

65º
CONGRESSO BRASILEIRO DO
CONCRETO
22 a 25 - outubro - 2024 - Alagoas - Maceió

O Estado da Arte em Normalização de Concreto

O que você precisa saber


Engº Carlos Melo

23.10.2024


Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto

Considerações sobre a NBR 9062

Projeto das Estruturas Pré-fabricadas



CMA
25 ANOS
ENGENHARIA
CARLOS MELO & ASSOCIADOS




Abcic
Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto



IBRACON

1




IBRACON

NBR 9062 – 1985

O recomeço de tudo.

Após a determinação do IPT (1983) de
demolir os prédios pré-fabricados com
patologias.



2



NBR 9062 -2017

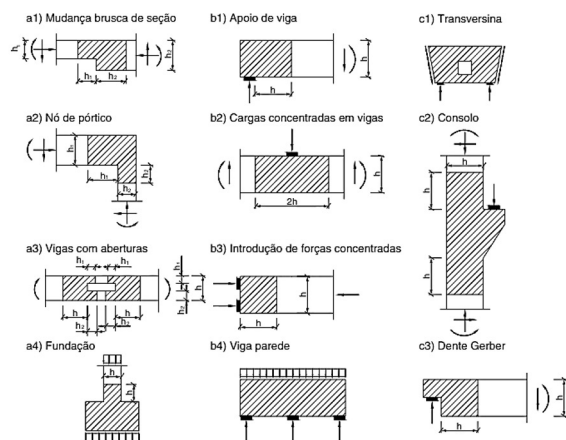
Necessário nova revisão para retirar as dúvidas que vem surgindo ao longo do tempo !



3



Exemplo 1 – Responsabilidade do elemento



Presente na NBR
6118:2023

Adicionar na NBR
9062

Figura 22.1 – Situações típicas de regiões D

Para consolos, dentes Gerber e elementos que se comportam como tais, deve-se considerar um coeficiente adicional γ_n no mínimo igual a 1,2.

4



Exemplo 2 – Taxa de redução - Cortante Incêndio

5.3.1.5.9 Em lajes alveolares, para a capacidade à força cortante, devem ser seguidas as reduções conforme a Tabela 5, independentemente da laje ser confinada ou não.

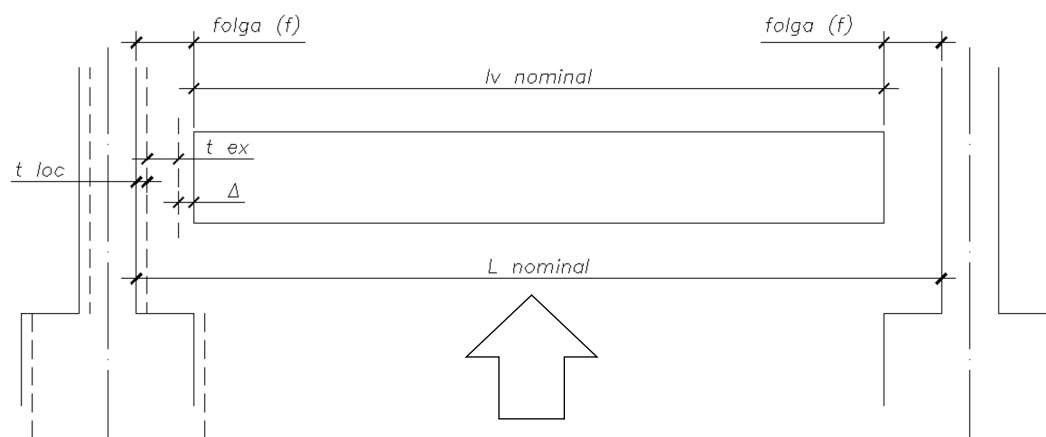
Tabela 5 – Relação da redução de cortante

TRRF	Espessura da lajes (com ou sem capa) mm		
	$V_{Rd \text{ incêndio}} / (V_{Rd})$ em %		
	≤ 210	220 - 350	> 350
30	100	100	100
60	80	75	70
90	75	70	65
120	70	60	55
180	50	45	45

