



CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"

Mesa Redonda

Módulo de Elasticidade, influências diretas sobre a estrutura pré-moldada

Módulo de Elasticidade do Concreto – Normalização, fatores de influência e interface com o pré-moldado

*Enga. Inês Laranjeira da Silva Battagin
Superintendente do ABNT/CB-18*

28 de agosto de 2008



CB-18

COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

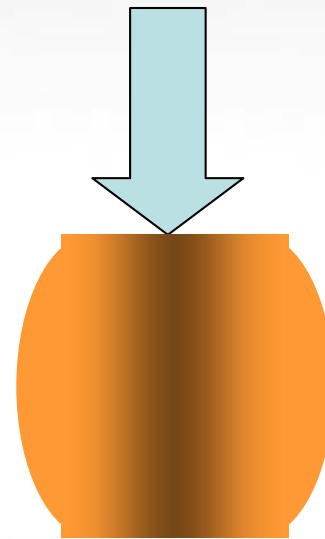




Módulo de Elasticidade – Conceituação

Robert Hooke (1660):

- Conceito de elasticidade
- Proporcionalidade entre tensões e deslocamentos

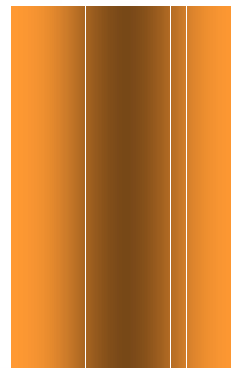
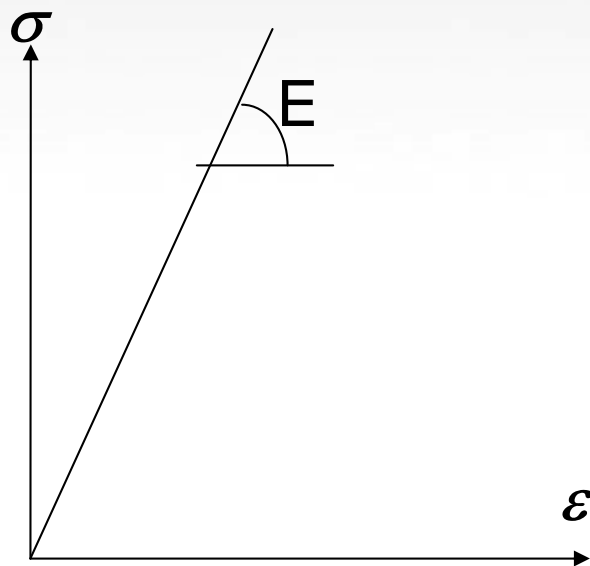




Módulo de Elasticidade – Conceituação

Thomaz Young (1802):

- Crescimento linear das deformações sob carregamento
- Cessada a sollicitação, a deformação desaparece

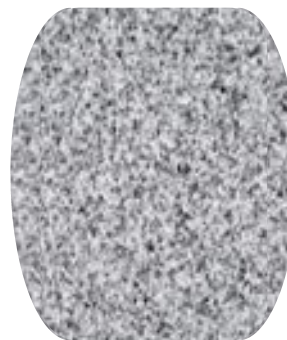
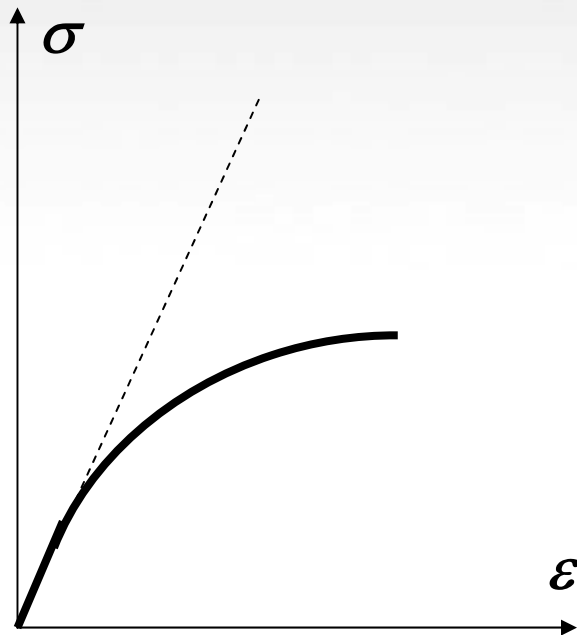


Não havendo deformações permanentes o material é considerado elástico.



Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

- A partir de um determinado ponto o gráfico **não é** mais linear
- Cessada a sollicitação, **parte da deformação permanece**



L_3

A lei de Hooke se aplica a valores limitados de tensões ($\cong 30\%f_c$)

$$L_3 < L$$



EN 1992-1-1:2004

Eurocode 2 – Design of concrete structures Part 1-1: General rules and rules for buildings

3.1.3 Deformação elástica

$$E_{ci} = 1,05 E_{cs} \qquad E_{cm} = 22 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3}$$

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm} \longrightarrow \text{para } t < 28\text{dias}$$

$$E_{cm} = 9,5(f_{ck} + 8)^{1/3} \longrightarrow \text{Eurocode 2: 2000}$$



EN 1992-1-1:2004

Eurocode 2 – Design of concrete structures

Part 1-1:General rules and rules for buildings

3.1.3 Deformação elástica

A deformação elástica do concreto depende fundamentalmente da sua composição (especialmente dos agregados).

Os valores dados nesta Norma podem ser indicados para aplicações gerais. Porém, esses valores devem ser verificados por ensaios específicos em caso de estruturas especiais.

Nota: Anexos Nacionais podem estabelecer informações complementares não contraditórias.



EN 1992-1-1:2004

Eurocode 2 – Design of concrete structures

Part 1-1:General rules and rules for buildings

O módulo de elasticidade do concreto é controlado pelo módulo de elasticidade de seus componentes.

Valores aproximados para o módulo de elasticidade E_{cm} , secante entre $\sigma_c = 0$ e $0,4 f_{cm}$, para concretos com agregados quartizíticos são dados na Tabela 3.1.

Para agregados de rocha calcárea e arenitos os valores devem ser reduzidos em 10% e 30%, respectivamente.

Para basalto os valores devem ser aumentados em 20%.



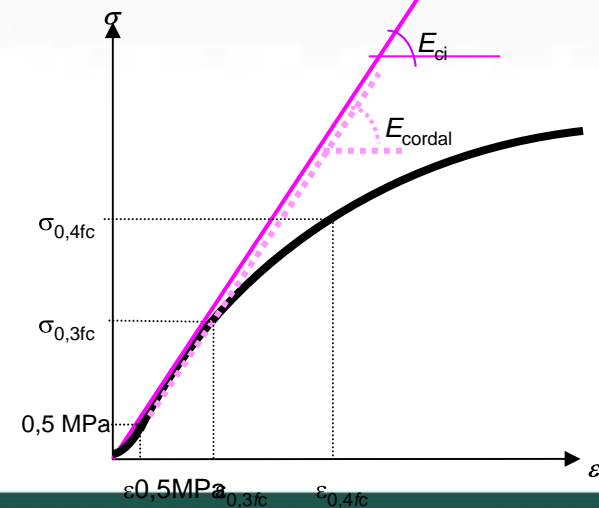
Ensaio

ISO 6784:1982 Concrete – Determination of static modulus of elasticity in compression

A norma internacional ISO 6784 estabelece como determinar o módulo de elasticidade estático à compressão do concreto a partir de tensões da ordem de $f_c/3$.

O método é muito parecido com o utilizado no Brasil para essa determinação.

Em Revisão!





ACI 318:05 Building Code Requirements for Structural Concrete

8.5 Módulo de elasticidade

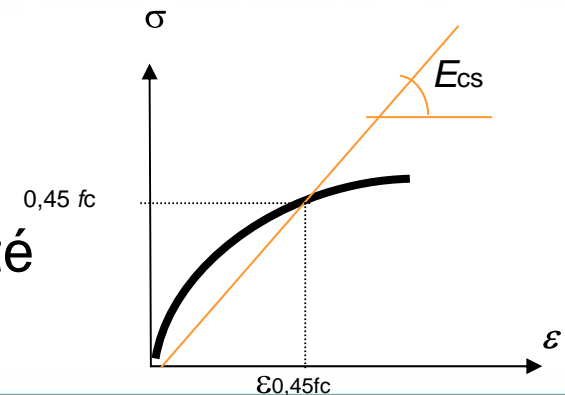
8.5.1 Para o concreto com massa específica de 1500 a 2500 kg/m³:

$$E_c = w_c^{1,5} \cdot 0,043 (f'_c)^{1/2}$$

Para concretos correntes pode-se considerar:

$$E_c = 4700 (f'_c)^{1/2}$$

E_c é definido como a secante da curva tensão-deformação, traçada do ponto de tensão nula até a tensão de compressão equivalente a $0,45f'_c$.

