

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica



**Protótipo de *software* para pré-dimensionamento de estruturas  
modulares de concreto**

São Paulo  
Junho, 2018

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica



**Protótipo de *software* para pré-dimensionamento de estruturas  
modulares de concreto**

Relatório final apresentado à  
disciplina PEF3208, por  
**Lucas Penna Saraiva.**  
Número USP: **9770566**

São Paulo  
Junho, 2018

## **1. Introdução**

O software-protótipo PoliDim é uma proposta de solução no que tange ao pré-dimensionamento de estruturas de concreto. O pré-dimensionamento é uma atividade importante à medida que permite, de forma prática, obter dados fundamentais do processo de construção da edificação. Nesse sentido, trata-se de uma ferramenta indispensável para a elaboração de levantamentos quantitativos de custos e materiais; e até mesmo como solução (ainda que não ideal) de um projeto de estruturas.

## **2. Objetivo**

Pretende-se, com esse protótipo, esboçar a ideia de um software que permita qualquer usuário, por mais leigo que seja, ter acesso de forma facilitada a um serviço de engenharia. Trata-se de uma potencial demanda muito elevada, à medida que grande parte das edificações no Brasil são construídas de forma irregular, oferecendo assim, extremos riscos para a cidade.

## **3. Projeto do software**

### **3.1 Análise geral da estrutura do software**

Para o desenvolvimento do software, fez-se uso da técnica Programação Orientada a Objetos, tema da disciplina *PCS-3110 Laboratório de Programação Orientada a Objetos para Engenharia Elétrica*. Essa técnica permite ao desenvolvedor resolver problemas muito abstratos, visto que permite a modelagem de problemas reais de forma muito coesa e modular. A técnica Orientação a Objetos permite ao desenvolvedor a criação de classes. As classes, em termos de computação, são estruturas de dados muito específicas, visto que o próprio projetista do software as define da forma que quiser. É justamente esse grau de especificidade que permite o software alcançar grandes níveis de abstração e com isso aproximar-se bem do problema a ser modelado. Seguindo essa ideia, no desenvolvimento do software foram definidas três classes: Pilar, Viga e Laje.

### 3.2 Classe Pilar

Na classe Pilar, buscou-se realizar os cálculos de pré-dimensionamento dos elementos estruturais denominados “pilares”. A função estrutural dos pilares, de forma geral, consiste no apoio das vigas, desempenhando papel fundamental na verticalização da edificação. Para o pré-dimensionamento dos pilares, considerou-se as três possíveis posições que eles poderiam ter (no tipo de estrutura que o trabalho se propõe a resolver). Se estiver numa quina da edificação, o pilar estará sujeito a uma área de influência de carga. Caso o pilar esteja nas “bordas”, haverá duas áreas de influência de carga. Por fim, se o pilar estiver no “meio” da edificação, considerou-se nos cálculos quatro áreas de influência.

Como o software se propõe a resolver problemas de estruturas simétricas e modulares, as áreas de atuação acabam, por conseguinte, sendo obtidas de forma muito simples: dividiu-se as dimensões da edificação pelo número de pilares na mesma dimensão e por fim divide-se o valor obtido por 4. Assim, obteve-se o número de uma área de influência.

Em posse da área de influência, aplicou-se a seguinte fórmula para o cálculo da área  $A$  de secção do pilar:

$$A = (30 \times \alpha \times A \times (n + 0,7)) / f_{ck} + 0,01 \times (69,2 - f_{ck})$$

Onde:

$A = b \times h \rightarrow$  área da secção de concreto ( $\text{cm}^2$ )

$\alpha \rightarrow$  coeficiente que leva em conta as excentricidades da carga

$A \rightarrow$  área de influência do pilar ( $\text{m}^2$ )

$n \rightarrow$  número de pavimentos-tipo

$(n+0,7) \rightarrow$  número que considera a cobertura, com carga estimada em 70% da relativa ao pavimento-tipo.

$f_{ck} \rightarrow$  resistência característica do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )

Assim, as dimensões  $L$  do pilar (de área de secção quadrada) podem ser obtidas a partir de  $L = \sqrt{A}$ .

### 3.3 Classe Viga

Para a classe Vigas, buscou-se o pré-dimensionamento dos elementos estruturais denominados “Vigas”. As vigas são importantes pois, do ponto de vista estrutural, são responsáveis por transmitir os esforços das lajes para os pilares. Para dimensionar a espessura  $H$  das vigas, portanto, foi adotada a seguinte metodologia:

*Tramos internos:  $H = L / 12$ ;*

*Tramos externos ou vigas biapoiadas:  $H = L / 10$ ;*

*Balanços:  $H = L / 5$ ;*

### 3.4 Classe Laje

Por fim, em relação à classe Laje, definiu-se os métodos para dimensionamento dos elementos estruturais denominados “lajes”. As lajes desempenham papel importante na composição estrutural de uma edificação pois são responsáveis por absorver os esforços de coberturas e andares superiores, transmitindo-os para as vigas. A fim de determinar a espessura  $D$  da laje, determinou-se os seguintes procedimentos:

$$D = (2,5 - 0,1 \times n) * L / 100;$$

Onde  $L$  assume o valor de  $L_x$  caso  $L_x < 0,7 * L_y$ , definindo  $L_x$  como menor vão e  $L_y$  como o maior vão.

