



Programa VIVO de Reabilitação de “Sites”

Interessado: VIVO
Att. Aldo Clementi
Gerente de Implantação



Autores:
Dr. Engº Paulo Helene
Engº Paulo Barbosa
Arqª. Fernanda Pereira

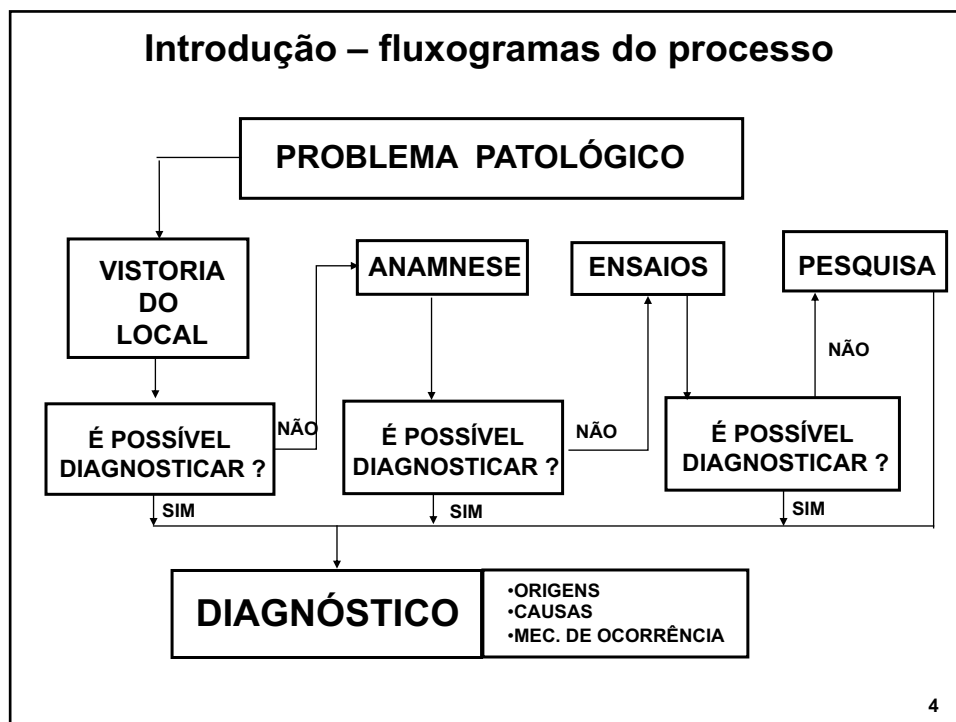
São Paulo, 28 de abril de 2004

Sumário

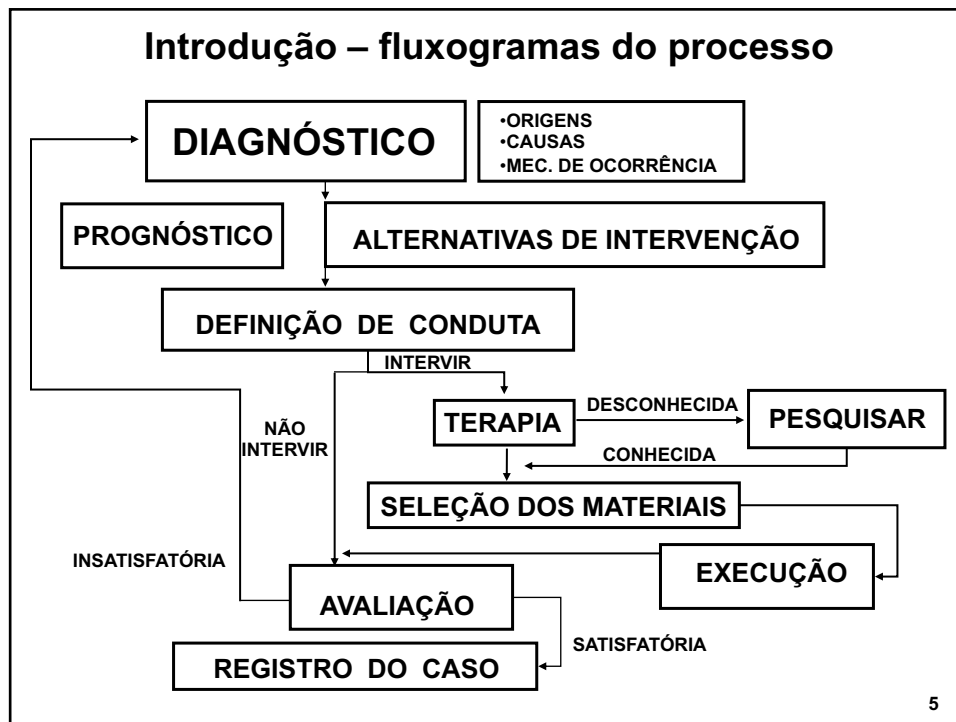
- **Introdução – fluxogramas do processo**
- **Inspeção dos postes já desmontados**
- **Procedimento de reabilitação**
- **Inspeção inicial de cada poste – tipo “as-built”**
- **Execução e acompanhamento técnico**
- **Manutenção preventiva “a posteriori”**

