

## **ANÁLISE DE CONSOLO CURTO COMO SOLUÇÃO EMPREGADA PARA APOIO DE LAJE PRÉ-MOLDADA**

**THAYNNÁ COSTA TEIXEIRA<sup>1\*</sup>; ELAINE CRISTINA RODRIGUES PONTE<sup>2</sup>;  
EDUARDO CESAR CORDEIRO LEITE<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE, thaynnacostat@hotmail.com;

<sup>2</sup>MSc. Prof., Universidade de Fortaleza, Fortaleza-CE, elaineponte@unifor.br;

<sup>3</sup>Dr.-Ing. Prof., Universidade de Fortaleza, Fortaleza-CE, eduardo.leite@unifor.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho visa analisar um consolo curto de concreto armado, com apoio duplo, que está recebendo carga por metro linear oriundas da reação das lajes pré-moldadas. A peça será modelada e analisada no CAST, com base do modelo de bielas e tirantes, e os parâmetros usados no programa foram retirados da NBR 6118:2014. Para escolha do modelo, foram considerados caminhos de cargas que utilizassem menos tirantes, e garantissem que as forças cortantes não desestabilizassem a peça, já que o consolo analisado não tinha sua continuidade em um pilar. O modelo final escolhido, após passar por todas as verificações necessárias, foi analisado pelo CAST, que calculou as tensões das bielas e dos tirantes, e mostrou que o consolo não estava sendo solicitado mais do que a sua capacidade. Com os resultados obtidos pelo programa foi feito um detalhamento da armadura dos tirantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bielas e tirantes, CAST, consolo, NBR 6118:2014.

### **SHORT CONSOLE ANALYSIS AS AN EMPLOYED SOLUTION FOR SUPPORT PRE-MOLDED SLAB**

**ABSTRACT:** The present work aims at analyzing a short console double-supported reinforced concrete that is receiving load per linear meter from the reaction of precast concrete slabs. The part will be modeled and analyzed in CAST, based on the model of strut and tie, and the parameters used in the program were taken from NBR 6118: 2014. In order to choose the model, load paths using less tie rods were considered, and they ensured that the shear forces did not destabilize the part, since the analyzed did not have its continuity in a pillar. The final model chosen, after going through all the necessary checks, was analyzed by CAST, which calculated the stresses of the struts and ties, and showed that the console was not being asked for more than its capacity. With the results obtained by the program was made a detail of the armature of the tie rods.

**KEYWORDS:** Strut and tie, CAST, console, NBR6118:2014.

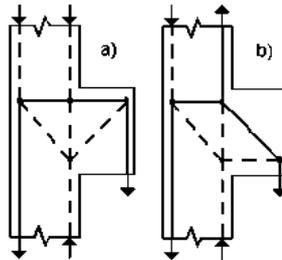
### **INTRODUÇÃO**

Segundo Naegeli (1997) consolos são elementos estruturais prismáticos utilizados frequentemente em estruturas de concreto armado, servindo de apoio para outros elementos estruturais ou para equipamentos pesados. Para Souza & Bittercourt (2003), consolos são estruturas que apresentam descontinuidade em suas tensões de deformações internas, logo não podem ser dimensionadas usando a “Hipótese de Bernoulli”. Souza (2004) salienta que essas estruturas que apresentam descontinuidades são dimensionadas usando métodos empíricos, baseados na experiência, logo surge uma necessidade de dimensionamento dessas regiões de maneira sistemática. Silva e Giongo (2000) admite que o uso do modelo de bielas e tirantes permite esse dimensionamento, a modelagem possibilita o entendimento da estrutura por meio de um fluxo de tensões.

No modelo de Bielas e Tirantes vão estar representados (Figura 1) por linhas retas, as bielas (zonas de compressão) de traço interrompido e os tirantes (representação de zonas tracionadas) de traço contínuo (Silva & Giongo, 2000).