5



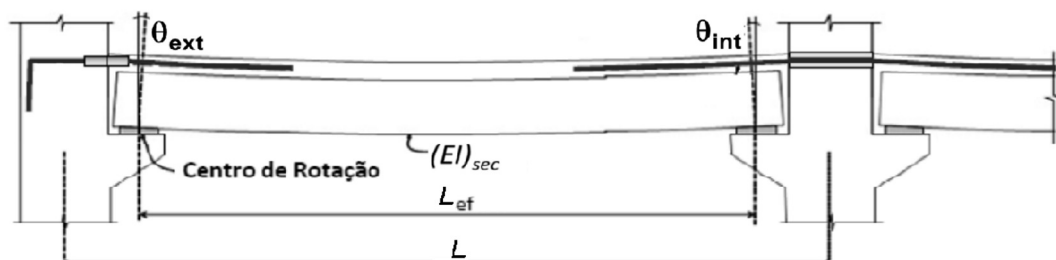
Exemplo 3 – Comprimento da peça no cálculo



6



Exemplo 3 – Comprimento da peça no cálculo



7

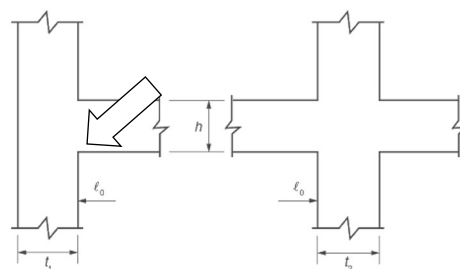
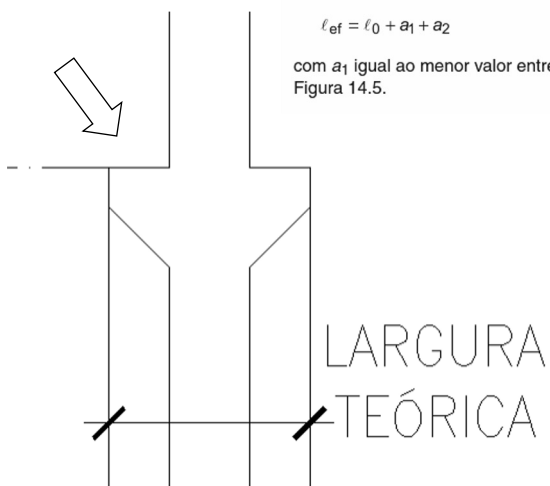


Exemplo 3 – Comprimento da peça no cálculo

O vão efetivo pode ser calculado por:

$$\ell_{ef} = \ell_0 + a_1 + a_2$$

com a_1 igual ao menor valor entre $(t_1/2$ e $0,3h)$ e a_2 igual ao menor valor entre $(t_2/2$ e $0,3h)$, conforme Figura 14.5.