Introdução – fluxogramas do processo

3



4



5

**Inspeção nos postes já
desmontados**

6

Inspeção - objetivos

- **Conhecimento dos problemas patológicos**
- **Estudo das suas causas, origens e mecanismos**
- **Fornecimento de informações para os trabalhos de reparo e manutenção**
- **Análise e classificação dos aspectos comuns entre manifestações patológicas**

7

7

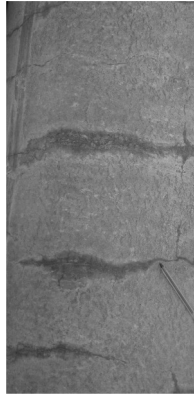
Inspeção - Normatização

- ▼ **ACI (EUA) - Guide for making a condition survey of concrete in service (1996)**
- ▼ **CEB (UE) - Diagnosis and assessment of concrete structures (1989)**
- ▼ **CEB (UE) - Strategies for testing and assessment of concrete structures (1998)**
- ▼ **CEB (UE) - Assessment of concrete structures and design procedures for upgrading (redesign). (1983)**
- ▼ **HELENE, Paulo R.L.; REPETTE, W.L. Metodologia e recursos para avaliação de estruturas de concreto (1989)**
- ▼ **ACI (EUA) - Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation. Reported by ACI Committee 364 (1993)**
- ▼ **PROGRAMA IBERO-AMERICANO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO. CYTED. Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado (1997)**

8

8

Inspeção – manifestações patológicas



9

9

Inspeção – manifestações patológicas



10

10

Inspeção – ensaios realizados

- **Localização das armaduras e medida do cobrimento**
- **Determinação da bitola das armaduras**
- **Profundidade de carbonatação**
- **Extração de testemunhos para ensaios de laboratório**
- **Dureza superficial (esclerômetro de reflexão)**
- **Resistência à compressão de testemunhos extraídos**
- **Resistência à tração por compressão diametral**
- **Módulo de elasticidade do concreto**
- **Índice de vazios, absorção de água e massa específica**
- **Prumo**

11

11

Diagnóstico

12

Diagnóstico - conclusões

- **Ninhos, corrosão e fissuras dentro das tolerâncias de norma**
- **Módulo de elasticidade (22 GPa) inferior ao valor de 41 GPa considerado no projeto original SCAC**
- **O $f_{ck, m}$ dos testemunhos extraídos dos postes (40 MPa) é um pouco inferior ao especificada no projeto original SCAC (45 MPa)**

13

13

Diagnóstico - conclusões

- **Em alguns postes, principalmente de 40 e 50 m foram encontradas áreas de aço inferiores às especificadas no projeto original SCAC**
- **Desaprumo eventual**
- **Falta de armaduras de flexão, em alguns casos**

14

14

Diagnóstico – conclusões

➤ Excesso de armadura no traspasse

Altura (m)	Projeto	Diâmetro da armadura (mm)	Diâmetro do poste (cm)	Espessura da parede (cm)	Taxa de armadura
30	MC-TELESP-98-0313-1	25	60	10	8,2%
30	MC-TELESP-99-0313-1	32	60	10	11,2%
30	MC-TELESP-99-1015-0	25	70	10	5,4%
40	MC-TELESP-98-0314-1	32	60	10	16,4%
40	MC-TELESP-99-1014-0	25	80	10	10,0%
50	MC-TELESP-99-0618-0	32	80	10	18,2%
60	MC-TELESP-99-0619-0	32	100	10	16,0%

➤ NBR-6118 (2003): $A_{s, \text{máx}} = 8,0\% A_c$

15

15

Diagnóstico – conclusões

➤ Insuficiente comprimento de traspasse (117 cm), para ϕ 32 mm

➤ NBR-6118 (2003): $l_{0t} = 127$ cm, adotando-se:

➤ ϕ 32 mm (caso crítico)

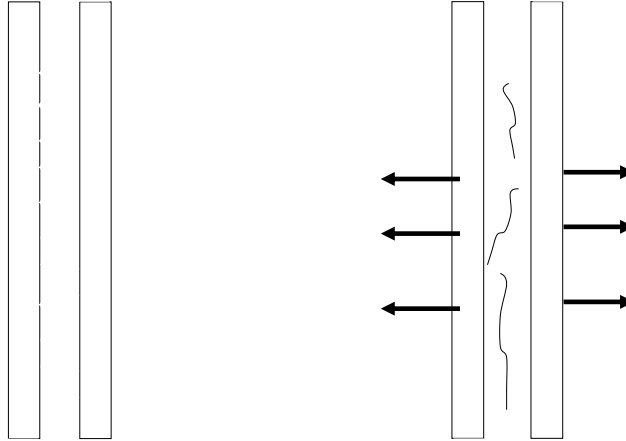
➤ $f_{tk, m} = 3,4$ MPa (Inspeção USP)