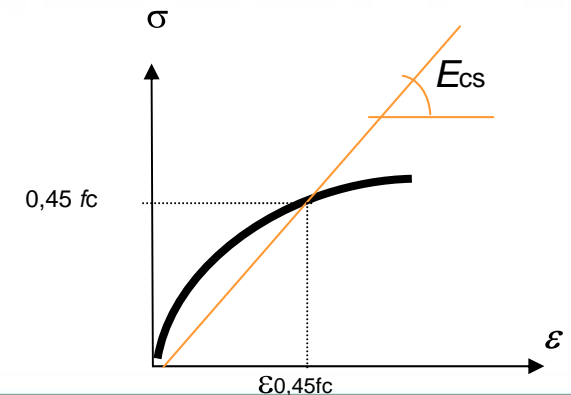




ACI 318:05 Building Code Requirements for Structural Concrete

O módulo do concreto é sensível ao módulo do agregado e pode diferir do valor especificado.

Os valores medidos variam usualmente de 120% a 80% em função do tipo de agregado utilizado.





CONCRETE SHOW

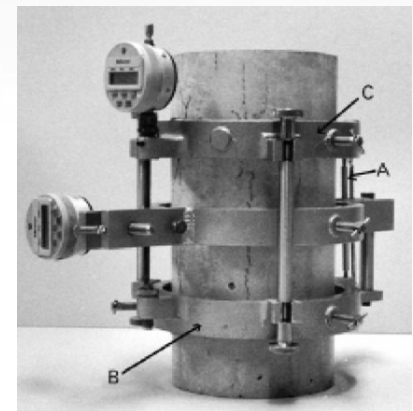
"Pré-fabricando com Excelência"

Ensaio ASTM C 469:02 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression

Determinação do módulo de elasticidade e do coeficiente de Poisson no intervalo 0 a 40% de f_c .

Permite o uso de equipamentos que cumpram com as exigências de precisão estabelecidas, mas mostra figura do compressômetro.

Não há necessidade de compatibilização das bases de medida.





ABNT NBR 6118:2007 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

8.2.8 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade deve ser obtido segundo ensaio descrito na ABNT NBR 8522, sendo considerado nesta Norma o módulo de deformação tangente inicial cordal a 30% f_c , ou outra tensão especificada em projeto.



ABNT NBR 6118:2007 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

Quando não forem feitos ensaios e não existirem dados mais precisos sobre o concreto usado na idade de 28 dias, pode-se estimar o valor do módulo de elasticidade usando a expressão:

$$E_{ci} = 5600 f_{ck}^{1/2}$$

O módulo de elasticidade numa idade $j \geq 7$ dias pode também ser avaliado através dessa expressão, substituindo-se f_{ck} por f_{cj} .

Quando for o caso, é esse o módulo de elasticidade a ser especificado em projeto e controlado na obra.



ABNT NBR 6118:2007 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

O módulo secante a ser utilizado nas análises elásticas de projeto, especialmente para determinação de esforços solicitantes e verificação de estados limites de serviço, deve ser calculado pela expressão:

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

$$E_{cs} = 0,85 \cdot 5600 (f_{ck})^{1/2} = 4760 (f_{ck})^{1/2}$$



CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"

ABNT NBR 9062:2006 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado

8.2.2 Propriedades

Aplica-se o disposto na NBR 6118 com relação à trabalhabilidade, à durabilidade, ao diagrama tensão-deformação, ao módulo de deformação longitudinal à compressão, ao módulo de deformação transversal, ao coeficiente de Poisson, ao coeficiente de dilatação térmica, à retração e à fluência.



CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
8522

Segunda edição
21.04.2008
Válida a partir de
21.05.2008

Concreto — Determinação do módulo estático
de elasticidade à compressão

Concrete — Determination of the elasticity modulus by compression

Ensaio

Palavra-chave: Concreto.
Descriptor: Concreto.

