

## AVALIAÇÃO DE MODELO PARA DIMENSIONAMENTO DA LIGAÇÃO PILAR-FUNDAÇÃO POR MEIO DE CÁLICE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Talita Almeida Minelli Martins (UEPG) tali.aminelli@gmail.com  
Gabriela Mazureki Campos Bahniuk (UEPG) gabriela.campos@uepg.br

**Resumo:** A ligação pilar-fundação, por meio de cálice, para estruturas de concreto pré-moldado é a mais utilizada no Brasil. A atual norma Brasileira, ABNT NBR 9062 (2006), está em processo de revisão e estudos apresentados em Campos (2010) serviram como base para o desenvolvimento de novas recomendações para o projeto do cálice de fundação com colarinho, de modo a obter um modelo mais econômico e embasar a revisão da norma sobre este tema. Esse artigo apresenta uma análise do novo modelo proposto através da comparação dessas recomendações com um método internacional reconhecido, o Manual PCI. Características geométricas e carregamentos do Manual PCI foram aplicados no dimensionamento pelo método proposto e os resultados foram comparados e analisados. Após análise, verificou-se que não existe uma correlação direta entre o dimensionamento de cada modelo, sendo que o Manual PCI apresenta valores consideravelmente maiores para as armaduras do que os encontrados pelo dimensionamento através do modelo proposto.

**Palavras-chave:** Ligação. Cálice de fundação. Dimensionamento.

## EVALUATION MODEL FOR DESIGN COLUMN-BASE CONNECTION THROUGH SOCKET OF PRECAST CONCRETE STRUCTURES

**Abstract:** The column-base connection through socket for precast concrete structures is the most used in Brazil. The current Brazilian standard, NBR 9062 (ABNT, 2006), is currently under review and studies presented in Campos (2010) served as reference for the development of new recommendations for the design socket connection, in order to get a more economical model and base the revision of the standard on this issue. This article presents a analysis of the new model proposed by comparing these recommendations with an internationally recognized method, the PCI Manual. Geometrical characteristics and loads of PCI Manual were applied in design the proposed method and the results were compared and analyzed. After analysis, it wasn't found that there is a direct correlation between the design of each model, and the PCI Manual presents considerably higher values than the reinforcement found by proposed model.

**Keywords:** Connection. Socket foundation. Design.

### 1. INTRODUÇÃO

A ligação pilar-fundação por meio de cálice é a mais utilizada no Brasil e consiste num certo embutimento de parte do pilar pré-moldado em uma cavidade na base do elemento de fundação, que possibilite o encaixe do pilar (Figura 1).

O comportamento da ligação pilar-fundação por meio de cálice ocorre de forma semelhante em relação aos diversos modelos existentes na literatura, onde as paredes transversais e longitudinais são as responsáveis pela transferência de esforços provenientes do pilar até a fundação. Existe uma grande quantidade de variáveis que influenciam no comportamento do cálice, sendo que cada variável isolada ou em conjunto exerce influência nesse comportamento (CAMPOS, 2010).

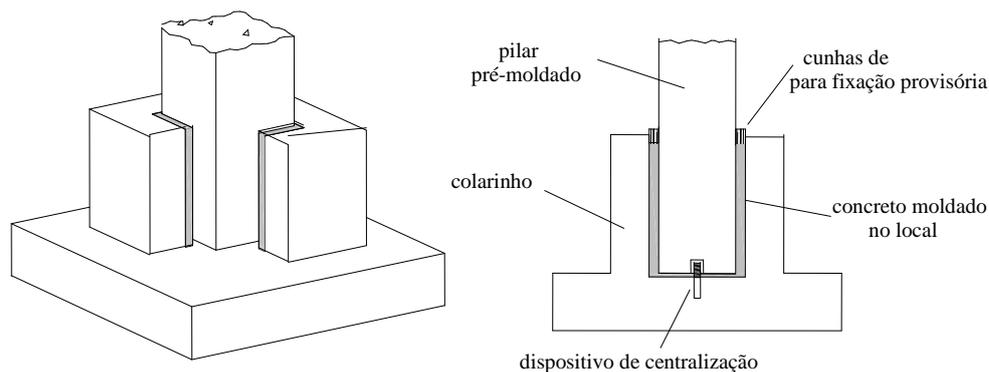


Figura 1 – Exemplo da ligação pilar-fundação por meio de cálice (adaptado CAMPOS (2010))

