

AVALIAÇÃO DE MODELOS ANALÍTICOS NORMATIVOS PARA CÁLCULOS DE CONSOLOS DE CONCRETO ARMADO

Cayttano Saul de Sá Zarpellon¹
Luiz Felipe Souza de Paula²

RESUMO

O estudo em questão visa analisar a eficiência de modelos normativos na previsão da força de ruína em consolos de concreto armado, priorizando os modelos ABNT NBR 9062:2017, EUROCODE 2:2004 e PCI (2010). A metodologia adotada envolve a realização de testes de compressão em consolos pré-moldados, explorando a concordância entre as normativas e os resultados experimentais. Os modelos analíticos consideram características como propriedades do concreto, do aço, geometria do consolo e ações estruturais. A pesquisa destaca a crescente utilização de estruturas pré-moldadas, proporcionando eficiência construtiva, mas ressalta a necessidade de ligações confiáveis entre elementos. O incidente em Cascavel-PR (2016) destaca a importância da segurança nas edificações. Os resultados da análise evidenciam a colaboração eficaz da armadura de costura na resistência da biela comprimida, sendo o modelo PCI (2010) o mais próximo dos valores experimentais, tanto com quanto sem a armadura. A comparação entre os modelos normativos revela que, para consolos sem armadura de costura e ruína pelo escoamento do tirante, o PCI (2010) se aproxima mais da média dos resultados experimentais, enquanto o EUROCODE 2:2004 é mais conservador. Com a presença de armadura de costura, todos os modelos são satisfatórios, com o PCI (2010) demonstrando maior precisão. Os gráficos ilustram que, para consolos sem armadura de costura, a relação a/d impacta na segurança, especialmente quando a relação atinge 0,9. No caso da biela comprimida, os modelos analíticos mantêm constância linear com variações na relação a/d. Concluindo, a pesquisa destaca a importância da avaliação contínua dos modelos normativos, proporcionando ao projetista a escolha mais eficiente e econômica, mantendo a segurança desejada. A eficácia da armadura de costura e a análise detalhada dos resultados experimentais reforçam a necessidade de considerações específicas em projetos de consolos de concreto armado, visando garantir a estabilidade estrutural.

Palavras-chave: Armadura. Consolo. Costura.

EVALUATION OF NORMATIVE ANALYTICAL MODELS FOR CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE CORBELS

ABSTRACT

The study in question aims to analyze the efficiency of normative models in predicting the failure force in reinforced concrete corbels, prioritizing the ABNT NBR 9062:2017, EUROCODE 2:2004 and PCI (2010) models. The methodology adopted involves carrying out compression tests on pre-molded corbels, exploring the agreement between regulations and experimental results. The analytical models consider characteristics such as concrete and steel properties, corbel geometry and structural actions. The research highlights the growing use of precast structures, providing construction efficiency, but highlights the need for reliable connections between elements. The incident in Cascavel-PR (2016) highlights the importance

1 Mestre em Ciência de Materiais, Professor, Universidade do Estado de Mato Grosso, engcayttanozarpellon@gmail.com.

2 Graduado, Engenheiro Civil, Universidade do Estado de Mato Grosso.

of safety in buildings. The results of the analysis show the effective collaboration of the seam reinforcement in the resistance of the compressed connecting rod, with the PCI model (2010) being the closest to the experimental values, both with and without the reinforcement. The comparison between the normative models reveals that, for corbels without seam reinforcement and failure due to tie yielding, the PCI (2010) is closer to the average of the experimental results, while EUROCODE 2:2004 is more conservative. With the presence of seam reinforcement, all models are satisfactory, with PCI (2010) demonstrating greater accuracy. The graphs illustrate that, for corbels without seam reinforcement, the a/d ratio impacts safety, especially when the ratio reaches 0.9. In the case of the compressed connecting rod, the analytical models maintain linear constancy with variations in the a/d ratio. In conclusion, the research highlights the importance of continuous evaluation of regulatory models, providing the designer with the most efficient and economical choice, while maintaining the desired safety. The effectiveness of the seam reinforcement and the detailed analysis of the experimental results reinforce the need for specific considerations in the design of reinforced concrete corbels, aiming to guarantee structural stability.

Keywords: Armor. Consolation. Sewing.

