

Módulo de Elasticidade do Concreto Como Analisar e Especificar

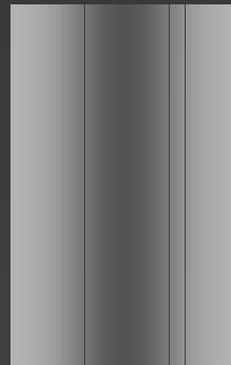
*Enga. Inês Laranjeira da Silva Battagin
Superintendente do ABNT/CB-18*

CB-18

COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

Módulo de Elasticidade – Conceituação

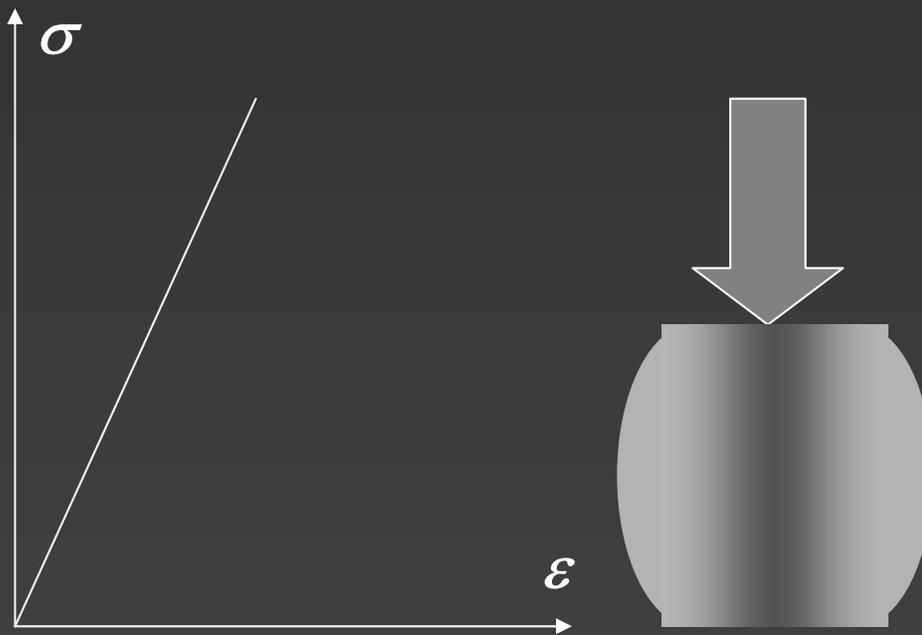
Matemático inglês Robert Hooke (1635-1703):



Módulo de Elasticidade – Conceituação

Matemático inglês Robert Hooke (1635-1703):

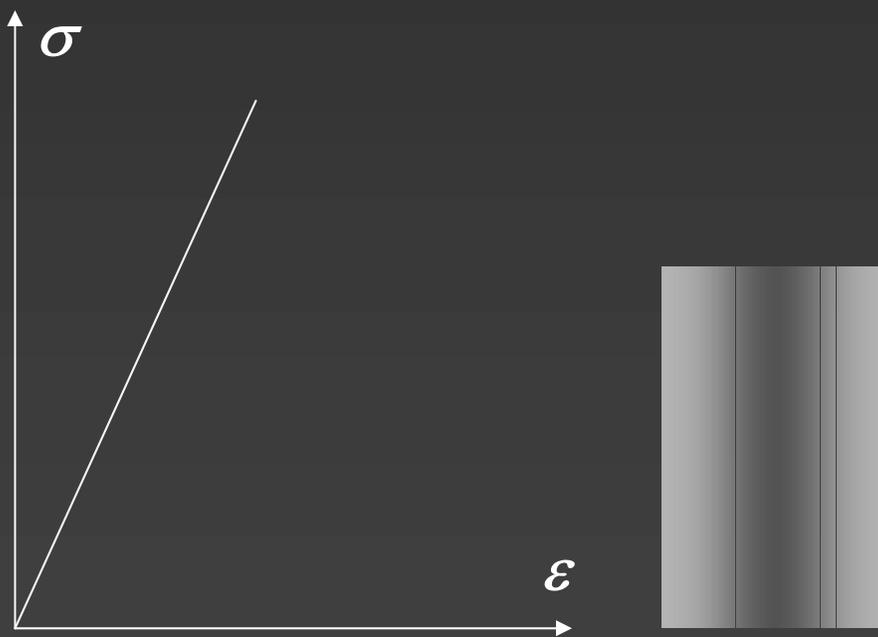
- Crescimento linear das deformações sob carregamento



Módulo de Elasticidade – Conceituação

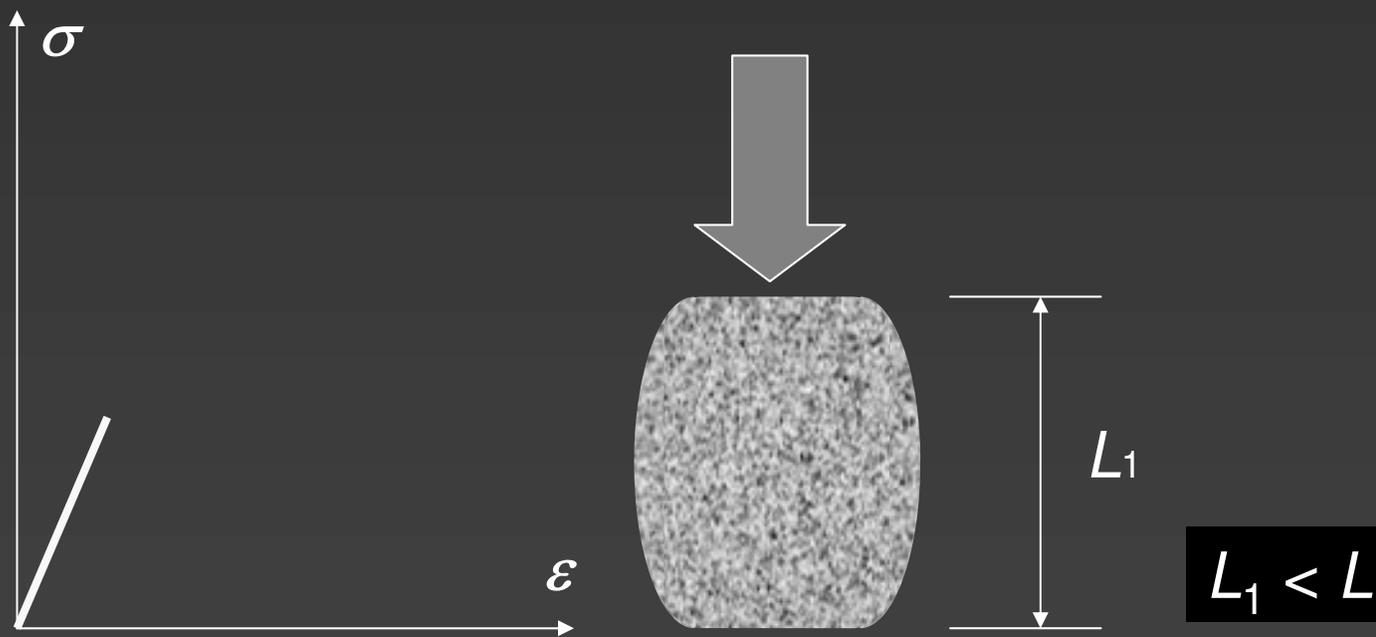
Matemático inglês Robert Hooke (1635-1703):

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



Não havendo deformações permanentes com a supressão do carregamento, o material é considerado elástico.

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?



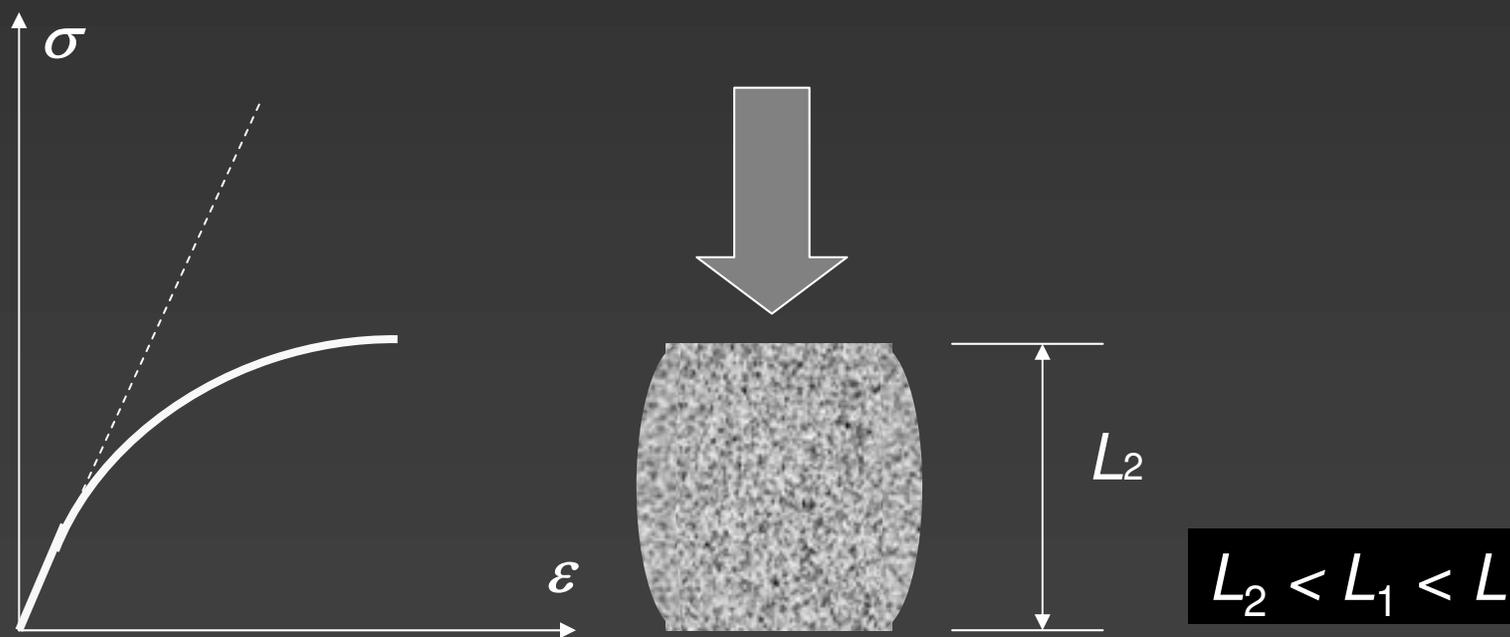
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

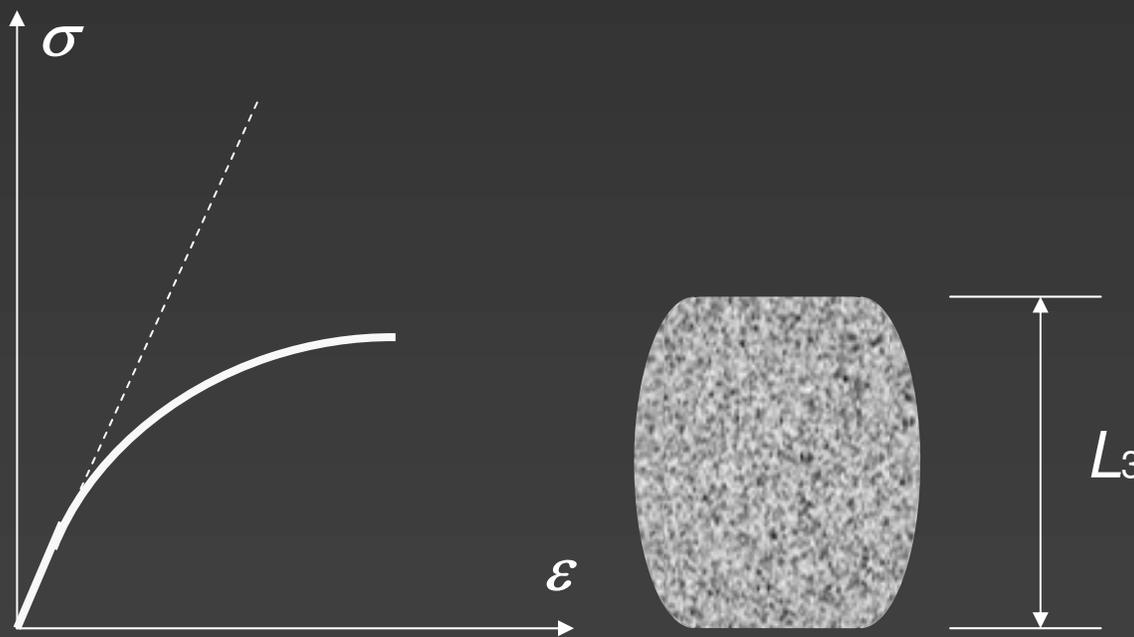
- A partir de um determinado ponto o gráfico **não** é mais linear



Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

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

Há **resíduos deformacionais** com a supressão do carregamento. Portanto o material **não** é elástico!



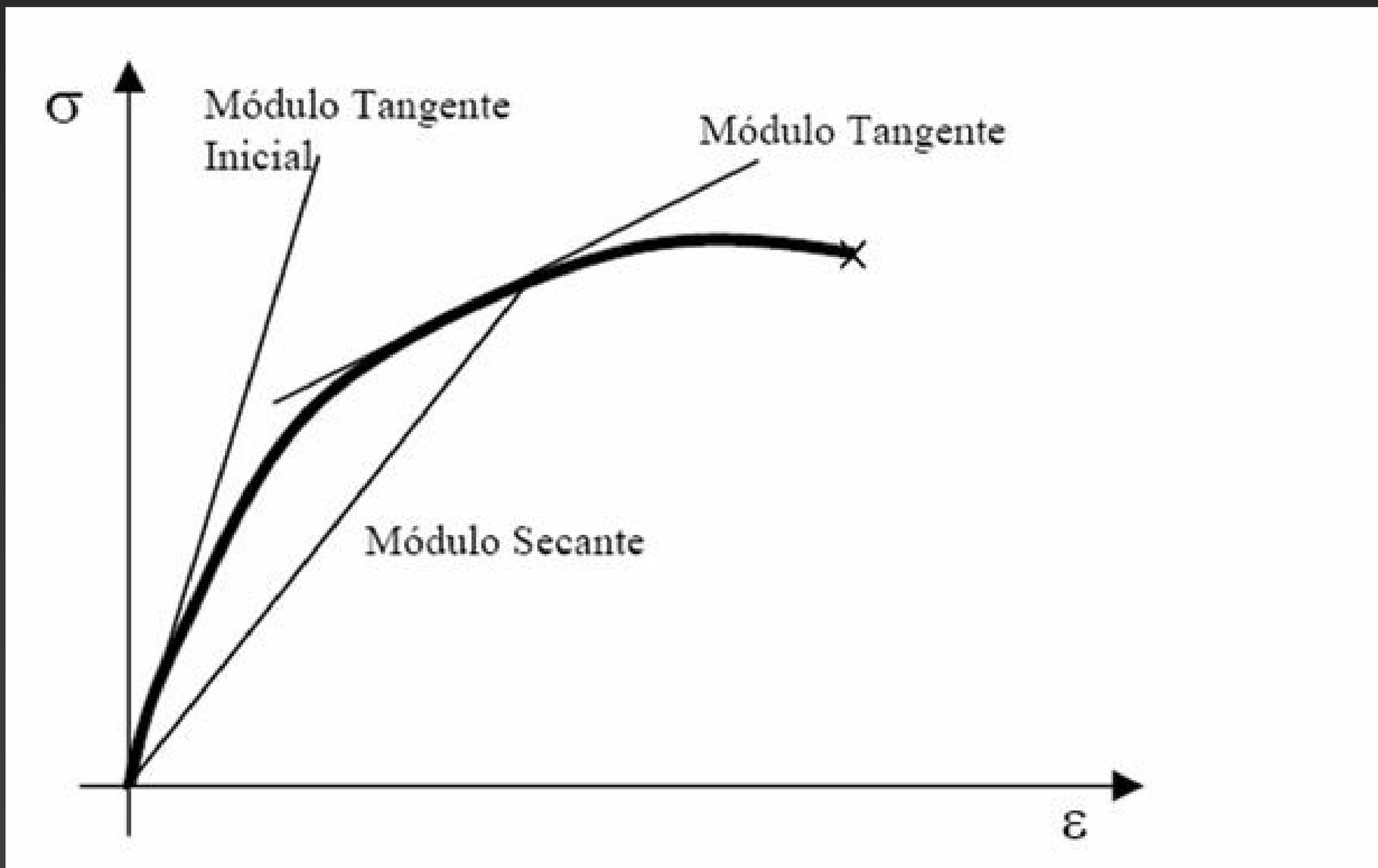
A lei de Hooke se aplica a valores limitados de tensões ($\cong 30\%f_c$)

