

REFORÇO ESTRUTURAL

REFORÇO DE ESTRUTURAS

2

DEFINIÇÃO

O reforço de uma estrutura contempla as atividades para recuperar ou aumentar a capacidade de carga desta estrutura.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

3

DEFINIÇÃO

Motivos:

- Aumento da capacidade portante;
- Falhas de projeto;
- Permitir modificação de uso;
- Modificação da concepção estrutural;
- Regeneração da capacidade portante.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

4

DEFINIÇÃO

Condições de análise:

$$\sum H = 0 \Rightarrow A_s \sigma_y + \frac{\sigma_c b x}{2} = 0$$

$$\sum M = 0 \Rightarrow A_s \sigma_y z = M$$

$$\int_0^L \varepsilon_s dl = \int_0^L \varepsilon_c dl$$

REFORÇO DE ESTRUTURAS

5

TÉCNICAS DE REFORÇO

Concreto armado;

Chapas ou perfis metálicos colados;

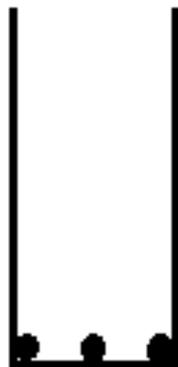
Compósitos reforçados com fibras de carbono.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

6

CONCRETO ARMADO

Será necessário quando ocorrer a perda de mais de 15% da seção do aço.



As



As – corr.



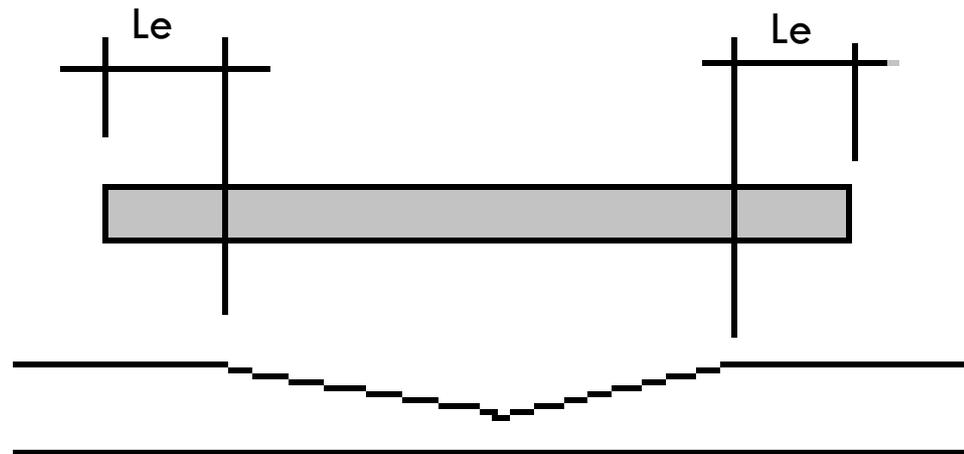
As + As ref.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

7

CONCRETO ARMADO

Emenda:



REFORÇO DE ESTRUTURAS

8

CONCRETO ARMADO



Fonte: Techniques Soluções em Engenharia

REFORÇO DE ESTRUTURAS

CONCRETO ARMADO

Reforço de pilares

Souza e Ripper (1998) aconselham que o reforço de pilares seja feito através de cintamento com aumento da seção transversal e considerando a capacidade de carga do pilar existente contribuindo para a absorção dos esforços.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

10

CONCRETO ARMADO

Reforço de pilares

Cánovas (1988), além do cintamento, também considera o aumento simples da seção transversal com nova armadura, mas neste caso, o reforço deve ser capaz de resistir à totalidade do carregamento vertical.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

11

CONCRETO ARMADO

Reforço de pilares

Durante a execução do reforço deve-se:

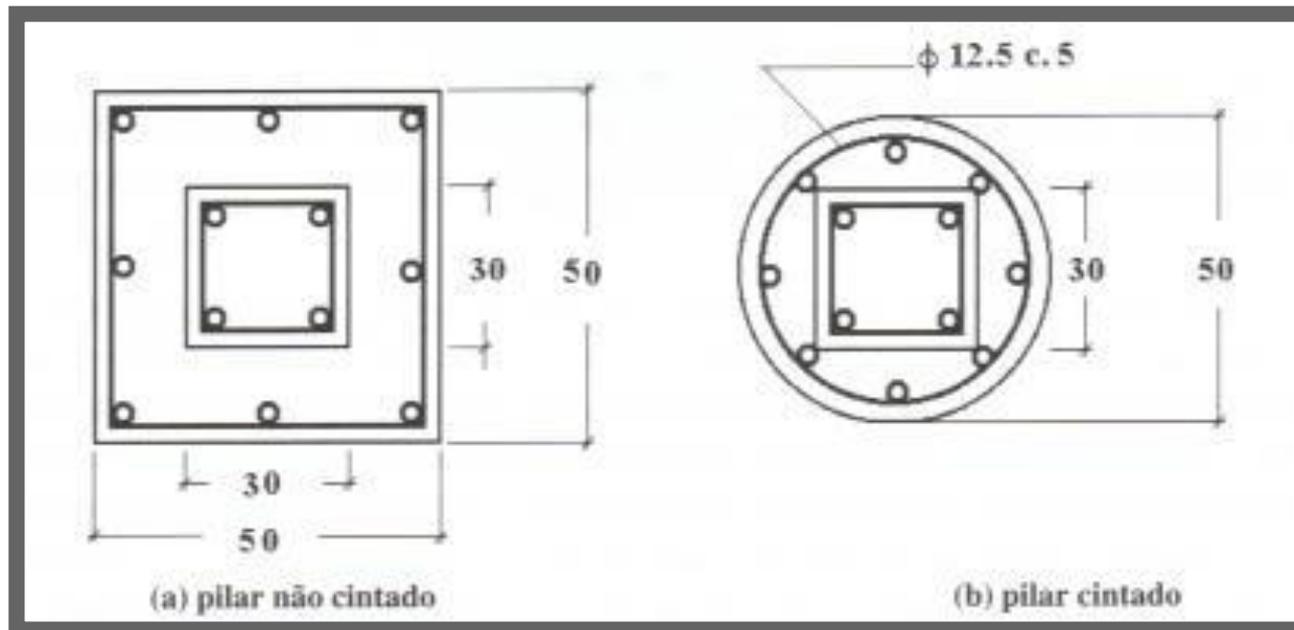
- Descarregar ao máximo o pilar
- Cuidar para que o reforço, no caso do cintamento, não encoste na viga superior
- As pontas das armaduras de cintamento devem ser fixadas no concreto do pilar.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

12

CONCRETO ARMADO

Aumento de seção:



REFORÇO DE ESTRUTURAS

13

CONCRETO ARMADO

O cintamento consiste em envolver o pilar com um estribo contínuo, de forma helicoidal, cujo passo (t) deve satisfazer às seguintes condições:

$$t \leq \left\{ \begin{array}{l} a/5 \\ 8\phi \\ 8cm \end{array} \right\} \quad t \geq 3cm$$

REFORÇO DE ESTRUTURAS

14

CONCRETO ARMADO

Reforço de vigas

Existem diversas formas de se realizar o reforço de uma viga utilizando o concreto armado.

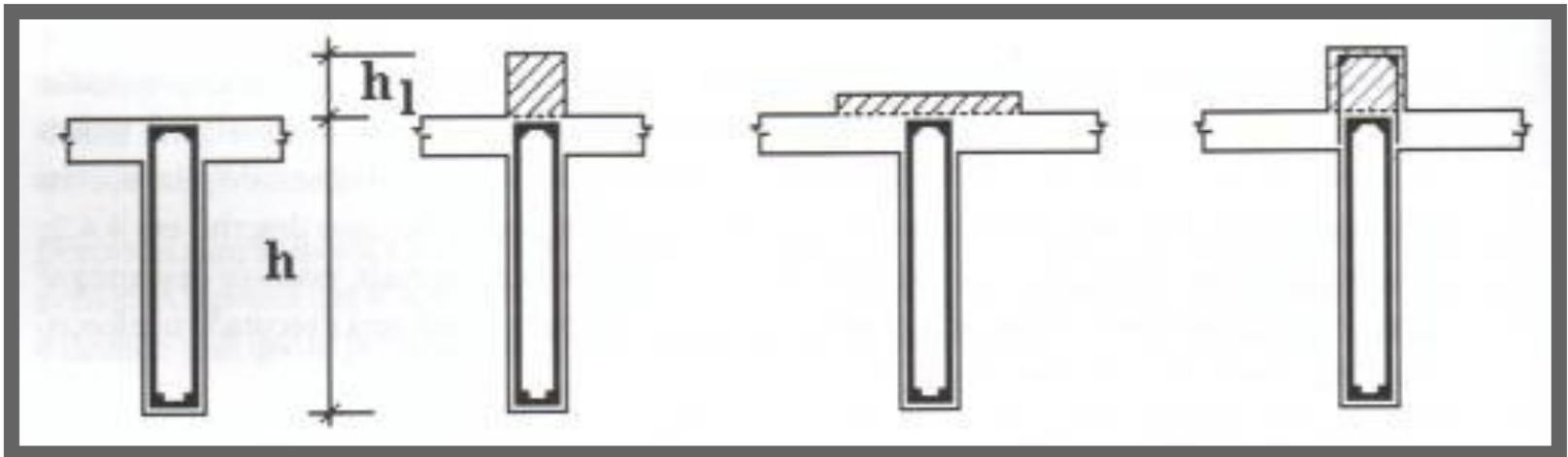
Souza e Ripper (1998) apresentam um método de aumento da altura da viga realizando uma concretagem na parte superior da viga, podendo-se ou não utilizar armadura de reforço.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