1. INTRODUÇÃO

A análise e dimensionamento de estruturas de concreto são fundamentais para assegurar a integridade e a segurança de edificações. Nesse contexto, consolos de concreto armado representam elementos estruturais de suma importância, amplamente empregados para resistir a cargas concentradas ou distribuídas em suas extremidades. A eficiência desses consolos está diretamente relacionada à concordância entre as normativas de projeto e os resultados obtidos em ensaios experimentais.

Este artigo científico propõe uma análise sistemática sobre a eficácia de modelos normativos no dimensionamento de consolos de concreto armado, destacando as formulações propostas pela normativa brasileira ABNT NBR 9062:2017, a europeia EUROCODE 2:2004 e americana, o PCI (2010). A pesquisa concentra-se em testes de compressão realizados em consolos pré-moldados, com a finalidade de verificar a coerência entre as diretrizes propostas pelas normativas e os resultados práticos.

A escolha de consolos pré-moldados se justifica pelo crescente uso dessa técnica construtiva oferecendo vantagens em termos de eficiência de execução e otimização de recursos. No entanto, a necessidade de garantir ligações seguras entre elementos rígidos destaca a importância de avaliar a adequação das normativas existentes a esse contexto específico. A análise considera fatores importantes como as propriedades do concreto, as características mecânicas do aço, a geometria dos consolos e as ações que atuam sobre a estrutura. É válido destacar que as formulações normativas, embora sejam valiosas ferramentas de projeto, são

baseadas em simplificações que podem não representar completamente o comportamento real dos consolos.

O estudo aborda a eficiência do tirante e a resistência da biela comprimida como elementos determinantes para a ruína dos consolos, investigando a contribuição da armadura de costura. Além disso, a pesquisa compara os resultados dos modelos normativos com ensaios experimentais encontrados em literaturas, objetivando-se não apenas verificar a segurança estrutural, mas também otimizar o consumo de materiais, propiciando soluções mais econômicas.

Diante do crescente uso de estruturas pré-moldadas e da necessidade de ligações seguras, a presente pesquisa se propõe a contribuir para a evolução das práticas normativas, incentivando uma análise crítica dos modelos existentes, sugerindo estudos sobre segurança e eficiência em elementos estruturais tipo consolos.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

A pesquisa científica abordou a análise de consolos de concreto e a metodologia utilizada envolveu a compreensão de normativas, princípios estruturais e modelos de análise. O delineamento deste trabalho baseia-se em artigos da literatura onde foram encontrados bancos de dados, onde se realizou testes experimentais com consolos sem o uso de fibras no concreto ou cimento de alta resistência.

Os modelos de equação são os modelos da ABNT NBR 9062:2017, a norma europeia EUROCODE 2:2004 e o modelo norte americano *Precast Concrete Institute* PCI (2010), cujos dados geométricos dos consolos encontrados na literatura foram aplicados nessas equações para obter valores de ruína dos consolos pelo método analítico.

Os resultados foram comparados com os valores V_y (ruína pelo escoamento do tirante) e V_u (ruína pelo esmagamento da biela comprimida) onde foi possível avaliar qual normativa melhor representa o estado real dos testes experimentais. Os dados foram coletados por meio de um banco de dados no qual se separou os que não continha fibra no concreto, ou seja, nenhuma taxa de fibra que pudesse aumentar a resistência do consolo e também consolos que não continha coeficiente de segurança para que não houvesse minoração ou majoração dos esforços. De modo geral, foram executadas as seguintes etapas:

a) Revisão Bibliográfica através de pesquisa e revisão das normativas, com ênfase para a ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 9062:2017, EUROCODE 2:2004 e PCI (2010);