Souza (2004) cita que a curvatura das tensões é representada pelos nós, que têm capacidade de absorver e transmitir com segurança as forças que nelas chegam, Meirinhos (2008) explica que esse passo pode ser feito automaticamente usando um software adequado, como o CAST. O referente trabalho tem como objetivo apresentar uma análise estrutural de um consolo curto de apoio duplo de concreto armado, utilizando no software CAST parâmetros que foram apresentados na NBR 6118:2014.

Figura 1 - Superposição de dois modelos para consolos com ação aplicada ao longo da altura.

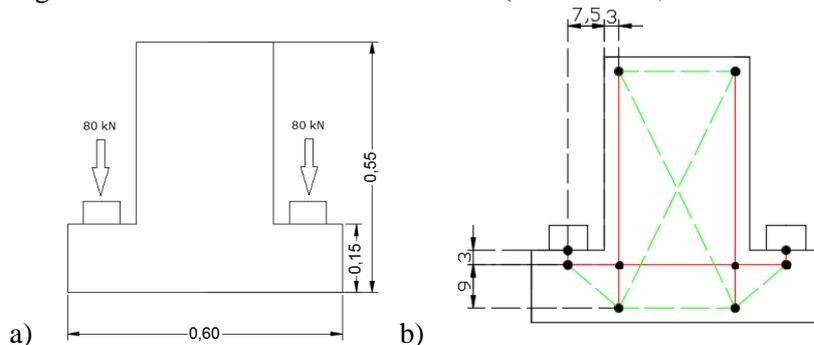


Fonte: Silva & Giongo (2000)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi modelado um consolo curto, considerando as ações das forças cortantes que os apoios recebiam. O modelo escolhido foi estudado pelo CAST, que é capaz de realizar uma análise e dimensionamento de uma estrutura de concreto armado ou protendido, com base no modelo de bielas e tirantes. O consolo foi calculado para uma faixa de 1 metro, com forças concentradas de 80 kN proveniente da reação das lajes pré-moldadas nos apoios, a uma distância de 7,5 cm da borda da estrutura, o restante de suas dimensões estão detalhadas na Figura 1. O elemento estrutural em questão é de concreto de 30 MPa, com barras de aço CA 50.

Figura 1. Detalhamento do consolo curto (a em metros, b em centímetros)



Fonte: Autor (2017)

Para as análises no software CAST, o programa foi adaptado para utilizar os parâmetros da NBR 6118:2014, entrando com a tensão de ruptura a aderência do concreto de 21,4 MPa, fator de eficiência de 0,88, bem como as características das bielas, nós e tirantes. Após adaptação do programa foram definidas as características geométricas e materiais do consolo em questão. Como proposto pela NBR 6118:2014 tiveram ângulos de inclinação, entre as bielas e a armadura vertical, cuja tangente estava entre 0,57 e 2 ( $23,68^\circ$  a  $63,43^\circ$ ), logo o modelo foi considerado consistente.

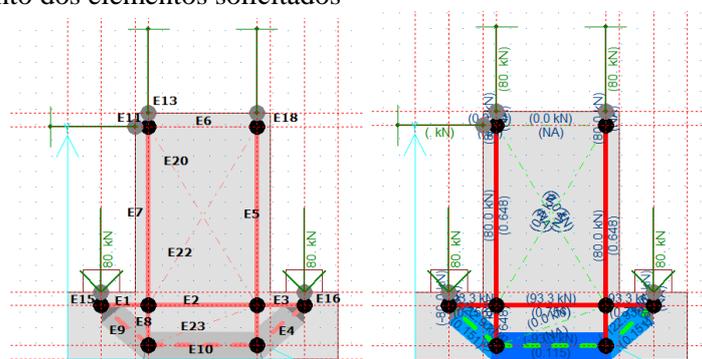
A região descontínua foi desenhada no CAST, definindo o caminho de carga, ao estudo realizado na estrutura, as forças concentradas de 80 kN (carga de cálculo) nos apoios, reagem na peça fazendo uma compressão no apoio do consolo, sendo necessário então a presença de bielas inclinadas abaixo desses apoios, indo em direção ao centro inferior da peça. Essa força de compressão solicita bastante a peça, podendo tornar o apoio do consolo instável, para isso não acontecer, essas tensões