15

CONCRETO ARMADO

Aumento de seção:



REFORÇO DE ESTRUTURAS

16

CONCRETO ARMADO

Reforço de vigas

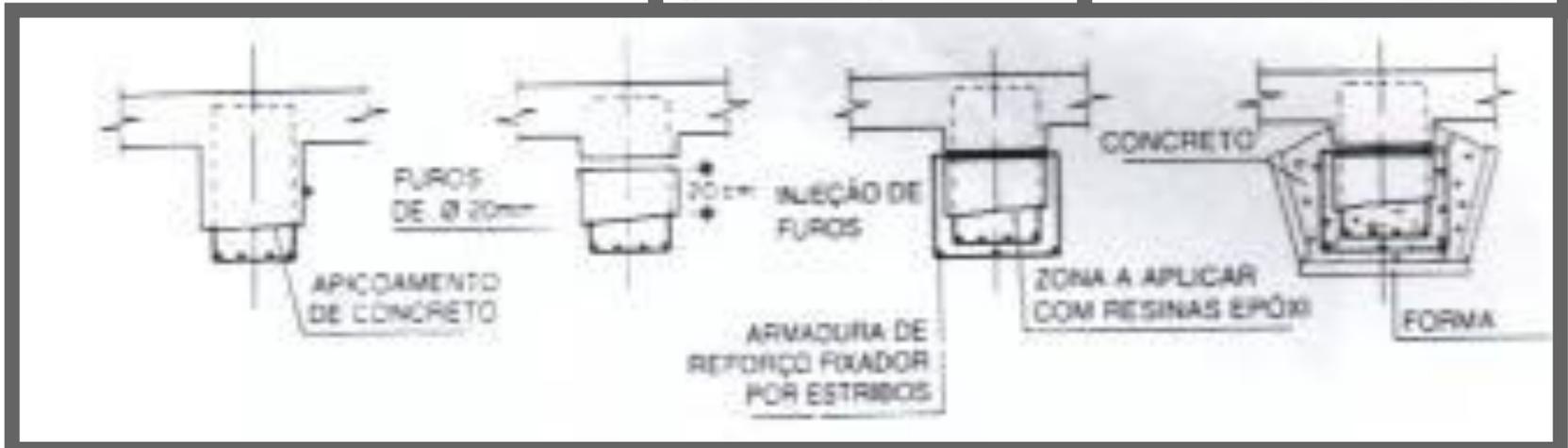
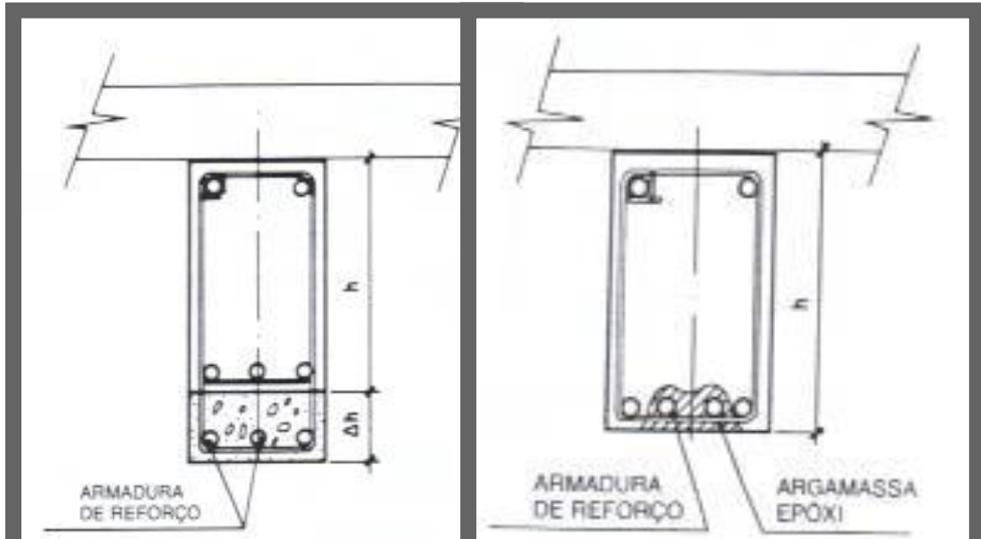
Cánovas (1988) apresenta diversos métodos para o aumento da resistência à flexão de vigas.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