- b) Estudo dos princípios fundamentais de estados limites últimos (ELU) e estados limites de serviço (ELS);
- c) Revisão sobre os estados limites últimos, relacionados à segurança e ao colapso da estrutura;
- d) Revisão sobre os estados limites de serviço, relacionados à durabilidade, conforto do usuário e funcionalidade;
- e) Levantamento dos coeficientes de segurança descritos pela ABNT NBR 6118:2014, destacando a relação entre carga última e carga admissível;
- f) Estudo dos fatores que influenciam na determinação dos coeficientes de segurança, como modo de ruptura, deteriorações futuras e carregamentos ao longo da vida útil;
- g) Análise das tensões em consolos de concreto considerando a relação a/h, baseando-se em estudos como o de Franz e Niedenhoff (1963) para compreender as trajetórias de distribuições de tensões em consolos;
- h) Análise comportamento da armadura em consolos, considerando diferentes estágios de deformação e falha, recorrendo a diversas fontes, como os estudos propostos por Powell e Foster (1994) para compreender a relação carga versus deformação do tirante e verificação sobre modelos de ruptura que causam a falha de consolos, conforme Park e Paulay (1983);
- i) Identificação das diferentes formas de ruína, como por flexão, cisalhamento, fendilhamento da biela de compressão e falhas na ancoragem da armadura do tirante, avaliação dos modelos de cálculo, incluindo o modelo analítico da ABNT NBR 9062:2017, o modelo do PCI (2010) e o modelo do EUROCODE 2:2004 e comparação dos resultados obtidos pelos diferentes modelos;
- j) Análise detalhada sobre armaduras de consolos, como estribos, posicionamento da armadura de costura e avaliação da influência da armadura de costura na resistência e comportamento dos consolos.

Essa metodologia condicionou a uma abordagem abrangente, envolvendo diretrizes normativas, teóricas e práticas para compreender o comportamento dos consolos de concreto em diversas condições de uso.

3. MODELOS ANALISADOS

Os autores que produziram esses modelos de consolos experimentais são Kriz, Rath (1965), Fattuhi (1994), Landim (2014), Yong and Balaguru (1997), Fattuhi and Hughes (1989),

Birkle *et al.* (2002), Mattock *et al.* (1976), Oliveira (2012), Foster e Selim (1996), Torres (1998), Fernandes (2005) e Campione (2005). O banco de dados encontrado na literatura reuniu 119 consolos curtos, ou seja, sua relação $0,5 \geq a/d \leq 1,0$ onde 69 são consolos sem armadura de costura e 50 consolos são com armadura de costura.

3.1. Modelo ABNT NBR 9062:2017

Para determinar a força relativa ao escoamento do tirante do consolo V_d , fora utilizada a Equação 1.

$$V_d = \frac{A_s f_{yd}}{\left(0,1 + \frac{a}{d}\right)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Através da Equação 2, determinou-se a força de ruína do consolo pelo esmagamento da biela comprimida.

$$V_d = \frac{2 f_{cd} b d^2 (c - \emptyset - c_c - a)}{d^2 + (c - c_c - \emptyset)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

3.2. Modelo PCI (2010)

Para se determinar a força de ruína do consolo V_d quando a ruína se dá devido ao escoamento do tirante, utilizou-se a Equação 3.

$$V_d = \frac{\sqrt{(1,7 y \beta_n b f_{cd} a)^2 + 6,8 A_s f_y d y^2 \beta_n b f_{cd}} - 1,7 y \beta_n b f_{cd} a}{2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Para a verificação do esmagamento da biela comprimida utilizou-se a Equação 4.

$$V_d = 0,85 y \beta_s f_{cd} b d^2 \frac{\left[(h_c - c_c) - \sqrt{(h_c - c_c)^2 - \frac{2V_d (a + h_c - c_c)}{0,85 y \beta_n f_{cd} b}} \right]}{d^2 + \left[a + \sqrt{(h_c - c_c)^2 - \frac{2V_d (a + h_c - c_c)}{0,85 y \beta_n f_{cd} b}} \right]^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

3.3. Modelo do EUROCODE 2:2004

Para avaliação da força de ruína do consolo devido ao escoamento do tirante, utilizou-se a Equação 5.

$$V_d = \sqrt{\left[abk_1 \left(1 - \frac{f_{cd}}{250 \times 10^6} \right) \frac{f_{cd}}{y_c} \right]^2 + 1,6 bdf_{yd} A_s K_1 \left(1 - \frac{f_{cd}}{250 \times 10^6} \right) \frac{f_{cd}}{y_c} - abk_1 \left(1 - \frac{f_{cd}}{250 \times 10^6} \right) \frac{f_{cd}}{y_c}} \quad \text{(Eq. 5)}$$

Para a verificação da força de ruína do consolo devido esmagamento da biela comprimida, utilizou-se a Equação 6.

