



ACÇÕES DE CONFINAMENTO NO CONCRETO EM SEÇÃO CIRCULAR COM UTILIZAÇÃO DE CAMISAS METÁLICAS

Recebido: 12/12/18 Aprovado: 08/05/19

Diego Martins Gomes¹
Fagner Henrique Silveira Gonzaga²
Gustavo de Almeida Oliveira³
Matheus de Souza e Silva⁴

RESUMO

Os projetos da construção civil vêm a cada dia aprimorando seus processos construtivos a fim de encontrar soluções e materiais que obtenham vantagens e, como resultado, elementos estruturais, dentre outros, que venham a suportar maiores capacidades de cargas resistindo de forma às ações necessárias na aplicação desses processos. As construções, hoje, são mais executadas como matéria-prima principal o concreto. A pesquisa busca desenvolver estruturas que não tenham apenas nesse material suas especificidades, mas que de forma conjunta com o aço obtenha novos meios construtivos, não isoladamente, mas de forma híbrida. Assim, proporcionará utilizar as melhores capacidades de cada elemento, de modo a serem apenas um, com maior utilização e expansão de seus benefícios a esse setor. A utilização de aço, simultaneamente ao concreto, exercerá maior propriedade mecânica em relação aos esforços de tensão. O objetivo principal do trabalho foi avaliar a resistência final à compressão simples no processo de confinamento do concreto em aço tubular, analisando as rupturas em grupos com preenchimento diferenciado entre eles. As ações de compressão mecânica, obtendo assim como possível resultado do confinamento dado pelo tubo circular metálico, proporcionou maior resistência lateral ao concreto, exigido pelas tensões triaxiais. A análise final foi de comparação do comportamento do concreto submetido às ações de compressão hidráulica nos grupos de corpos de prova, verificando se o confinamento do concreto altera as características finais dos materiais, o valor final dos rompimentos correlacionados a forma colocada à exposição dessa compressão e sua influência na utilização desses componentes.

Palavras-chave: Compressão; Aço; Concreto; Tubo Circular Metálico.

¹ Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Minas Gerais (Brasil).
Especialização em Engenharia de Produção e Gerenciamento de Projetos pela Universidade Candido Mendes, UCAM, Rio de Janeiro (Brasil)

² Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade do Futuro - IESMAN, Manhuaçu (Brasil)

³ Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade do Futuro - IESMAN, Manhuaçu (Brasil)

⁴ Mestre em Construção Metálica pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Minas Gerais (Brasil)
Docente pela Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX, Espírito Santo (Brasil).
E-mail: matheussouzas@yahoo.com.br

CONTAINMENT ACTIONS ON CONCRETE IN CIRCULAR SECTION USING METAL LINERS

ABSTRACT

The civil construction projects come every day improving their constructive processes in order to find solutions and materials that obtain advantages and as a result, structural elements among others that will handle greater load capacities, resisting in form the necessary actions in the application of these processes. The constructions today are more executed as the main raw material, the research seeks to develop more structures that do not only have their specificities in this material, but that together with steel, obtain new constructive means, not in isolation, a hybrid way, they use the best capacities of each element, in order to be only one, with greater use and expansion of its benefits to this sector. The use of steel, simultaneously to the concrete, exerts greater mechanical property in relation to the tensile stresses, in this study, mechanical compression actions, thus obtaining as result of the confinement given by the metallic circular tube, greater lateral resistance to the concrete, required triaxial stresses. Its main objective is to evaluate the ultimate resistance to simple compression, without the process of confinement of concrete in tubular steel, analyzing as ruptures, in groups with differentiated filling between them. The final analysis will be the comparison and behavior of the concrete subjected to the hydraulic compression actions in the groups of specimens, to verify if the confinement of the concrete changes the final characteristics of the materials, and the final value of the ruptures correlated to the form placed the exposure of this compression and its influence on the use of these components.

Keywords: Compression; Stee; Concrete; Circular Metal Tube.

INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil a cada dia ganha espaço com projetos de estruturas mistas de aço e concreto pelas inúmeras vantagens que retratam, exemplificando uma relação entre esses materiais que resultam numa maior capacidade de que os elementos estruturais resistam a ações necessárias em projeto, além de uma fácil aplicação de seus processos. Vantagem essa, que vem a reduzir prazos e custos, sem comprometer a qualidade final e, conseqüentemente, a totalidade das estruturas edificadas.

Novas técnicas de execução e produtos surgem e crescem a gama de desenvolvimento do setor da construção, que a partir do concreto, mas não de forma isolada, traz novos materiais com maior utilização e expansão de seus benefícios a esse setor. Hoje em dia, a estrutura metálica ganha espaço e destaque em suas utilizações, e sua execução nas estruturas traz vantagens, como rapidez de execução, organização e diferenças consideráveis aos demais elementos.

A utilização de dois elementos, aço e concreto, se faz benéfica, onde pode-se extrair o melhor de ambos os materiais, para que de forma conjunta executem e ajam de forma a usar o melhor de cada em benefício de um só corpo.

Giongo e Pepe (1993) relacionam a utilização de concreto e aço no concreto armado, originando, assim, de forma efetiva à solidariedade que existe entre esses materiais, a qual é denominada de aderência. Faz-se a pesquisa para perceber as ações de solidariedade no confinamento sobre compressão, avaliando o comportamento quando as estruturas estão submetidas a esses esforços, para projetar estruturas com resultados de ductilidade, atividade essa, de suma importância na projeção de estruturas.

As propriedades mecânicas advindas da seção mista proporcionam aos projetistas uma melhoria em seus projetos quanto à redução de áreas desses materiais de forma isolada, sendo assim de maior eficiência, possibilitando novas formas de estruturas quando comparadas com as convencionais executadas.

Com a execução desse sistema misto, abrem-se caminhos para a fabricação de concretos que são cada vez mais resistentes a ações. Esses concretos propiciam a utilização de pilares ou outros elementos mistos, pois o desempenho de fragilidade apenas do concreto é relativamente minimizado nas compressões e pressões laterais, na qual o aço oferece sua resistência na expansão do concreto. Chamando esse efeito de confinamento do concreto.

O trabalho tem como objetivo fazer a avaliação das rupturas de corpos de prova, em

detrenimento da resistência final à compressão simples, subdivididos em três grupos com preenchimento de concreto usinado, preenchidos de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015).