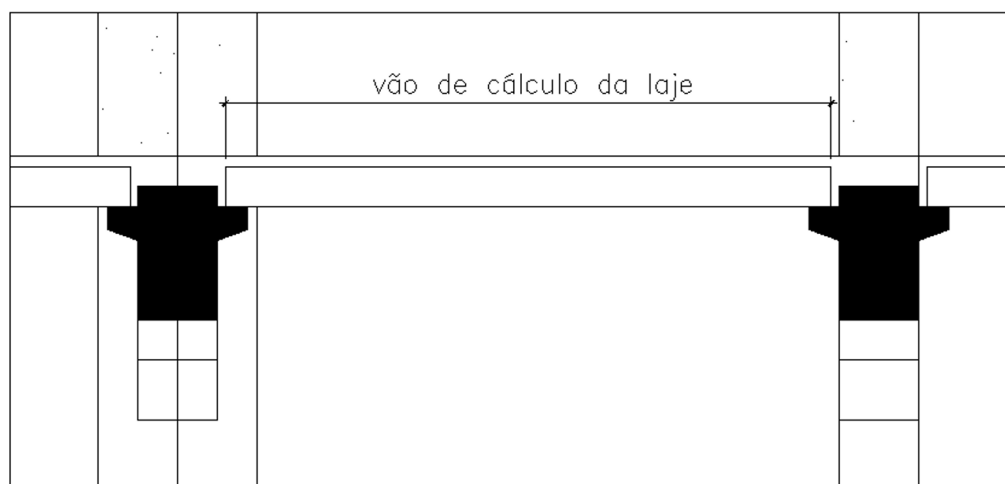
a) Apoio de vão extremo

b) Apoio de vão intermediário

8



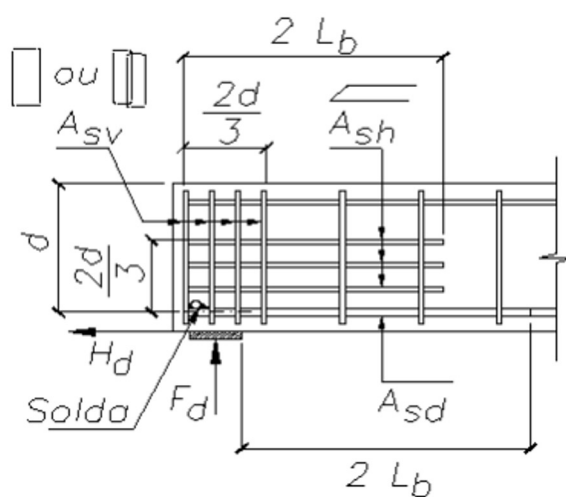
Vale também para laje alveolar
O mais comum é utilizar o comprimento da laje como vão de cálculo



9



Exemplo 4 – Grampo na Extremidade da viga



10



Exemplo 4 – Grampo na Extremidade da viga

7.5 Ligações por meio de apoios nas extremidades sem recortes de vigas

7.5.1 Na falta de cálculo mais rigoroso ou de comprovação experimental conclusiva, permite-se calcular a armadura principal (tirante) do apoio nas extremidades de vigas pré-moldadas, obedecidas as disposições construtivas pertinentes, prescritas em 7.3.3, pela equação a seguir:

$$A_{sd} = (F_d/1,2 + H_d) f_{yd}$$

7.5.2 Nas mesmas condições (ver Figura 24), permite-se determinar a armadura de costura horizontal e vertical, respectivamente A_{sh} e A_{sv} , pela equação a seguir:

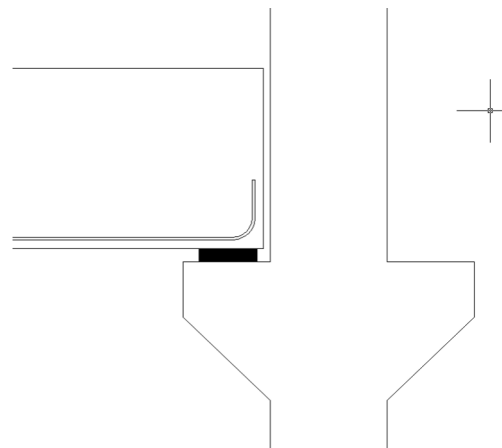
$$A_{sh} = A_{sv} = F_d / (8 \cdot f_{yd})$$

**Armadura de protensão
diminui essa armadura ?**

11



Nota: Permite-se a utilização da NBR6118 para a determinação desta armadura.



12



Exemplo 5 – Tabela de Protensão

Tabela 13.4 – Exigências mínimas de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Tipo de protensão	Classe de agressividade ambiental (CAA)	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	–	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	–	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	–	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	–	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
	Pós-tração	CAA I e CAA II		
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração	CAA I e CAA II	Verificar as duas condições abaixo ELS-F	Combinação frequente
	Pós-tração	CAA I a CAA IV	ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração	CAA I a CAA IV	Verificar as duas condições abaixo ELS-F	Combinação rara
	Pós-tração	CAA I a CAA IV	ELS-D ^a	Combinação frequente

Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.
No caso de pré-tração em estruturas de concreto pré-fabricado, devem ser atendidos os requisitos da ABNT NBR 9062.

NOTA 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.
NOTA 2 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (ver Figura 3.1).

13



Exemplo 5 – Tabela de Protensão

13.4.2 Limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade

A abertura máxima característica w_k das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm, (conforme Tabela 13.4) sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

Como para as armaduras ativas existe a possibilidade de corrosão sob tensão, esses limites devem ser mais restritos e função direta da agressividade do ambiente, dada pela classe de agressividade ambiental (ver Seção 6).

Na Tabela 13.4 são dados valores-limites da abertura característica w_k das fissuras, assim como outras providências, visando garantir proteção adequada das armaduras quanto à corrosão. Entretanto, devido ao estágio atual dos conhecimentos e da alta variabilidade das grandezas envolvidas, esses limites devem ser vistos apenas como critérios para um projeto adequado de estruturas.