➤ Todas as barras emendadas na mesma seção

16

16

Diagnóstico – consequências



17

17

Diagnóstico – alternativas de correção

1. Solda conforme conceito inicial do poste
2. Confinamento ativo
3. Confinamento passivo
4. Redução das tensões de serviço

18

18

Diagnóstico - providências

- 1. Reparos e proteção**
- 2. Melhorar região de traspasse**
- 3. Eventual reforço à flexão**

19

19

Procedimento do reabilitação

20

Procedimento de reabilitação – sumário

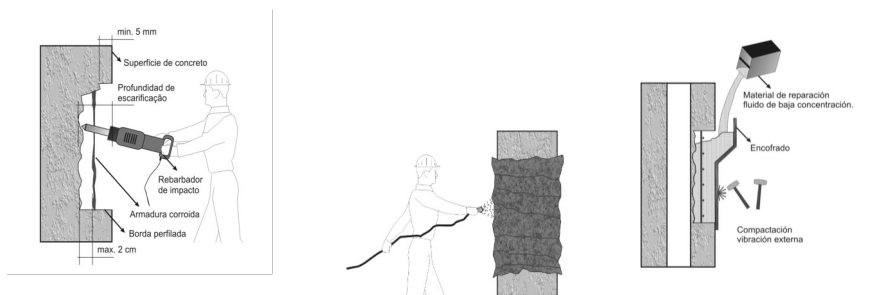
- **Reparo localizado**
- **Injeção de fissuras**
- **Preparo da superfície**
- **Imprimação das fibras**
- **Regularização das imperfeições superficiais**
- **Saturação das fibras (1ª camada)**
- **Aplicação das fibras**
- **Saturação das fibras (2ª camada)**
- **Controle de aceitação**
- **Aplicação da pintura de proteção**
- **Tratamento das flanges metálicas**

21

21

Procedimento de reabilitação – reparo localizado

- **O reparo da superfície do poste ou cálice de fundação pode ser devido à corrosão de armaduras, impacto durante transporte do poste, ninhos de concretagem**

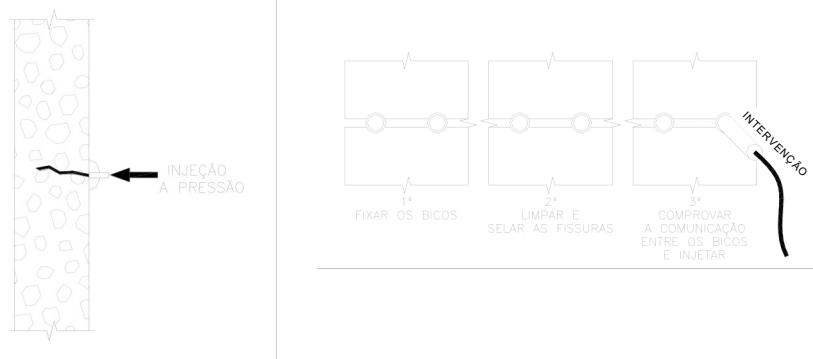


22

22

Procedimento de reabilitação – injeção de fissuras

- Para que o reforço com fibras de carbono seja eficiente, deve-se restabelecer o monolitismo da estrutura. Deverão ser recuperadas e seladas todas as fissuras com abertura maior que 0,3 mm.



23

23

Procedimento de reabilitação – preparo da superfície

- Deve-se remover toda a poeira, sujeira e óleo da superfície do concreto, sendo também necessário “abrir” a porosidade do concreto para garantir uma eficiente ancoragem da fibra de carbono

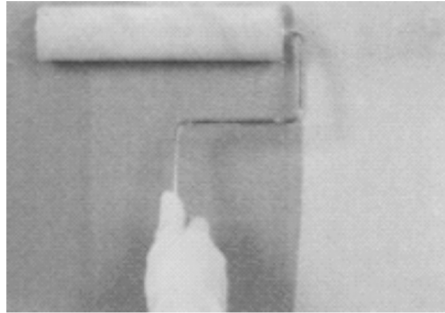


24

24

Procedimento de reabilitação – imprimação das fibras

- **Epóxi de viscosidade baixa, cujo objetivo é proporcionar uma superfície adequada para ligar as fibras e as resinas ao concreto da base**



25

25

Procedimento de reabilitação – regularização das imperfeições superficiais

- **Aplicação de pasta epoxídica (“putty”) com o intuito de preencher defeitos na superfície do concreto, de forma a maximizar a área de contato do sistema de reforço com o concreto**

