures**. Brussels, 2023.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1993–1–8: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints**. Brussels, 2005.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1994–1–1: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings**. Brussels, 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1994–1–1: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings**. Brussels, 2026.

FAKURY, Ricardo Hallal; SILVA, Ana Lydia Reis de Castro e; CALDAS, Rodrigo Barreto. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

FREITAS, P. C. DE B. **Análise numérica de ligações metálicas viga-coluna com coluna tubular circular**. [s.l.] Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA), 2009.

GERIN, M., T. **Comportamento de Pilares Mistos Preenchidos Com Concreto de Resíduos de Concreto Submetidos a Compressão Axial Centrada: Efeito Do Teor de Substituição E Da Forma de Aplicação Da Força**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) —[s.l.] Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 20 fev. 2020.

GIAKOUMELIS, G.; LAM, D. Axial capacity of circular concrete-filled tube columns. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 60, n. 7, p. 1049–1068, jul. 2004.

GUO, X.-T. et al. Experimental and numerical investigation on reinforced CFSST columns under axial compressive loading. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 234, p. 109695, nov. 2025.

HABIBI, A.; FANAIE, N.; SHAHBAZPANAH, S. Experimental and numerical investigation of I-beam to concrete-filled tube (CFT) column moment connections with pipe-stiffened internal diaphragm. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 200, p. 107648, jan. 2023.

HANY, N. F.; HANTOUCHE, E. G.; HARAJLI, M. H. Finite element modeling of FRP-confined concrete using modified concrete damaged plasticity. **Engineering Structures**, v. 125, p. 1–14, out. 2016.

HE, L.; LIN, S.; JIANG, H. Confinement Effect of Concrete-Filled Steel Tube Columns With Infill Concrete of Different Strength Grades. **Frontiers in Materials**, v. 6, 18 abr. 2019.

HOGNESTAD, E. **A Study of Combined Bending and Axial Load in Reinforced Concrete Members**. Champaign: University of Illinois Engineering Experimental Station, 1951. (Bulletin n. 399).

HORDIJK, D. A. Tensile and tensile fatigue behaviour of concrete: experiments, modelling and analyses. **Heron**, Delft, v. 37, n. 1, 1992.

HU, H.-T.; CHEN, C.-W.; HUANG, M.-Y. Nonlinear finite element analysis of CFT-to-bracing connections subjected to axial compressive forces. **Engineering Structures**, v. 33, n. 5, p. 1479–1490, maio 2011.

INTERNATIONAL FEDERATION FOR STRUCTURAL CONCRETE. **fib Model Code 2020: fib Model Code for Concrete Structures**. Lausanne: fib, 2020.

ISLEEM, H. F. et al. Nonlinear finite element and analytical modelling of reinforced concrete filled steel tube columns under axial compression loading. **Results in Engineering**, v. 19, p. 101341, set. 2023.

JASPART, J.-P.; WEYNAND, K. **Design of Joints in Steel and Composite Structures**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016.

JOHANSSON, M. Composite action in connection regions of concrete-filled steel tube columns. **Steel and Composite Structures**, v. 3, n. 1, p. 47–64, 25 fev. 2003.

JOHANSSON, M.; GYLLTOFT, K. Mechanical Behavior of Circular Steel–Concrete Composite Stub Columns. **Journal of Structural Engineering**, v. 128, n. 8, p. 1073–1081, ago. 2002.

JOHNSON, R. **Designers Guide to Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures, 2nd ed.** [s.l.] Thomas Telford Ltd, 2012.

KATAOKA, M. N.; EL DEBS, A. L. H. C. A Study of Modelling Composite Connections in Two and Three Dimensions. Civil-Comp Proceedings. **Anais...** Stirlingshire, UK: Civil-Comp Press, [s.d.]. Acesso em: 21 set. 2025.

KHAROOB, O. F.; GHAZY, M. F.; YOSSEF, N. M. Behavior of beam-high performance fiber reinforced CFST column joints. **Thin-Walled Structures**, v. 113, p. 217–227, abr. 2017.

KIM, S.-H.; CHOI, S.-M. Tensile strength and concrete cone failure in CFT connection with internal diaphragms. **International Journal of Steel Structures**, v. 17, n. 2, p. 643–652, jun. 2017.

LEI, B.; QI, T.; LI, Y.; JIN, Z. QIAN, W. An enhanced damaged plasticity model for concrete under cyclic and monotonic triaxial compression. **European Journal of Mechanics - A/Solids**, v. 100, p. 104999, jul. 2023.

LIAO, F.-Y.; HAN, L.-H.; TAO, Z. Behaviour of CFST stub columns with initial concrete imperfection: Analysis and calculations. **Thin-Walled Structures**, v. 70, p. 57–69, set. 2013.

LIM, J. C. OZBAKKALOGLU, T.; GHOLAMPOUR, A.; BENNET, T.; SADEGHI, R. Finite-Element Modeling of Actively Confined Normal-Strength and High-Strength Concrete under Uniaxial, Biaxial, and Triaxial Compression. **Journal of Structural Engineering**, v. 142, n. 11, nov. 2016.