$$L_3 < L$$

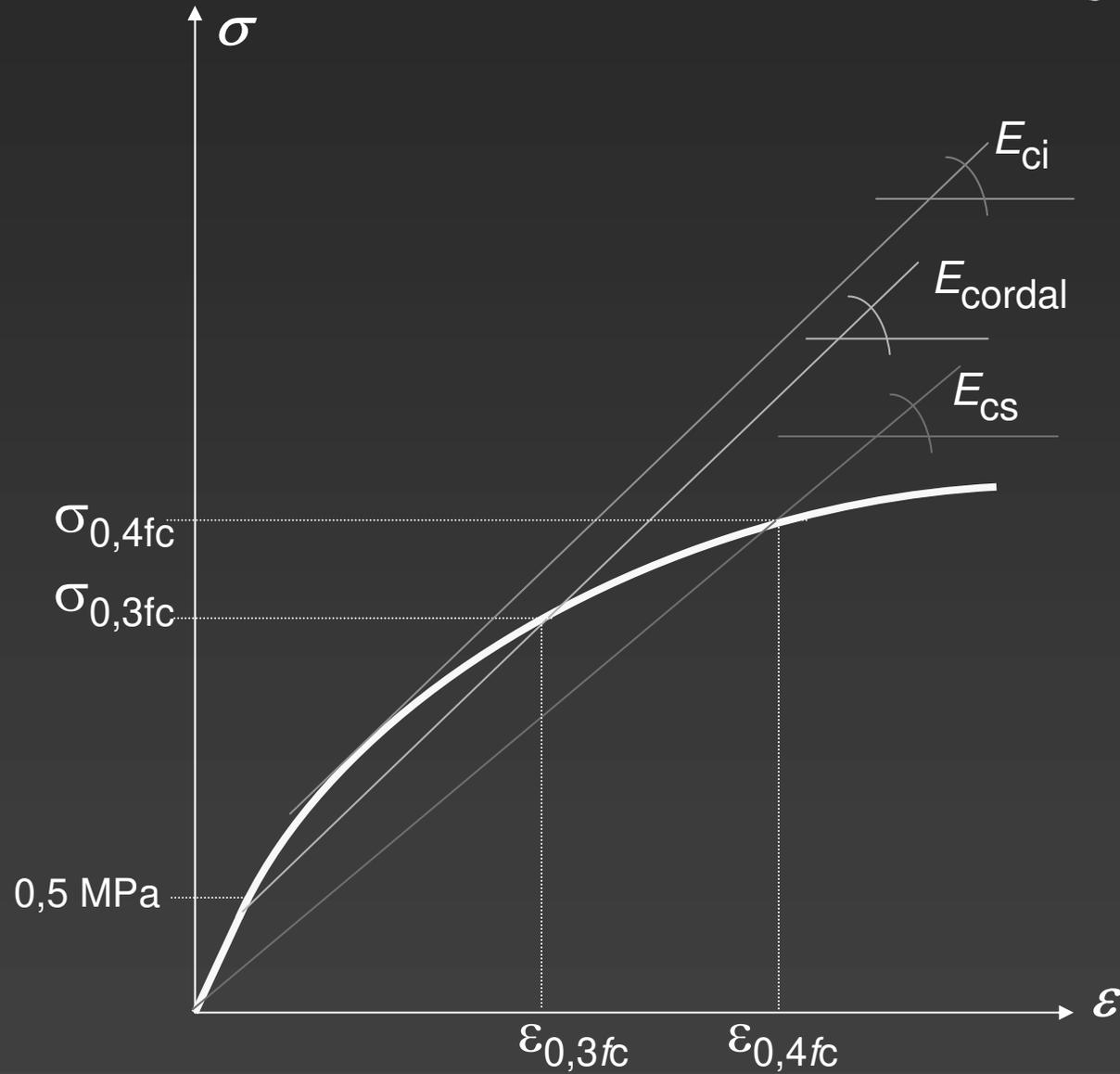
Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

Conceituação:

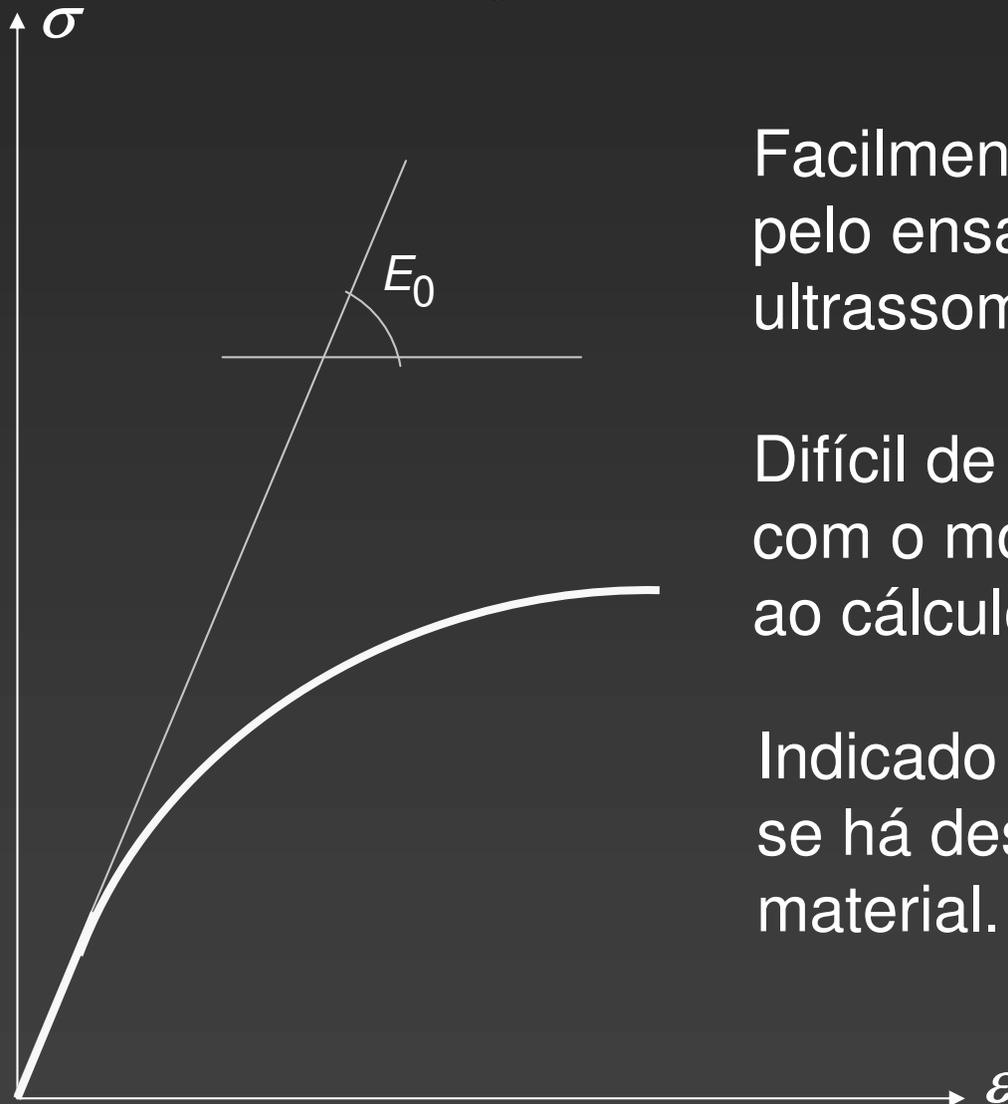
- *Módulos estáticos*: determinados para uma certa velocidade de carregamento previamente estabelecida:
 - módulo tangente na origem
 - módulo secante entre dois pontos da curva, normalmente a origem e cerca de $0,4 f_c$
 - módulo tangente em um ponto especificado, dentro do limite elástico
- *Módulo dinâmico*: determinado por ultra-som. Equivale aproximadamente ao módulo tangente na origem.



Módulos de elasticidade e deformação do concreto



Módulo Tangente Inicial na Origem



Facilmente determinado pelo ensaio dinâmico por ultrassom.

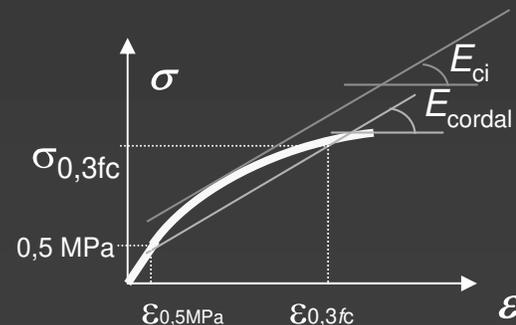
Difícil de ser correlacionado com o módulo necessário ao cálculo estrutural.

Indicado para comprovar se há descontinuidade do material.

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

O texto do CEB/FIB Model Code 90, define o módulo de elasticidade tangente à origem ou inicial (E_{ci}) e estabelece que é perfeitamente equivalente ao módulo cordal entre 0,5 MPa e 0,3 f_c .

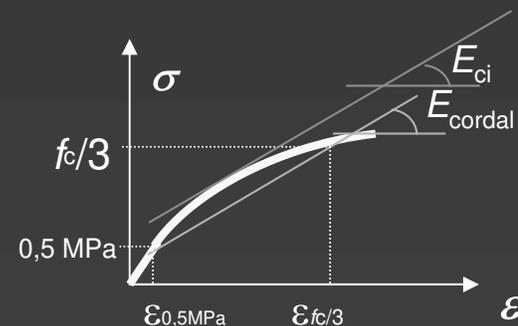
Esse valor é utilizado nos modelos de comportamento indicados nos diagramas tensão x deformação para ensaios de tensão uniaxial e também no caso de previsão de deformação lenta e relaxação.



Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

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.



Eurocode 2

3.1.2.5 Propriedades de deformação

Os valores das propriedades dos materiais necessários para o cálculo das deformações instantâneas e diferidas no tempo do concreto não dependem unicamente da classe de resistência do concreto, mas também das propriedades dos agregados utilizados, de parâmetros relativos à dosagem do concreto e do ambiente. Quando necessário, devem ser estabelecidos os valores a partir de dados conhecidos dos materiais específicos em cada caso e as condições de uso pretendidas para a estrutura. Em muitas situações é suficiente uma estimativa aproximada.

3.1.2.5.1 Diagrama tensão - deformação

O diagrama tensão-deformação do concreto submetido a compressão uniaxial tem em geral a forma representada esquematicamente na figura.

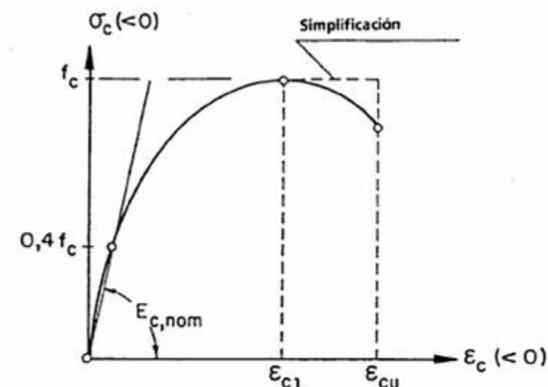


Fig. 4.1 – Diagrama tensión-deformación esquemático para el análisis estructural (Véase 4.2.1.3.3 (5)-(7))

Eurocode 2

3.1.2.5.2 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade não depende unicamente da classe de resistência do concreto, mas também das propriedades dos agregados utilizados (ver 3.1.2.5.1)

Na falta de valores, ou quando não for necessária grande precisão, pode-se estimar um valor médio para o módulo de elasticidade secante para cada classe de concreto de acordo com a tabela 3.2. Esses valores foram obtidos a partir de $\sigma = 0$ e $\sigma = 0,4 f_c$.

Classe do concreto	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
E_{cm}	26	27,5	29	30,5	32	33,5	35	36	37

Os valores da tabela 3.2 estão baseados na seguinte equação:

$$E_{cm} = 9,5(f_{ck}+8)^{1/3}$$

ACI 318

8.5 Módulo de elasticidade

8.5.1 O módulo de elasticidade para o concreto com massa específica entre 1500 a 2500 kg/m é:

$$E_c = w_c^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{f_c'}$$

Para concreto de densidade normal pode-se considerar:

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$$

Comentários:

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

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% do valor especificado.



ASTM C 469

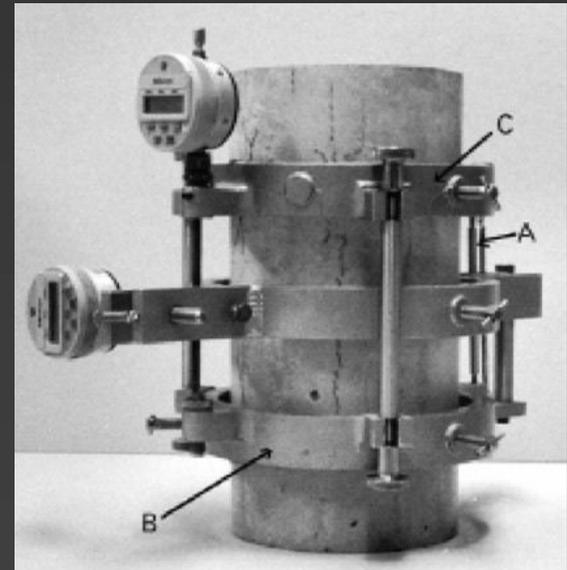
Estabelece o método de ensaio para determinação do módulo de elasticidade e do coeficiente de Poisson no intervalo de 0 a 40% de f_c .

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

Não estabelece necessidade de compatibilização das bases de medida.

Edições anteriores informavam sobre:

- correção dos valores pela massa específica do concreto
- faixa de determinação entre $0,3 f_c$ e $0,5 f_c$.



ABNT NBR 6118:2003

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.

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

Possibilita, na ausência de ensaios, estimar:

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

ABNT NBR 6118:2003

O módulo de elasticidade 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:

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

Valor do Módulo de Elasticidade do Concreto

Aproximações teóricas, com base em resultados de ensaios experimentais, têm sido adotadas em normas técnicas de projeto estrutural no mundo todo, correlacionando o módulo de elasticidade do concreto à sua resistência característica à compressão.

Não há uma correlação direta em todos os casos entre o módulo de elasticidade e a resistência à compressão do concreto.