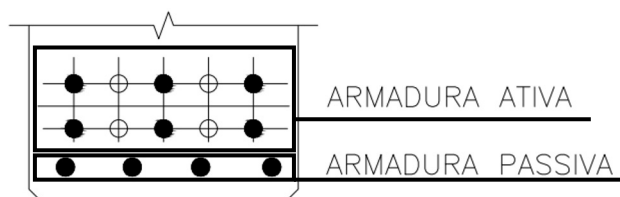
Embora as estimativas de abertura de fissuras feitas em 17.3.3.2 devam respeitar esses limites, não se deve esperar que as aberturas de fissuras reais correspondam estritamente aos valores estimados, isto é, fissuras reais podem eventualmente ultrapassar esses limites.

14



Exemplo 5 – Tabela de Protensão

**Armadura mínima para
armadura frouxa na
protensão total ou
parcial.**



15



Exemplo 6 – Cimento ARI

Durabilidade

**Introduzir as tabelas de Agressividade do concreto,
mas considerando concreto produzido em fábrica –
ARI e baixo desvio padrão (Tabela 7.1 e 7.2)**



16



Exemplo 6 – Cimento ARI

Ainda em relação ao ARI e concreto produzido em fábrica, rever o Módulo de Elasticidade para esse concreto.



Cura a Vapor

17



Exemplo 7 – Ações e Segurança

Norma de Vento

$$(0,88)^2 = 0,77$$

Tabela 3 - Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83



18



Exemplo 7 – Ações e Segurança

$S_3 = 0,92$
Para fechamento
Nota na tabela

$$(0,92)^2 = 0,85$$

Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3	T_p (anos)
1	Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none"> edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc. creches com capacidade maior do que 150 pessoas; escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15

NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator $(0,92 \times S_3)$, em vez de S_3

19



Exemplo 8 – ATP – Verificação de Projeto

$$\gamma_f = \gamma_{f1} * \gamma_{f2} * \gamma_{f3}$$

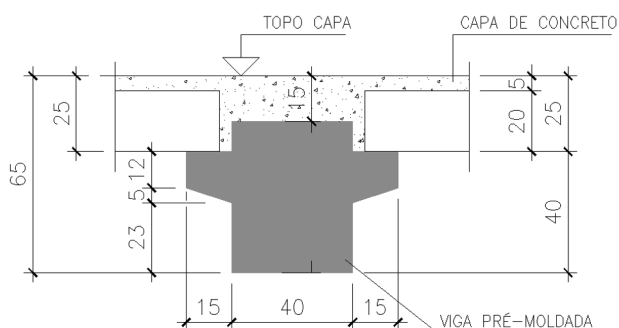
γ_{f3} se refere ao projeto e incertezas de modelagem.
 ATP poderia reduzir esse coeficiente ?

20



Exemplo 9 – Mesa colaborante

Deixar claro que se pode utilizar a capa como mesa colaborante da seção.



21



Exemplo 10 – Aparelho de Apoio

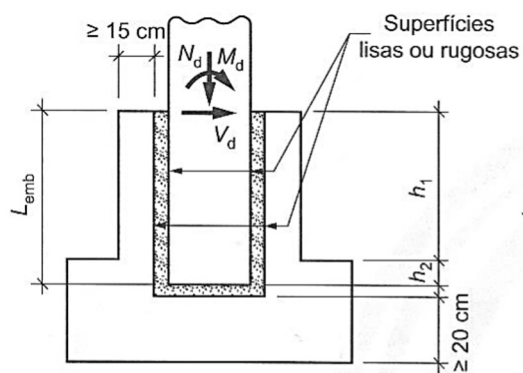
Diferenciar Aparelho de Apoio e Distribuição de tensões.



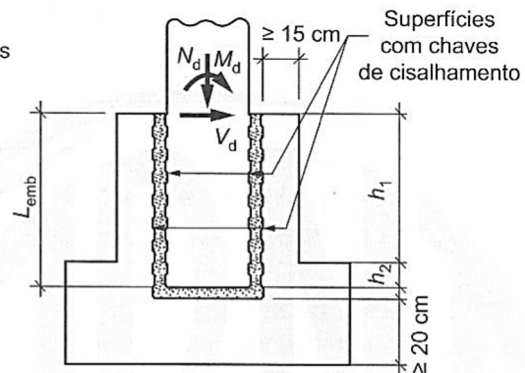
22



Exemplo 11 – Cálice no Bloco



a) Interfaces lisas ou rugosas



b) Interfaces com chaves de cisalhamento

c)