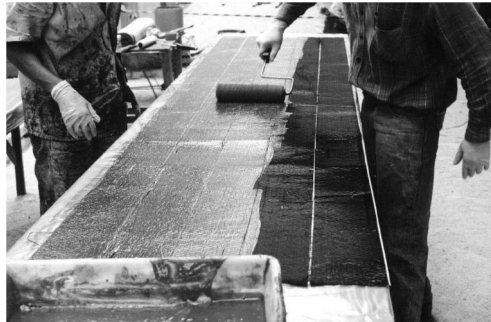


26

26

Procedimento de reabilitação – saturação

- **Impregnação da manta de fibra de carbono para aderir-la à superfície do concreto. É a resina saturante que mantém as fibras na orientação desejada, distribui o esforço entre as fibras e protege as fibras da abrasão e dos efeitos ambientais.**

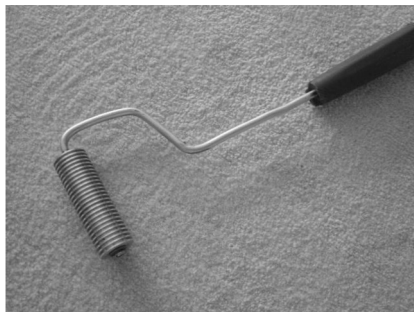


27

27

Procedimento de reabilitação – aplicação das fibras

- **Depois de aderida na superfície do concreto devem ser utilizados rolos metálicos com nervuras para remover todas as bolhas de ar.**

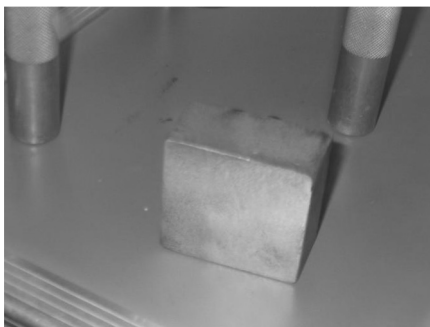


28

28

Procedimento de reabilitação – controle de aceitação

- **Ensaio de arrancamento**
 - A tensão de aderência medida através do ensaio de arrancamento de fibras que deve ser igual ou superior a 1,4 MPa



29

29

Procedimento de reabilitação – controle de aceitação

- **Extensão de aderência: Medida através da observação de regiões com falha de aderência (“delaminations”) com uso de percussão, tato e observação visual**
 - Pequenas falhas, iguais ou menores que 13cm² são consideradas normais desde que não excedam 5% da área total nem sejam mais de 10 por m²;
 - Grandes falhas, acima de 160cm² devem ser reparadas com retirada do trecho mal aderido e reaplicação da manta ou lâmina de fibra de carbono;
 - Falhas de aderência inferiores a 160cm² podem ser reparadas com injeção de resina epóxi sob a manta ou lâmina.

30

30

Procedimento de reabilitação – aplicação da pintura de proteção

- A pintura deve proteger o concreto e as fibras de carbono da ação deletéria do ambiente. Deve ser aplicado uma tinta bi-componente de base poliuretânica alifática



31

31

Procedimento de reabilitação – tratamento da flange metálica

- Após limpeza mecânica, a superfície do aço deve ser seca e limpa, aplica-se tinta base epóxi para substrato metálico, protegida por pintura base poliuretana.



32

32

Procedimento de reabilitação – reforço à flexão

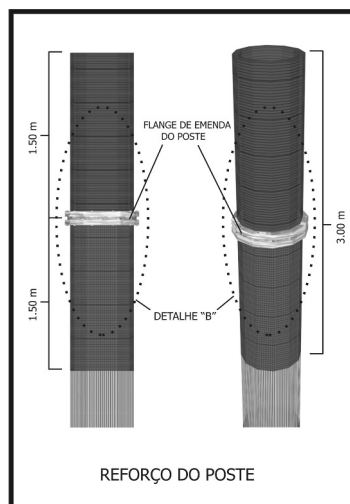
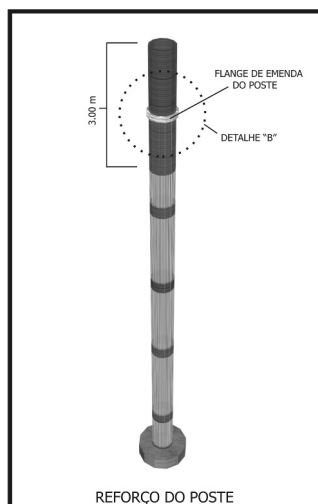
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-01 (Reforço dos postes de 30 m: MC-TELESP-98-0313-1);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-02 (Reforço dos postes de 30 m: MC-TELESP-99-1015-0);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-05 (Reforço dos postes de 40 m: MC-TELESP-98-0314-0);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-06 (Reforço dos postes de 40 m: MC-TELESP-99-1014-0);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-07 (Detalhe da armação para aumento de 40 cm do cálice para postes com ϕ de 60 cm);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-08 (Detalhe da armação para aumento de 40 cm do cálice para postes com ϕ de 70 cm);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-09 (Reforço dos postes de 60 m: MC-TELESP-99-0619-0);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RPV-09 (Flange para transferência de esforços da fibra de carbono para postes com diâmetro $d=60\text{cm}$);
- DESENHO n. PM-04-POLI-RP10 (Reforço dos postes de 50 m: MC-TELESP-99-0618-0).