As equações para estimativa do módulo previstas nas normas de projeto estrutural podem ser utilizadas nos casos correntes, mas não atendem a todos os tipos de concreto.

Algumas normas incluem na formulação de estimativa do módulo, além da resistência à compressão do concreto, sua massa específica e o tipo de agregado graúdo utilizado.

É desejável conhecer o concreto a ser aplicado na estrutura, especialmente em algumas etapas da construção.

Valor do Módulo de Elasticidade do Concreto

Fatores que influenciam os valores de E_c

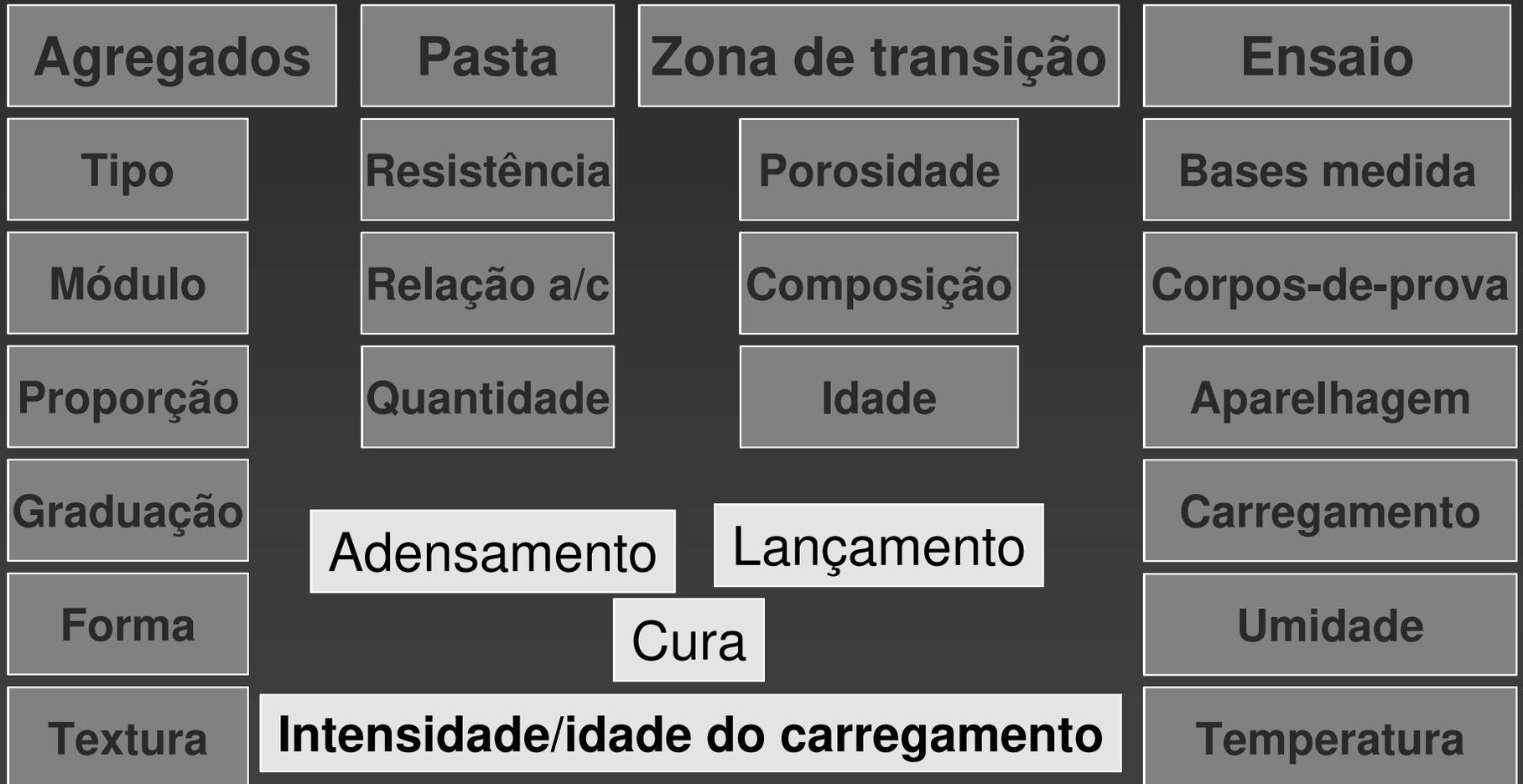


Tabela 1 - Módulo de elasticidade para diversos tipos de agregados.

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	$E = 2173.f_c^{1/2} + 1456$	$40 \leq f_c \leq 90$

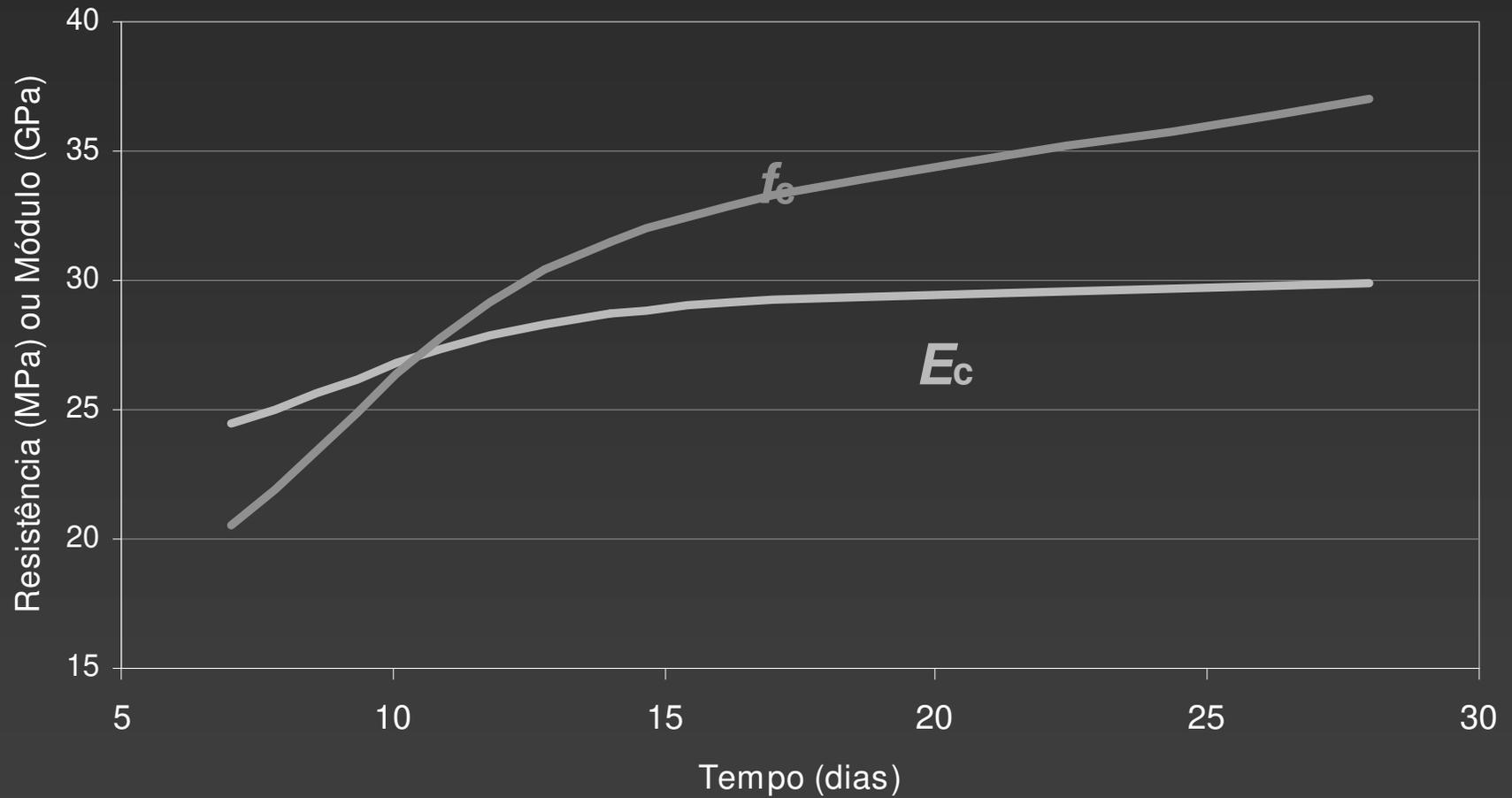
Notas:

⁽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

Exemplo da taxa de crescimento da resistência à compressão e do módulo de elasticidade do concreto



NBR 8522:2003 – Definições

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

Módulo de
deformação

Módulo de elasticidade ou módulo de
deformação tangente inicial

Módulo de deformação secante

ABNT NBR 6118:2003

Na avaliação do comportamento de um elemento estrutural ou seção transversal pode ser adotado um módulo de elasticidade único, à tração e à compressão, igual ao módulo de elasticidade secante.

Na avaliação do comportamento global da estrutura e para o cálculo das perdas de protensão, pode ser utilizado em projeto o módulo de deformação tangente inicial.