As ações impostas por esse rompimento nos trarão informações pertinentes sobre as cargas que podem ser submetidas tais pilares, assim como a comparação dos resultados com métodos construtivos diversos, com ou sem utilização da camisa metálica. Os referentes resultados podem gerar métodos que reduzam as espessuras de pilares, influenciando, assim, na área utilizada na construção e ganho de área útil na construção.

REFERENCIAL TEÓRICO

O AÇO

O aço é um material com alta resistência em seus estados de solicitação, tração, flexão e compressão, que possibilita que as estruturas suportem grandes esforços, mas esbeltos, dimensões relativamente inferiores a outros materiais. Outros fatores que podemos perceber na utilização desse mesmo material é uma maior área útil, viabilizando maiores vãos, pois estruturas metálicas são mais leves em comparação ao concreto, podendo, assim, resultar em dedução nas cargas atuantes nas fundações (RODRIGUES, 2016).

O CONCRETO

O concreto é um material amplamente difundido na área de construção civil devido a fácil obtenção de estruturas de diversas formas e dimensões, adaptando-se a qualquer ambiente, todavia com necessidades de formas.

O baixo custo de mão de obra e do próprio material facilitam a sua utilização em larga escala, na qual interferem na utilização de outros e na execução geral de uma edificação. (METHA; MONTEIRO, 2014).

ESTRUTURAS MISTAS E PILARES MISTOS

A utilização de aço, simultaneamente ao concreto, exerce uma maior propriedade mecânica em relação aos esforços de tensão, especificamente tratado neste estudo, e a força de compressão, onde o aço absorve mais cargas, reduzindo, assim, sua seção em relação ao fato isolamento na estrutura.

Os elementos estruturais mistos, como os pilares, são constituídos de forma básica simples ou composta de um aço estrutural preenchido ou revestido de concreto. Furlong (1988) iniciou pesquisas para representar a capacidade de que pilares de concreto e aço, de forma única, suportariam capacidades de carregamento maior que apenas a laminação de aço isolado. Conseguiu determinar que as forças de cisalhamento nesses pilares estruturais comprimidos serão pequenas, pois existe grande relação entre os dois materiais.

Então, se denomina os sistemas mistos, quando o perfil, que seja laminado, soldado ou a frio de aço, realiza trabalho concomitante ao concreto, armado ou não, formando ações estruturais conjuntos (FURLONG, 1988).

A NBR 8800 (ABNT, 2008) define, de forma igual, que a estrutura mista é a formação de componentes juntos de concreto e aço, armados ou não, que trabalham em conjunto e simultaneamente. As interações entre esses elementos podem ser dadas por meios mecânicos, atrito e forças axiais, ou, também, por aderência e repartição de cargas.

O preenchimento de pilares ou até mesmo o seu revestimento, conseguiria vantajosas utilizações nos processos construtivos, visto que poderiam ser empregados de diversas formas, alcançando objetivos que apenas isoladamente o concreto e/ou aço não poderiam conseguir.

Portanto, deve-se garantir que esses materiais tenham comportamento de forma única e conjunta, para obterem deformação como um único elemento, com interação aço-concreto com ligação entre eles, de forma rígida ou semirrígida.

Diante disso, os pilares tubulares mistos de aço e concreto, em específico, estão nesse momento sendo mais apreciados na utilização de projetos arquitetônicos estruturais, por motivos de sua esbeltez e com comprovações de elevado poder de rigidez em comparação a outras especificidades de aços, podendo, assim, ser empregados nas mais diversas situações de atividades estruturais.

Ribeiro Neto (2016), em seu artigo, avalia pilares mistos compostos como um sistema aço-concreto misto quando há um perfil de aço, sujeito a ações de modificações e realiza um trabalho em conjunto com o material concreto, nas quais se identifica pilares, vigas e lajes mistas ou de ligações mistas.

Alguns pontos são descritos pelo autor na utilização dos materiais em conjunto e isoladamente, como possibilidade de não utilizar escoras e fôrmas e redução de volume e peso próprio das estruturas, quando executado em sistemas mistos, e quando de ordem isolada, aço simples, há dedução de aço estrutural e de forma a reduzir as proteções das intempéries em

relação ao aço.

De forma geral, os pilares são formados por perfis de aço, um ou mais, dependendo das ações projetadas, que venham a ser preenchidos ou revestidos de concreto. Essa junção de materiais ocasiona em diversas situações benéficas nas edificações, como, por exemplo, proteção à corrosão e fogo e, principalmente, como já mencionado, o aumento significativo da resistência do pilar.

Pode-se observar uma contribuição para aumento da rigidez das estruturas nos carregamentos de forma horizontal, com cargas de compressão, mas, também, a característica de ductibilidade se diferencia em relação aos demais processos executivos de pilares, apresentando uma conduta de grau de deformação que esse material irá suportar até o momento de sua fratura.

Outra vantagem observada na literatura é a ausência das formas durante o processo de execução dos pilares que possibilitam em sua própria forma preenchimento, reduzindo custos com materiais não permanentes, mão de obra e maior agilidade no processo executivo.

O CONFINAMENTO EM SEÇÃO CIRCULAR

As formas circulares têm valores de força máxima axial muito superior aos valores de outras seccionamentos. O efeito ocasionado nesses tubos é denominado confinamento pelo tubo metal com concreto preenchido, que ocasiona maiores resistências como já descrito acima e demonstrado suas características no perfil (Figura 1):