33

33

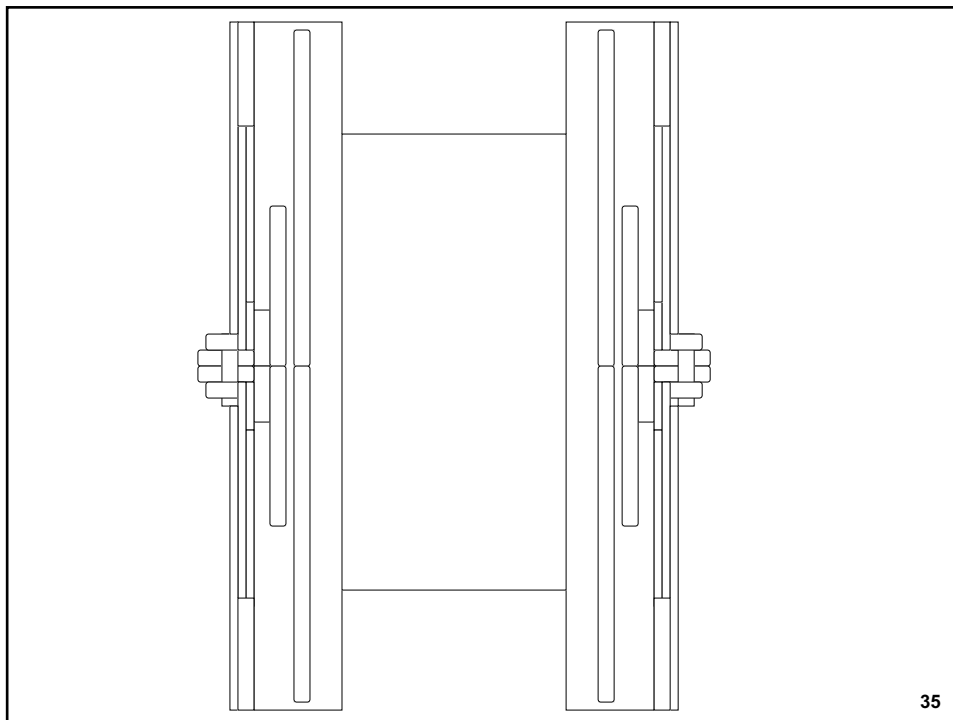
Procedimento de reabilitação – reforço da emenda entre módulos

- Enchimento com graute de elevada resistência e confinamento com fibra de carbono



34

34



35

**Inspeção inicial de cada
poste – tipo “as-built”**

36

Inspeção prévia – ensaios e determinações

- **Caracterização geométrica da estrutura;**
- **Localização das armaduras;**
- **Medida do cobrimento de concreto;**
- **Determinação da bitola das armaduras;**
- **Dureza superficial do concreto**
- **Verificação do prumo**
- **Identificação do tipo de fundação**
- **Teor de íons cloreto**
- **Profundidade de carbonatação**

37

37

Inspeção prévia – localização das armaduras e cobrimento de concreto

- **Equipamento eletromagnético denominado pacômetro que tem como norma de referência a BS 1881 Part 204**



38

38

Inspeção prévia – determinação da bitola das armaduras

- **Obtidas com a escarificação exploratória do concreto de cobertura, preferencialmente em pontos onde existam fissuras**



39

39

Inspeção prévia – dureza superficial do concreto

- **Realizada com o esclerômetro de reflexão. Normas de referência: NBR-7584, ASTM C 805, ACI 228.1R-95**



40

40

Inspeção prévia – verificação do prumo

- Foi utilizado uma estação total da Marca Wild, modelo TC 1000, com precisão de 3”



41

41

Inspeção prévia – identificação do tipo de fundação

- Escarificação do selo de concreto magro, realizada em postes que necessitam de reforço de fundação