O modelo apresentado por Leonhardt&Mönnig (1978) é o que mais tem sido empregado no Brasil para dimensionamento dessa ligação pilar-fundação. A atual norma Brasileira ABNT NBR 9062 (2006) é baseada nesse modelo da literatura. De acordo com a norma Italiana CNR 10025 (1998) o cálice de fundação deve ser dimensionado para transmitir ações verticais, momentos fletores e ações de forças horizontais, e a superfície do cálice e do pilar pode ser lisa ou rugosa. Segundo a norma europeia Eurocode 2 (2004) os cálices de fundação devem ser capazes de transferir ações verticais, momentos fletores e força cortante do pilar à fundação. Complementando os modelos internacionais, o manual americano PCI (2008) - que é um manual de ligações para construção pré-moldadas e de concreto protendido - abrange as aplicações de ligação necessárias para a construção de todos os tipos de edifícios que usam componentes de concreto pré-moldado.

Novas recomendações para o projeto do cálice de fundação com colarinho e para a base do pilar pré-moldado foram apresentadas em Campos (2010), sendo que essas recomendações foram baseadas em resultados de estudos experimentais e numéricos realizados na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP).

Canha (2004) realizou o primeiro trabalho a respeito da ligação cálice-fundação em virtude da necessidade de obtenção de resultados experimentais para embasar um modelo teórico mais consistente. Nesse estudo experimental abordou o comportamento da transferência de tensões do pilar para o colarinho, através de ensaios, simulações numéricas e aplicações de modelos de projeto. Dando continuidade, Jaguaribe Jr. (2005) analisou experimentalmente a ligação pilar-fundação por meio de cálice, reduzindo a profundidade de embutimento em relação aos valores recomendados pela ABNT NBR 9062 (2006). O trabalho desenvolvido por Ebeling (2006) deu ênfase ao comportamento de pilares de concreto pré-moldado com interface lisa na região de embutimento. Nunes (2009) teve como principal objetivo a avaliação dos esforços nas paredes transversais do colarinho.

O método de dimensionamento proposto por Campos (2010) engloba várias situações de projeto do cálice de fundação, como: cálice com interface lisa, cálice com interface rugosa, situação de montagem da ligação cálice-fundação, base do pilar na região de embutimento e detalhamento das armaduras baseado nos estudos citados.

Atualmente a norma brasileira, ABNT NBR 9062 (2006), está em processo de revisão e todos os estudos realizados na EESC USP, foram utilizados para subsidiar o texto da proposta de revisão da norma. Dessa maneira, esse trabalho se justifica por avaliar esse modelo proposto para a revisão da norma brasileira através da comparação com um método internacional, sendo que o modelo escolhido como base foi o Manual PCI.

### 1.1 Manual do PCI

O Manual PCI (2008) apresenta especificações para cada tipo de ligação, incluindo as ligações para as fundações. O capítulo 2 trata da ligação pilar-fundação e o item 2.2.2 traz especificações sobre a ligação pilar-fundação através de cálice.

As recomendações mais relevantes em termo de dimensionamento referem-se à superfície de contato entre o pilar e o cálice, que deve ser considerada intencionalmente rugosa, e comprimento de embutimento do pilar, que deve ser  $1,5.D$ , sendo  $D$  a maior dimensão da seção transversal do pilar ou o comprimento da armadura, o que for maior. Como precauções gerais é recomendado um procedimento para garantir que o pilar seja completamente grauteado, como realizar uma ligação temporária entre o pilar e a fundação para resistir às cargas de montagem e garantir uma junta de 5 cm.