Como nos casos abordados pelo software protótipo não há bordas engastadas, mas apenas apoiadas, o número de bordas engastadas  $n$  será sempre nulo.

### 3.5 Interface com o usuário

Devido ao fato de ser um protótipo, o software *PoliDim* não apresenta uma interface gráfica amigável. Trata-se de um software manipulado por linhas de comando. O programa solicita ao usuário uma gama de dados primários do projeto. Após o usuário entrar com os valores, o programa retorna as dimensões dos elementos estruturais que compõe o projeto (informados pelo usuário).

Para demonstrar a funcionalidade, usou-se aqui um exemplo simples. O usuário entra com os dados referentes ao seguinte projeto: uma sala

quadrada de lado 5m, com 4 pilares, 4 vigas (posicionadas em cada canto) e 1 laje. Primeiramente, note os trechos de entrada do software:

*Primeiramente, informe as dimensões X e Y, respectivamente, totais da edificação: 5 5*

*Agora, informe o número de Pilares em X e em Y: 2 2*

*Quantos andares tem a edificação? 1*

*Digite o tipo de pilar! 'c' = canto, 'e' = extremidade (sem ser canto), 'm' = meio: c*

*Digite as posições iniciais e finais da viga conforme o requerido: (Xo, Yo) e (Xf, Yf).*

**0 0 5 0**

*Digite o tipo de Viga. Tramo interno = 'i'. Balanço = 'b'. Tramo externo = 'e': i*

*Digite as posições iniciais e finais da viga conforme o requerido: (Xo, Yo) e (Xf, Yf).*

**5 0 5 0**

*Digite o tipo de Viga. Tramo interno = 'i'. Balanço = 'b'. Tramo externo = 'e': i*

*Digite as posições iniciais e finais da viga conforme o requerido: (Xo, Yo) e (Xf, Yf).*

**0 5 5 5**

*Digite o tipo de Viga. Tramo interno = 'i'. Balanço = 'b'. Tramo externo = 'e': i*

*Digite as posições iniciais e finais da viga conforme o requerido: (Xo, Yo) e (Xf, Yf).*

**0 0 0 5**

*Digite o tipo de Viga. Tramo interno = 'i'. Balanço = 'b'. Tramo externo = 'e': i*

*Agora, vamos adicionar todas as lajes! Insira o número total de lajes que se quer adicionar nesse andar: 1*

*Digite os comprimentos X e Y, respectivamente, da laje que deseja adicionar nesse andar: 5 5*

Após o usuário entrar com os valores, como demonstrado, o software devolve os seguintes valores no seguinte formato (válidos para o exemplo descrito acima):

----- Exibição dos resultados -----  
----- Exibição do >>>> 0 andar <<<< -----

--- PILARES ---

>> Pilar ( 0 ) << de secção quadrada. Dimensão: 0.18727  
>> Pilar ( 1 ) << de secção quadrada. Dimensão: 0.18727  
>> Pilar ( 2 ) << de secção quadrada. Dimensão: 0.18727  
>> Pilar ( 3 ) << de secção quadrada. Dimensão: 0.18727

--- VIGAS ---

>> Viga ( 0 ) << Comprimento: 5.000000. Espessura dimensionada: 0.410000  
>> Viga ( 1 ) << Comprimento: 5.000000. Espessura dimensionada: 0.410000  
>> Viga ( 2 ) << Comprimento: 5.000000. Espessura dimensionada: 0.410000  
>> Viga ( 3 ) << Comprimento: 5.000000. Espessura dimensionada: 0.410000

--- LAJES ---

>> Laje ( 0 ) << Espessura: 0.175000

## **4. Conclusão**

O desenvolvimento desse protótipo de software permitiu aquisição de habilidade de modelar um problema real usando instrumentação matemática, bem como propor uma solução de um problema que muitas pessoas enfrentam utilizando os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso.

Trata-se de protótipo projetado para algumas situações específicas, dada a limitação temporal e aos padrões de trabalho exigidos pela disciplina em questão. No entanto, para versões futuras, uma possibilidade é modelar a estrutura da edificação usando a teoria de grafos e aproveitando-se da longa disponibilidade de ferramentas computacionais disponíveis.

Por fim, espero que esse trabalho tenha demonstrado uma possibilidade de empreender novas ideias com possíveis demandas de mercado a partir de conceitos explorados ao longo da graduação.

## **5. Referências**

*[www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Lancamento/Pre-dimensionamento\\_EESC.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Lancamento/Pre-dimensionamento_EESC.pdf)*