ICS 91.100.30

ISBN 978-85-07-00628-2

- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5738)
- Testemunhos cilíndricos (NBR 7680)
- Um plano de carregamento (E_{ci})
- Qualquer idade
- E_{cs} opcional (anexo informativo)
- Compatibilização bases de medida fora do intervalo $0,3f_c$ a $0,5f_c$
- 3 cps para E + 2 cps para f_c
- Velocidade $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s
- Equipamentos mecânicos ou elétricos, resolução $\geq 10^{-3}$ mm e erro $< 1\%$
- Prensa classe 1 (NBR NM ISO 7500-1)



Alguns fatores que influenciam os valores de E_c

Agregados

Tipo

Módulo

Proporção

Quantidade

Forma

Textura

Pasta

Resistência

Relação a/c

Quantidade

Idade

Zona de transição

Porosidade

Composição

Idade

resistência

Execução da estrutura

Adensamento

Cura

Idade do Carregamento

Umidade

Temperatura

Ensaio

Corpos-de-prova

Aparelhagem



Tabela 1 - Módulo de elasticidade para diversos tipos de agregados.

Referência ⁽¹⁾	Tipo de agregado graúdo	Equação de correlação	Faixa de aplicação (MPa)
Carrasquilo <i>et al.</i> (1981)	calcário e seixo	$E = 3320.f_c^{1/2} + 6900$	$21 \leq f_c \leq 83$
Shih <i>et al.</i> (1989)	calcário	$E = 4660.f_c^{1/2} - 1370$	$21 \leq f_c \leq 83$
Almeida (1990) ⁽²⁾	calcário e granito	$E = 5330.f_c^{1/2}$	$40 \leq f_c \leq 120$
EC2 (1992)	quartzo	$E = 9500.f_c^{1/3}$	----
Shehata <i>et al.</i> (1993)	gnaisse	$E = 4250.f_c^{1/2}$	$f_c \leq 90$
Gomes (1995)	traquito e gnaisse	$E = 8142.f_c^{0,37}$	----
Ferrari <i>et al.</i> (1996)	calcário e gnaisse	$E = 3691.f_c^{1/2} + 5445$	$10 \leq f_c \leq 81$
Dal Molin e Monteiro (1996)	basalto	$E = 9570.f_c^{0,31}$	$30 \leq f_c \leq 90$
Radain <i>et al.</i> (1993)	basalto	$E = 2173.f_c^{1/2} + 1456$	$40 \leq f_c \leq 90$

Notas:

⁽¹⁾ Todas as referências foram retiradas de Silva (1997).

⁽²⁾ Utilizou corpos-de-prova prismáticos de 15 cm de aresta para determinação da resistência à compressão.

Cf. SANTOS, S. B.; GAMBALE, E. A.; ANDRADE, M. A. S., em *Modelos de predição do módulo de elasticidade do concreto* - 48o. Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2006



ABNT NBR 9062:2006

5.4.2 Estados limites de serviço

5.4.2.2 Na determinação das características das seções transversais, deve ser observado o disposto na NBR 6118. Quando se tratar de protensão com armadura aderente, deve ser adotada a seção homogeneizada calculada com relação de equivalência α_p **determinada a partir do módulo secante do concreto, podendo-se adotar 85% do módulo tangente na origem. Para a determinação do módulo de elasticidade do concreto deve ser considerado o valor correspondente à sua idade.** Devem ser consideradas as perdas de protensão imediatas e progressivas, levando-se em conta o **módulo de elasticidade do concreto** na idade de análise e a deformação da seção homogeneizada e os fatores de perdas segundo a NBR6118.



ABNT NBR 9062:2006

6.2.5 Condições de armazenamento e transporte

Os pontos de apoio ou suspensão dos pilares durante o armazenamento e transporte devem constar do projeto, atendendo às condições de resistência e às de deformação permanente, considerando-se o **módulo de deformação longitudinal correspondente à maturidade efetiva do concreto**. Também é necessária a verificação conforme 6.1.1.3



ABNT NBR 9062:2006

12.6 Concreto

No controle da qualidade e no recebimento do concreto, aplica-se o disposto nesta Norma e nas NBR 12654 e NBR 12655, observando-se a existência de verificação na recepção, pelo menos quanto aos requisitos especificados a seguir, no decorrer do processo de produção, relativos à verificação:

- do teor de umidade dos agregados
- da massa específica
- das condições de armazenamento dos materiais componentes do concreto
- da seqüência e tempo da mistura
- da trabalhabilidade
- **da resistência do concreto e do módulo de elasticidade para liberação e transferência da protensão ou para levantamento e manuseio do elemento**



ABNT NBR 12655:2006 Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento

4.2 Profissional responsável pelo projeto estrutural

d) especificação dos requisitos correspondentes às propriedades especiais do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura, tais como:

- **módulo de deformação mínimo na idade de desforma, movimentação de elementos pré-moldados ou aplicação da protensão;**



CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"

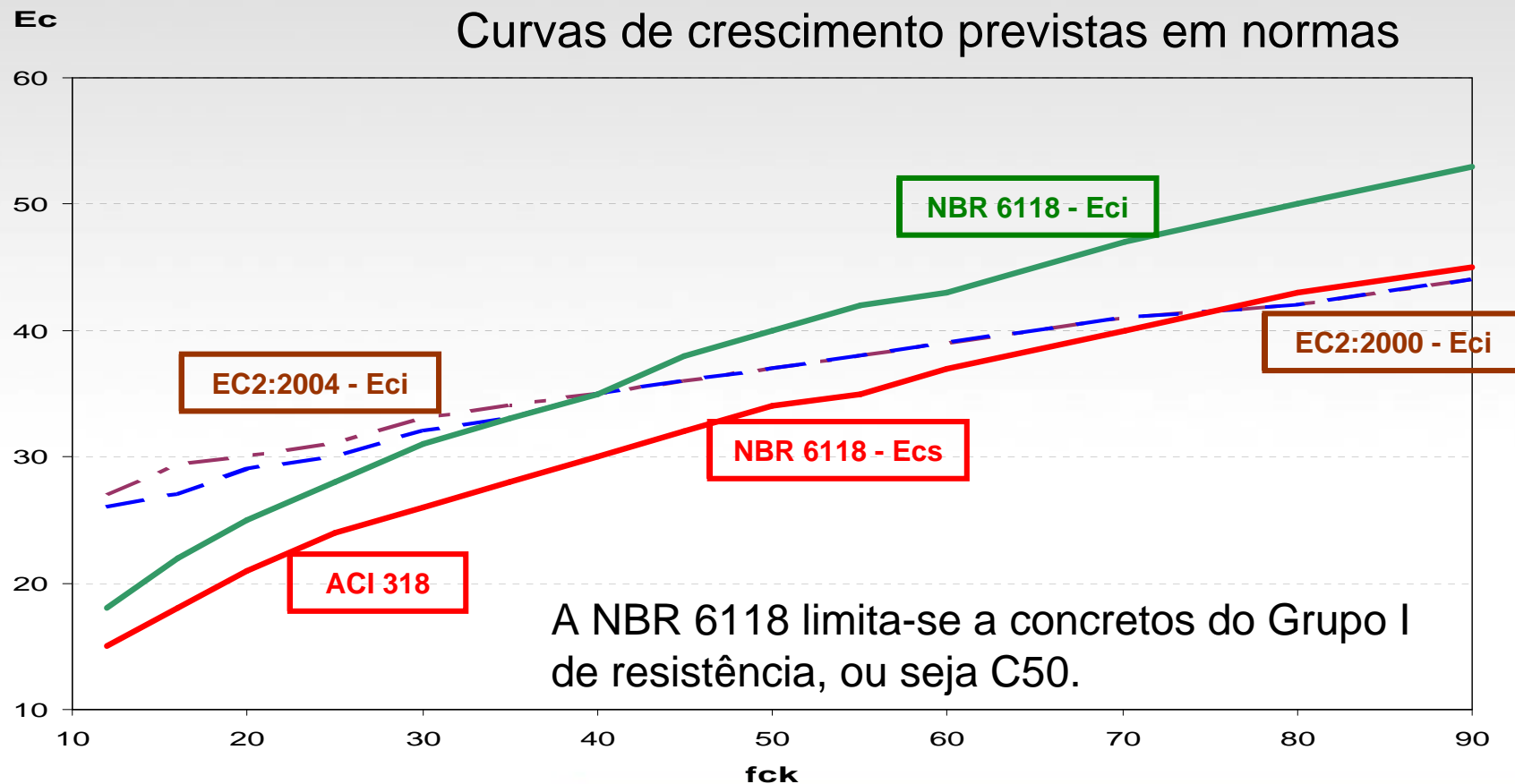
ABNT NBR 14931:2003 Execução de estruturas de concreto

9.1.2.1 Especificação do concreto

A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, em especial quanto à resistência característica, ao módulo de elasticidade do concreto e à durabilidade da estrutura, bem como às condições eventualmente necessárias em função do método de preparo escolhido e das condições de lançamento, adensamento e cura.



Módulo de Elasticidade do Concreto Curvas de crescimento previstas em normas



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.