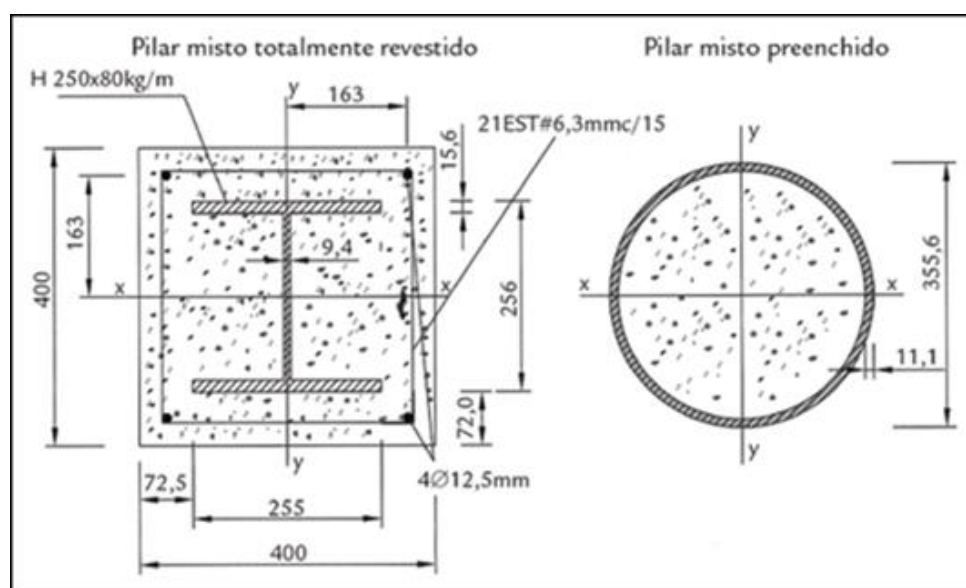


Figura 1. Pilar misto com geometria quadrada e circular

Fonte: Braga (2011).

De forma simples, o confinamento nada mais é do que a resistência colocada pela parede circular do tubo metálico e quando ocasionada pela ação de expansão do concreto em sentidos laterais em estados de tensões triaxial, sendo submetido a um estado biaxial.

Fadini (2016, p. 34) explicita: “[...]a aderência natural pode variar de acordo com a geometria do perfil tubular. Nos perfis de seção circular, o atrito desenvolve-se em todo o perímetro da superfície interna, proporcionando maior tensão de aderência aço-concreto”. Na utilização de seção circular desse tipo de pila mistos, devemos conhecer o processo ou fenômeno chamado de confinamento. Quando a estrutura conhecida como híbrida, ou seja, que pode vir a ser utilizada com componentes de aço ou mistos de aço e concreto, em ligações com componentes de concreto armado pré-moldado ou moldados in loco, não havendo nenhuma separação dos materiais que irão agir de forma única no pilar, e comparados em suas especificidades de forma isolada, em conjunto, terão agregados suas capacidades de resistência.

Sobre as ações de confinamento, Rodrigues (2016) expõe os dois tipos de confinamento do concreto que são descritos como ativo, onde ele decorre devido à submissão de cargas externas e pela protensão transversal ou utilização de materiais expansivos confinados, ocasionando no concreto uma ação de estado triaxial de compressão, e o passivo se encontra quando o concreto está sendo submetido a apenas tensões de compressões, de forma progressiva, provocando, assim, fissuras internas e propiciando uma expansão lateral do concreto em relação aos estribos ou barras longitudinais que armam e atravessam o concreto.

Quando o confinamento do concreto age de forma passiva, como pode ocorrer nos estribos, chapas de aço e camisas de compósitos, considera-se um aumento mínimo da resistência à compressão do concreto, pois ele está fissurado. Nesse mesmo, há uma redução da expansão do concreto e sua fissura aumenta deformação máxima do concreto. O confinamento resulta da presença de ações de formas transversais ao eixo longitudinal do pilar, propiciando o acréscimo de capacidades de resistência e ductilidade.

Para antecipar alguns comportamentos dos elementos estruturais submetidos a ações de compressão, devem-se conhecer esses procedimentos do confinamento do concreto, de forma a projetar e definir questões específicas de projetos de armadura transversal mínima que seja necessária para prover certa ou maior ductilidade esperada. Assim também como avaliações em fatores de segurança para elementos que virão a ser submetidos a sobrecargas não previstas, e também se necessário na utilização desse método em reforço de pilares.

Na Figura 2, são apresentadas formas geométricas em suas seções transversais onde acontecem comportamentos diferenciados em cada estrutura.

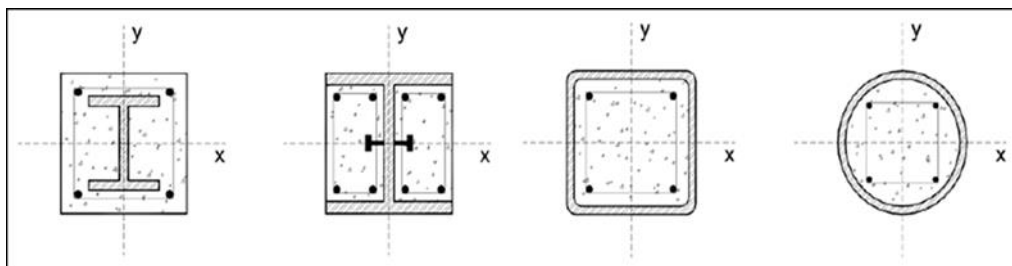


Figura 2. Seção transversais de pilares mistos de aço e concreto previstas.

Fonte: Caldas et al. (2007).

A ADERÊNCIA

A aderência nas peças de concreto, caso esteja apenas superposta, não obtendo nenhuma ligação de forma efetiva, ocasiona uma aderência não adequada para a junção desses dois materiais. Caso se tenha outro material entre esses dois, aço e concreto, a possibilidade de redução de aderência se torna muito mais real. Clímaco (2013) discorre sobre a propriedade de aderência, onde cita que “[...] a peça executada não pode ser considerada propriamente como de concreto armado e sim composta por dois materiais – concreto e aço – trabalhando do ponto de vista estrutural, sem solidariedade”. Para uma ação desejada de compatibilidade de deformações, a aderência entre os dois materiais tem que ocorrer.

A grande propriedade compreendida na aderência de aço e concreto é a solidariedade, de forma que quando solicitado a utilização dos dois, não ocorra escorregamento ou deslizamento, compreendido, assim, uma aglutinação de materiais, que é uma condição básica no comportamento. Clímaco (2013) então define: “[...] a aderência é, portanto, a propriedade que garante o cumprimento das leis básicas que regem os sistemas estruturais elásticos, estudados na Teoria das Estruturas”. O módulo de elasticidade do concreto é bem menor do que a do aço, quando carregados encurtamentos e ações iguais.

Botelho e Marcheti (2017) citam que quando um pilar é comprimido, ele cede lateralmente, gerando tensões de tração. A contenção dessa ação pode ser comedida com a ação de aços, dessa forma, diminuindo os esforços de tração a qual estão submetidos, onde resistem melhor a compressão do que o resistido pelo concreto.