17

CONCRETO ARMADO

Aumento de seção:



REFORÇO DE ESTRUTURAS

18

CONCRETO ARMADO

Reforço de vigas

Para o reforço de vigas devido à força cortante, deve-se apicoar as laterais da viga, efetuar a limpeza, colocar novos estribos intermediários de reforço, aplicar uma ponte de aderência e reconstituir a seção.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

19

PEÇAS METÁLICAS

Este é um método rápido de execução, utilizado quando não se dispõem de espaço para aumentar a seção da peça ou é um serviço emergencial.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

20

PEÇAS METÁLICAS

Esta técnica de reforço consiste em fazer a união de uma chapa metálica ao concreto, de modo que estes elementos trabalhem juntos, ocorrendo uma correta transmissão dos esforços.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

21

PEÇAS METÁLICAS

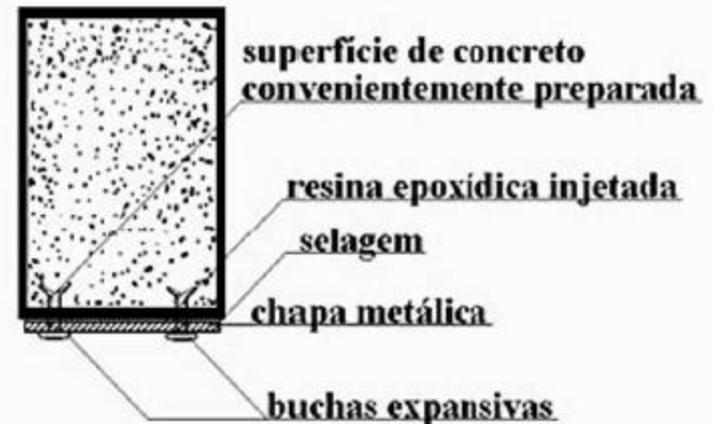
O reforço de estruturas utilizando perfis laminados é uma técnica bastante antiga, acreditando-se que foi o primeiro método de reforço utilizado. A utilização dos perfis para a execução de reforço deve ser cuidadosa, pois o elemento metálico estará trabalhando em condições diferentes para as quais foi concebido.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

22

PEÇAS METÁLICAS

As chapas metálicas são coladas com cola epóxi e/ou chumbadas com conectores metálicos.



Fonte: Souza e Ripper (1998)

REFORÇO DE ESTRUTURAS

23

PEÇAS METÁLICAS

Neste sistema de reforço, a adesão entre o concreto e o aço é extremamente importante para o funcionamento do sistema, sendo que os fatores que afetam esta adesão são:

- a qualidade do adesivo;
- o estado da superfície dos dois materiais;
- as propriedades dos materiais.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