Módulo de elasticidade – NBR 8522

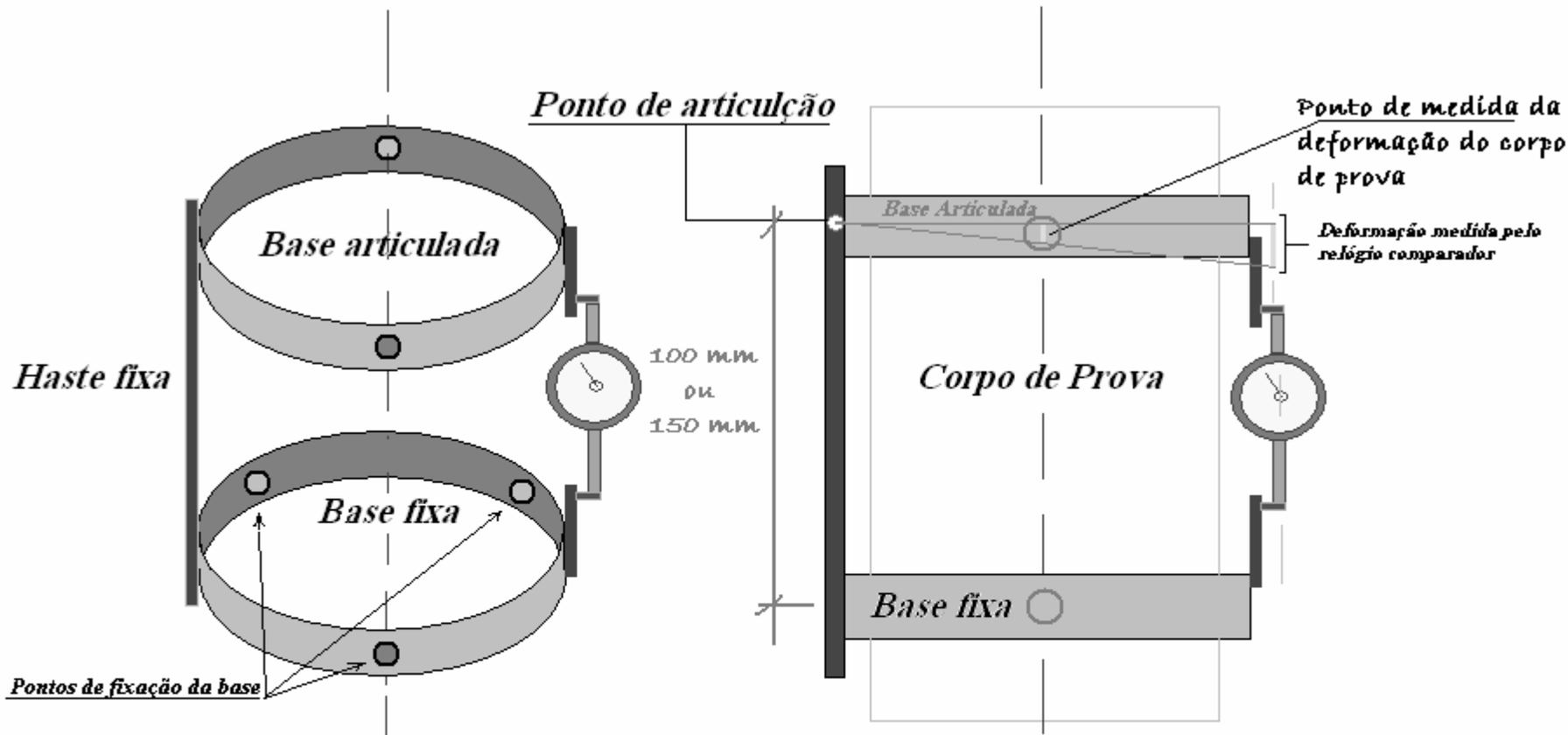
Deformabilidade do concreto



CB-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007



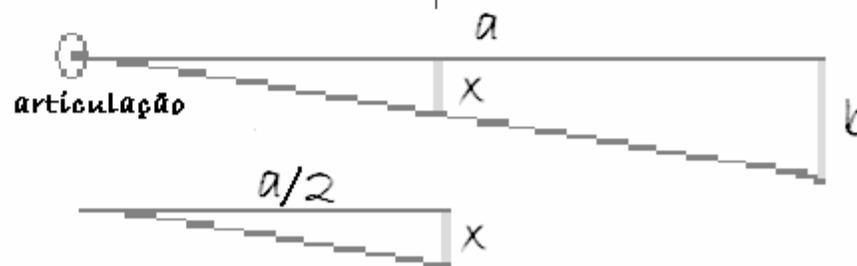
Pontos de fixação da base

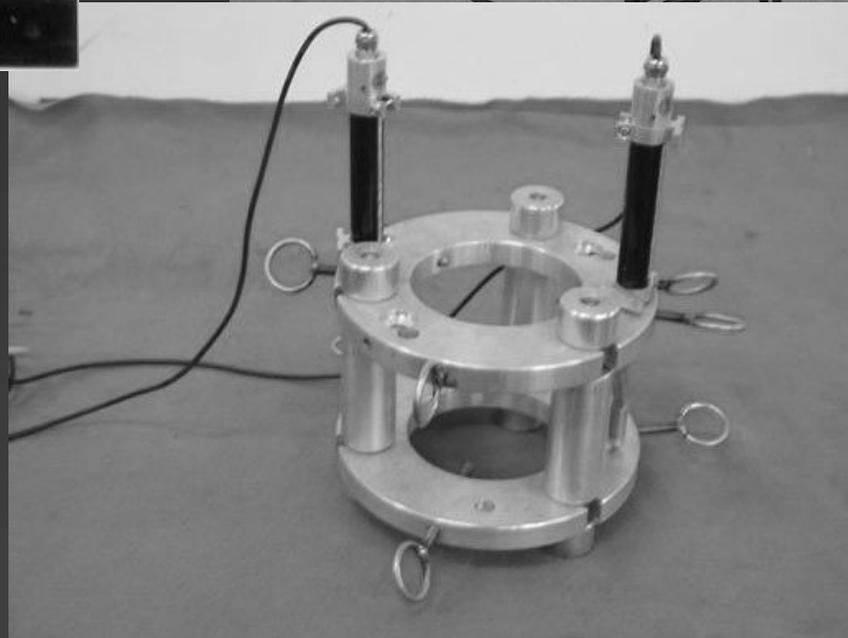
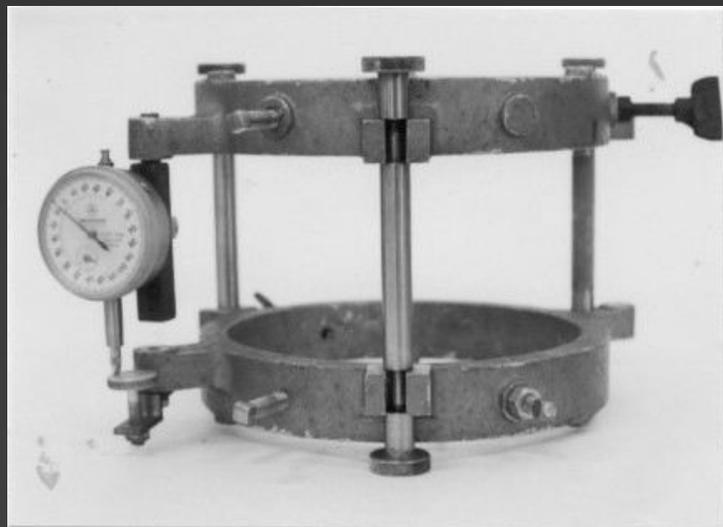
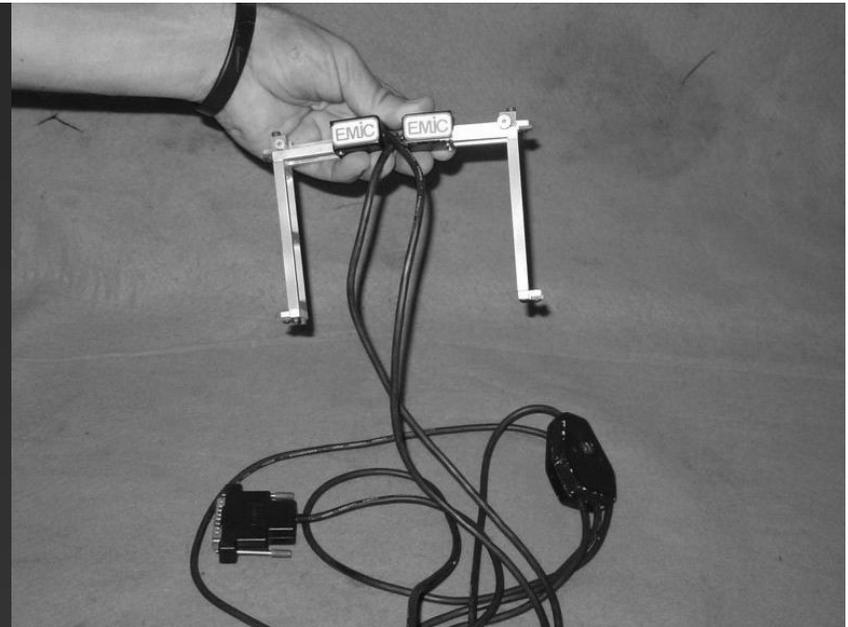
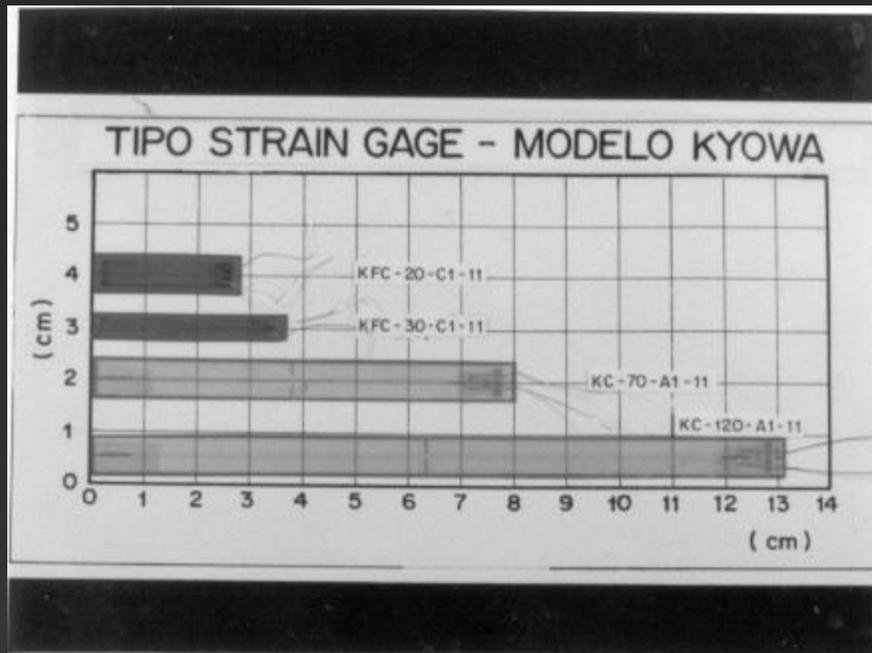
Por semelhança de triângulos, temos:

$$\frac{a}{a/2} = \frac{b}{x} \implies x = b/2$$

b = leitura do relógio comparador

x = deformação real do corpo de prova





CB-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Norma Brasileira de Ensaio

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

1332-0522
1984

18 322
NBR 9522
MAIO/1984

ABNT

CONCRETO - DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE DEFORMAÇÃO ELÁSTICO E DIAGRAMA - TENSÃO-DEFORMAÇÃO

Módulo de ensaio

SUMÁRIO

1. Objetivo
2. Normas e documentos complementares
3. Definições
4. Aparelhagem
5. Execução do ensaio
6. Resultados

1 OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método de determinação dos módulos de deformação longitudinal elástico, tangente e secante, e diagramas tensão - deformação do concreto, sob carregamento estático, à compressão axial simples, em corpos de prova moldados ou extraídos de forma cilíndrica.

2 NORMAS E/OU DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- NBR 5738 - Moldeagem e cura de corpos de prova de concreto cilíndricos ou prismáticos - Procedimento
- NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto - Método de ensaio
- NBR 7800 - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Procedimento

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.4.

3.1 Diagrama tensão - deformação

Representação gráfica de relação tensão - deformação específica em ensaio de

Origem: ABNT 18 34 02 001/1983
CB 18 - Comissão Brasileira de Cimento, Concreto e Agregados
CE 18 04 02 - Comissão de Estudo do Módulo de Deformação de Concreto

SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Publicação: concreto

NBR 9522 NORMA BRASILEIRA REGISTRADA

CEI: 881 50 625.1

Tabela de Emissão Internacional

9 páginas

- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos:
 - moldados 15 cm x 30 cm
 - extraídos (testemunhos)
- Três planos de carregamento
- Obrigatoriedade de compatibilização das bases de medida
- Ensaio com pelo menos dois relógios comparadores
- 3 cps para E + 2cps para f_c
- Velocidade $(0,50 \pm 0,05)$ MPa/s

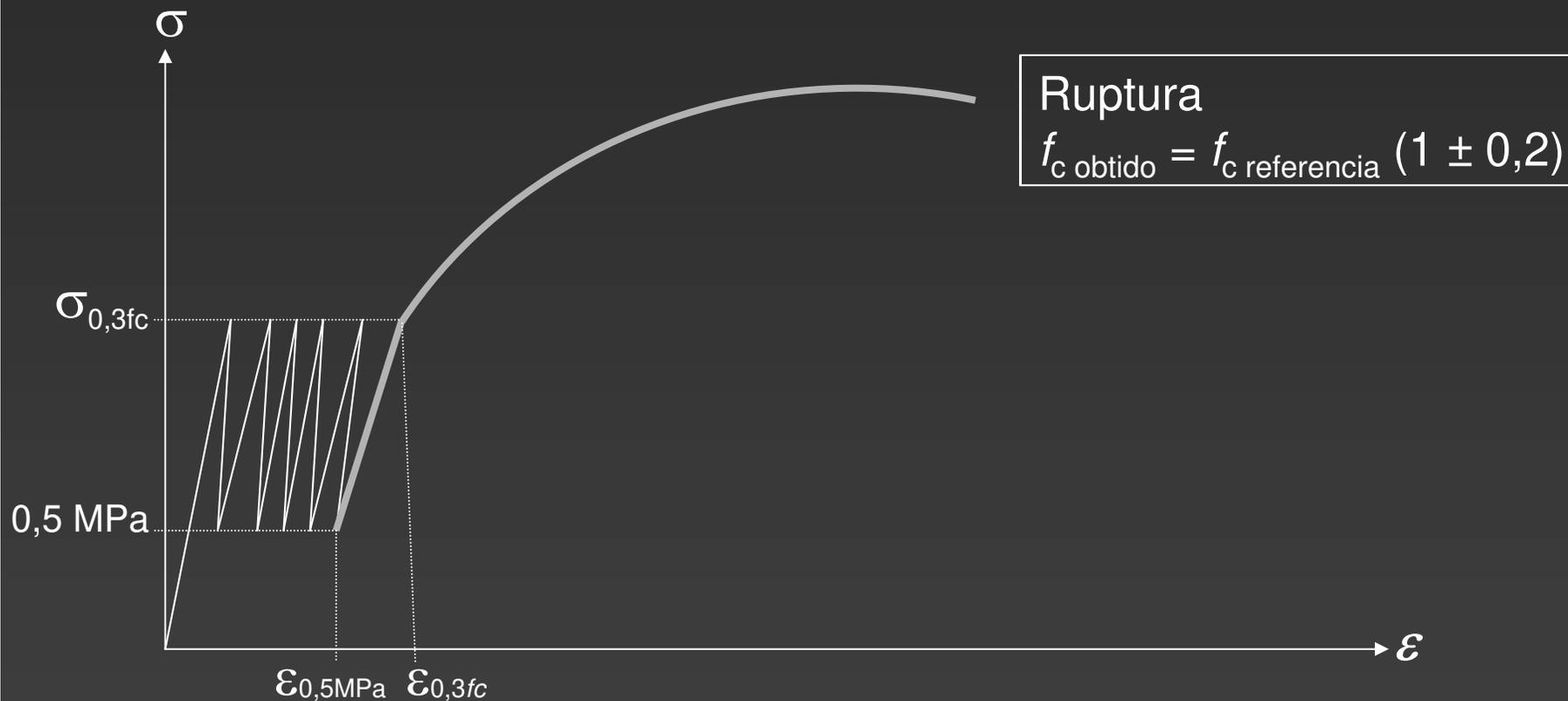
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo I



Avalia a deformabilidade do material concreto.

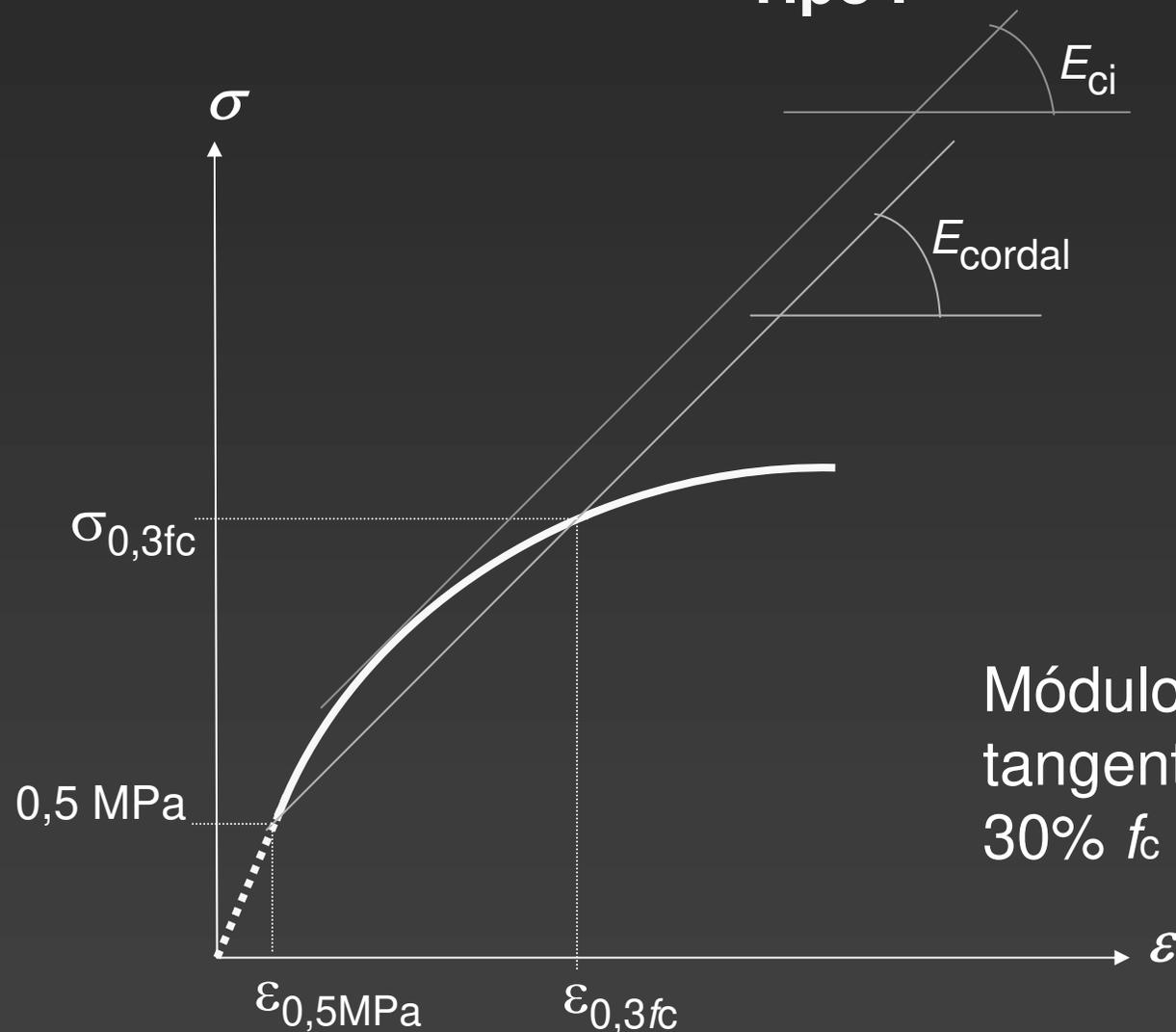
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

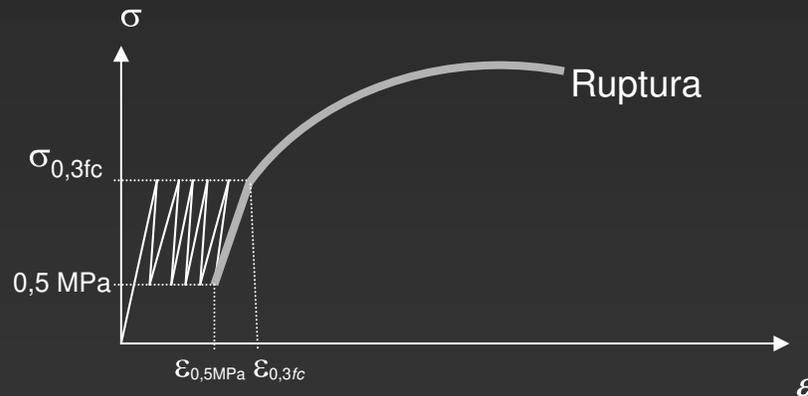
Tipo I



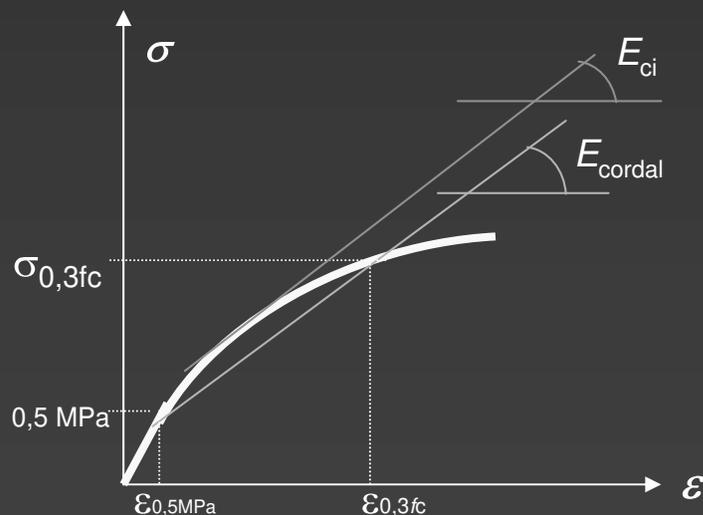
Módulo de elasticidade tangente ou cordal a 30% f_c