As solicitações de compressão axial nos pilares preenchidos de concreto tem boa envoltura no tubo metálico de seção circular, de forma eficiente e segura, quando comparados

a outras formas de seções de demais tubos de aço (SIMÕES, 2008).

Braga (2006) discorre que os pilares mistos que são preenchidos em geometria circular se deformam inicialmente e são mais econômicos do que os pilares quadrados, com relação à igualdade de área da seção transversal. Em relação à resistência de compressão e escoamento da seção bruta, os ensaios regidos na literatura demonstram que a seção quadrada não atinge a mesma resistência que os de seção circular, pois tem maior deformação local nas paredes internas.

METODOLOGIA

A seguir serão descritos os materiais e métodos utilizados na confecção do preparo dos perfis tubulares utilizados para rompimento dos corpos de prova, que serão preenchidos por concretos usinados, assim como informações e especificidades desses materiais, com laudos técnicos para ser analisada a aderência desses pilares mistos. Serão apresentados, de forma isolada, os materiais e os métodos específicos de produção e rompimento dos corpos de provas dentro dos padrões estabelecidos pela norma da NBR 5739 (ABNT, 2018). As atribuições de cada material informam quais as especificidades de cada elemento, assim também como seu papel quando utilizado e solicitado durante a confecção, rompimento e análise de resultados.

O AÇO

Para a moldagem dos pilares foram utilizados tubos circulares com diâmetros relativamente altos em relação a suas espessuras de seção circular, na qual serve também como formas para confinamento do concreto. O aço utilizado foi o tubo industrial redondo, seccionado para conseguir as medidas necessárias para as normas em questão, como estabelecido pelos métodos simplificados da NBR 8800 (ABNT, 2008), também observado os equipamentos de compressão que serão utilizados até o fim dos processos.

CONCRETO

Neste estudo, foi estabelecido que a utilização de concreto no preenchimento dos perfis tubulares foi o usinado, um tipo de concreto que tem em sua produção uma central de

dosagens onde seus materiais são monitorados e controlados para que seu produto final tenha qualidade esperada, superiores ao concreto feito in loco. O concreto utilizado foi da empresa Congrelagos Concreto Ltda., responsável pela emissão do laudo que comprova suas especificidades e resistência, e contribuirão para as ações do projeto de acordo com a NBR 7212 (ABNT, 2012) (Execução de concreto dosado em central – Procedimento).

Tabela 1. Materiais utilizados no concreto

Tipo de concreto	Material utilizado				
	Aglomerante	Agregado graúdo	Agregado miúdo	Aditivo	Fck
CL	Cimento CPIII - 40 RS	Brita 0	Areia natural	Polifuncional	25
		Brita 1	Areia artificial		

Fonte: ABNT 16697 (2018)

AGLOMERANTES – CIMENTO

A fim de analisar a resistência do concreto em perfis tubulares mistos, preenchidos, nesse experimento foi utilizado o Cimento Portland de alto-forno CP III 40 - RS da Intercement. Essa classe de cimento apresenta resistência aos 28 dias superior ao cimento comum. Os cimentos resistentes a sulfatos (tipo RS) proporcionam maior durabilidade contra ataques químicos, que atendem as exigências químicas, físicas e mecânicas apresentadas pela NBR 16697 (ABNT, 2018) (Tabela 2, 3).

Tabela 2. Requisitos químicos cimento Portland (expresso em porcentagem de massa).

Sigla	Resíduo insolúvel (RI)	Perda ao fogo (PF)	Óxido de magnésio (MgO)	Trióxido de enxofre (SO ₃)
CP III	≤5,0	≤6,5	-	≤4,5

Fonte: ABNT 16697(2018)

Tabela 3. Requisitos físicos e mecânicos.

Sigla	Classe	Finura	Tempo de início de pega	Expansibilidade a quente	Resistência a compressão Mpa				Índice de abertura
		Resíduo na peneira 75 µm			1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	
		%			min	mm			
CPIII	40	≤10,0	≥60	≤5	-	≥12,0	≥23,0	≥40,0	-

Fonte: ABNT 16697(2018)

ADITIVOS

A utilização do aditivo polifuncional tem como objetivo as funções plastificantes e superplastificante, a qual reagem quimicamente com o cimento, melhora os processos de hidratação, obtendo como produto final um concreto de maior plasticidade e resistência mecânica.

CORTE DO PERFIL TUBULAR DE AÇO

Todos os corpos de prova utilizados neste estudo têm como diâmetro externo (D) valor de 4'' equivalentes a 100mm, diâmetro interno (d) 95mm, sua espessura (t) igual a 2,5mm e comprimento (L) igual a 200mm (Figura 3).

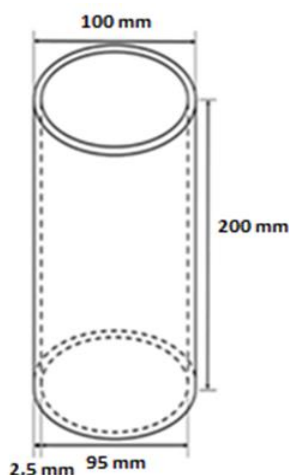


Figura 3. Geometria do perfil tubular circular.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Faz-se necessário o corte do perfil tubular do aço, pois no mercado não há disponibilidade das especificações necessárias para o projeto. O perfil foi seccionado nas dimensões exigidas e foi utilizada a Policorte motomil sc 100 t 220/380 3 hp | 2,22 kW, com acabamento final Lixadeira angular 7 “ D28493PW dewalt 2200.

AGREGADOS MIÚDOS

O agregado miúdo necessário para fabricação desse concreto foi areia natural, equivalente a 80%, e areia artificial em valores utilizados de 20% desse agregado, também retirado na Pedreira Bom Jardim (Reduto/ES).

AGREGADOS GRAÚDOS

Para a produção do concreto, foi utilizado a brita 0 e brita 1, fornecidas pela empresa do concreto usinado, retirada da Pedreira Bom Jardim (Reduto/ES).