devem ser atirantadas de forma que se estabilizem, por isso a colocação de tirantes que “levantam” essas forças que antes estavam concentradas na parte inferior da peça. Coloca-se também um tirante entre os apoios para estabilizar esse modelo de Bielas e Tirantes, e por fim, para transformar a armadura em treliças isostáticas, colocam-se elementos estabilizadores que para as determinadas condições de apoio, não estão solicitados. Após a análise inicial que permitiu a visualização dos elementos da treliça, foram atribuídos os tipos de bielas e nós, bem como a quantidade e espessura do aço nos tirantes. Feito isso, foi gerada outra análise, onde o programa forneceu os valores de tensões e a capacidade de resistência alcançada nas barras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 representa a envoltória resistêcia a que está submetida o consolo. Os valores entre parênteses representam a razão entre a solicitação no elemento e a resistência no mesmo, que podem ser vistas mais detalhadas na Tabela 1. Quanto mais quente a cor, mais solicitado está o elemento, valores positivos indicam tração, e valores negativos indicam compressão.

Figura 2. Detalhamento dos elementos solicitados



Fonte: Autor, a partir da visualização do CAST (2017)

Tabela 1. Fatores de utilização dos elementos do modelo de Bielas e Tirantes

Classes de Potencial Pedológico					
Elemento	Propriedade	Esforço	Comprimento	Tensão	Proporção das tensões
		kN	Mm	MPa	
E1	Steel	93,3	105	0,675	0,756
E2	Steel	93,3	240	0,675	0,756
E3	Steel	93,3	138,29	0,675	0,756
E4	Bielas	-122,9	490	2,049	0,151
E5	Steel	80	400	0,563	0,648
E7	Steel	80	90	0,563	0,648
E8	Steel	80	138,29	0,563	0,648
E9	Bielas	-122,9	240	2,049	0,151
E10	Bielas	-93,3	30	1,556	0,115

Fonte: Autor (2017)

A tabela 2 apresenta a armadura necessária para o consolo calculado, segundo as forças de atuação de cada tirante, determinado pelo CAST (2000). Devido ao fato do software não dispor em seu acervo bitola de 20 mm, para efeitos de cálculo foi usado bitola de diâmetro de 19 mm.

Tabela 2. Armaduras necessárias para o consolo determinado pelo CAST

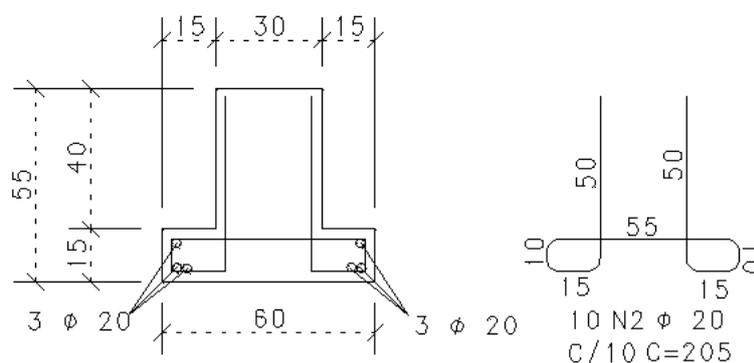
ARMADURA TRANSVERSAL						
	$F_d$ (kN)	$f_{yd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$A_{s,nec}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,ef}$	$A_{s,ef}$ (cm <sup>2</sup> )	Stress Ratio
E1	93.3	43.5	21.5	10 $\phi$ 20	31.4	0.756
E2	93.3	43.5	21.5	10 $\phi$ 20	31.4	0.756
E3	93.3	43.5	21.5	10 $\phi$ 20	31.4	0.756