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo I



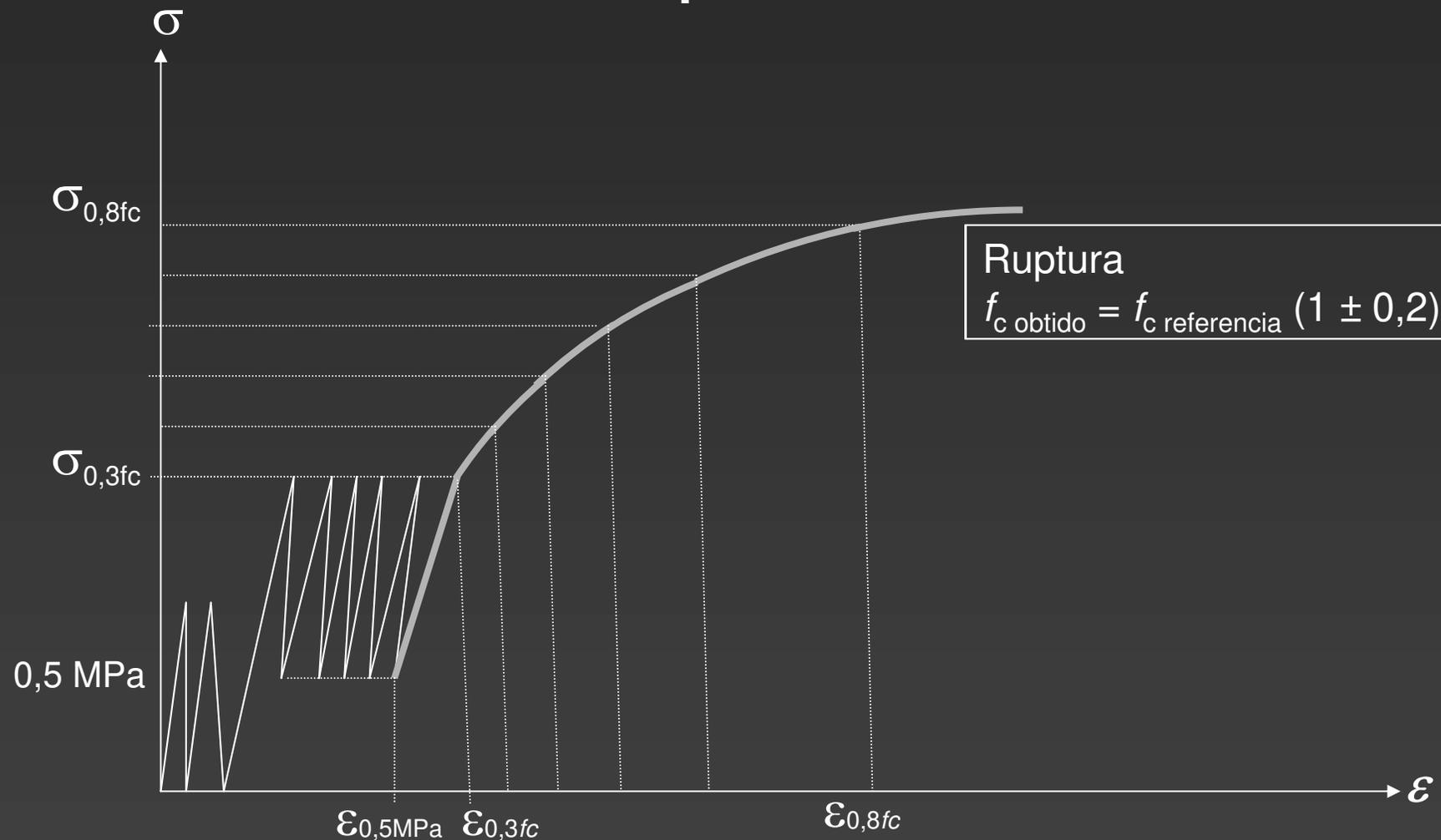
$$E_{CI} = \frac{\sigma_{0,3f_c} - 0,5}{\epsilon_{0,3f_c} - \epsilon_{0,5MPa}}$$



Módulo de elasticidade tangente ou cordal a 30% f_c

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo II



Simula a estrutura submetida a carregamento e descarregamento.

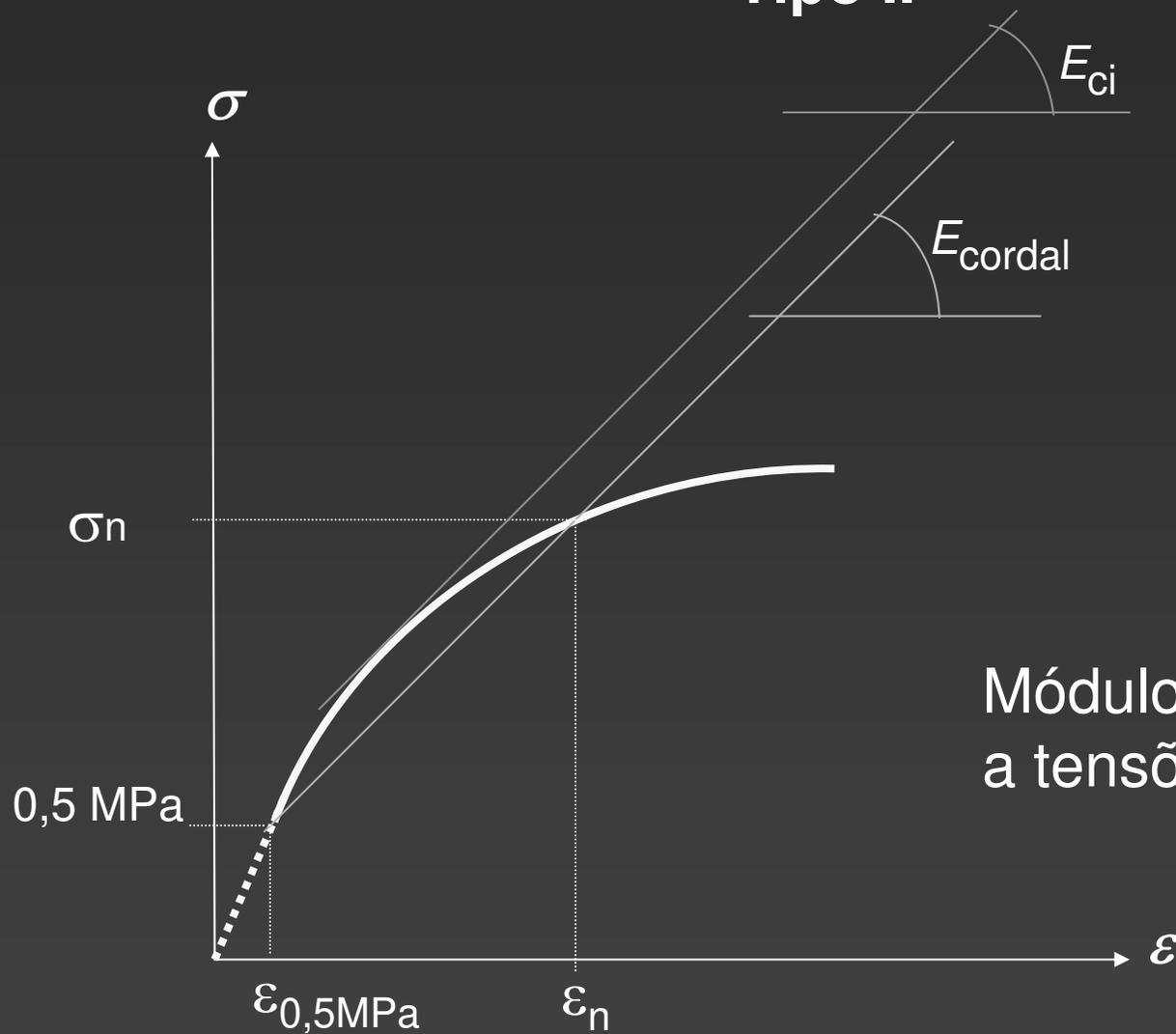
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

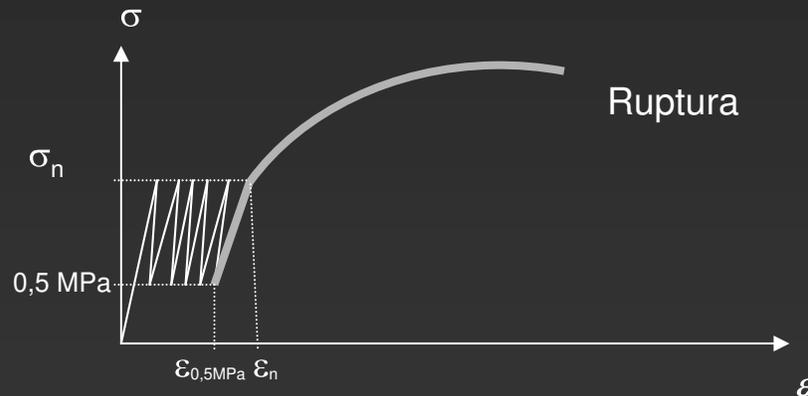
Tipo II



Módulo de deformação
a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo II



$$E_{Cl} = \frac{\sigma_n - 0,5}{\epsilon_n - \epsilon_{0,5MPa}}$$

Módulo de deformação a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

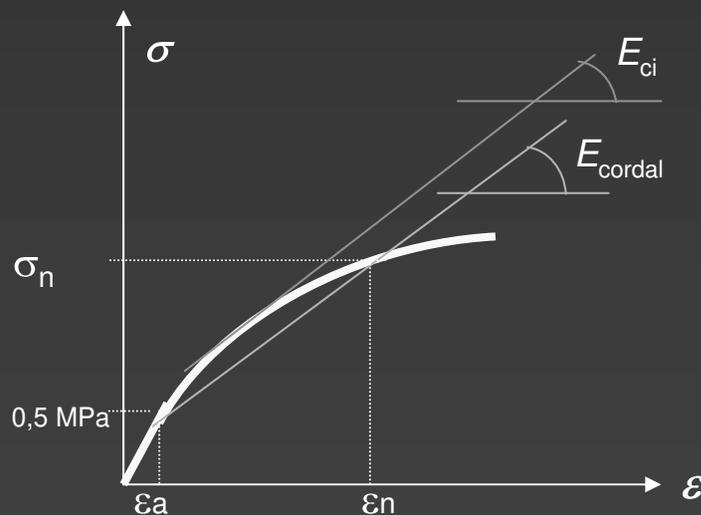
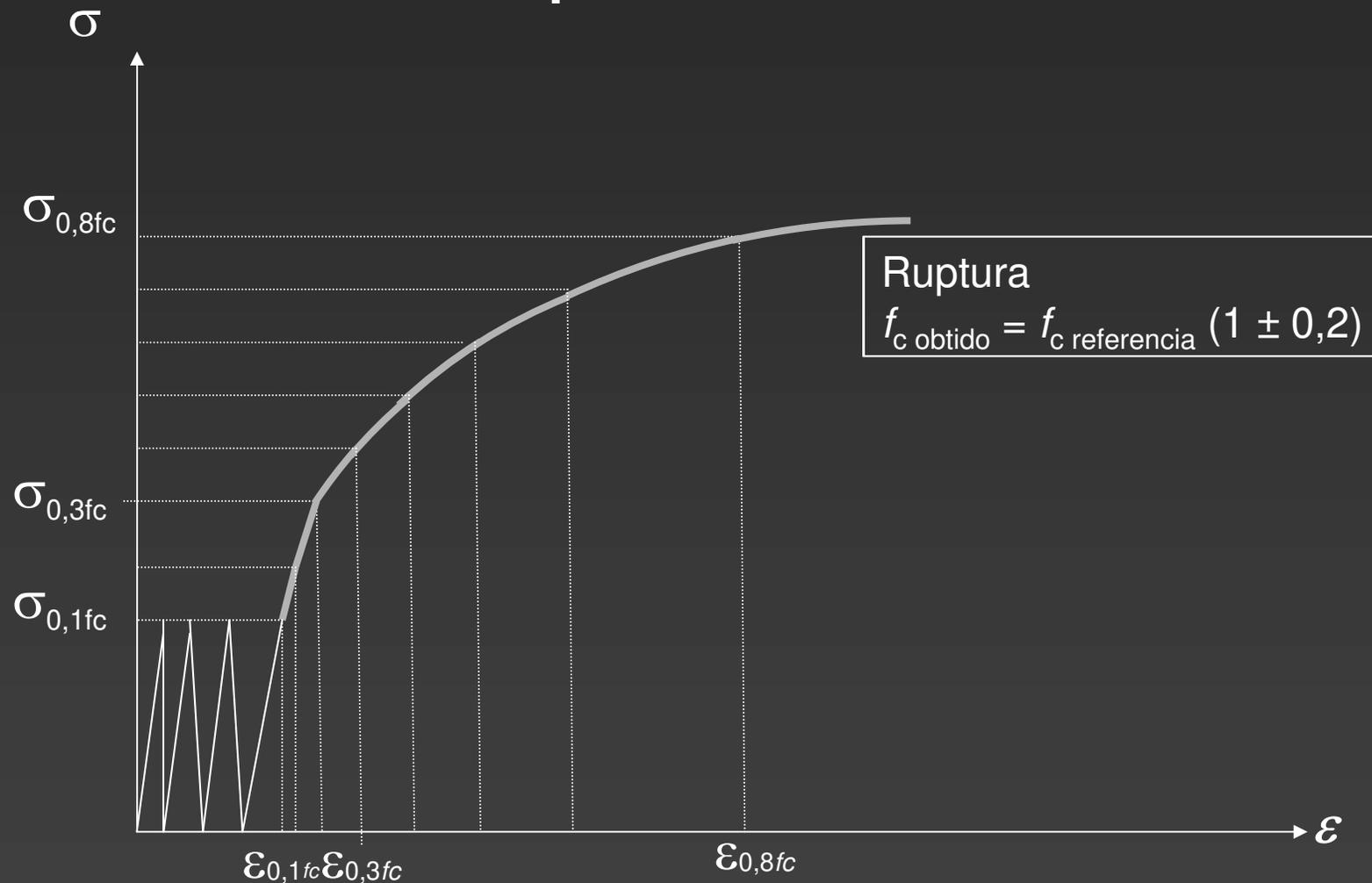