DOSAGEM DE CONCRETO

O traço executado para o concreto em questão advém da produção do concreto usinado, aplicado para confecção de pavimentação de um Condomínio na cidade de Manhuaçu, utilizando uma pequena parte para o preenchimento parcial e/ou total dos tubos circulares. Foi respeitado a resistência e a compressão estabelecida em 25 MPa aos 28 dias.

A Tabela 4 representa a identificação e consumo de dosagem seca. Os traços apresentados (Cimento, Agregado Miúdo, Agregado Graúdo, Agregado Miúdo, Aditivo, Água), considerando SLUMP da ordem de 15 ± 2 cm, para que todos apresentem as mesmas características no estado fresco.

A fim de analisar a resistência do concreto em perfis tubulares mistos preenchidos nesse experimento, foi utilizado o Cimento Portland de alto-forno CP III 40 - RS da Intercement. Essa classe de cimento apresenta resistência aos 28 dias superior ao cimento comum. Os cimentos resistentes a sulfatos (tipo RS) proporcionam maior durabilidade contra ataques químicos, que atendem as exigências químicas, físicas e mecânicas apresentadas pela NBR 16697 (ABNT, 2018) (Tabela 4.)

Tabela 4. Dosagem de insumos.

Fck 25,0MPa – Slump 15±2cm
Cimento = 280 kg/m ³
Brita 0 = 205 kg/m ³
Brita 1 = 686 kg/m ³
Areia natural = 713 kg/m ³
Areia artificial = 178 kg/m ³
Aditivo Polifuncional = 2,24 l/m ³
Água = 227 l/m ³
1 : 3,58 : 3,18 : 0,1 : 0,81

Fonte: Congrelagos Ltda (2018).

PERFIL TUBULAR MISTO DE AÇO-CONCRETO – PREENCHIMENTO

Na confecção de preenchimento dos tubos foram selecionados três grupos de três unidades. Dessa forma, o Grupo A não foi preenchido; o Grupo B foi preenchido de acordo com a figura 5; e o Grupo C foi preenchido de forma total. Para preenchimento do Grupo B, representado na Figura 4, inicialmente foi afixada a base do tubo uma placa de poliestireno expandido (Isopor) de 30mm de diâmetro interno, como o do tubo circular, possibilitando após o tempo de cura derivar-se locais sem preenchimento na parte superior e inferior, podendo, assim, obter deslocamento durante o processo de compressão.

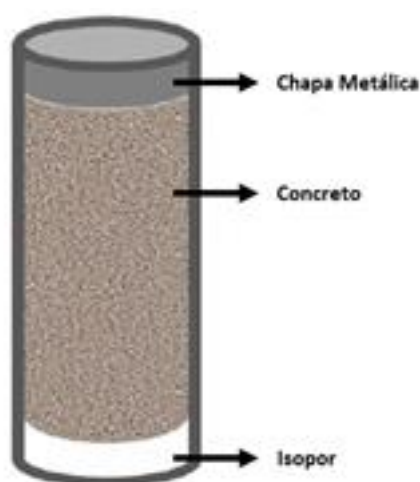


Figura 4. Composição de preenchimento Grupo B.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Para preenchimento do tubo a ser ensaiado, como indicado nas Figuras 6, 7 e 8, nas dimensões de D 100mm, foram utilizados 12 golpes, batendo levemente na face externa do molde até o fechamento de eventuais vazios, distribuídos uniformemente em toda a seção transversal do molde. Foi recolhido o concreto durante o descarregamento da betoneira e executado o preenchimento a seguir, sem sofrer interrupção. Inicialmente realizado na obra já mencionada, e a partir de 24 de preenchido, foi levado aos laboratórios da Faculdade do Futuro, onde foi esperado o tempo de cura do concreto, seguindo a NBR 5738 (ABNT, 2015).



Figura 5. Preenchimento do perfil tubular circular.

Fonte: Elaboradas pelos autores (2018).



Figura 6. Preenchimento do perfil tubular circular.

Fonte: Elaboradas pelos autores (2018).



Figura 7. Preenchimento do perfil tubular circular.

Fonte: Elaboradas pelos autores (2018).

CHAPAS METÁLICAS

Para utilização na prensa hidráulica será necessária a utilização de discos metálicos na parte inferior e superior dos tubos preenchidos como concreto usinado, a fim de compressão apenas desse material, não sendo comprimidas as camisas metálicas que poderão estar em contato com as partes da prensa. Para esse efeito, foram confeccionados seis chapas de 94,8 de diâmetro e 20mm de espessura, realizado em processos do Torno Mecânico Atlasmaq TM-360 por funcionário habilitado em tais processos.

ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA – PRENSA HIDRÁULICA

O teste realizado foi de resistência do concreto, pelo método do ensaio de compressão axial, representado nas Figuras 8, 9 e 10, sendo submetidos grupos de corpos de prova preenchidos ou não de formas diferenciadas e apresentados os seus resultados.

Os rompimentos foram efetuados no laboratório de engenharia civil da Faculdade do Futuro, em Manhuaçu, sendo disponibilizado o equipamento para tal processo.

A utilização da Prensa Elétrica Paviteste I-3025-B digital, 1,5 HP, com capacidade de 100 toneladas, referentes a NBR NM-ISO 7500-1, da empresa Contenco Indústria e Comércio Ltda., com última calibração aferida em 30/10/2014, que se aplicou em ensaios de tração na

flexão em corpos de prova prismáticos, compressão diametral, compressão e rompimento em corpos de prova, correspondendo os dois últimos à nossa ênfase de pesquisa.



Figura 8. Rompimento perfil tubular circular – chapas metálicas.

Fonte: Elaboradas pelos autores (2018).



Figura 9. Rompimento perfil tubular circular.

Fonte: Elaboradas pelos autores (2018).



Figura 10. Final do rompimento perfil tubular circular.

Fonte: Elaboradas pelos autores (2018)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados obtidos por meio dos ensaios de compactação dos corpos de provas a ações de resistência a compressão, apresentando por intermédio de gráficos gerados pelo programa Pavitest Concreto, com análise específica de cada um dos grupos de corpos de provas anteriormente apresentados.

ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA

Para caracterização dos protótipos/corpos de prova foram realizados os ensaios mencionados com carga de compressão, aplicado no núcleo do concreto derivando ações pertinentes a cada grupo após atingir a cura do concreto de 28 dias, sendo que não ocorreu nenhuma hidratação, seguindo a NBR 5739 (ABNT, 2018), de forma a não comprometer a resistência final do aço durante o esforço de compressão e possível expansão do material confinado.