ARMADURA LONGITUDINAL						
	$F_d$ (kN)	$f_{yd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$A_{s,nec}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,ef}$	$A_{s,ef}$ (cm <sup>2</sup> )	Stress Ratio
E5	80	43.5	20.2	10 $\phi$ 20	31.4	0.648
E7	80	43.5	20.2	10 $\phi$ 20	31.4	0.648
E8	80	43.5	20.2	10 $\phi$ 20	31.4	0.648

Fonte: Autor (2017)

Na Figura 3, segue o detalhamento da armadura, que são barras do tirante dobradas para baixo, junto à face frontal do consolo. No total de 10 barras de 20 mm, distribuídas ao longo de 1 metro, correspondente ao comprimento do consolo.

Figura 3. Detalhamento da armadura do tirante (unidades em centímetro).



Fonte: Autor (2017)

## CONCLUSÕES

O modelo escolhido pelo processo do caminho de cargas, estava correto de acordo com a NBR 6118:2014, pois o programa CAST verificou que a razão entre a solicitação do elemento e sua resistência foi menor que 1, logo a estrutura estava segura. Por fim, a partir dos resultados gerados no programa, foi possível detalhar a armadura do consolo, de forma simples.

## REFERÊNCIAS

- American Concrete Institute (1995). ACI 318/95 - Building code requirements for structural concrete. Detroit, Michigan.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (2004). NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (2006). NBR 9062:2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldadas. Rio de Janeiro.
- El Debs, Mounir Khalil. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. 1. ed. São Carlos: EESCUSP, 2000.
- Fusco, Pérciles Brasiliense. Técnica de armar as estruturas de concreto. 2 ed. Pini, 2013.405 p.
- Leonhardt, Fritz, Mönnig, Eduard. Construções de concreto: Casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto armado. Vol. 1, 2 e 3. 1. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.
- Meirinhos, Gustavo Ferreira. Projecto de betão armado com Modelos de escoras e tirantes Assistido por computador. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, 2006.
- Naegeli, Cristina H.; Estudos de consolos de concreto armado. 1997. 284 f. Tese (Doutorado em ciência em Engenharia civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- Santos, Daniel Dos; Giongo, José Samuel. Análise de Vigas de concreto armado utilizando Modelos de Bielas e Tirantes. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 46, p. 61-90, 2008.
- Schäfer, K.; Schlaich, Jörg. Consistent Design of Structural Concrete Using Strut-AndTie Models. In: Colóquio sobre Comportamento e Projeto de Estruturas, 5., Rio de Janeiro, 1988.

- Schäfer, K.; Schlaich, Jörg. Design and Detailing of Structural Concrete Using Strut-and-Tie Models. *The Structural Engineer*, vol.69, n.06, mar., 1991.
- Souza, Rafael Alves. *Concreto Estrutural: Análise e Dimensionamento de Elementos com Descontinuidades*. Tese de Doutorado em Andamento, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- Souza, Rafael Alves. *Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Utilizando o Método dos Elementos Finitos e Modelos de Escoras e Tirantes*. Estágio de Doutorado, Universidade do Porto, Portugal, 2003.
- Souza, Rafael Alves.; BITTENCOURT, Túlio Nogueira. Parâmetros De Resistência Efetiva Do Concreto Estrutural Para A Análise E Dimensionamento Utilizando Modelos De Escoras E Tirantes. In: V Simpósio EPUSP Sobre Estruturas De Concreto”, São Paulo, 2003a.
- Souza, Rafael Alves.; BITTENCOURT, T. N.. Modelos Escoras-Tirantes: Exemplo De Dimensionamento De Viga-Parede Utilizando As Recomendações Do ACI-318 (2002). In: 450 Congresso Brasileiro Do Concreto, Vitória, 2003b.
- Tjhin, T. N.; Kuchma, D. A. (2002). Computer-based tools by design by strut-and-tie method: advances and challenges. *ACI Structural Journal*, v.99, n.5, p.586-594, 2002.