O manual também apresenta o dimensionamento de seis modelos, denominados CFS-1, CFS-2, CFS-3, CFS-4, CFS-5 e CFS-6, para os quais são fixados carregamentos, características geométricas como comprimento de embutimento ( $H$ ) e espessura do colarinho ( $T$ ) e armaduras resultantes. Também é apresentada uma planta e corte de um cálice de fundação com a identificação e o posicionamento dessas armaduras, assim nomeadas:  $A_{s1}$  (armadura vertical externa);  $A_{s2}$  (armadura vertical interna);  $A_{s3}$  (armadura horizontal interna) e  $A_{s4}$  (armadura horizontal externa). A Figura 2 ilustra um modelo genérico de um projeto de cálice de fundação apresentado pelo manual e que identifica a localização das armaduras.

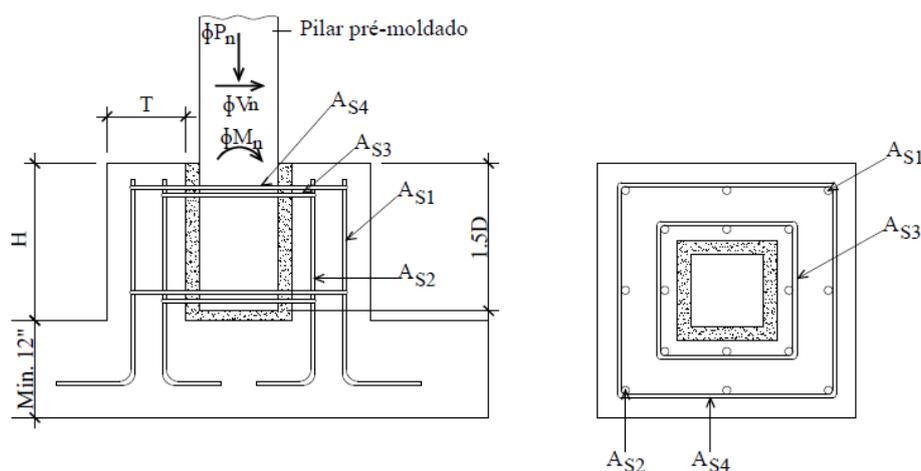


Figura 2 – Planta e corte de um cálice de fundação segundo o Manual PCI (2008)

### 1.2 Norma Brasileira ABNT NBR 9062

A norma vigente no Brasil para o projeto do cálice de fundação está em processo de revisão e essa nova proposta, dentre outras mudanças, altera o modelo de dimensionamento do cálice de fundação. A proposta é que as interfaces das ligações por meio de cálice sejam classificadas em interfaces lisas, interfaces rugosas e interfaces com chaves de cisalhamento. O cálice será considerado de interface rugosa quando houver uma rugosidade padrão na superfície interna do cálice e na superfície da base do pilar, ao longo de toda altura de embutimento; caso contrário, o cálice será considerado de interface lisa. O cálice será considerado de interface com chaves de cisalhamento quando a configuração das chaves apresentar uma profundidade mínima de 1 cm a cada pelo menos 10 cm, na superfície interna do cálice e na superfície da base do pilar, ao longo de toda altura de embutimento.

O comprimento de embutimento é calculado conforme a interface e a excentricidade da ligação ( $M_d/N_d \cdot h$ ) que é considerada grande quando resulta em valor maior ou igual a 2 e pequena quando menor que 0,15. Para o dimensionamento do cálice adotam-se nomenclaturas para identificação das paredes do colarinho (Figura 2).