24

PEÇAS METÁLICAS



Fonte: Techniques Soluções em Engenharia

REFORÇO DE ESTRUTURAS

25

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de vigas

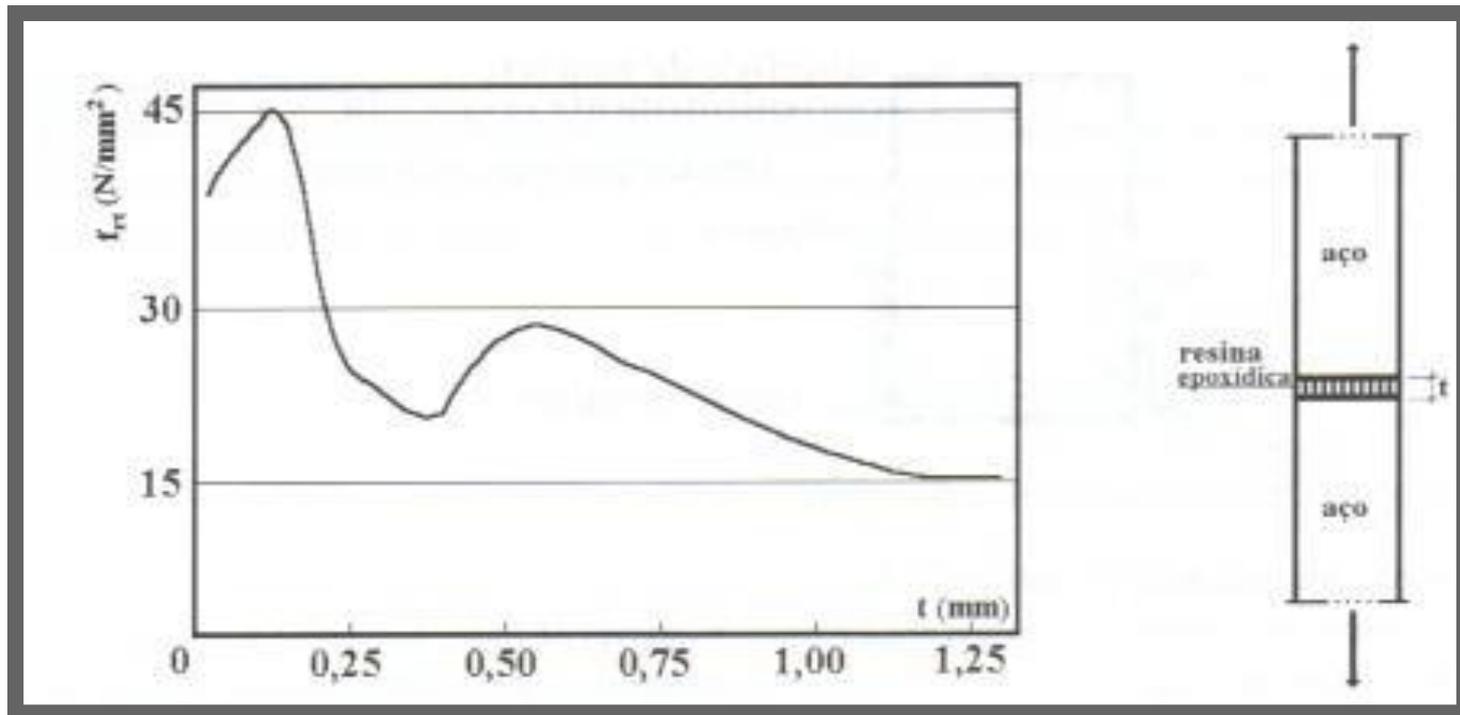
Numa peça sujeita à flexão reforçada com chapas de aço, devido ao momento fletor, aparecem tensões tangenciais no elemento de união entre o concreto e o aço

Assim sendo, os adesivos utilizados devem possuir uma grande resistência à tração, que, entre outros fatores, é fortemente influenciada pela espessura da camada de resina.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

26

PEÇAS METÁLICAS



REFORÇO DE ESTRUTURAS

27

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de vigas

Os métodos de dimensionamento seguem as recomendações do CEB, que especifica:

- a espessura da camada de cola não deve exceder 1,5mm;
- a espessura da chapa não deve exceder a 3mm;
- a capacidade resistente após o reforço não pode ser superior a 1,5 vezes a capacidade resistente inicial.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

28

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de vigas

Os estudos para reforço de vigas com chapas metálicas para resistir a esforços cortantes foram realizados por Van Gemert (1986), existindo, também, orientações de Cánovas.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