Diagrama tensão-deformação

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo III



Simula a estrutura em seu primeiro carregamento

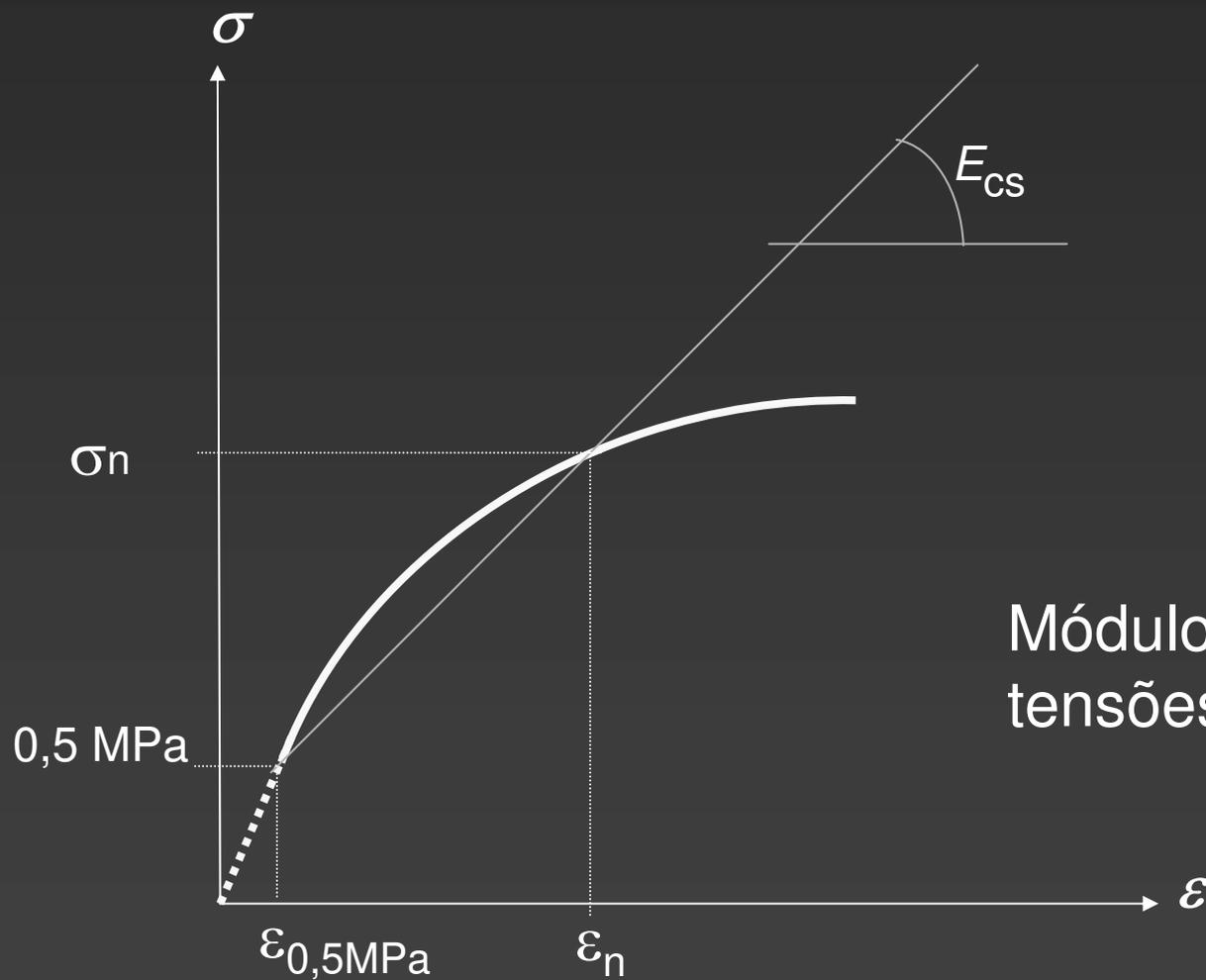
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

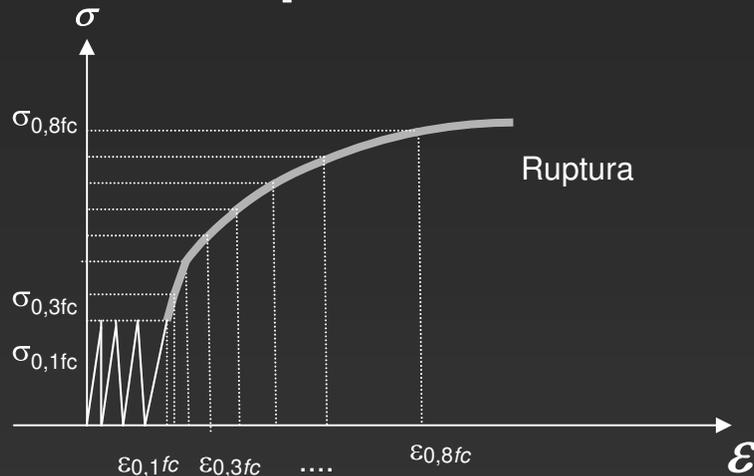
Tipo III



Módulo secante a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

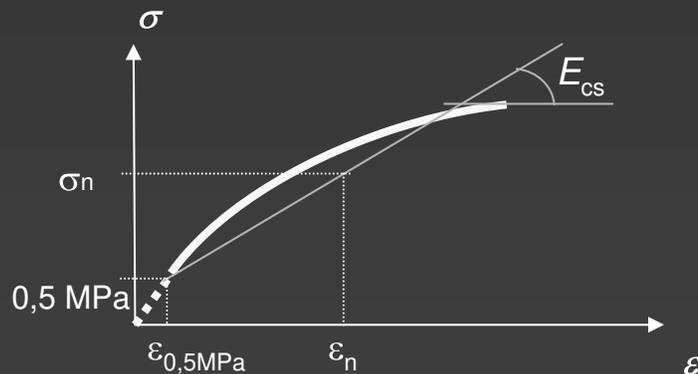
Tipo III



$$E_s = \frac{\sigma_n - 0,5}{\varepsilon_n - \varepsilon_{0,5\text{MPa}}}$$

Módulo secante a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

Diagrama tensão-deformação

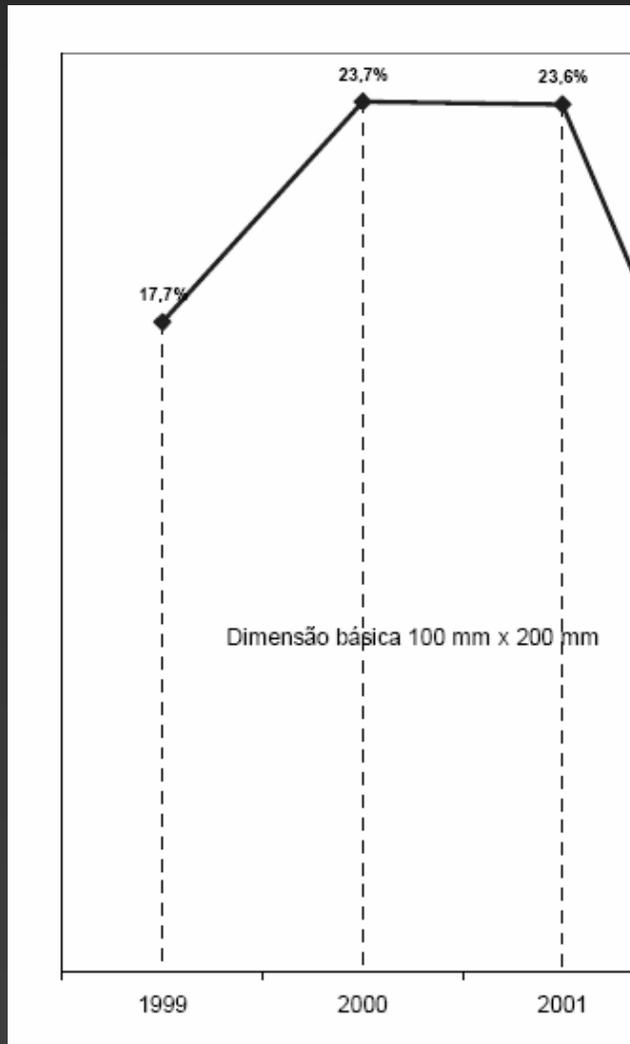


Planos de carga previstos na NBR 8522:1984

Determinação de interesse		Plano de carga a efetuar
Módulo	Diagrama tensão-deformação	
Tangente inicial (A)	Sem traçado do diagrama	Tipo I
Tangente inicial (A)	Simula a estrutura previamente submetida a carregamento e descarregamento (B)	Tipo II
Secante no 1o. carregamento	Simula a estrutura em seu primeiro carregamento (C)	Tipo III

- (A) Utilizável para caracterizar a deformabilidade do concreto.
- (B) Os carregamentos e descarregamentos prévios podem ser aplicáveis, por exemplo, quando há interesse na simulação de uma estrutura cuja carga acidental é grande com relação à carga permanente.
- (C) O carregamento do corpo-de-prova virgem pode ser aplicável, por exemplo, quando há interesse na simulação do carregamento de uma estrutura cuja carga permanente prevalece.

NBR 8522 – Dispersão medida ao longo do tempo



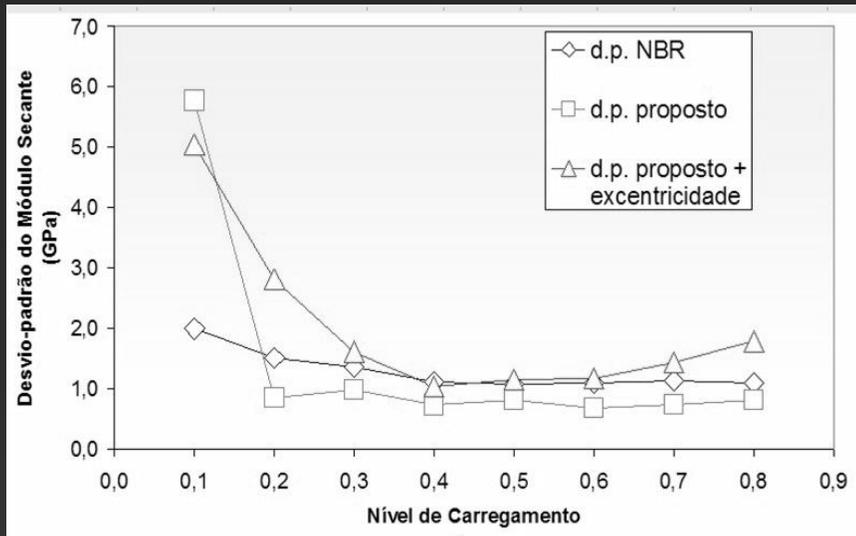
- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm x 20 cm
- Plano de carregamento Tipo III (secante)
- compatibilização das bases de medida
- 3 cps para E + 2cps para f_c
- Velocidade $(0,5 \pm 0,05)$ MPa/s

Dados de Programas Interlaboratoriais realizados por FURNAS que possibilitam avaliar o ensaio.

Revisão da NBR 8522 em 2003



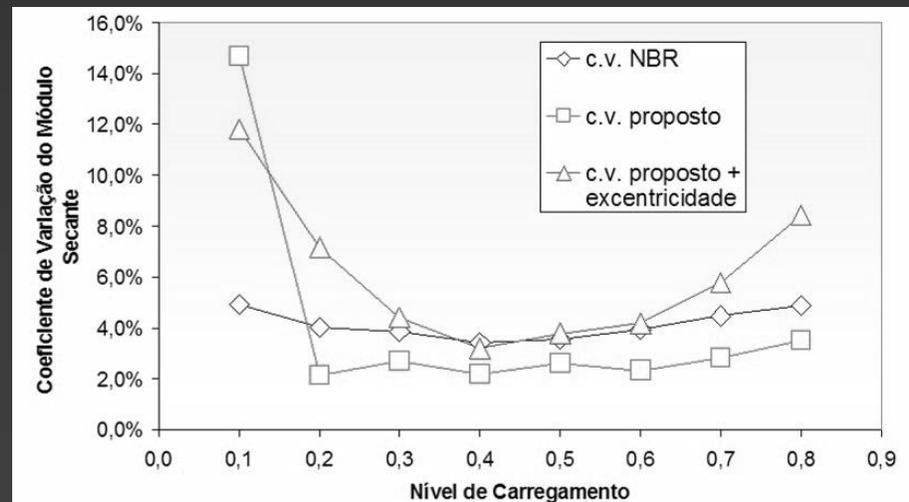
- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos:
 - moldados conforme NBR 5738
 - extraídos conforme NBR 7680
- Dois planos de carregamento
- Compatibilização das bases de medida fora do intervalo $0,3f_c$ a $0,5f_c$.
- Possibilidade de ensaio com apenas um relógio e duas bases de medida no intervalo $0,3 f_c$ a $0,5 f_c$.
- 3 cps para E + 2cps para f_c
- Velocidade $(0,25 \pm 0,05)MPa/s$



NBR 8522:2003 –Compatibilização das bases de medida:

- Não é necessária no intervalo de $0,3 f_c$ a $0,5 f_c$
- Obrigatória fora desse intervalo.

Conclusão do autor:
 Fora do intervalo $0,2 f_c$ a $0,5 f_c$ é necessário que as bases de medida sejam independentes e compatibilizadas.



Revisão da NBR 8522 em 2003

Análise da normalização internacional e estrangeira:

- Módulo de elasticidade tangente: determinado como cordal a aproximadamente $1/3 f_c$
- Módulo secante: determinado a $0,4 f_c$ ou $0,45 f_c$

A relação:

$$E_{cs} \cong (0,85 \text{ a } 0,90) E_{ci}$$

correlaciona os valores de módulo obtidos segundo essas premissas.

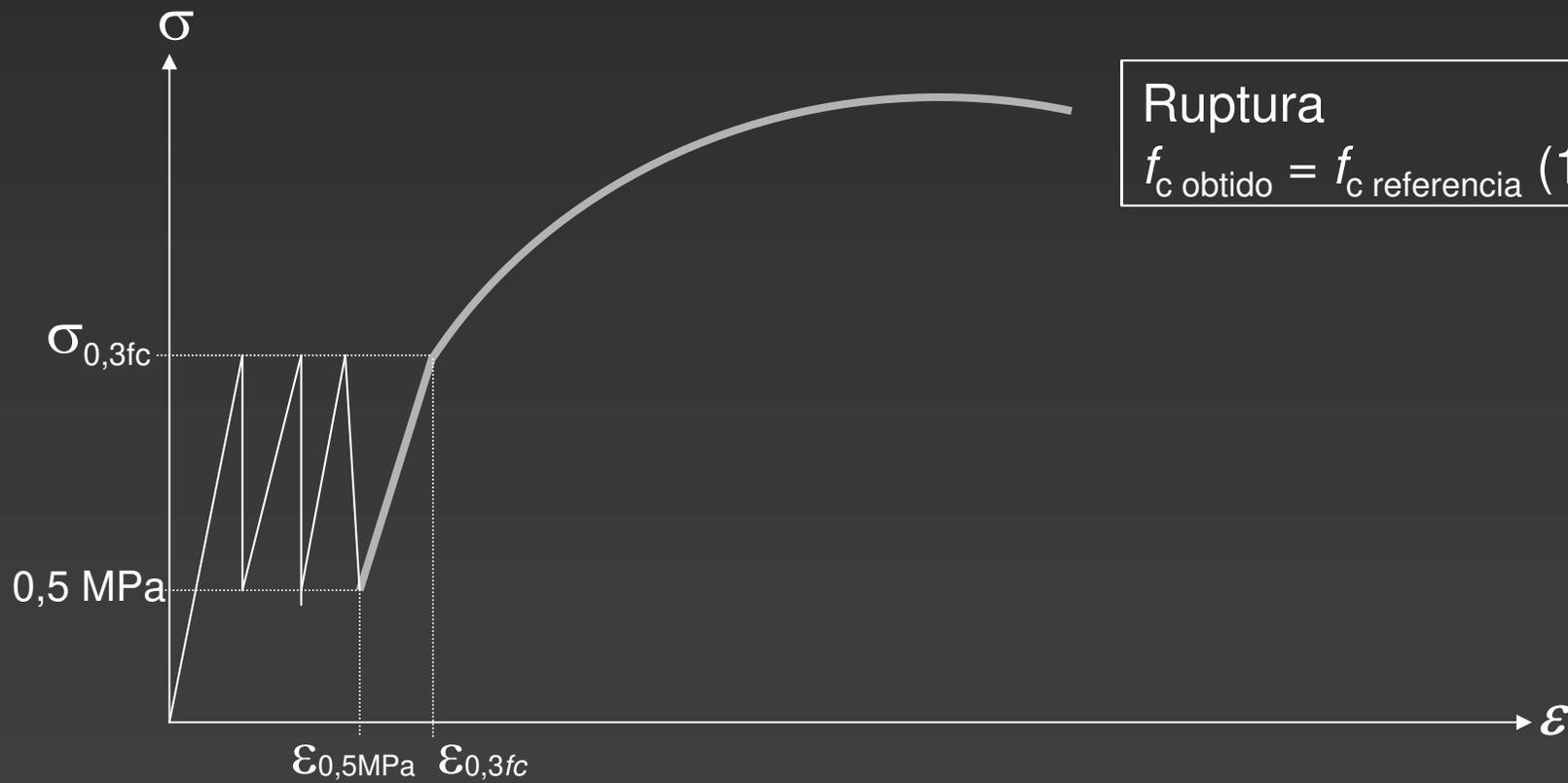
Planos de carga previstos na NBR 8522:1984