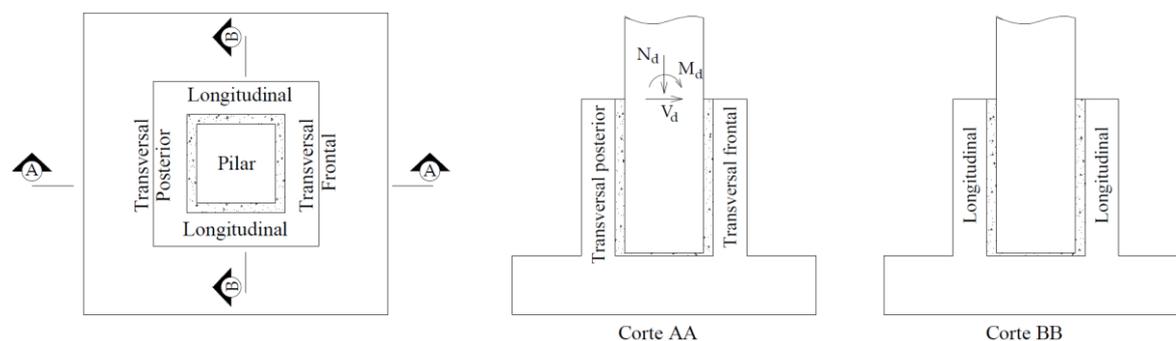


Figura 2 – Nomenclatura das paredes do colarinho (adaptado de CAMPOS (2010))

Para grandes excentricidades, a transferência dos esforços do pilar para o colarinho ocorre segundo a Figura 3. Nessa figura são determinadas: distância do ponto de aplicação da pressão  $H_{sfd}$  ao topo do colarinho e da pressão  $H_{ipd}$  ao final do comprimento do consolo (a); força normal na base da fundação ( $N_{bd}$ ); pressão superior na parede frontal ( $H_{sfd}$ ); pressão inferior na parede posterior ( $H_{ipd}$ ) e excentricidade da força normal na base da fundação ( $e_{nb}$ ).

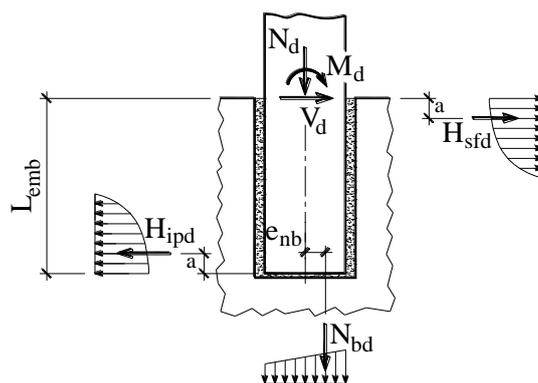


Figura 3 - Transferência dos esforços em cálices de interfaces lisas e rugosas com grande excentricidade

O coeficiente de atrito não pode ser maior que 0,3 para interfaces lisas e 0,6 para interfaces rugosas. Para pequenas excentricidades devem ser adotados coeficiente de atrito nulo para interfaces lisas e um valor não superior a 0,3 para interfaces rugosas. Para valores intermediários de excentricidade deve-se fazer uma interpolação linear entre os valores obtidos no dimensionamento.

As armaduras que compõe o cálice estão detalhadas na Figura 4, onde a armadura horizontal principal longitudinal funciona como uma armadura de suspensão da força  $H_{sfd}$  do canto superior da parede transversal frontal até o canto superior da parede transversal posterior, ocorrendo uma aplicação indireta dessa força nas paredes longitudinais, que se comportam como consolos. A armadura horizontal principal frontal é dimensionada para resistir ao esforço de tração. As armaduras verticais principais localizam-se na intersecção das paredes transversais e longitudinais e o seu dimensionamento e a verificação da resistência à compressão do concreto são feitos conforme o tipo de consolo. As armaduras verticais secundárias e as armaduras horizontais secundárias são utilizadas para resistir a esforços secundários e controlar a fissuração nas paredes do colarinho.

Demais recomendações para o dimensionamento das armaduras são apresentadas em Campos (2010).