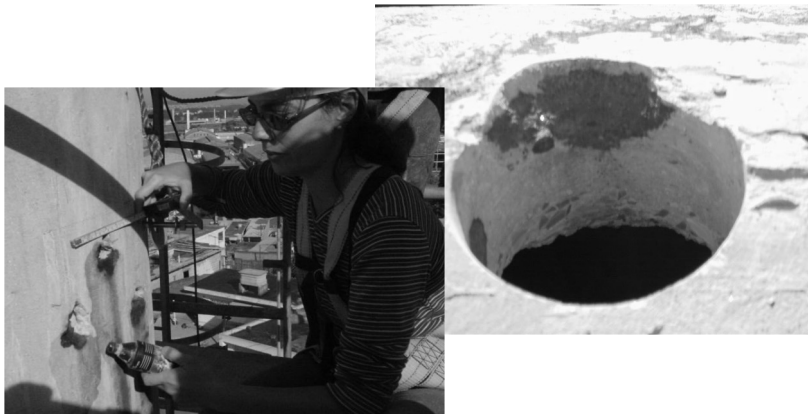


42

42

Inspeção prévia – profundidade de carbonatação

- Ensaio utilizado para aferir a qualidade do concreto da obra. Realizado segundo recomendações do CPC-18 da RILEM . Realizado com o indicador químico fenolftaleína (pH de viragem entre 8,3 e 9,3).



43

43

Inspeção prévia – teor de íons cloreto

- Será realizado somente quando a atmosfera assim o exigir, conforme a norma ASTM C 1152. Importante para determinar a metodologia de reparo da estrutura



44

44

Inspeção prévia – equipamentos de auxílio

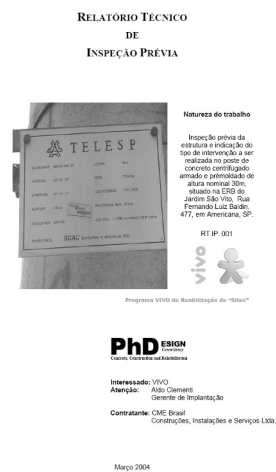


45

45

Inspeção prévia – PRODUTO FINAL

- O resultado dessa etapa será um relatório técnico de inspeção da estrutura e indicação do tipo de intervenção que o poste deverá sofrer de forma a atender os requisitos de segurança e durabilidade.



46

46

Execução e acompanhamento técnico – estudo de caso

47

Execução e acompanhamento – preparo da superfície do poste

- Realizada com lixadeira angular para concreto com disco de lixa diamantado e sistema de captação de poeira



48

48

Execução e acompanhamento – remoção do selo de concreto magro

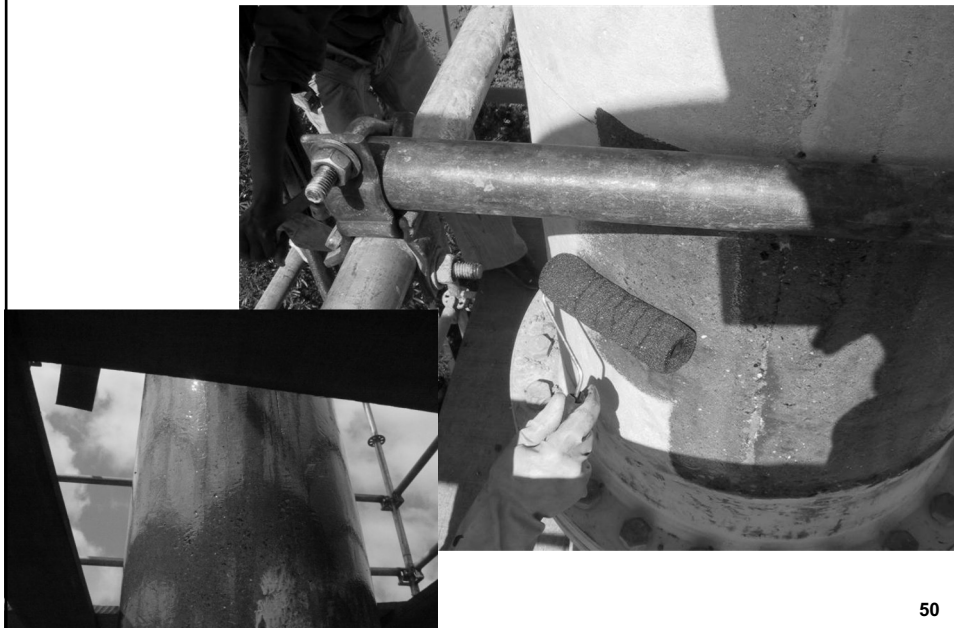
- Proporciona ancoragem adequada das fibras



49

49

Execução e acompanhamento – aplicação do primer



50

50

Execução e acompanhamento – aplicação do “putty”