A análise final foi de avaliar o comportamento do material confinado, o concreto, assim como sua resistência comparada com a forma de compressão previamente estabelecida de cada grupo de corpos de prova em seção mista aplicada nas extremidades, possibilitando a identificação da pequena faixa de aço envolta no concreto e sua influência na utilização desses componentes.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do rompimento de cada grupo de corpo de prova, identificados como A, B e C, assim também com valores convertidos de tf emitido pela prensa, agora para kN.

Tabela 5. Conversão de dados: tonelada força para quilonewton.

Corpo de prova		Diâmetro (cm)	Força (tf)	Força (kN)
A	1	0,1	19	186,33
	2	0,1	18,8	184,36
	3	0,1	18,2	178,48
B	1	0,1	50,7	497,19
	2	0,1	49	480,52
	3	0,1	32,9	322,64
C	1	0,1	32,2	315,77
	2	0,1	30,2	296,16
	3	0,1	27,7	271,64

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

CORPOS DE PROVA – GRUPO A

Para realização da compressão dos corpos de prova do grupo A foram expostos a esforços de compressão somente na camisa metálica, sendo que eles não foram concretados, mas dispostos no centro da prensa hidráulica e aplicada a força uniformemente na borda do cilindro vazio para ser verificado qual a tensão de ruptura do aço agindo de forma isolada como estrutura e modelo único.

Após atingir o estado limite da camisa metálica vazia, ela deforma, formando um anel em volta do seu perímetro, caracterizando o seu rompimento.

As três unidades do tubo circular foram expostas à tensão diretamente nas extremidades superior e inferior, com resultado de ruptura, conforme Figura 1, e pode ser observada a sua utilização de acordo com as propostas de Rodrigues (2016), percebendo a atuação de forma isolada dos tubos de aço circular.

Após atingir o estado limite da camisa metálica vazia, ela deforma, formando um anel em volta do seu perímetro, caracterizando seu rompimento. Os corpos de provas identificados

na Figura 1 têm, então, seus valores de ruptura: corpo de prova 1 – 186,33 kN; corpo de prova 2 – 184,36 kN e corpo de prova 3 – 178,36 kN.

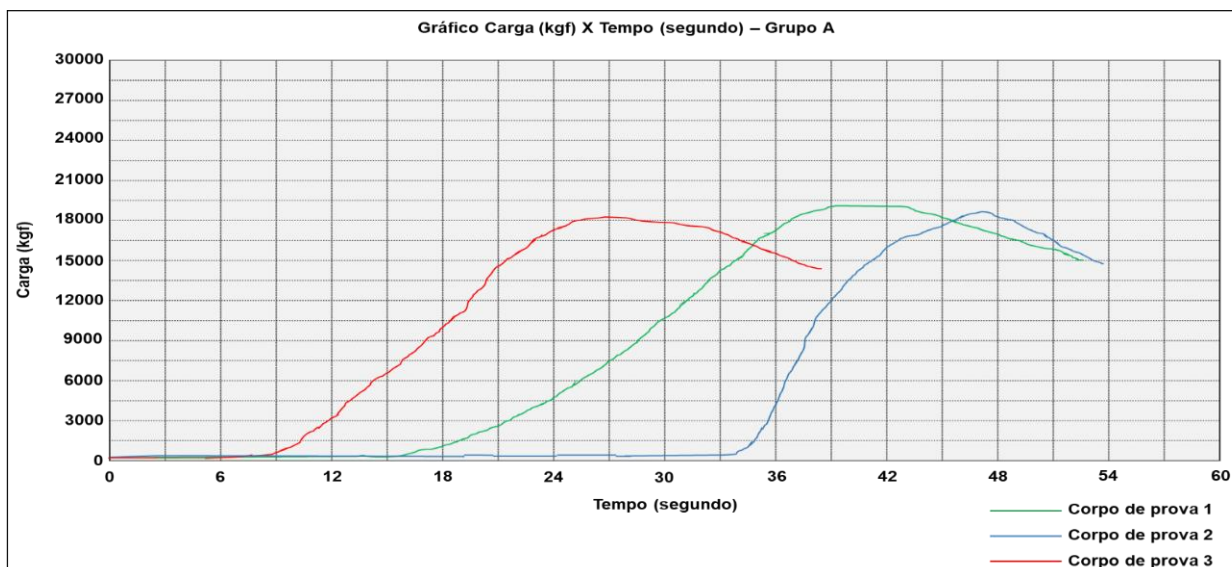


Figura 1. Resultado Pavitest Concreto - Grupo A

Fonte: Pavitest Concreto – reproduzida pelos autores (2018).

Os corpos de prova do grupo A suportaram valor médio 183,06 kN de resistência à compressão. O aço tem sua resistência à tração e compressão de valores iguais, mas neste estudo a compressão é avaliada e será comparada a utilização híbrida dos compostos aço e concreto.

CORPOS DE PROVA – GRUPO B

Na caracterização de rompimento dos corpos de prova do grupo B houve utilização dos discos metálicos, para que a força aplicada pela prensa estivesse apenas em contato com o concreto, utilizando, portanto, o confinamento do material, concreto, pelo tubo circular assim como referenciado por Rodrigues (2016), dessa maneira, não ocasionando forças de compressão no conjunto e/ou na camisa metálica. Foram utilizados três discos metálicos na parte inferior e três na parte superior do corpo de prova. As forças estabelecidas durante o processo podem ser observadas na Figura 2.