LIN, S.; ZHAO, Y.-G. Numerical study of the behaviors of axially loaded large-diameter CFT stub columns. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 160, p. 54–66, set. 2019.

LYU, W.-Q.; HAN, L.-H. Investigation on bond strength between recycled aggregate concrete (RAC) and steel tube in RAC-filled steel tubes. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 155, p. 438–459, abr. 2019.

MACRAE, G.; ROEDER, C. W.; GUNDERSON, C.; KIMURA, Y. Brace-Beam-Column Connections for Centrally Braced Frames with Concrete Filled Tube Columns. **Journal of Structural Engineering**, v. 130, n. 2, p. 233–243, fev. 2004.

MANDER, J. B.; PRIESTLEY, M. J. N.; PARK, R. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. **Journal of Structural Engineering**, v. 114, n. 8, p. 1804–1826, set. 1988.

- MEN, J. J.; GUO, Z. F.; SHI, Q. X. Research on Behavior of Composite Joints Consisting of Concrete and Steel. **Applied Mechanics and Materials**, v. 166–169, p. 815–818, maio 2012.
- MOLLAZADEH, M. H.; WANG, Y. C. New insights into the mechanism of load introduction into concrete-filled steel tubular column through shear connection. **Engineering Structures**, v. 75, p. 139–151, set. 2014.
- MOLLAZADEH, M. H.; WANG, Y. C. Design implications of a new load introduction mechanism into concrete-filled steel tubular columns. **Structures**, v. 6, p. 37–47, maio 2016a.
- MOLLAZADEH, M. H.; WANG, Y. C. New Mechanism of Load Introduction into Concrete-Filled Steel Tubular Columns. **Journal of Structural Engineering**, v. 142, n. 6, jun. 2016b.
- NING, W. et al. Load Transfer Mechanisms in Welded Fin Plate-to-CFST Column Connections. **Journal of Structural Engineering**, v. 152, n. 5, 1 maio 2026.
- OSORIO, E.; BAIRÁN, J. M.; MARÍ, A. R. Lateral behavior of concrete under uniaxial compressive cyclic loading. **Materials and Structures**, v. 46, n. 5, p. 709–724, 28 ago. 2012.
- PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONAL, S.; MCGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P. M.; HER, D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, v. 88, p. 105906, abr. 2021.
- PAPANIKOLAOU, V. K.; KAPPOS, A. J. Confinement-sensitive plasticity constitutive model for concrete in triaxial compression. **International Journal of Solids and Structures**, v. 44, n. 21, p. 7021–7048, out. 2007.
- PATHIRANA, S. W.; UY, B.; MIRZA, O.; ZHU, X. Flexural behaviour of composite steel–concrete beams utilizing blind bolt shear connectors. **Engineering Structures**, v. 114, p. 181–194, maio 2016b.
- PEREIRA, D. H. F. **Análise do comportamento estrutural de ligações em aço entre viga de seção I e pilar de seção tubular circular**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) —[s.l.] Universidade de Sao Paulo, Agência USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), 2013.
- POLIOTTI, M.; BAIRÁN, J.-M. A new concrete plastic-damage model with an evolutive dilatancy parameter. **Engineering Structures**, v. 189, p. 541–549, jun. 2019.
- PRION, H. G. L.; MCLELLAN, A. B. Through-bolt Connections for Concrete-filled Hollow Structural Steel Sections. Proceedings - 1994 Annual Task Group Technical Session, Structural Stability Research. **Anais...** 1994.
- RADOVANOVIĆ, M. M. L.; NIKOLIĆ, J. Z. Experimental Investigation and Numerical Analysis of the Axial Load Capacity of Circular Concrete-Filled Tubular Columns. **Buildings**, v. 14, n. 5, p. 1329, 8 maio 2024.

RAZAVI, A.; TAHOUNI, S.; TEHRANI, P. Seismic behavior of external diaphragm connections to concrete-filled steel tube (CFST) columns: A full-scale experimental study. **Journal of Building Engineering**, v. 112, p. 113833, out. 2025.

RICHART, F. E.; BRANDTZAEG, A.; BROWN, R. L. "A study of the failure of concrete under combined compressive stresses." **Bulletin 185, Univ. of Illinois Engineering Experimental Station**, Champaign, 111, 1928.

ROEDER, C. W.; CAMERON, B.; BROWN, C. B. Composite Action in Concrete Filled Tubes. **Journal of Structural Engineering**, v. 125, n. 5, p. 477–484, maio 1999.

SALMON, C. G.; JOHNSON, J. E.; MALHAS, F. A. **Steel Structures: Design and Behavior : Emphasizing Load and Resistance Factor Design**. [s.l.] Prentice Hall, 2009.

SCHNEIDER, S., P.; KRAMER, D., R.; SARKKINEN, D., L. The Design and Construction of Concrete-filled Steel Tube Column Frames. Conference proceedings - 13th World Conference on Earthquake Engineering. **Anais...** In: WORLD CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING. 2004.