$$V_d = 0,8 bdf_{cd} \sqrt{\frac{\left[\frac{V_d}{bk_1 \left(1 - \frac{f_{cd}}{250 \times 10^6} \right) \frac{f_{cd}}{y_c}} \right]^2 + 0,04 d^2}{\left[a + \frac{V_d}{2bk_1 \left(1 - \frac{f_{cd}}{250 \times 10^6} \right) \frac{f_{cd}}{y_c}} \right]^2 + 0,64 d^2}} \quad \text{(Eq. 6)}$$

RESULTADOS FINAIS

Os dados apresentados na Tabela 1 representam a média e o desvio padrão entre a relação F_{exp} (Força de ruína experimental) e a força F_{calc} (Força de ruína prevista por cada modelo de cálculo). Os experimentos analisados foram calculados sem o uso de coeficiente de segurança buscando mostrar o estado real dos testes.

Utilizou-se o coeficiente de 0,75 para armadura de costura do PCI (2010) nas condições de cálculo. A Tabela 1 abaixo mostra os resultados obtidos pelos modelos de analíticos.

Tabela 1 - Comparação dos modelos de cálculo com resultados experimentais.

Consolo	Tipo de ruína	ABNT NBR 9062:2017	PCI (2010)	EUROCODE 2:2004
Sem armadura de costura	Tirante	1,06 ± 0,19	1,02 ± 0,17	1,25 ± 0,18
	Biela	0,60 ± 0,94	0,90 ± 0,54	0,73 ± 0,62
Com armadura de costura	Tirante	1,07 ± 0,30	0,99 ± 0,35	1,10 ± 0,50
	Biela	0,92 ± 0,76	0,87 ± 0,41	0,59 ± 0,37

Fonte: Autor (2023).

A Tabela 1 mostra que para os consolos sem a armadura de costura sendo a ruína causada pelo escoamento do tirante, o modelo de cálculo do PCI (2010) foi o que mais se aproximou da média dos resultados experimentais, sendo o EUROCODE 2:2004 o mais conservador. O modelo da ABNT NBR 9062:2017 e do PCI (2010) não mostram muita diferença entre si. Para o escoamento do tirante com a armadura de costura, nota-se que todos os modelos são satisfatórios por estar acima da média

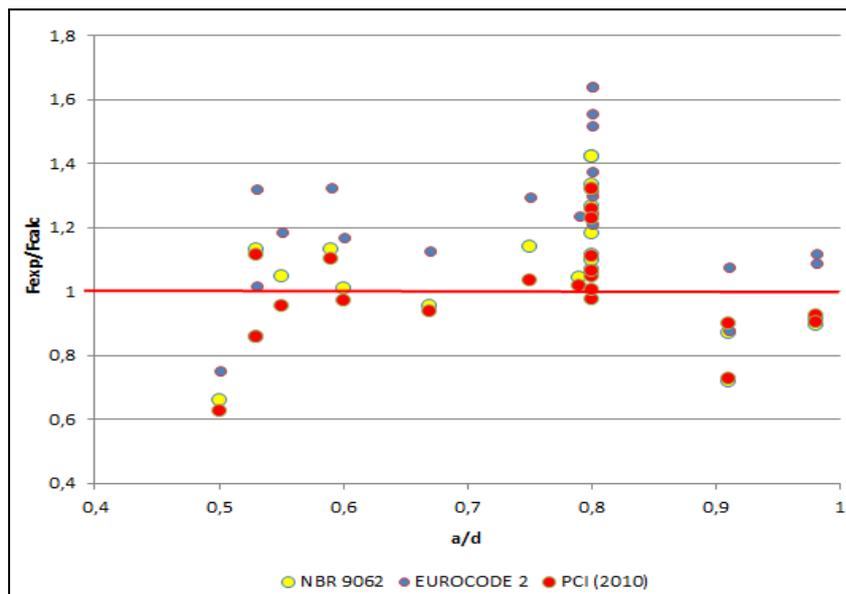
Os resultados do PCI (2010) são precisos em demonstrar sua proximidade com a média dos resultados experimentais. Sabe-se que a justificativa do aumento da relação F_{exp}/F_{calc} para estes modelos de cálculo é dada por não se considerar a armadura de costura, sendo assim quando adicionado a armadura de costura, ou seja, substituindo o “beta s” de 0,6 para 0,75 há um aumento na resistência do consolo.