29

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de vigas

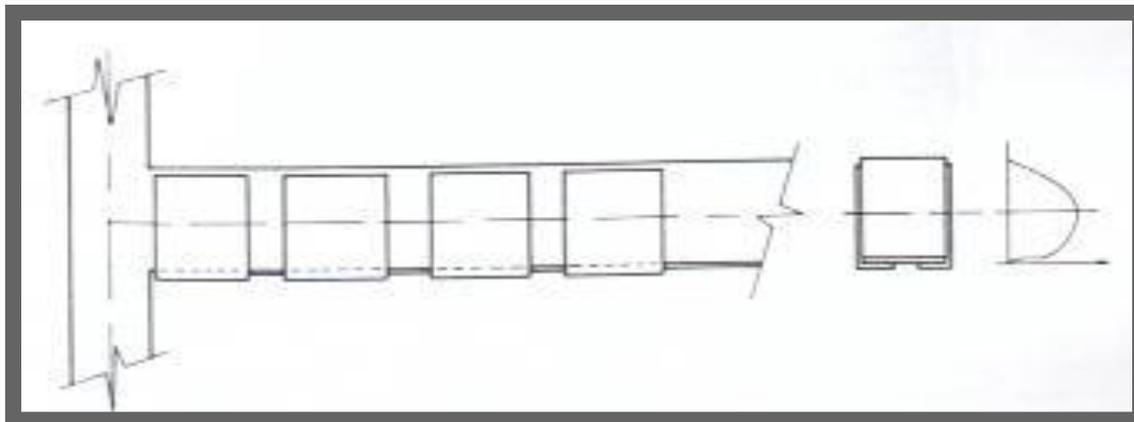
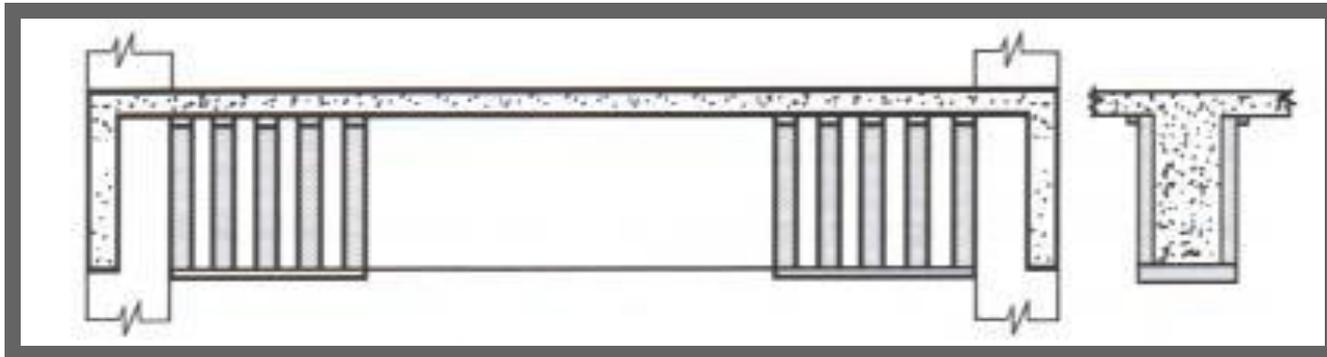
O Método de Van Gemert recomenda que o reforço seja calculado da mesma forma como são calculados os estribos e que a chapa de reforço seja em forma de “L” com uma aba de apoio de 100mm.

Cánovas recomenda que o dimensionamento seja efetuado do modo análogo à alma de uma viga metálica, além de recomendar a forma em “L” e uma largura máxima de 300mm.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

30

PEÇAS METÁLICAS



REFORÇO DE ESTRUTURAS

31

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de pilares

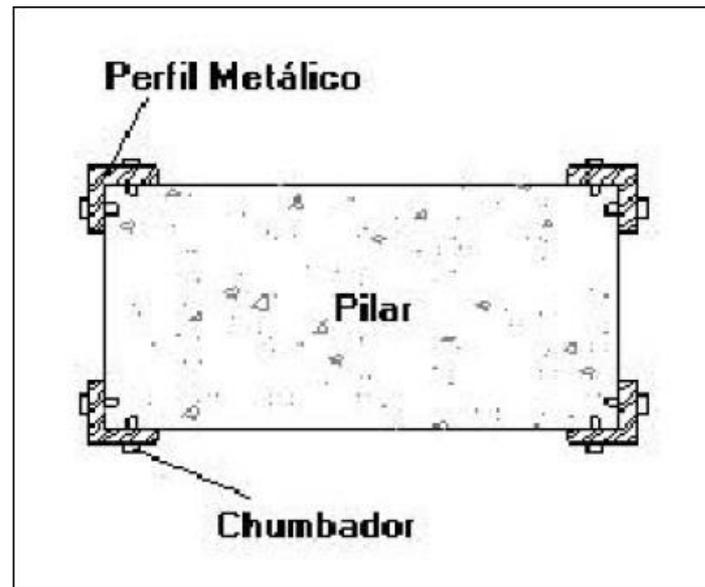
Normalmente os pilares são reforçados por cantoneiras, nos quatro cantos, as quais são unidas entre si, lateralmente, através de chapas soldadas, e executa-se um capitel e uma base metálica nas extremidades.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