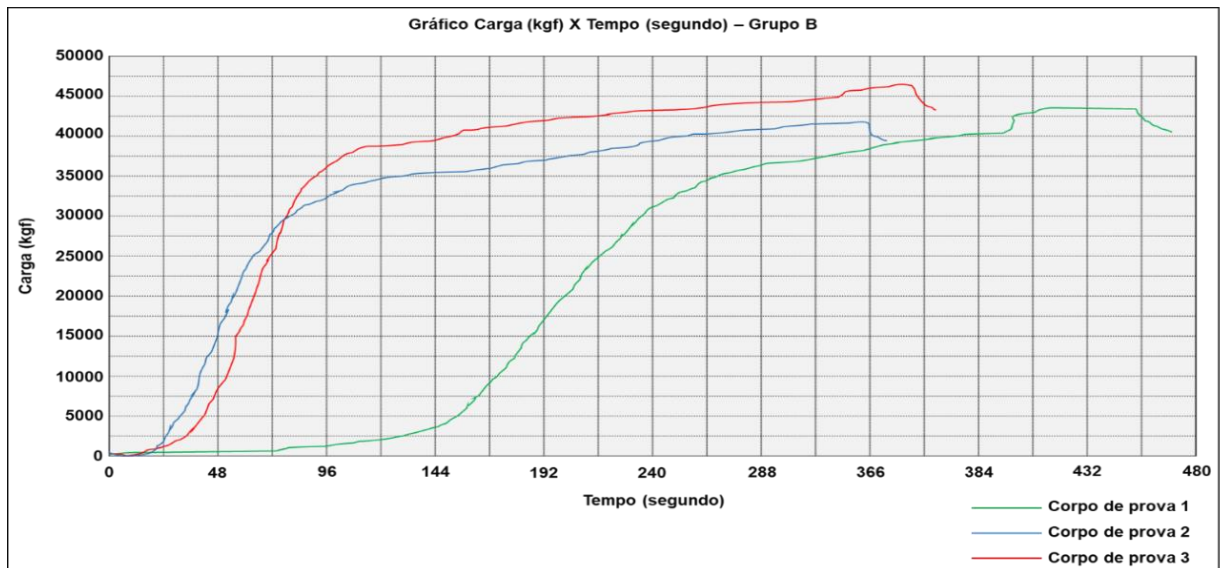


Figura 2. Resultado Pavitest Concreto - Grupo B

Fonte: Pavitest Concreto – reproduzida pelos autores (2018).

Analisando as tensões de ruptura na Figura 2, observamos os seguintes resultados: corpo de prova 1 – 497,19 kN; corpo de prova 2 – 480,52 kN e corpo de prova 3 – 322,64 kN.

O valor médio de ruptura é de 433,45 kN, estabelecido por meio da média dos três corpos de prova. Consta-se que há um grande aumento, quando comparado a utilização de cilindros vazios e preenchidos de concreto, provocando um aumento de mais de duas vezes no valor final de compressão e ruptura desse corpo de prova. Porém o confinamento desse concreto na camisa metálica só pode ser contraposto para finalidade de cálculos e execução de pilares, quando submetido a relação com o Grupo C, e podem ser percebidas as ações do concreto associadas ao aço, agindo de forma conjunta.

O corpo de prova de número 3 desse grupo obteve valores finais de tensões abaixo do esperado, quando comparado aos demais. Alguns erros podem ter ocasionado tal diferença, como um posicionamento indevido dos discos de metal, não conforme apenas com o contato no concreto. Outro erro pode ser devido a vibração da prensa e corpo de prova, que pode fazer com que se tenha contato do disco com as laterais do tubo de metal, aumentando a capacidade cortante, que poderia influenciar nas modificações e condições finais dos materiais, obtendo diminuição de resistência pelas pressões laterais em contato com o aço, como acontece posteriormente no grupo C.

CORPOS DE PROVA – GRUPO C

A realização do ensaio dos corpos de prova do grupo C foram realizados de forma que a prensa tocasse toda a superfície do tubo preenchido a atingir completamente a borda da camisa metálica, juntamente com toda a face concretada, aplicando a força em toda a face transversal do corpo de prova, citado por Furlong (1988) e Ribeiro Neto (2016), sobre a utilização dos dois materiais de forma conjunta, sendo representado com resultados de compressão em kN registrados pelo programa Pavitest (Figura 3).



Figura 3. Resultado Pavitest Concreto - Grupo C

Fonte: Pavitest Concreto – reproduzida pelos autores (2018).

A média dos corpos de prova ensaiados foi de 294,52 kN de esforços a compressão, mas seus resultados unitários são expressos dessa forma: corpo de prova 1 – 315,77 kN; corpo de prova 2 – 296,16 kN; e corpo de prova 3 – 271,64 kN.

A análise comparativa desses resultados precisa ser reforçada, já que a compressão realizada na face dos dois materiais é executada de forma a agir hibridamente nos compostos no final do processo de prensa e ruptura (RIBEIRO NETO, 2016).

ANÁLISE FINAL

A resistência final à compressão simples sofrida pelos corpos de prova nos dão os seguintes resultados: concreto usinado: 177,20 kN; grupo A: 183,06 kN; grupo B: 433,45 kN; e grupo C: 294,52 kN.

Observa-se que quando somados os valores de compressão aço e concreto usinado, demonstra-se que a utilização desses elementos de forma isolada será mais benéfica para as ações impostas neste estudo, absorvido antes da ruptura pelo corpo de prova.

O perfil tubular preenchido, exposto a ações da prensa em sua área de concreto, ou seja, no núcleo, absorve valores maiores de tensão antes de seu rompimento. O confinamento executado por essa camisa metálica eleva os índices de força na qual foram submetidos. O rompimento do concreto usinado a 177,20 kN é ampliado a 433,45 kN quando sobre ação desse comportamento estudado, com valores de ruptura aproximados a 2,446 vezes de sua exposição relativa ao concreto estabelecido como parâmetro, aumentando sua resistência de 144,61%.

A orientação e visão de resultados é por meio do confinamento do concreto usinado resistência usual (25 MPa), com conversão realizada para um corpo de prova de diâmetro equivalente a 95mm com valores de ruptura de 177,20 kN, encamisado por parede do tubo de aço em seção circular sem costura. As conclusões aqui citadas dentro do processo de pesquisa são baseadas nos ensaios experimentais realizados. As referências são aliadas às pesquisas bibliográficas, estudos e normas, comparação e discussão dos resultados.

Quando analisamos os gráficos com os resultados obtidos, percebe-se que a flexões normais compostas, combinação de ações de força normal e momentos fletores, mesmo com a aplicação sendo executada no Grupo B, apenas em contato com o concreto.