SFER, D.; CAROL, I.; GETTU, R.; ETSE, G. Study of the Behavior of Concrete under Triaxial Compression. **Journal of Engineering Mechanics**, v. 128, n. 2, p. 156–163, fev. 2002.

SHAKIR-KHALIL, H. Full-scale tests on composite connections. Proceedings of an Engineering Foundation Conference. **Anais...** In: COMPOSITE CONSTRUCTION IN STEEL AND CONCRETE II. New York: American Society of Civil Engineers (ASCE), 1992.

SHAKIR-KHALIL, H. Resistance of concrete-filled steel tubes to pushout forces. **The Structural Engine**, v. 71, n. 13, p. 234–243, 6 jul. 1993.

SHEHAB, B. A.; EKMEKYAPAR, T. Joints behaviour of through steel beam to composite column connection: Experimental study. **Marine Structures**, v. 76, p. 102921, mar. 2021.

SHIMURA, Y.; OKADA, T.; YAMAGUCHI, T. **Nippon Steel Technical Report No. 77,78**. [s.l.] Nippon Steel, jul. 1998. Acesso em: 21 set. 2025. Stress-Strain Relationship for Reinforced Concrete in Tension. **ACI Journal Proceedings**, v. 83, n. 1, 1986.

SIMULIA. **ABAQUS Standard**. Versão 2024: Simulia, 2024a.

SIMULIA, **Abaqus Analysis User's Manual**. Providence, RI, USA, DassaultSystems Simulia Corp, 2024b.

SUN, L.; LIANG, Z.; WU, L.; LI, C.; LIU, Y.; LIU, M.; LIU, F.; WANG, P. Experimental and theoretical modeling for predicting bending moment capacity of T-head square-neck one-side bolted endplate to tube column connection. **Journal of Building Engineering**, v. 43, p. 103104, nov. 2021.

- TAO, Z.; WANG, Z.-B.; YU, Q. Finite element modelling of concrete-filled steel stub columns under axial compression. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 89, p. 121–131, out. 2013.
- THAI, H.-T. Beam-to-CFST column joints in steel-concrete composite buildings: A comprehensive review. **Structures**, v. 68, p. 107123, out. 2024.
- USLU, F.; TAŞKIN, K. Experimental and Finite Element Method Investigation of Axial Load Carrying Capacity of Concrete Filled Circular Steel Tube Columns According to Different Slenderness Ratios. **International Journal of Steel Structures**, v. 24, n. 3, p. 619–634, 7 maio 2024.
- WANG, W. et al. Size effect in circular concrete-filled steel tubes with different diameter-to-thickness ratios under axial compression. **Engineering Structures**, v. 151, p. 554–567, nov. 2017.
- WANG, Y.-Z.; WANG, Y.-B.; ZAO, Y.-Z.; LI, G.-Q.; LYU, Y.-F.; LI, H. Experimental study on ultra-high performance concrete under triaxial compression. **Construction and Building Materials**, v. 263, p. 120225, dez. 2020.
- WEI, X.; REN, X. Confinement enhanced damage-plasticity model for concrete. **Mechanics of Materials**, v. 179, p. 104589, abr. 2023.
- XU, F.; SONG, S.-S.; LAI, Z.; CHEN, J. Mechanism of load introduction and transfer within steel-encased CFST members with shear connections. **Engineering Structures**, v. 242, p. 112576, set. 2021.
- XUE, J.-Q. et al. Prediction of ultimate load capacities of CFST columns with debonding by EPR. **Thin-Walled Structures**, v. 164, p. 107912, jul. 2021.
- YANG, J.; SHEEHAN, T.; DAI, X. H.; LAM, D. Experimental study of beam to concrete-filled elliptical steel tubular column connections. **Thin-Walled Structures**, v. 95, p. 16–23, out. 2015.
- YANG, Z.; XUE, H.; QIAO, Q.; CAO, W.; CHEN, K.; BIAN, J. Axial local bearing behavior of circular reinforced concrete filled steel tube stub columns. **Engineering Structures**, v. 317, p. 118704, out. 2024.
- YAO, H.; GOLDSWORTHY, H.; GAD, E. Experimental and Numerical Investigation of the Tensile Behavior of Blind-Bolted T-Stub Connections to Concrete-Filled Circular Columns. **Journal of Structural Engineering**, v. 134, n. 2, p. 198–208, fev. 2008.
- YU, T.; TENG, J. G.; WONG, Y. L.; DONG, S. L.; Finite element modeling of confined concrete-II: Plastic-damage model. **Engineering Structures**, v. 32, n. 3, p. 680–691, mar. 2010.
- ZHAO, Y.-G.; LIN, S.; LU, Z.-H.; SAITO, T.; HE, L. Loading paths of confined concrete in circular concrete loaded CFT stub columns subjected to axial compression. **Engineering Structures**, v. 156, p. 21–31, fev. 2018.

ZHENG, S. et al. Advancements in interfacial bonding performance of concrete-filled steel tube members. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 213, p. 108346, fev. 2024.