51

51

Execução e acompanhamento – aplicação da 1ª camada de resina saturante



52

52

Execução e acompanhamento – aplicação da fibra



53

53

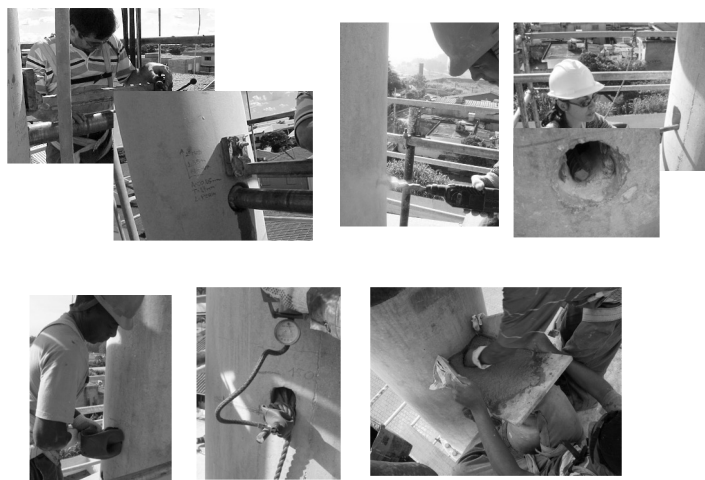
Execução e acompanhamento – aplicação da 2ª camada de resina saturante



54

54

Execução e acompanhamento – reforço na zona da flange



55

55

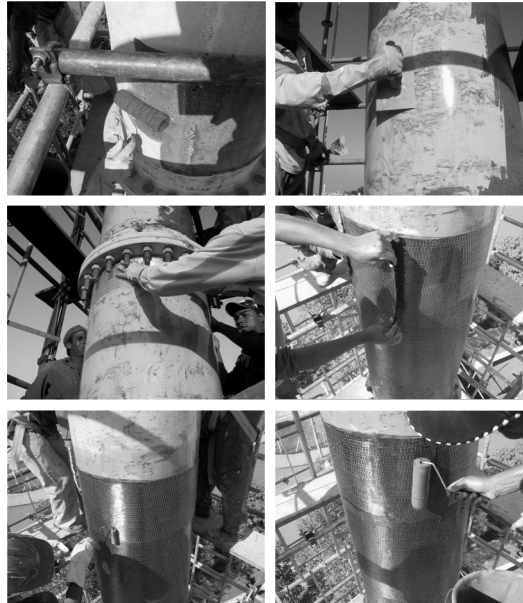
Execução e acompanhamento – reforço na zona da flange



56

56

Execução e acompanhamento – reforço na zona da flange

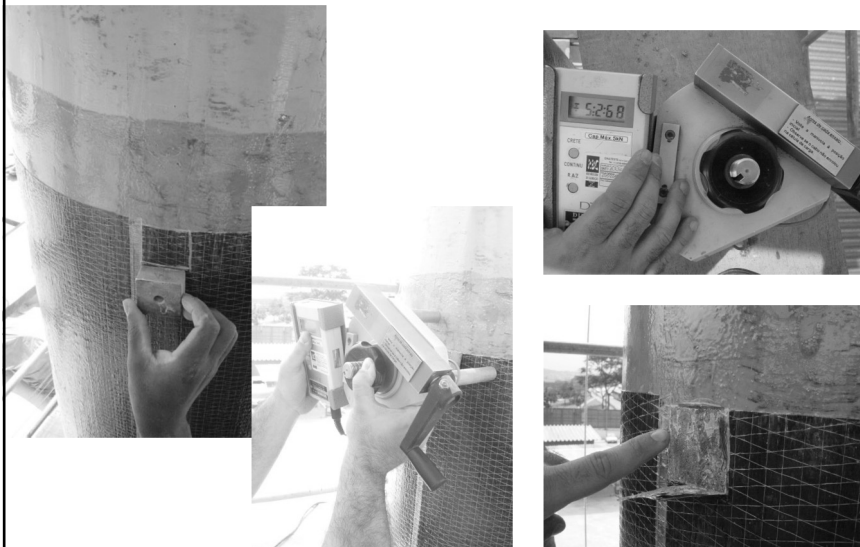


CONFINAMENTO

57

57

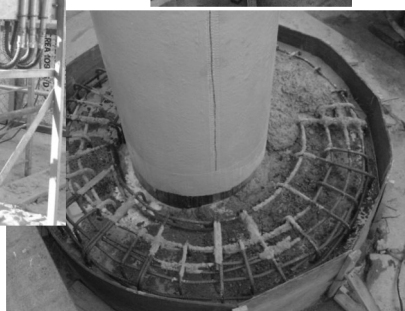
Execução e acompanhamento – ensaio de arrancamento