Determinação de interesse		Plano de carga a efetuar
Módulo de deformação	Diagrama tensão-deformação	
Tangente inicial (A)	Sem traçado do diagrama	Tipo I
Tangente inicial (A)	Simula a estrutura previamente submetida a carregamento e descarregamento (B)	Tipo II
Secante no 1o. carregamento	Simula a estrutura em seu primeiro carregamento (C)	Tipo III

Revisão da NBR 8522 em 2003

Determinação de interesse		Aplicação	Plano de carga a efetuar
Módulo de	Diagrama tensão-deformação		
Elasticidade	Sem traçado do diagrama	Utilizado para caracterizar a deformabilidade do concreto	7.3.2
Deformação secante	Opcional Simula a estrutura em seu primeiro carregamento	Exemplo: Simulação de estrutura cuja carga permanente prevalece	7.3.3

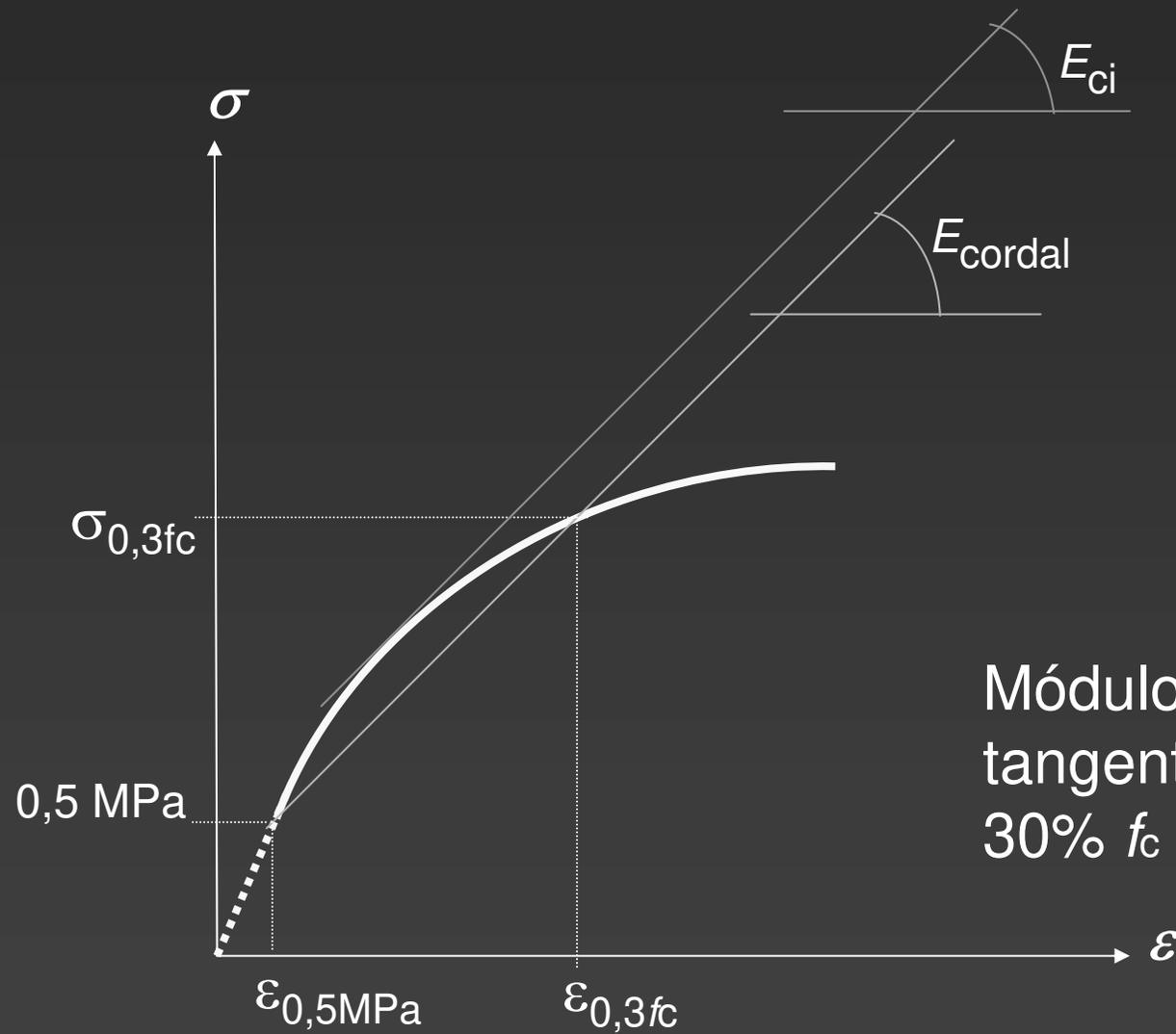
Módulo de elasticidade - NBR 8522:2003



Ruptura

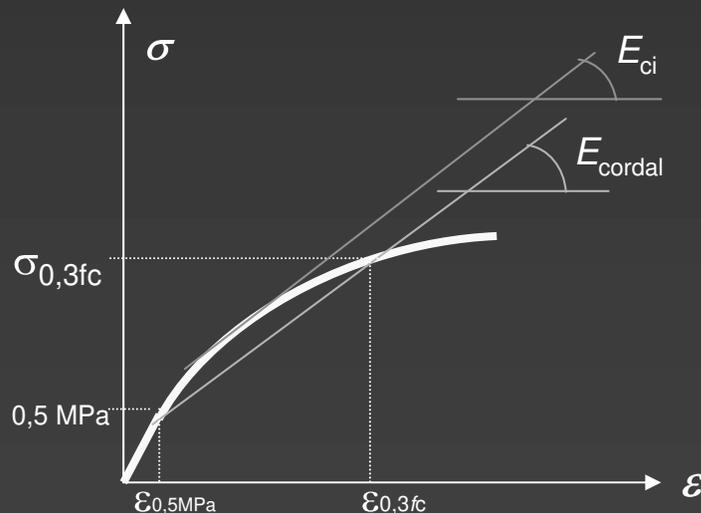
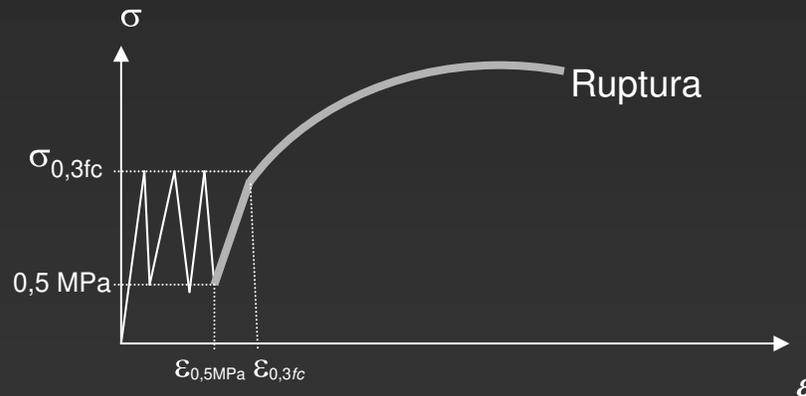
$$f_{c \text{ obtido}} = f_{c \text{ referencia}} (1 \pm 0,2)$$

Módulo de elasticidade - NBR 8522:2003



Módulo de elasticidade
tangente ou cordal a
30% f_c

Módulo de elasticidade - NBR 8522:2003



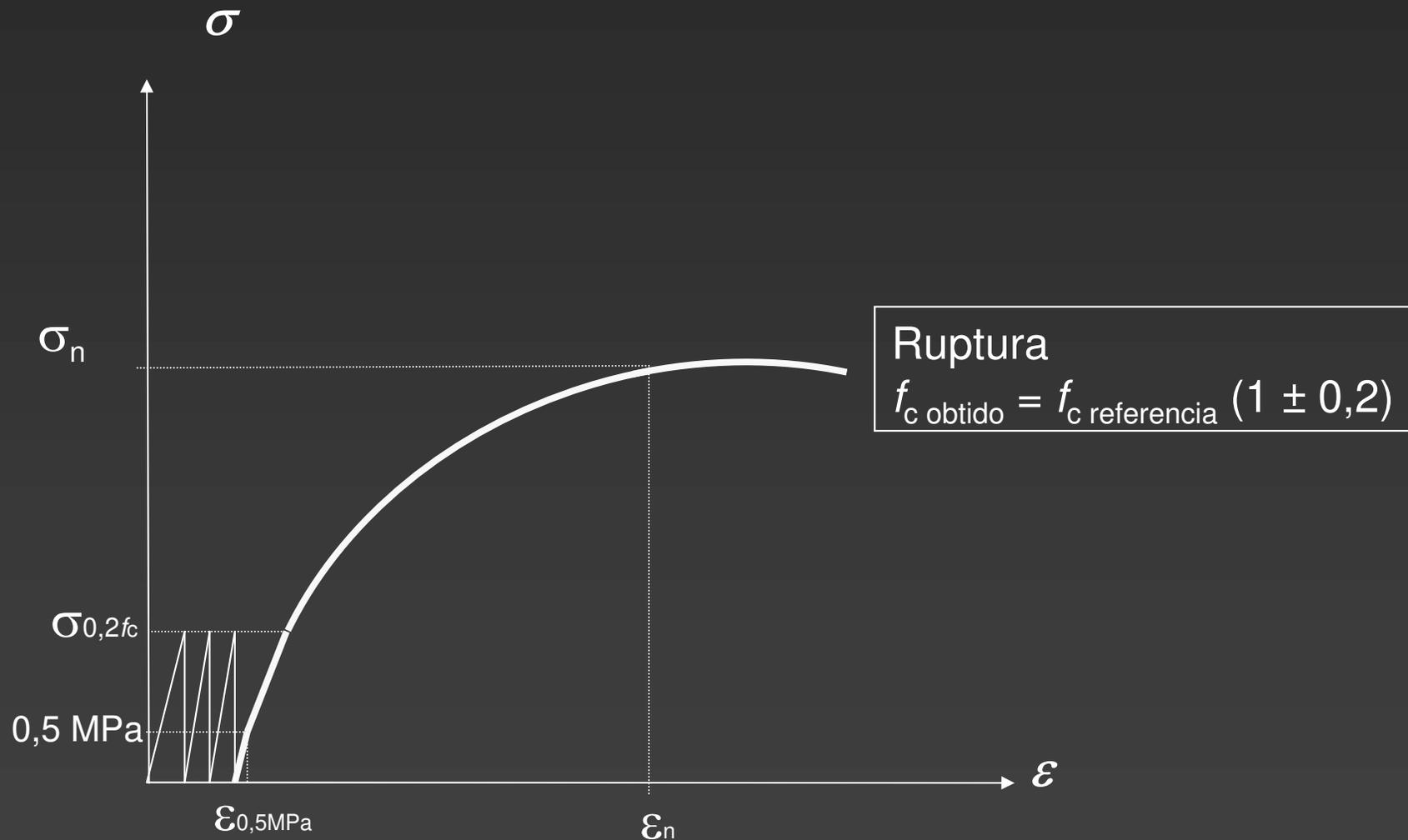
$$E_{Ci} = \frac{\sigma_{0,3f_c} - 0,5}{\epsilon_{0,3f_c} - \epsilon_{0,5MPa}}$$

Módulo de elasticidade tangente ou cordal a 30% f_c .

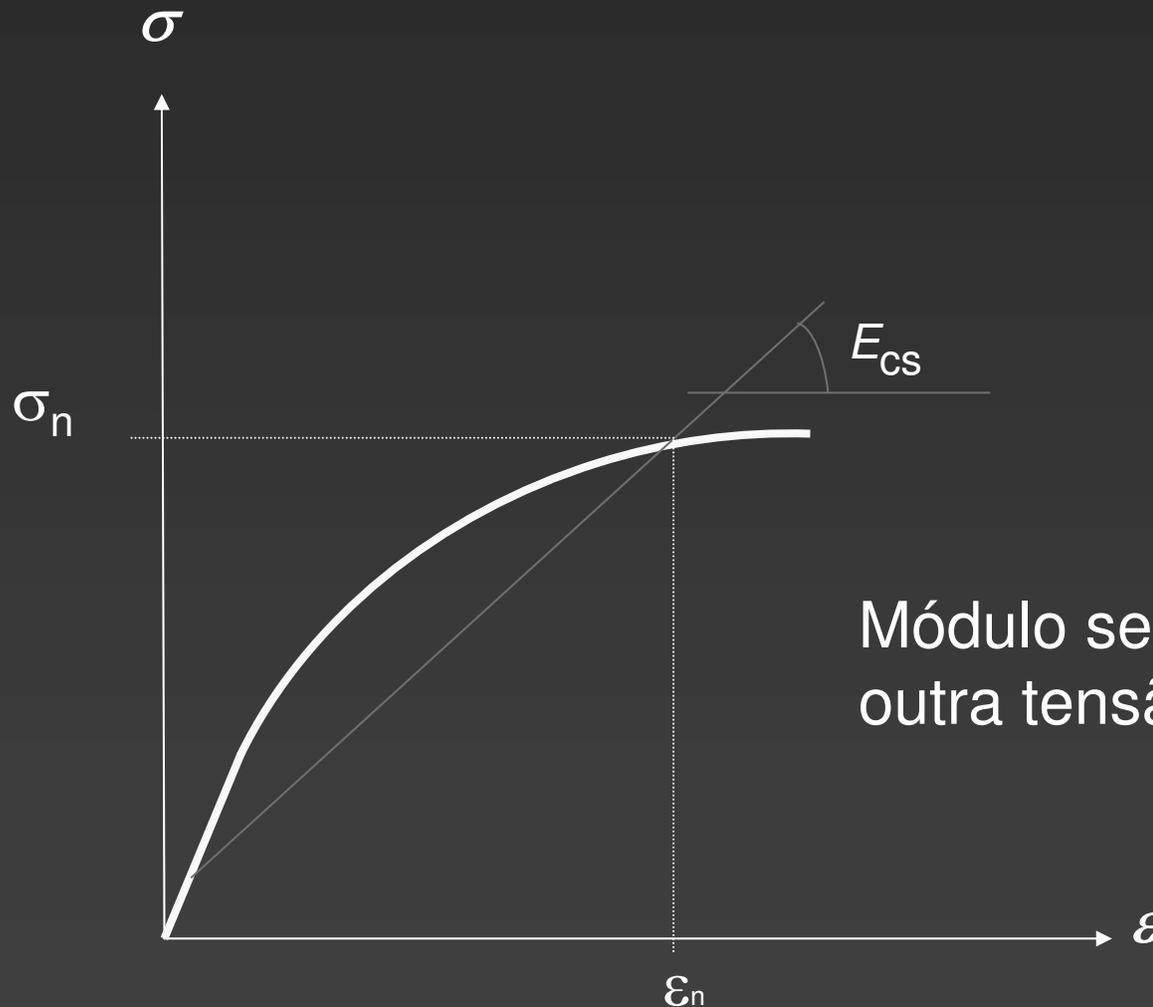
Não é necessário compatibilizar as bases de medida.