Ao analisar a ruína dos consolos pelo esmagamento da biela comprimida sem a armadura de costura, observa-se na Tabela 1 que todos os modelos se mostram abaixo da média quando analisadas a relação F_{exp}/F_{calc} .

O modelo do PCI (2010) é o que mais se aproxima da relação, porém apresentando um elevado desvio padrão. Ao analisar a ruína dos consolos pelo esmagamento da biela comprimida com a armadura de costura é possível notar que o modelo da ABNT NBR 9062:2017 é o que mais se aproxima dos modelos experimentais sendo o mais próximo da média. O modelo do EUROCODE 2:2004, em média, mostra-se o mais distante.

A comparação dos modelos de cálculo com resultados experimentais em função da relação a/d para os modelos da ABNT NBR 9062:2017, EUROCODE 2:2004 e PCI (2010) são mostrados nas Figuras 1, 2 e 3 abaixo.

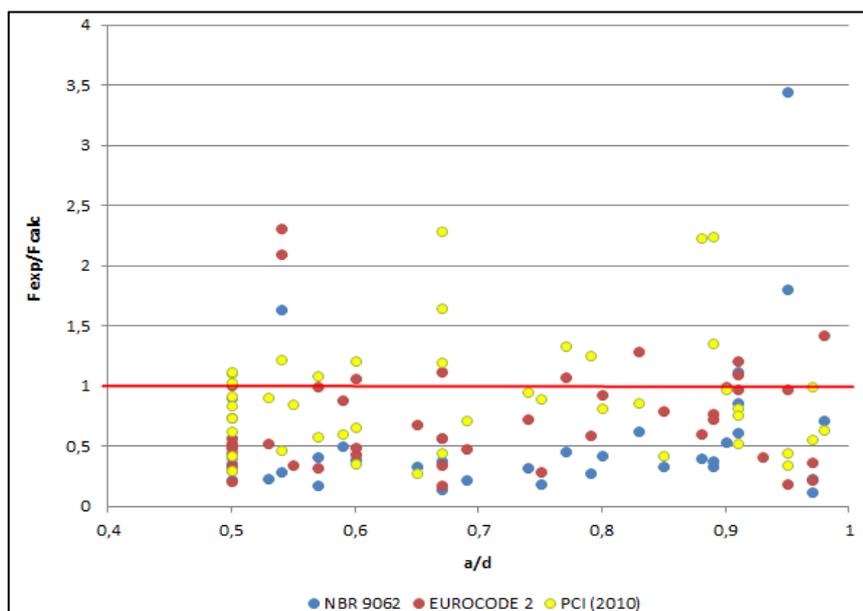
Figura 1 - Consolos sem armadura de costura (Ruína pelo escoamento do tirante).



Fonte: Autor (2023).

Nota-se na Figura 1 que para consolos sem armadura de costura, a ruína se dá pelo escoamento do tirante. De acordo com a variação de tamanho dos consolos os modelos se mostram na sua maioria acima da média dos modelos experimentais, mantendo-se de modo geral lineares independentes da variação da relação a/d , porém podendo haver uma diminuição da segurança quando os consolos atingem relação de 0,90. Na Figura 2, avalia-se os consolos sem armadura de costura com a ruína prevista por meio do esmagamento da biela comprimida.

Figura 2 - Consolos sem armadura de costura.