32

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de pilares



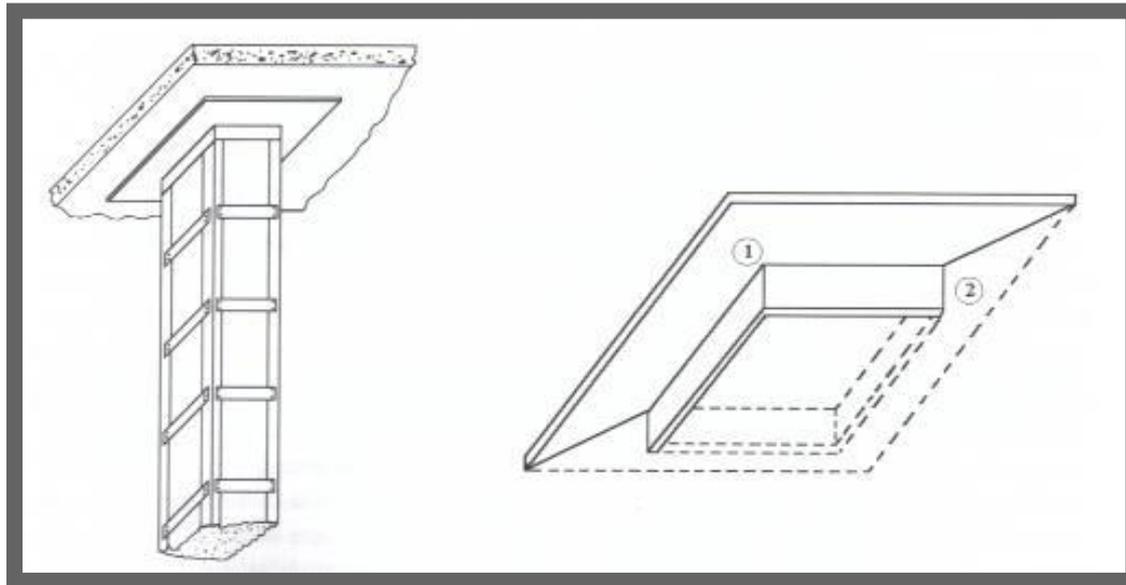
Fonte: Rigazzo (2003)

REFORÇO DE ESTRUTURAS

33

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de pilares



Fonte: Cánovas (1988)

REFORÇO DE ESTRUTURAS

34

PEÇAS METÁLICAS



Fonte: Techniques Soluções em Engenharia

REFORÇO DE ESTRUTURAS

35

PEÇAS METÁLICAS

Reforço de pilares

Para que o reforço trabalhe de forma adequada deve-se:

- descarregar o pilar

- executar a perfeita união do capitel e da base às lajes e fundações.

- levar o reforço até às fundações

- fazer a união entre os reforços dos diversos pavimentos.

No caso de lajes planas, não se deve furá-las, neste caso deve-se analisar a transmissão dos esforços entre a base e o capitel, verificando seu efeito sobre o concreto.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

36

FIBRA DE CARBONO

Os PRFC são constituídos por dois elementos fundamentais, sendo estes a matriz polimérica e as fibras de carbono.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

37

FIBRA DE CARBONO

A matriz polimérica tem a finalidade de manter as fibras de carbono unidas e aderidas ao substrato, para que os as tensões de cisalhamento sejam transferidas de forma eficiente.

As fibras de carbono são os elementos resistentes do sistema, ou seja, possuem a função de absorver as tensões de tração geradas pelos esforços solicitantes

REFORÇO DE ESTRUTURAS

38

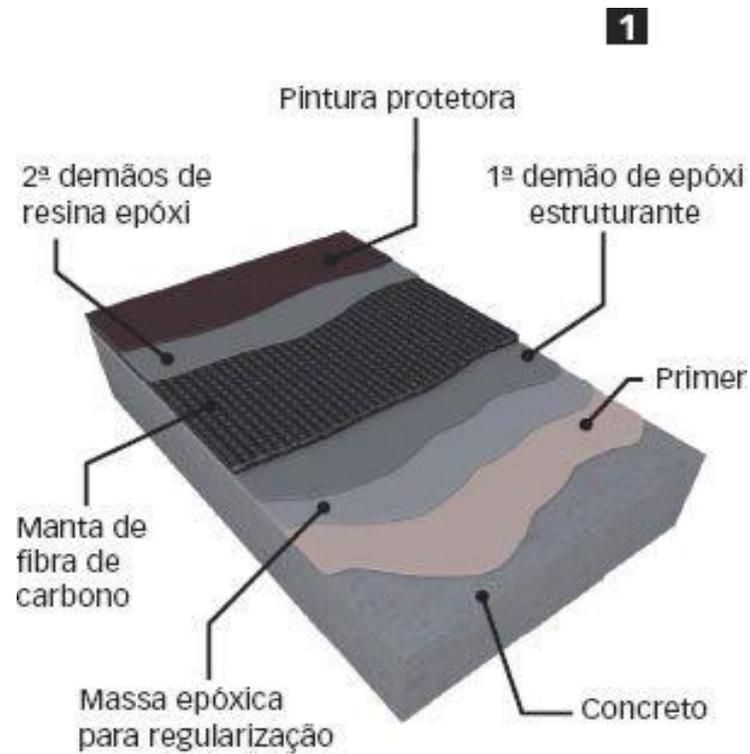
FIBRA DE CARBONO

Os compósitos de fibra de carbono são aderidos externamente às estruturas de concreto armado que necessitam de reforço. Dessa forma, é de fundamental importância que a superfície onde será aplicado o CFC esteja íntegra e o mais regular possível.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