58

58

Execução e acompanhamento – aumento do cálice

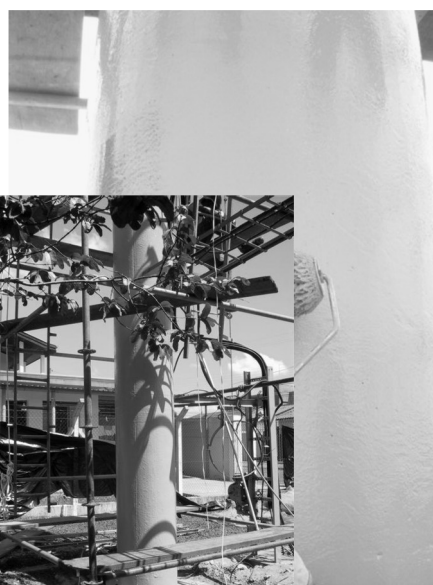


59

59

Execução e acompanhamento – pintura de proteção

- Área sem reforço: uma demão de selador epóxi e duas demãos tinta de base poliuretana alifática
- Área com reforço: duas demãos de tinta de base poliuretana alifática



60

60

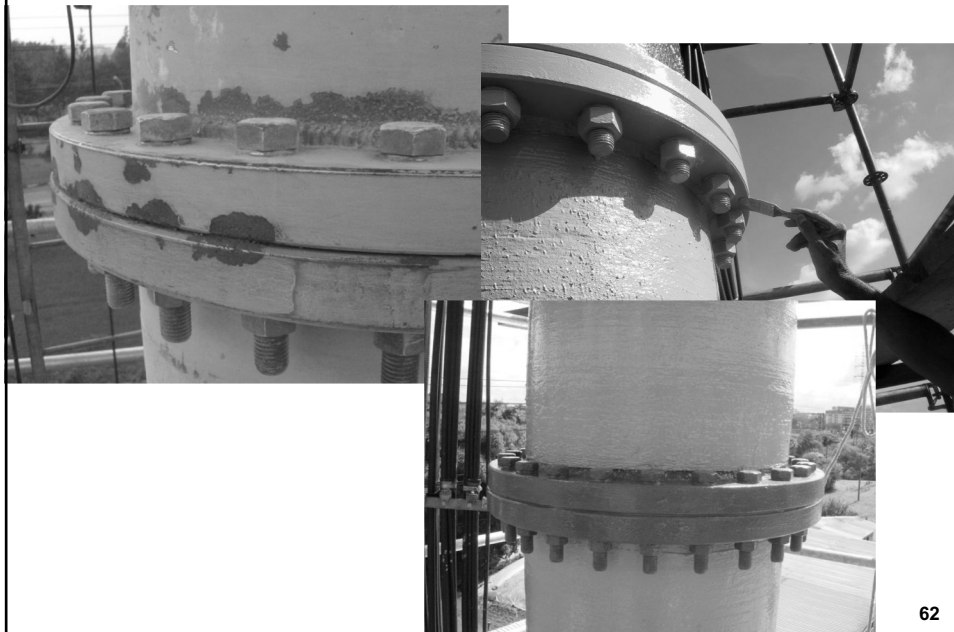
Execução e acompanhamento – abertura de sulcos



61

61

Execução e acompanhamento – tratamento da flange



62

62

Execução e acompanhamento – PRODUTO FINAL

- Ao final das atividades, será preparado e entregue um relatório detalhado tipo “as built” indicando os procedimentos, materiais e sistemas efetivamente utilizados no poste reabilitado, contendo, também, prancha de desenho formato A1 em escala adequada.



63

63

**Manutenção preventiva
“a posteriori”**

64

Manutenção preventiva “à posteriori”

- Segundo as recomendações da norma “ACI 440.2R-2002 Chapter 7” é indispensável que seja estabelecido um programa de manutenção preventiva “a posteriori” para observação e acompanhamento do desempenho em serviço dessa solução, contendo, principalmente:
 - Inspeção periódica a cada 2 anos
 - Renovação da pintura de proteção superficial a cada 4 anos

65

65

Manutenção preventiva “à posteriori”

- A inspeção deve ser conduzida da seguinte forma:
 - Observação visual geral visando encontrar qualquer mudança na cor, perda de aderência, destacamento, desfolhamento, descascamento, fissuração, bolhas, indícios de corrosão de armaduras ou outras manifestações deletérias;
 - Busca de evidências de delaminação, ou perda de aderência entre camadas e entre substrato e primeira camada de fibra, através de percussão;
 - Comprovação da aderência através de ensaios de arrancamento ASTM D 4541;
 - Realizar o julgamento com base nos critérios de aceitação da norma ACI 440-2R-2002.

66

66

Manutenção preventiva “à posteriori”

- **Procedimentos de reparo do sistema de fibras de carbono, quando necessários:**
 - **Pequenas deficiências podem ser reparadas com injeção de epóxi e aplicação de trechos de mantas ou lâminas sobre as regiões danificadas;**
 - **Grandes deficiências requerem a remoção da área afetada, preparação do substrato de concreto e reaplicação do sistema de fibras de carbono originalmente utilizado.**

67