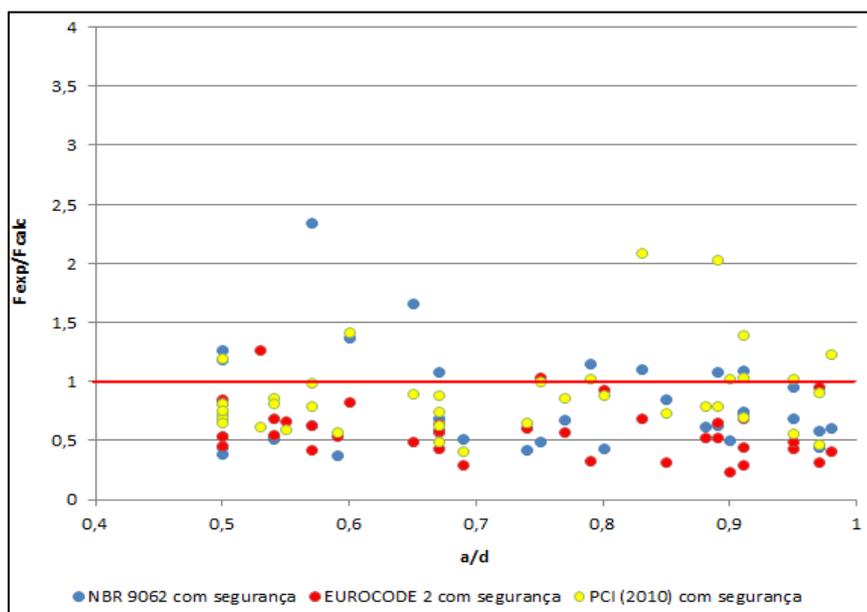


Fonte: Autor (2023).

Na Figura 2 é possível avaliar que consolos sem armadura de costura, a ruína se dá pela biela comprimida, de acordo com a variação de tamanho dos consolos eles se mostram na

sua maioria abaixo da média dos modelos experimentais, mantendo constância linear dada pelos modelos analíticos com relação à diferença de tamanho da relação a/d . Na Figura 3 são analisados os consolos com armadura de costura, onde a ruína se dá pelo esmagamento da biela comprimida.

Figura 3 - Consolos com armadura de costura.



Fonte: Autor (2023).

Por fim, na Figura 3 são analisados os consolos com armadura de costura na situação em que a ruína se dá pelo esmagamento da biela comprimida, os modelos analíticos também mantêm constância dos resultados lineares sem interferência da relação a/d .

5. CONCLUSÃO

Os modelos analíticos conseguem levar em conta a variabilidade da relação a/d no qual não afeta o resultado da análise, ou seja, os modelos analíticos estão bem formulados para não ser afetado por essa variável, pois não se observa uma variação de tendência acentuada. Há uma uniformidade de distribuição dos resultados, isso mostra que a relação a/d é uma variável que não tendência os resultados ou se dispersa com o aumento do tamanho do consolo.

Com relação à ruína pelo escoamento do tirante dos consolos sem armadura de costura, observa-se que todos os modelos possuem bons resultados se aproximando dos modelos experimentais, principalmente o modelo do PCI (2010). O modelo do EUROCODE 2:2004 mostrou ser o mais conservador. Com relação à ruína pelo escoamento do tirante, os consolos com armadura de costura, todos os modelos são eficientes para prever o escoamento da armadura do tirante, o modelo do PCI (2010) se mostra bem assertivo.

Ao se comparar os modelos analíticos com os resultados experimentais do banco de dados obtido, verifica-se que para a ruína pelo esmagamento da biela comprimida dos consolos sem armadura de costura, o modelo PCI (2010) foi o que mais se aproximou dos resultados experimentais. Já utilizando consolos com armadura de costura para região da biela comprimida, verifica-se que o modelo da ABNT NBR 9062:2017 é o que se mantém próximo aos resultados experimentais, porém com elevado desvio padrão.

Ao analisar o uso da armadura de costura, observa-se que a mesma gera certo grau de reforço a biela comprimida, e que é útil para a resistência do mesmo, sendo exigida pelo PCI (2010) para cálculo da resistência, é também recomendada pela ABNT NBR 9062:2017 e EUROCODE 2:2004 para ruínas dúcteis do consolo. Por fim, vale acrescentar que os resultados obtidos são de modo geral satisfatórios para o escoamento do tirante, porém não são satisfatórios para a ruína da biela comprimida, pois não atingem, em média, resultados analíticos favoráveis a segurança.

Este trabalho direciona às hipóteses de que os modelos analíticos não atendem precisamente a previsão de ruína da biela comprimida da mesma maneira que são precisos em prever a ruína do tirante, quando não se utilizam coeficientes de segurança, apresentando resultados de $F_{u,exp} / F_{u,ana} < 1.0$ e elevado desvio padrão.

Ressalta-se que os modelos que não são a favor da segurança no que se refere à ruína da biela foram avaliados com o modelo analítico puro, sem considerar nenhum coeficiente de segurança, e que, quando aplicados tais coeficientes, se tornarão seguros em todos os casos. Sendo assim, pode-se concluir que os modelos analíticos ainda apresentam dificuldade em representar a ruína da biela, e que modificações podem ser realizadas para melhorar a previsibilidade dos mesmos.

