

## CONCRETO – DETERMINAÇÃO DOS MÓDULOS ESTÁTICOS DE ELASTICIDADE E DEFORMAÇÃO E DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

Fernanda de Sousa Silva <sup>(1)</sup>; Jaqueline Aparecida Silveira <sup>(2)</sup>; Ludimila Santiago Gomes <sup>(3)</sup>;  
Eduardo Pains de Morais <sup>(4)</sup>;

<sup>(1)</sup> Fernanda de Sousa Silva graduando em Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. nandahbl@hotmail.com.

<sup>(2)</sup> Jaqueline Aparecida Silveira graduando em Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. jaquelinesilveira.ma@hotmail.com.

<sup>(3)</sup> Ludimila Santiago Gomes graduando em Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. ludimilasantiago@live.com.

<sup>(4)</sup> Eduardo Pains de Morais professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. eduardopm@unipam.edu.br.

### 1 INTRODUÇÃO

Em obras de engenharia é de grande importância a realização de testes como o de compressão para a correta análise da resistência dos materiais utilizados. Esses testes têm como objetivo definir as propriedades mecânicas dos materiais analisados. A compressão é uma força aplicada a um material, sucedendo na redução de uma das suas dimensões e o aumento da seção transversal quando a deformação for permitida, (TRIGO, 2000).

Diante disso o presente ensaio tem como objetivo a determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação. Os módulos estáticos de elasticidade são por definição parâmetros mecânicos que propicia uma força de rigidez de um material no estado sólido. É um parâmetro fundamental para a engenharia civil na aplicabilidade no comportamento dos materiais. Suas principais propriedades mecânicas são a tensão de escoamento, ruptura, variação de temperatura e outros. De acordo com (BATTAGIN, 2008), dependente da composição química o outro módulo estático de deformação é originada a partir da razão entre a tensão exercida e a deformação sofrida pelo material.

As curvas tensão X deformação são recebidas a partir do comportamento dos materiais aos resultados de ensaios de compressão uniaxial de corpos de prova de concreto. Estas por sua vez, são na maioria das vezes aplicadas em observações não lineares em seus comportamentos estruturais. As características do concreto que determinam estas curvas são a resistência à compressão, o módulo de elasticidade com característica tangente na sua origem, e a deformação relacionada á tensão máxima, (SHEHATA, 2010).

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

Com base em critérios estabelecidos pela ABNT NBR 8522:2008, e por conceitos e orientações feitas momentos antes da realização do experimento observações e testes foram

executados ao longo da prática, no laboratório de análises tecnológicas de materiais de construção, localizado no centro universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Para isso os materiais utilizados foram: um corpo de prova, máquina de ensaio à compressão “**Emic DL20000**”, extensômetro e um paquímetro. A emissão de um relatório de ensaio foi feita pelo o software “**Tesc versão 3,04**”. É importante ressaltar que a moldagem e a cura do corpo de prova foram feitos pelos monitores responsáveis pelo laboratório, sendo eles entregues prontos para o experimento.

Com finalidade de estabelecer o módulo de elasticidade à compressão do concreto, utilizamos um corpo de prova de diâmetro de 99,4 mm e comprimento de 196 mm, e foi considerado o  $F_{ck}$  de 25 MPa. Segundo a norma ABNT NBR 8522:2008, existem dois métodos de se calcular o módulo de elasticidade à compressão: o método A e o método B.

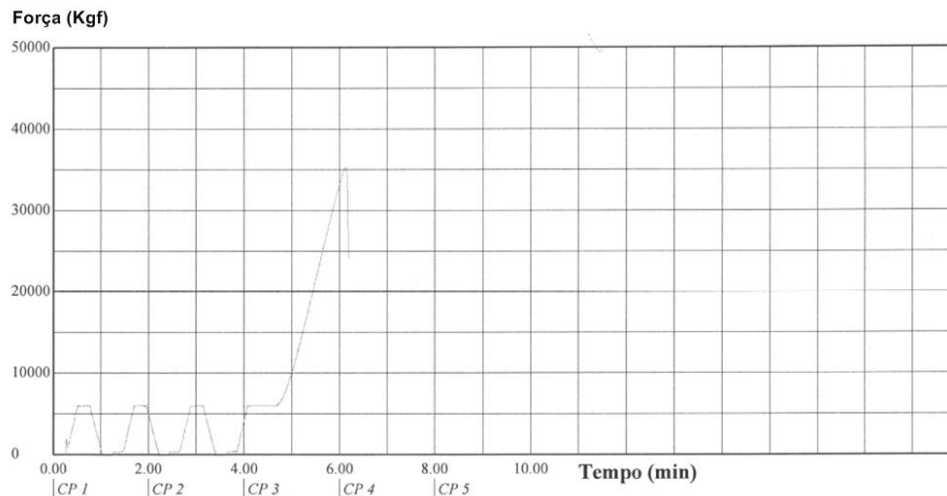
No ensaio foi utilizado o método A que consiste em testar dois corpos de prova para determinar seu  $F_{ck}$ , e posteriormente os outros três determinar a elasticidade. Para realizar o teste é necessário elevar a carga da prensa hidráulica em 30% do valor do  $F_{ck}$  do corpo de prova e segurar essa carga por 60 segundos, após isso a carga é reduzida para 0,5 MPa o que é um valor padrão e novamente permanecer com essa carga por mais 60 segundos, repetindo o teste por 3 vezes e depois elevar a carga até a ruptura do corpo de prova.