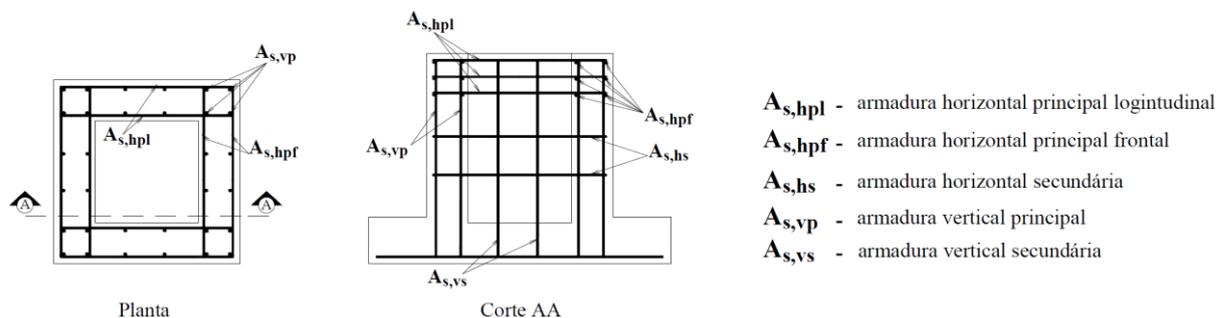


Figura 4 - Armaduras do cálice e suas posições (adaptado de CAMPOS (2010))

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de avaliação e comparação do modelo de dimensionamento do cálice de fundação segundo a proposta de revisão da norma, os modelos fornecidos pelo Manual PCI (2008) foram dimensionados através das recomendações do modelo proposto em Campos (2010) com algumas adaptações. A Tabela 1 apresenta as características geométricas e de carregamento para cada modelo a ser estudado segundo dados do Manual PCI.

Tabela 1 - Características geométricas e carregamentos do cálice segundo os modelos do Manual do PCI

Variáveis	Modelos					
	CFS -1	CFS -2	CFS -3	CFS -4	CFS-5	CFS-6
Dimensões do pilar (cm)	30,48 x 30,48	40,64 x 40,64	45,72 x 45,72	50,8 x 50,8	55,88 x 55,88	60,96 x 60,96
$N_d$ (kN)	622,75	1013,8	1598,7	2011,9	2464,8	2963,9
$V_d$ (kN)	115,2	206,8	261,6	322,9	389,7	463,1
$M_d$ (kN.m)	86,77	227,1	330,28	430,47	588,29	778,92
$h_c$ (cm)	20,32	20,32	20,32	20,32	30,48	30,48
$h_1$ (cm)	45,72	60,69	68,58	76,2	83,82	91,44
$h_{int}$ (cm)	40,48	50,64	55,72	60,80	65,88	70,96
$b_{int}$ (cm)	40,48	50,64	55,72	60,80	65,88	70,96
$h_{ext}$ (cm)	81,12	91,28	96,36	101,44	126,84	131,92
$b_{ext}$ (cm)	81,12	91,28	96,36	101,44	126,84	131,92
$a$ (cm)	4,82	6,54	7,22	7,98	8,83	9,63
$exc$ (cm)	0,46	0,55	0,45	0,42	0,43	0,43

Na Tabela 1 são identificados os carregamentos de força normal ( $N_d$ ), força cortante ( $V_d$ ) e momento fletor ( $M_d$ ); a espessura da parede do colarinho ( $h_c$ ), e demais medidas geométricas necessárias para o dimensionamento.

Na Tabela 2 são apresentadas as armaduras indicadas pelo manual para cada modelo a ser estudado.