O aumento da capacidade de resistência, observando as deformações nas laterais das paredes dos corpos de prova, é atribuído pela contenção realizada pelo tubo metálico. O comportamento do revestimento apresentou positivamente adequado a sua contribuição no processo de ruptura, relacionados à absorção de força a ações de compressão, sendo assim, o tubo com revestimento apresenta maiores capacidades mecânicas quando equiparados aos não preenchidos. O valor referido de 177,20 kN do concreto usinado tem sua capacidade de resistência superada pela resistência do Grupo B, 433,45 kN, onde percebe-se que o confinamento eleva as características mecânicas a compressão.

CONCLUSÃO

Para cada grupo de corpos-de-prova foi determinada uma média de valores de resistência para melhor compreensão e verificação em relação às demais médias dos grupos estudados com aproximação de duas casas decimais. Foi comprovada a viabilidade do uso das

camisas metálicas para o confinamento do concreto, sendo observado que os componentes aço e concreto quando usados de forma conjunta tem resistência superior a utilização dos componentes isolados, e em comparação às somas de concreto usinado, e aço, as características de compressão são inferiores à compressão no concreto revestido na camisa metálica.

Na revisão bibliográfica foi identificada a constituição de pilares executadas em seções tubulares de aço com preenchimento de concreto, mas neste estudo o foco foi a utilização de concreto usinado de fck 25 Mpa para análise de efeitos de compressão e seu comportamento em estruturas mistas.

A capacidade resistente do concreto confinado em relação ao concreto usinado, na qual não houve confinamento, foi maior em todos os corpos de prova realizados e casos estudados. Então o aumento da capacidade resistente do concreto é devido à contenção as deformações causadas nesse material e em suas paredes pelo tubo circular, em que está envolvido.

Uma das vantagens da utilização desse composto aço e concreto e a possibilidade de utilização de processos construtivo com aumento da resistência e da rigidez, causados pela associação desses materiais, onde vem a reduzir substancialmente as dimensões estruturais, ocorrendo, assim, grande economia de material.

Outro ponto visto como vantajoso é a desse sistema propiciar proteção em casos de incêndio, proteção ao fogo e, também, as intempéries que podem causar a corrosão. O aumento dessa firmeza contribui para os carregamentos horizontais associados à compressão. A ausência de materiais e formas, também considerados benéfico, com possibilidades de redução no orçamento e execução final, como agilidade na construção. Verifica-se que o produto final executado amplia a gama de processos construtivos, mas quando apenas há esforços de compressão na área de concreto do preenchimento, e não quando solicitados de forma a sua área total, concreto e aço.

A caracterização desse elemento estudado resulta do envolvimento lateral do concreto por aço. As ações de resistência à compressão são propiciadas pelo revestimento, como comparados nos gráficos anteriores, mas, além dessa ação, essa estrutura impede a flambagem local.

Espera-se que os resultados aqui obtidos possam contribuir para o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas que sejam referentes e associados a esse trabalho com perfis tubulares de aço, preenchido com concreto usinado, buscando alternativas de materiais e

comportamentos a ações necessitadas em processo de trabalho. O comportamento híbrido de aço e concreto é muito estudado, mas algumas sugestões para trabalhos futuros podem se desenvolver e concentrar nesta pesquisa, com possibilidade de avançar nesse sentido, com alterações em algumas variáveis. Entre eles:

Novas relações em ensaios experimentais para verificar os resultados, obtendo novos resultados com correlação de diâmetro/espessura diferentes nos tubos circulares de aço;

Realização de ensaios de compressão com outros tipos de seções tubulares, quadradas e retangulares, para novas comparações de resultados com seccionamentos diferenciadas deste estudo;

Realização de rupturas com outros valores para a resistência a compressão do concreto usinado;

Estudar o comportamento desse modelo em situação de incêndio;

Verificar novas bibliografias em estudos com utilização de outros tipos de concreto, também executando esse mesmo modelo de pesquisa aqui adotado;

Realizar ensaios experimentais, aplicando a utilização de conectores observados em ensaios de cisalhamento encontrados na literatura, como tubos preenchidos com concreto com utilização de pinos para transferência de cargas pela sua cabeça;

Outro fator importante pode ser a verificação dos pilares mistos com relação ao seu índice de esbeltes para a contribuição no surgimento do confinamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____.NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

_____.NBR 7212 – Execução de Concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____.NBR 16239 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares. Rio de Janeiro, 2013.

_____.NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____.NBR 5739 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. Concreto armado eu te amo. 7. ed. - 2013, 3ª reimpressão . Edgard Blucher 2017.

BRAGA, A. C. G. Estudo de pilares mistos aço concreto com comparativos entre soluções em aço e em concreto armado. Vitória: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. 241p.

BRAGA, A. C. G. Pilares mistos aço-concreto e comparativo de custo com pilares de aço e pilares de concreto armado. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 64(4), 407-414, out. dez. | 2011. p412.

CALDAS, R. B., FAKURY, R.H., JR. J. B. M. S. Bases do dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto segundo o projeto de revisão da NBR 8800. Rem: Rev. Esc. Minas vol.60 no.2 Ouro Preto Apr./June 2007.

CLÍMACO, J. C. T. de S. Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2. ed. Revisada, 1ª impressão. Brasília: Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CONGRELAGOS. Solare construtora e incorporadora Ltda. Dosagem de concreto: Laudo técnico. Reduto, MG. 2018

FADINI, J. N. Desempenho do concreto leve em seções mistas. Tese de Pós-Graduação: Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Ouro Preto, MG. 2016.

FURLONG, R. W. Concrete Encased Steel Beam Columns: Design Tables. ASCE J. Struct. DI v.100, n. ST9, p. 1865-1883. 1988

GIONGO, J. S.; PEPE, S. Concreto armado: ancoragem por aderência. São Carlos, Serviço gráfico da EESC, 1993.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2.ed. IBRACON, 2014.

RIBEIRO NETO, J. G. Análise teórico-experimental do uso de parafuso estrutural como conector de cisalhamento em pilar misto composto de perfil tubular preenchido com concreto. Tese de Pós-Graduação: Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Ouro Preto, MG. 2016.

RODRIGUES, B. H. Estudo da aderência ao aço dos concretos convencional, leve e incorporado em seções mistas de perfis tubulares. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil– PROPEC. Ouro Preto, MG, 2016.

_____.NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.



SIMÕES, R. Efeito do confinamento em pilares mistos curtos de aço e concreto. Dissertação de Mestrado: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.