23

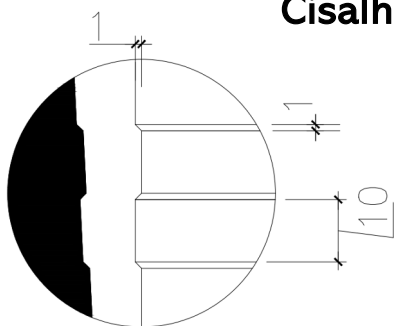


Exemplo 11 – Cálice no Bloco

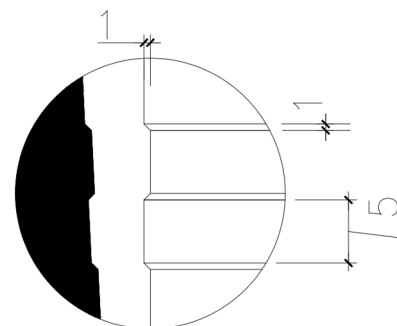
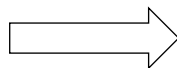


Chave
Cisalhamento

de



NBR
9062:2006



NBR
9062:2017

24



Exemplo 11 – Cálice no Bloco

Ambiguidade

7.7.3.5 Para cálices com colarinho, as pressões do pilar correspondentes à resultante H_{sfd} produzem flexo tração na parede frontal. Na falta de cálculo mais rigoroso, pode-se considerar apenas a tração na parede frontal. A resultante das pressões da parede frontal é transferida para a fundação por meio das paredes longitudinais. Os modelos para cálculo das armaduras horizontais e verticais nas paredes do colarinho estão mostrados na Figura 27. Utilizar H_{sfd} para dimensionamento da armadura horizontal e F_{vd} para a armadura vertical.

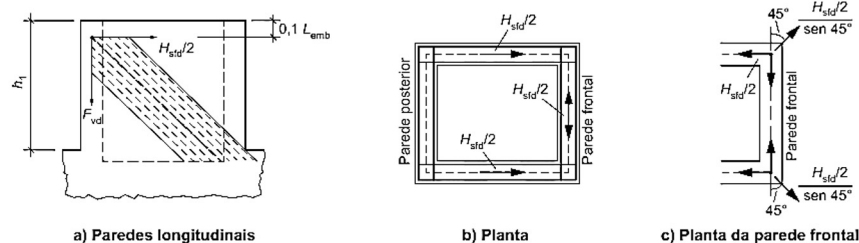


Figura 27 – Transferência dos esforços nas paredes do colarinho dos cálices de interfaces lisas ou rugosas

25



Exemplo 11 – Cálice no Bloco

As resultantes H_{sfd} e N_{bd} , mostradas na Figura 26, levando em conta as forças de atrito e considerando

$e_{nb} = h/4$ e $a = L_{emb}/10$, são calculadas pela equação a seguir:

$$H_{sfd} = \frac{M_d - N_d \left[0,25 h + \mu \left(\frac{0,1 L_{emb} - 0,75 \mu \cdot h}{1 + \mu^2} \right) \right] + V_d \left[L_{emb} - \left(\frac{0,1 L_{emb} - 0,75 \mu \cdot h}{1 + \mu^2} \right) \right]}{0,8 L_{emb} + \mu \cdot h}$$

$$N_{bd} = \frac{N_d - \mu \cdot V_d}{1 + \mu^2}$$

7.7.3.2 O coeficiente de atrito μ não pode ser maior que 0,3, no caso de interfaces lisas, nem maior que 0,6, no caso de interfaces rugosas.

26



Exemplo 11 – Cálice no Bloco

7.7.4.3 As pressões horizontais transferidas pelas bielas se concentram na parte superior do cálice. No caso de cálice com colarinho, as resultantes das pressões horizontais do trecho de $L_{emb}/3$ do topo do cálice têm seu valor calculado pelas equações a seguir:

$$H_{sfd} = \frac{[M_d + V_d L_{emb} + N_d (0,5.d_c)]}{2,60.d_c}$$

$$H_{spd} = \frac{[M_d + V_d L_{emb} - N_d (0,4.d_c)]}{0,63.d_c} \geq 0$$

onde

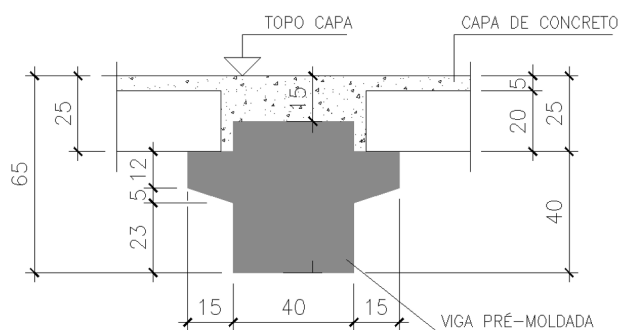
d_c é a distância entre o plano médio das paredes frontal e posterior.