Tabela 2 - Armaduras do cálice de fundação segundo os modelos do Manual do PCI

Variáveis	Modelos					
	CFS -1	CFS -2	CFS -3	CFS -4	CFS-5	CFS-6
$A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )	3,80	6,33	9,90	13,86	13,86	17,83
$A_{s2}$ (cm <sup>2</sup> )	3,80	6,33	9,90	13,86	13,86	17,83
$A_{s3}$	φ 9,53 mm a cada 30,48 cm	φ 9,53 mm a cada 30,48 cm	φ 9,53 mm a cada 20,32 cm	φ 12,7 mm a cada 22,86 cm	φ 12,7 mm a cada 30,48 cm	φ 12,7 mm a cada 30,48 cm
$A_{s4}$	φ 9,53 mm a cada 30,48 cm no centro	φ 9,53 mm a cada 30,48 cm no centro	φ 9,53 mm a cada 20,32 cm no centro	φ 12,7 mm a cada 22,86 cm no centro	φ 12,7 mm a cada 30,48 cm no centro	φ 12,7 mm a cada 30,48 cm no centro

As características do concreto e do aço adotadas para o dimensionamento também foram retiradas do Manual PCI (2008). Para o aço utilizou-se  $f_{yk}$  de 413,69 MPa e para o concreto  $f_{ck}$  de 27,38 MPa. Esses valores de resistência foram minorados a favor da segurança usando coeficiente  $\gamma_s=1,15$  e  $\gamma_c=1,4$  respectivamente.

A espessura da parede do colarinho adotada foi determinada pelo Manual PCI (2008). Pela proposta da revisão da norma essa espessura é calculada e deve ser de no mínimo 15 cm, o que resulta valores bem abaixo dos apresentados no Manual PCI (2008). Para o cálculo das dimensões internas e externas entre as paredes do colarinho foi considerada junta de 5 cm.

Todas as excentricidades apresentaram valores intermediários aos limites de grande e pequena excentricidade, portanto para o cálculo do comprimento de embutimento ( $l_{emb}$ ) foi necessário realizar a interpolação dos valores.

O dimensionamento foi feito considerando cálice com interface rugosa e tração atuante na parede frontal. Devido aos valores intermediários de excentricidade, o dimensionamento foi feito para grande e pequena excentricidade e em seguida os valores obtidos foram interpolados. Como o dimensionamento foi feito para cálice considerando interface rugosa adotou-se coeficiente de atrito 0,6 para grandes excentricidades e 0,3 para pequenas excentricidades.

O coeficiente de atrito influencia no valor da pressão  $H_{sfd}$  que solicita a parede transversal frontal do colarinho.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentados os resultados do dimensionamento do cálice de fundação segundo o modelo proposto para revisão da norma Brasileira de pré-moldado para pequena e grande excentricidade, respectivamente, considerando as características geométricas e carregamentos indicados no Manual PCI (2008).

Tabela 3 – Resultados dimensionamento cálice de fundação segundo modelo proposto para revisão da norma ABNT NBR 9062:2006 – grande excentricidade

Variáveis	Modelos					
	CFS -1	CFS -2	CFS -3	CFS -4	CFS-5	CFS-6
$e_{nb}$ (cm)	7,62	10,16	11,43	12,70	13,97	15,24
$l_{emb}$ (cm)	48,16	65,43	72,24	79,76	88,29	96,32
$H_{sfd}$ (kN)	223,17	429,83	535,46	636,35	779,74	938,66
$N_{bd}$ (kN)	407,08	654,21	1060,11	1336,89	1640,41	1975,01
$R_{s,hpf}$ (kN)	55,79	107,46	133,86	159,09	194,93	234,67
$F_{vd}$ (kN)	77,63	172,58	228,96	235,51	251,64	396,27
Tipo de consolo	curto	curto	curto	curto	curto	curto
Verificação da biela	ok	ok	ok	ok	ok	ok
$A_{s,hpl}$ (cm <sup>2</sup> )	3,10	5,97	7,44	8,84	10,84	13,05
$A_{s,hpf}$ (cm <sup>2</sup> )	3,10	5,97	7,44	8,84	10,84	13,05
$A_{s,vp}$ (cm <sup>2</sup> )	2,16	4,80	6,36	7,05	7,00	11,02
$A_{s,vs}$ (cm <sup>2</sup> )	0,86	1,92	2,55	2,82	2,80	4,41
$A_{s,hs}$ (cm <sup>2</sup> )	0,54	1,20	1,59	1,76	1,75	2,75