Ainda vale acrescentar que a realidade de cada normativa de acordo com seu local de utilização pode ser bem diferente quando comparada com valores experimentais em laboratório, visto que o sistema estrutural executado na Europa, no Brasil e nos Estados Unidos, não apenas estão implícitos as realidades de testes laboratoriais e experimentais, assim como o contexto de execução das obras desses locais, a capacitação da mão de obra ou o estágio de desenvolvimento da indústria, e mais ainda do clima que interfere no comportamento do consolo que ficam expostos ao tempo, diferentemente quando estão sendo testados em laboratório.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto e execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 242 p. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 94 p. 2017.

BIRKLE, G.; GHALI, A.; SCHÄFER, K. Double-Headed Studs Improve Corbel Reinforcement. **Concrete International**, v. 24, n. 9, 2002, p. 77-84.

CAMPIONE, G.; LA MENDOLA, L.; PAPIA, M. Flexural behaviour of concrete corbels containing steel fibers or wrapped with FRP sheets. **Materials and Structures**, v. 38, p. 617-625, 2005.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **EUROCODE 2**: Design of concrete structures – Part 1.1: General rules and rules for buildings. Brussels, Belgium, 225 p. 2004.

FATTUHI, N. I.; HUGHES, B. P. Ductility of reinforced concrete corbels containing either steel fiber or stirrups. **ACI Materials Journal**, v. 86, n. 6, p. 644- 651, 1989a.

FATTUHI, N. I.; HUGHES, B. P. Reinforced steel fiber concrete corbels with various shear span-to-death ratios. **ACI Materials Journal**, v. 86, n. 6, p. 590-596, 1989b.

FATTUHI, N. I. Reinforced corbels made with high-strength and various secondary reinforcements. **ACI Structural Journal**, v. 91, n. 4, p. 376-382, 1994a.

FATTUHI, N. I. Reinforced corbels made with plain and fibrous concrete. **ACI Structural Journal**, v. 91, n.5, p. 530-536, 1994b.

FATTUHI, N. I. Strength of FRC corbels in flexure. **Journal Structural Engineering**, v. 120, n. 2, p. 360-377, 1994c.

FERNANDES, R. M.; EL DEBS, M. K. Análise da capacidade resistente de consolos de concreto armado considerando a contribuição da armadura de costura. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 7, n. 25, p. 103-128, 2005.

FRANZ, G.; NIEDENHOFF, H. Die bewehrung von konsolen und gedrunenen balken. **Beton-und Stahlbetonbau**, v. 58, n. 5, p. 112-120, 1963.

FOSTER, S. J.; POWELL, R. E.; SELIM, H. S. Performance of high-strength concrete corbels. **Structural Journal**, v. 93, n. 5, p. 555-563, 1996.

LANDIM, B. P. B. C.; CASTRO, C. G. **Dimensionamento e análise experimental de consolos de concreto moldado em duas etapas**. Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Departamento de Engenharia, 2014.

MATTOCK, A. H.; CHEN, K. C.; SOONGSWANG, K. Design proposals for reinforced concrete corbels. **Journal Prestressed Concrete Institute**, v. 21, n. 3, 1976, p. 18-42.

OLIVEIRA, E. M. **Consolos de concreto moldados em duas etapas: influência do tratamento da interface e da adição de fibras de aço**. 2012. Dissertação (Mestre em

Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

PARK, R.; PAULAY, T. **Reinforced concrete structures**. New York, John Wiley & Sons, 1983. 783 p.

PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE – PCI. **PCI Design Handbook**. 7 th Edition, 828 p. 2010.

POWELL, R. E.; FOSTER, S. J. Experimental Investigation on Rectangular Corbels Cast in High-Strength Concrete. **UNICIV Report No. R-338**, University of New South Wales, School of Civil Engineering, 216 p., ago, 1994.

TORRES, F. M. **Análise teórico-experimental de consolos de concreto armado**. 1998. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 1998.

KRIZ, L. B.; RATHS, C. H. Connections in precast concrete structure: strength of corbels. **Journal Prestressed Concrete Institute**, v. 10, n. 1, 1965, p. 16-61.

YONG, Y. K. BALAGURU, P. Behavior of reinforced high-strength-concrete corbels. **Journal of Structural Engineering**, v. 120, n. 4, p. 1182-1201, 1994.