27



Exemplo 12 – Flecha em viga



Fluência só na viga solidarizada

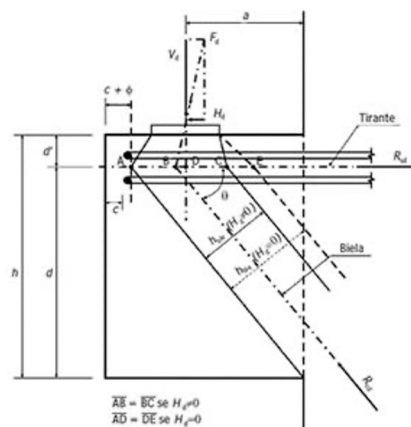


28



Exemplo 13 – Consoles

Estudo do Limite de Console Curto para o Console muito curto!



29



Exemplo 14 – Armadura de Pilar com Console

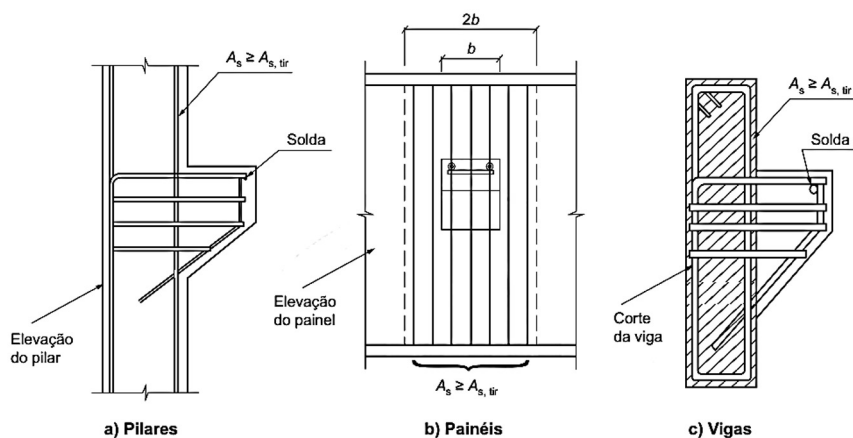


Figura 20 – Detalhes de armadura para consoles em diferentes tipos de peças

30



Exemplo 15 – Estabilidade lateral de vigas

Tabela 15.1 - Valores de β_{lf}

Tipologia da viga	Valores de β_{lf}
	0,40
	0,20

Onde:
 Zona comprimida

$$b \geq \ell_0 / 50$$

$$b \geq \beta_{lf} h$$

**NBR
6118:2003**



6.1.6 Quando não for conhecido o valor de carga crítica nas vigas de concreto armado e protendidas, podem ser seguidos os critérios geométricos a seguir:

$$\frac{L}{b_f} \leq 50$$

e

$$\frac{L \times h}{(b_f)^2} \leq 500$$

**NBR
9062:2017**

31



Exemplo 15 – Estabilidade lateral de vigas

Formulação

Analizando um painel de 10 metros de comprimento e 2,5 metros de altura

NBR 6118:2003

$$b \geq \frac{L_0}{50} \rightarrow b \geq 20 \text{ cm}$$

e

$$b \geq \beta \times h \ (\beta = 0,4) \rightarrow b \geq 100 \text{ cm}$$

Para viga de $h = 100 \text{ cm}$ $b \geq 40 \text{ cm}$

NBR 9062:2017

$$b \geq \frac{L_0}{50} \rightarrow b \geq 20 \text{ cm}$$

e

$$b \geq \sqrt{\frac{L_0 \times h}{500}} \rightarrow b \geq 22,36 \text{ cm}$$

Para viga de $h = 100 \text{ cm}$ $b \geq 14,15 \text{ cm}$



32



65°
CONGRESSO BRASILEIRO DO
CONCRETO
22 a 25 - outubro - 2024 - Alagoas - Maceió

OBRIGADO!

Eng° Carlos Melo
Tel: (11) 3815-2137
E-mail: carlos@cma.eng.br

CMA 25 ANOS
ENGENHARIA
CARLOS MELO & ASSOCIADOS