Tabela 4 – Resultados dimensionamento cálice de fundação segundo modelo proposto para revisão da norma ABNT NBR 9062:2006 – pequena excentricidade

Variáveis	Modelos					
	CFS -1	CFS -2	CFS -3	CFS -4	CFS-5	CFS-6
$e_{nb}$ (cm)	0	0	0	0	0	0
$l_{emb}$ (cm)	48,16	65,43	72,24	79,76	88,29	96,32
$H_{sfd}$ (kN)	323,09	611,9	785,68	939,25	1151,02	1386,85
$N_{bd}$ (kN)	539,62	873,17	1394,70	1756,93	2154,00	2591,68
$R_{s,hpf}$ (kN)	80,77	152,97	196,42	234,81	287,75	346,71
$F_{vd}$ (kN)	103,57	225,90	309,58	341,35	334,86	539,52
Tipo de consolo	curto	curto	curto	curto	curto	curto
Verificação da biela	ok	ok	ok	ok	ok	ok
$A_{s,hpl}$ (cm <sup>2</sup> )	4,49	8,50	10,92	13,05	16,00	19,28
$A_{s,hpf}$ (cm <sup>2</sup> )	4,49	8,50	10,92	13,05	16,00	19,28
$A_{s,vp}$ (cm <sup>2</sup> )	2,88	6,28	8,61	9,49	9,31	15,00
$A_{s,vs}$ (cm <sup>2</sup> )	1,15	2,51	3,44	3,80	3,72	6,00
$A_{s,hs}$ (cm <sup>2</sup> )	0,72	1,57	2,15	2,37	2,33	3,75

A Tabela 5 mostra o resultado dos valores interpolados para áreas de aço conforme excentricidade dos modelos apresentados na Tabela 1. Ressalta-se que essa interpolação é necessária, pois segundo indicação normativa para valores intermediários de excentricidade deve-se fazer uma interpolação linear entre os valores obtidos no dimensionamento considerando grande e pequena excentricidade.

Tabela 5 – Áreas de aço para o cálice de fundação após interpolação conforme excentricidade de cada modelo.

Modelos	Áreas de aço				
	$A_{s,hpl}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,hpf}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,vp}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,vs}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,hs}$ (cm <sup>2</sup> )
CFS – 1	4,26	4,26	2,76	1,10	0,69
CFS – 2	7,95	7,95	5,96	2,38	1,49
CFS – 3	10,36	10,36	8,25	3,30	2,06
CFS – 4	12,44	12,44	9,13	3,73	2,28
CFS – 5	15,22	15,22	8,96	3,58	2,24
CFS – 6	18,34	18,34	14,40	5,76	3,60

Na Tabela 5 observam-se as áreas de aço necessárias para o cálice de fundação. A disposição destas armaduras deve ser feita respeitando a indicação da Figura 3.

É possível afirmar, após análise de resultados e comparação dos modelos, que não existe uma correlação entre as armaduras resultantes do Manual PCI (Tabela 2) e as armaduras do dimensionamento da proposta de revisão da norma Brasileira (Tabela 5). Isto ocorre principalmente devido a diferentes indicações de posicionamento das armaduras, pois o manual do PCI não nomeia as paredes do colarinho igualmente ao modelo proposto de revisão da norma, bem como não indica diferentes tipos de interface desta ligação. O manual considera apenas a interface intencionalmente rugosa, mas não define um padrão para esse comportamento, sendo assim para esse trabalho considerou-se que esta definição corresponde à interface rugosa do modelo proposto o que pode ter influenciado nas áreas de aço determinadas.