Não é traçado o diagrama tensão-deformação.

Módulo de deformação secante - NBR 8522:2003

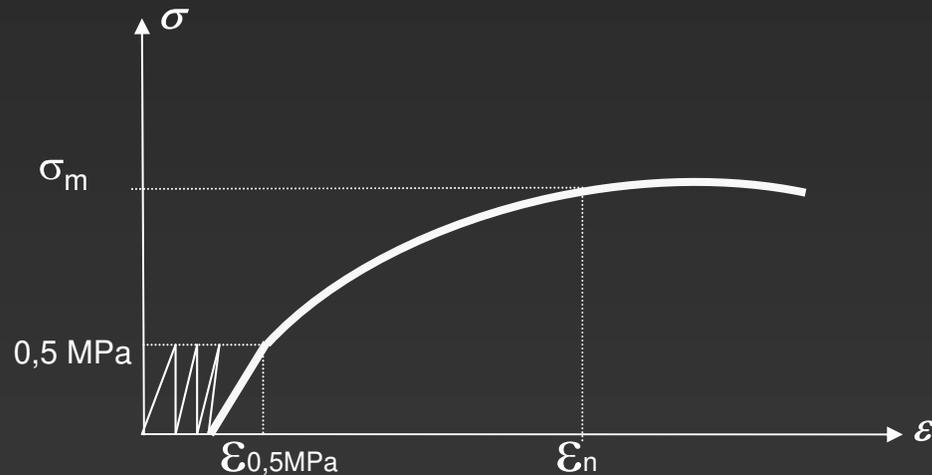


Módulo de deformação secante - NBR 8522:2003



Módulo secante a 40% f_c ou
outra tensão especificada

Módulo de deformação secante - NBR 8522:2003



$$E_{Cs} = \frac{\sigma_n - 0,5}{\epsilon_n - \epsilon_{0,5MPa}}$$

Módulo secante

Não é necessário compatibilizar as bases de medida.

Não é traçado o diagrama tensão-deformação.

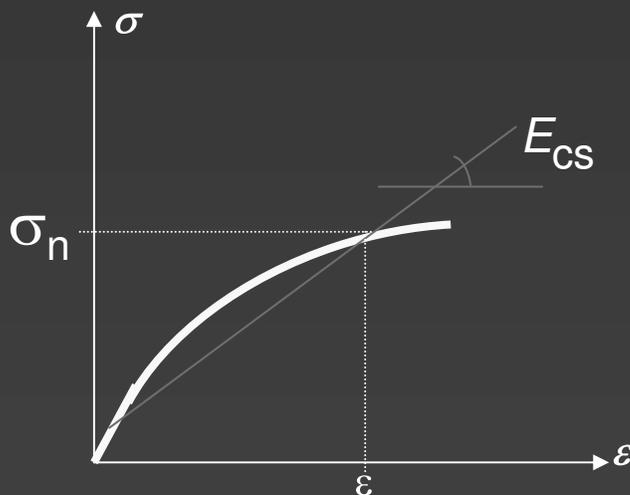
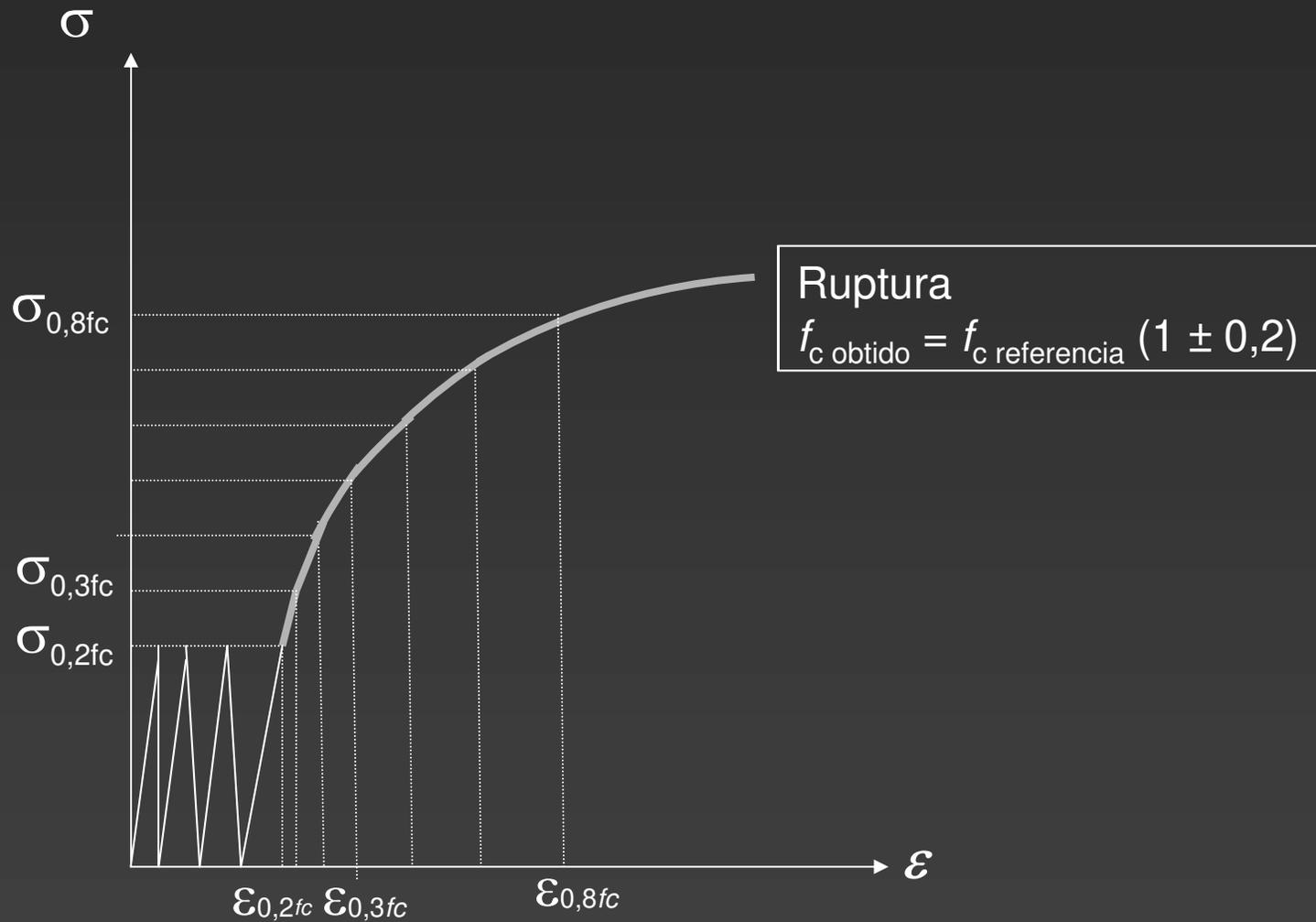
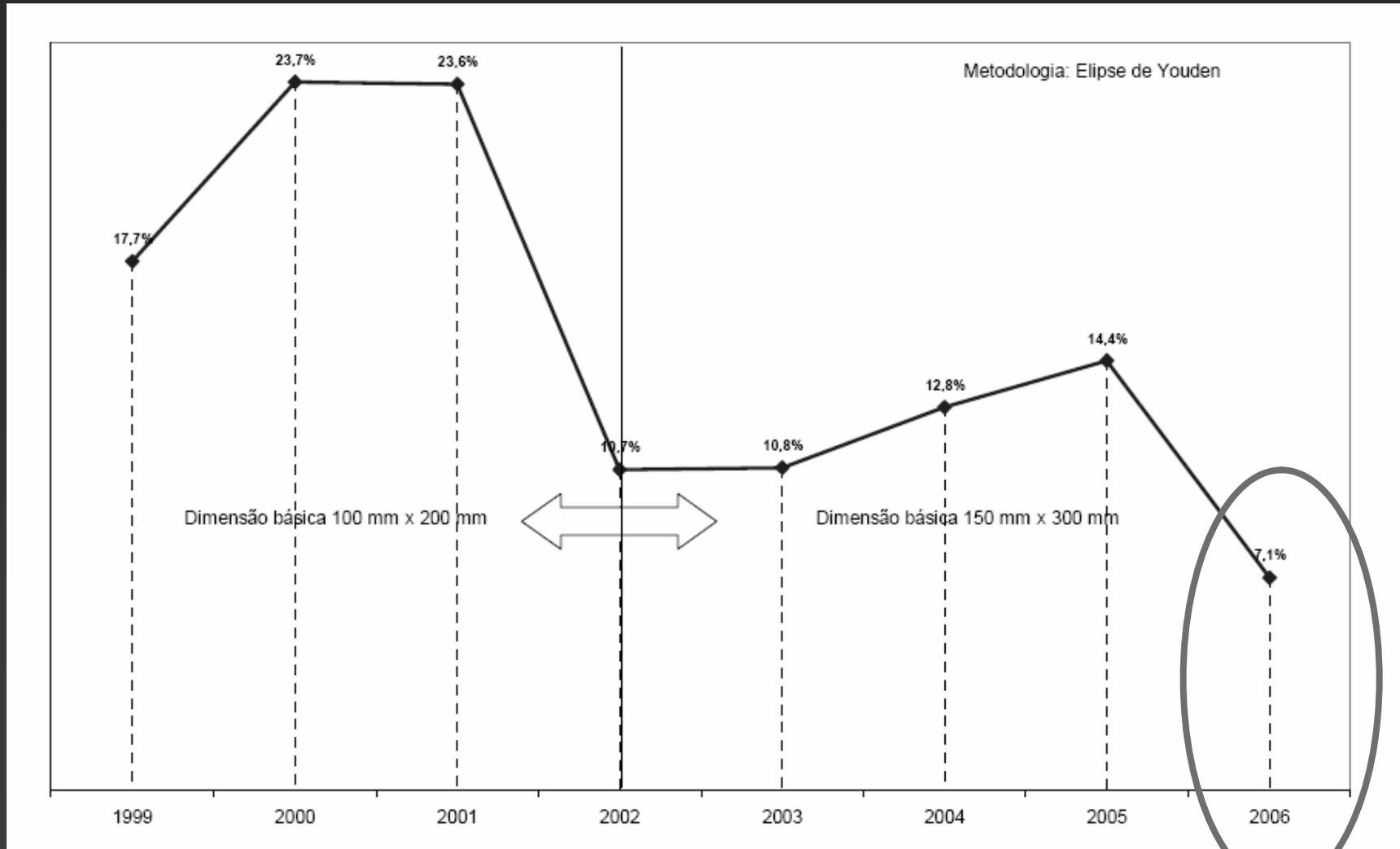


Diagrama tensão-deformação - NBR 8522:2003



NBR 8522 – Dispersão medida ao longo do tempo



Dados de Programas Interlaboratoriais realizados por FURNAS que possibilitam avaliar o ensaio.

C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Revisão da NBR 8522 em 2007

Proposta: Diminuir a variabilidade do ensaio

- Estabelecimento de ensaio único, como nas normas de outros países e também na norma ISO:
 - Módulo estático à compressão
 - Tangente inicial a 30% f_c , como pede a NBR 6118
 - Corpos-de-prova de 15 cm x 30 cm
 - Testemunhos conforme norma (NBR 7680)

Revisão da NBR 8522 em 2007

Determinação de interesse		Aplicação	Plano de carga a efetuar
Módulo de	Diagrama tensão-deformação		
Elasticidade	Sem traçado do diagrama	Utilizado para caracterizar a deformabilidade do concreto	7.3.2
Deformação secante	Opcional simula a estrutura em seu primeiro carregamento	Exemplo: Simulação de estrutura cuja carga permanente prevalece	7.3.3

ABNT NBR 6118:2003

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.

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

- Estabelecimento de ensaio único, como nas normas de outros países e também na ISO 6784:
tangente inicial a 30% f_c

ABNT NBR 12655:2006

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;

ABNT NBR 14931:2003

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.

ABNT NBR 14931:2003

10.2.2 Tempo de permanência de escoramentos e fôrmas

A retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}) e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Para o atendimento dessas condições, o responsável pelo projeto da estrutura deve informar ao responsável pela execução da obra os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente para a retirada das fôrmas e do escoramento, bem como a necessidade de um plano particular (seqüência de operações) de retirada do escoramento.

Revisão da NBR 8522 em 2007

- Tangente inicial a 30% f_c , como pede a NBR 6118
- Módulo a uma tensão especificada pelo projetista

Questões que se impõem:

- Estabelecer neste momento, como ensaio obrigatório pela NBR 8522, o módulo tangente inicial a 30% f_c
- Estabelecer a determinação do módulo de elasticidade (tangente inicial) até 40% f_{ck} para atender a solicitação do projetista (tensão especificada)
- Manter como possibilidade, em anexo informativo, a determinação do módulo de deformação secante para outras tensões especificadas inclusive 50% de f_c (ver 8.2.10.1 da NBR 6118:2003) e do diagrama tensão-deformação
- Revisar a NBR 8522 quando a revisão da NBR 6118 estiver sendo concluída, de forma a justar as exigências e a forma de seu atendimento.

ABNT NBR 6118:2003

8.2.10.1 Compressão

Para tensões de compressão menores que $0,5 f_c$, pode-se admitir uma relação linear entre tensões e deformações, adotando-se para o módulo de elasticidade o valor secante dado pela expressão constante em 8.2.8.

Revisão da NBR 8522 em 2007

Proposta: diminuir a variabilidade do ensaio

- Cálculo: Média das deformações e não dos valores de módulo
- Equipamentos: mecânicos ou elétricos, que permitam realizar o ensaio sem interferência do operador, com resolução de 1×10^{-3} e erro relativo máximo $< 1\%$
- Bases de medida: duas ou mais, $1/2h_{cp} \leq \text{base} \leq 2/3h_{cp}$, no terço médio do corpo-de-prova
- Relação altura/diâmetro = 2
- Velocidade carregamento/descarregamento = $(0,25 \pm 0,05) \text{MPa/s}$
- Tensão básica – atualmente 0,5 MPa
- Momento de leitura – carregamento ou descarregamento?
- Ultrassom: Avaliação da integridade dos corpos-de-prova
- Corpos-de-prova de 15 cm x 30 cm e testemunhos cf. NBR 7680
- Determinação obrigatória apenas do módulo de elasticidade tangente inicial a $0,3f_c$ ou à tensão especificada pelo projetista dentro do regime considerado elástico para o material

Revisão da NBR 8522 em 2007

- Atendimento às normas de Projeto e Execução de estruturas:
 - NBR 6118
 - NBR 14931

- Tornar o ensaio mais:
 - Repetitivo
 - Reprodutivo
 - Fácil de ser executado
 - Fácil de ser interpretado
 - Realista
 - Barato

- Manter a equivalência técnica entre conceitos e padrões normativos nacionais e internacionais.

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.