Porém havia pouco tempo para realizar o experimento e também devido à falta de corpos de prova utilizamos somente um corpo e o tempo entre os intervalos foi reduzido para 15 segundos, e o  $F_{ck}$  foi definido pelo professor. Para realizar o teste conectou-se o extensômetro (aparelho que mede a deformação do corpo de prova, com precisão de um décimo de milésimo de milímetro) dos dois lados do corpo de prova e colocou-se o corpo na prensa hidráulica e a carga foi mantida por 15 segundos. Quando 30% da carga foi aplicada no corpo de prova por 3 vezes a máquina avisou que deveria ser retirado o extensômetro para que o corpo de prova fosse levado à ruptura e o extensômetro registra as deformações específicas.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para os cálculos futuros foi necessário retirar dados do relatório de ensaio, no qual a força de ruptura foi de 35255,00 (Kgf), o delta deformação de 176,8 (micro-strain) e o delta tensão de 7 MPa. A figura abaixo mostra a reação do experimento conforme ABNT NBR 8522:2008, método A:

**Figura 1-** Força X Tempo



**Fonte:** UNIPAM, 2016.

Após todo esse processo, cálculos foram feitos para determinar a área e o  $f_{ck}$ , tais resultados podem se observados a seguir:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = \pi \cdot 2470,09$$

$$A = 7760,02 \text{ mm}^2$$

$$f_{ck} = \frac{F}{A}$$

$$f_{ck} = \frac{345733,45}{7760,02}$$

$$f_{ck} = 44,55 \text{ MPa}$$

Logo que foi feito o calculo da resistência característica à compressão do concreto verificamos que o valor deu bem mais alto do que o estimado de 25  $f_{ck}$ , diante disso calculamos o módulo de elasticidade ( $E_{ci}$ ) considerado critérios estabelecidos na norma NBR 6118:2014 para o módulo de deformação tangente inicial. Essa equação é utilizada quando não forem realizados ensaios, porém foi realizado a operação matemática com objetivo de comparar valores. Outro valor calculado foi o modulo de elasticidade secante ( $E_{cs}$ ).

$$E_{ci} = \alpha f \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$E_{ci} = 1 \cdot 5600 \cdot \sqrt{25}$$

$$E_{ci} = 28 \text{ GPa}$$

$$E_{cs} = 0,85 \cdot E_{ci}$$

$$E_{cs} = 0,85 \cdot 28$$

$$E_{cs} = 23,80 \text{ GPa}$$

Como houve a realização de ensaios com o corpo de prova a formula correta de se obter o módulo de elasticidade ( $E_{ci}$ ) é segundo o método de ensaio estabelecido na ABNT NBR 8522:2008 no qual pode ser verificada na equação abaixo:

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \cdot 10^{-3}$$

$$E_{ci} = \frac{7}{176,8 \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-3}$$

$$E_{ci} = 39,59 \text{ GPa}$$

## 4 CONCLUSÕES

- i- O módulo de elasticidade obtido de acordo com a NBR 6118:2014 não é tão preciso como valores da ABNT NBR 8522:2008, isso ocorre porque não há realização de ensaios na primeira, ou seja, é só uma estimação do valor.
- ii- O módulo de elasticidade aumenta com a resistência.
- iii- A deformação elástica do concreto depende da composição do traço do concreto, especialmente da natureza dos agregados.

## REFERÊNCIAS

TRIGO, Thiago. **Propriedades Mecânicas**. 2000. Disponível em:

<<http://www.infoescola.com/fisica/propriedades-mecanicas/>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

BATTAGIN, Inês Laranjeira da Silva. **Módulo de Elasticidade do Concreto Normalização, fatores de influência**. 2008. Superintendente do ABNT/CB-18. Disponível em:

<[http://www.abcic.org.br/Concrete\\_show\\_2008/palestras/Ines\\_Battagin.pdf](http://www.abcic.org.br/Concrete_show_2008/palestras/Ines_Battagin.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2016.

SHEHATA, Ibrahim; SHEHATA, Lidia. **CURVAS TENSÃO NORMAL DE COMPRESSÃO-DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA PARA CONCRETOS DE DIFERENTES RESISTÊNCIAS**. 2010. Disponível em: <[http://wwwp.coc.ufrj.br/~ibrahim/Downloads/diagramas\\_tensao-deformacao.pdf](http://wwwp.coc.ufrj.br/~ibrahim/Downloads/diagramas_tensao-deformacao.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8522:2008**: Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. 2 ed. Rio de Janeiro, 2008. 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. Disponível em:

<<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmxb25jcmV0b2FyZWVkb3VuaWNhcHxneDo2YjRmNmM5MTA5NGE1OTE1>>. Acesso em: 02 jun. 2016.