Fazendo, entretanto, uma comparação das armaduras através de uma similaridade do posicionamento, verifica-se que para o modelo CFS-1 a soma das armaduras  $A_{s1}$  e  $A_{s2}$  (7,60 cm<sup>2</sup>), indicadas pelo manual do PCI, pode ser considerada como duas vezes a armadura vertical principal ( $A_{s,vp}$ ) mais a armadura vertical secundária ( $A_{s,vs}$ ) do modelo de revisão da norma que fornece uma área de 6,62 cm<sup>2</sup>, obtendo em uma diferença de 15% entre os resultados. Para o modelo CFS-2 a diferença foi de 11,5%, para o modelo CFS-3 os resultados foram iguais, para o modelo CFS-4 a diferença foi de 20%, para o modelo CFS-5 a diferença foi de 22% e para o modelo CFS-6 a diferença foi de 3%.

Quanto ao detalhamento, as armaduras  $A_{s1}$  e  $A_{s2}$  são distribuídas em todo o perímetro do cálice (Figura 2), enquanto a armadura  $A_{s,vp}$  é posicionada nos cantos e  $A_{s,vs}$  na parte intermediária (Figura 4).

No que diz respeito às armaduras horizontais, o modelo proposto de revisão da norma considera a armadura horizontal principal ( $A_{s,hp}$ ) posicionada na parte superior, correspondente a 1/3 do comprimento de embutimento e a armadura secundária ( $A_{s,hs}$ ) distribuída no comprimento restante. Considerando que para o modelo CFS-1 a soma das armaduras  $A_{s3}$  e  $A_{s4}$  (1,90 cm<sup>2</sup>) do manual do PCI, que é distribuída em todo o comprimento de embutimento, seja equivalente a soma da armadura horizontal principal ( $A_{s,hp}$ ) e da armadura horizontal secundária ( $A_{s,hs}$ ) o valor obtido pelo modelo proposto para revisão da

norma é de 4,95 cm<sup>2</sup> o que equivale a uma diferença de 260% em relação ao dado fornecido pelo manual PCI.

#### 4. CONCLUSÕES

O comportamento da ligação pilar-fundação por meio de cálice ocorre de maneira similar em diversos modelos da literatura, no entanto, as recomendações de dimensionamento diferem entre si, devido a grande quantidade de variáveis envolvidas. Após diversos estudos desenvolvidos na EESC USP, foi proposto um novo modelo de dimensionamento do cálice para subsidiar a atualização da norma Brasileira ABNT NBR 9062, que está em processo de revisão.

Para avaliação desse modelo proposto, optou-se por efetuar nesse estudo uma comparação com as recomendações do manual do PCI, um método internacionalmente reconhecido e que apresenta uma tabela com carregamentos, características geométricas e armaduras.

Analisando os seis modelos propostos pelo PCI e os resultados de dimensionamento segundo as recomendações da proposta de revisão da norma, verificou-se que não é possível correlacionar as armaduras obtidas pelos dois métodos, pois existem diferentes recomendações no que refere-se ao posicionamento e detalhamento das armaduras.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária pela concessão da bolsa de estudo.

#### REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 9062*: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.

**CAMPOS, G. M.** *Recomendações para o projeto de cálices de fundação*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

**CANHA, R. M. F.** *Estudo teórico-experimental da ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE.** *CNR-10025*: Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo. ITEC/La prefabbricazione. Roma, 1998.  
**EBELING, E. B.** Análise da base de pilares pré-moldados na ligação com cálice de fundação. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

**EUROCODE 2.** *Design of concrete structures – part 1-1: General rules and rules for buildings*. Brussels, 2004.

**JAGUARIBE JR., K. B.** *Ligação pilar fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado com profundidade de embutimento reduzida*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

**LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E.** *Construções de concreto: princípios básicos sobre armação de estruturas de concreto armado*. V.3. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.

**NUNES, V. C. P.** *Análise experimental de cálice de fundação com ênfase nos esforços nas paredes transversais do colarinho*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

**PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE.** *PCI Connections Manual for precast and prestressed concrete constructions*. 1 ed. Chicago, 2008.