39

FIBRA DE CARBONO



Fonte: Corsini, 2012

REFORÇO DE ESTRUTURAS

40

FIBRA DE CARBONO

A primeira etapa é a aplicação dos imprimadores primários (*primers*), que penetrarão nos poros do substrato de modo a gerar uma “ponte de aderência” na superfície do concreto.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

41

FIBRA DE CARBONO

Em seguida, é feita a aplicação do regularizador de superfície (*puttie*). Essa massa regularizadora faz com que a superfície seja desempenada de forma contínua.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

42

FIBRA DE CARBONO

Assim que cortada, a fibra é aderida à peça que será reforçada. Há duas formas de realizar a adesão: a fibra pode ser saturada na bancada, e será transportada e posicionada na peça de concreto imediatamente, ou pode ser saturada diretamente na peça.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

43

FIBRA DE CARBONO

Assim que a lâmina/manta é colocada na peça, com orientação correta das fibras, deve ser feita a eliminação das bolhas de ar, com pequenos roletes de aço, que empurram as bolhas para as extremidades das lâminas.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

44

FIBRA DE CARBONO

No caso da aplicação de mantas de CFC, a manta instalada recebe, sobre ela, uma imprimação com resina saturante, para garantir que a fibra esteja completamente “imersa”.

REFORÇO DE ESTRUTURAS

45

FIBRA DE CARBONO



Fonte: Techniques (2016).

REFORÇO DE ESTRUTURAS

46

FIBRA DE CARBONO

Reforço de vigas

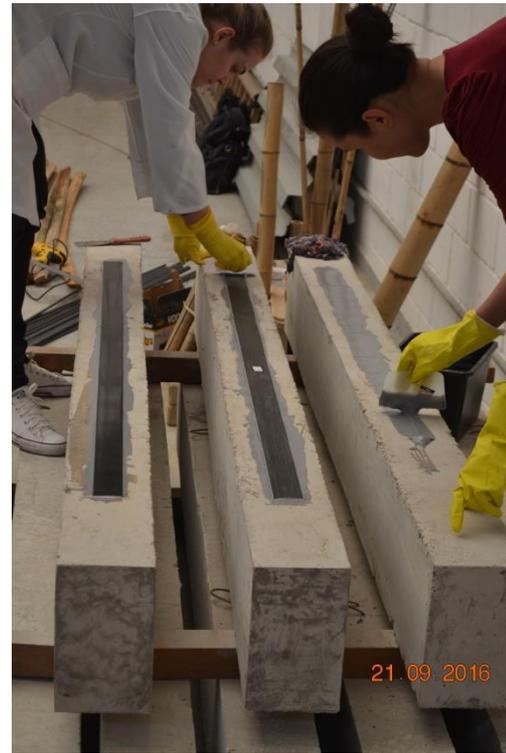


REFORÇO DE ESTRUTURAS

47

FIBRA DE CARBONO

Reforço de vigas



REFORÇO DE ESTRUTURAS

48

FIBRA DE CARBONO

Reforço de pilares



REFORÇO DE ESTRUTURAS

49

FIBRA DE CARBONO

Reforço de pilares

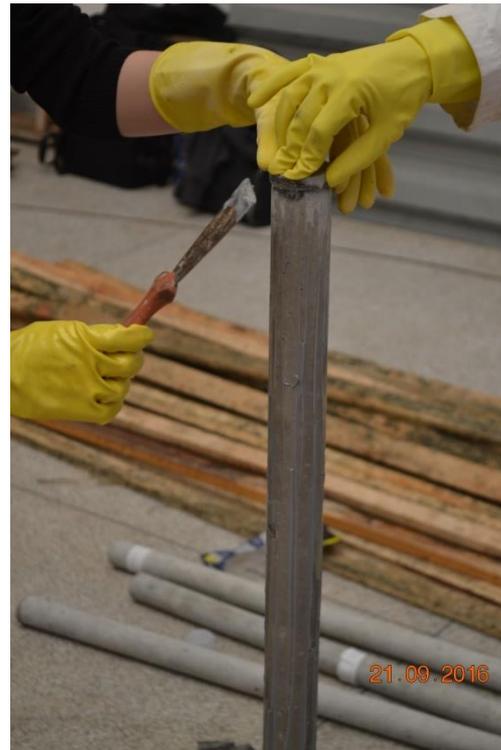


REFORÇO DE ESTRUTURAS

50

FIBRA DE CARBONO

Reforço de pilares



REFORÇO DE ESTRUTURAS

51

FIBRA DE CARBONO

Reforço de pilares



REFORÇO DE ESTRUTURAS

52

FIBRA DE CARBONO

DIMENSIONAMENTO