

EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO NA CST

Cinara Piazzarolo Lana ⁽¹⁾
 Geraldo Magela Giacomini Pereira ⁽²⁾
 Paulo Afonso da Silva Costa ⁽²⁾
 Ramon Melo Gonçalves ⁽¹⁾

Resumo

Esse trabalho tem como objetivo mostrar a evolução do processo de manutenção em estruturas de concreto na Companhia Siderúrgica de Tubarão, tomando como base os métodos tradicionais, pesquisas de novas tecnologias, técnicas desenvolvidas internamente e suas aplicações nas unidades da usina. Com o aparecimento das primeiras manifestações patológicas no concreto e o aumento da demanda de manutenção civil corretiva, surgiu a necessidade de pesquisar e desenvolver soluções de manutenção. Após a aplicação de novas técnicas em algumas obras, partiu-se para a implantação de um plano de manutenção das estruturas de concreto da usina, visando conhecer e prolongar a vida útil, aumentar a segurança das unidades e reduzir custos de manutenção. Esse plano é um grande passo para a constante evolução da manutenção civil, na busca de novas tecnologias e perenização da empresa.

Palavras-chave: recuperação de concreto, tecnologia, plano de manutenção

Maintenance Process Evolution in Concrete Structures Incst

Abstract

This work shows the process evolution in concrete structures maintenance in Companhia Siderúrgica de Tubarão, considering the traditional methods, new technologies researches and technical procedures developed by CST, as well its implementation inside the Plant. The understanding of biological pathologies inside structural concrete and the increase in the field of corrective civil maintenance procedures gave rise to a research and development need for maintenance solutions. After the execution of some works at CST using new technologies, the next step was the implementation of a maintenance plan for CST's concrete structures, enlargement of the structure's work life, safety increasing of the units and maintenance cost reduction. Such plan consists in a great step toward a constant evolution in the civil maintenance field, searching for new technologies, envisaging a long operational existence for the company.

INTRODUÇÃO

O ambiente de uma empresa siderúrgica tem agentes agressivos físicos e químicos, que atacam as estruturas de concreto armado, deteriorando-as e podendo comprometer o processo produtivo.

Quadro I. Relação de obras de recuperação de concreto realizadas na Usina¹

| Descrição do Serviço | Período de Execução |
|---|---------------------|
| Recuperação das chaminés nº 1 e nº 2 da coqueria | 1990 |
| Recuperação do muro do pátio de escória | 1994 |
| Recuperação das torres de carvão nº 1 e 2 da Coqueria | 1996 |
| Recuperação das estruturas dos refeitórios e vestiários | 1996 |
| Recuperação da estrutura do reservatório de água industrial | 1998 |

¹Arquivo da Companhia Siderúrgica de Tubarão

Começou-se a identificar as primeiras manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado em 1990, nove anos após o *start up* da Usina. Desde então, começaram a ser realizadas algumas obras de recuperação, tais como mostradas no Quadro I.

Em função dessas intervenções corretivas, identificou-se a necessidade de buscar consultoria junto a profissionais e empresas especializadas, o desenvolvimento de soluções de manutenção em estruturas de concreto, assim como novas formas de contratação.

¹Técnico em Manutenção e Construção Civil – Ipom / CST

²Engenheiro Especialista em Manutenção e Construção Civil – Ipom / CST

AGENTES AGRESSIVOS AO CONCRETO

A determinação da vida útil de uma estrutura de concreto armado é influenciada na maioria dos casos pela corrosão das armaduras, afetada pelos fatores: dosagem de concreto, métodos de cura, compacidade e homogeneidade, cobrimento das armaduras e agressividade do meio ambiente.

Segundo Lima (2000), os principais agentes agressivos ao concreto armado identificados em indústrias siderúrgicas são: dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO₂), ácido sulfídrico (H₂S), águas agressivas com elevado teor de íons sulfatos (SO₄²⁻) e cloretos, e temperatura maior que 45° e em movimento, águas puras com teor de sólidos dissolvidos menor que 50 mg/l, águas contendo teor de sólidos dissolvidos menor que 50 mg/l, águas com elevado teor de cloretos diferente do ambiente marinho, vapores, material particulado, altas temperaturas (até 1500 °C) e impactos.

METODOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO DE CONCRETO

Em 1999, com a recuperação da estrutura externa do prédio central administrativo da Companhia Siderúrgica de Tubarão, começou o desenvolvimento de algumas técnicas diferenciadas para atender à necessidade específica dessa obra.

Para recuperação do concreto deteriorado foi utilizado um microconcreto constituído de cimento, areia, pedrisco, água e adesivos plastificantes, substituindo o tradicional graute. Esse microconcreto manteve a resistência mecânica especificada em projeto, com menor custo.

Para a proteção da estrutura foi desenvolvida uma argamassa para estuque constituída de cimento, areia, solução de água e adesivo acrílico. Essa argamassa foi utilizada em substituição às argamassas poliméricas industrializadas. Essa nova



Fotografia I. Vista geral da área da coqueria. Em destaque as Chaminés nº 1 e 2 da coqueria.

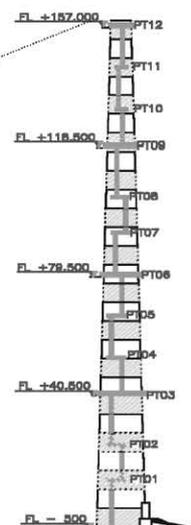


Figura I. Elevação com os níveis e patamares existentes da chaminé nº 1 da coqueria.

argamassa garantiu a resistência desejada, com tonalidade bem próxima de concreto aparente, o que não acontecia com a argamassa industrializada. A Tabela I mostra o comparativo do ganho real entre o estuque desenvolvido internamente e o industrializado em algumas obras de recuperação de concreto na usina.

Outra tecnologia adotada nessa obra foi à utilização de plataforma móvel de acesso em substituição aos tradicionais andaimes, que proporcionou redução do tempo de execução e custo, maior segurança e satisfação dos clientes.

A recuperação da chaminé nº 2 da coqueria de 160,00 m, realizada em 2002, é um exemplo de obra onde foi aplicado o estucamento desenvolvido e utilizada a montagem da maior plataforma móvel de acesso da América Latina.

Nos ensaios para determinação da resistência à tração por aderência (arrancamento) da argamassa de estuque, obteve-se resultados satisfatórios acima de 0,30 Mpa, conforme NBR 13749.

PLANO DE MANUTENÇÃO

A partir de 2001, foi observado que o custo das recuperações de concreto já apresentavam cerca de 70% do orçamento anual da manutenção civil.

Dessa forma, o setor de manutenção civil identificou a necessidade de implantar um plano de manutenção para obtenção

Tabela I. Comparativo do ganho real entre estuque desenvolvido internamente e o industrializado¹

| Obra | Área Total (m ²) | Ano da Execução | Valor com material industrializado | Valor com material desenvolvido | Ganho real sobre o custo total da obra |
|---|------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|--|
| Prédio administrativo central | 8.000 | 1998 | R\$ 210.400,00 | R\$ 62.240,00 | 36,7 % |
| Granulador de escória do alto forno | 2.972 | 2002 | R\$ 77.059,00 | R\$ 22.794,00 | 5,1 % |
| Torres de resfriamento do craaf | 3.700 | 2002 | R\$ 97.310,00 | R\$ 28.786,00 | 16,9 % |
| Silos do retorno de finos da sinterização | 1.695 | 2003 | R\$ 51.679,00 | R\$ 13.187,00 | 5,1 % |
| Chaminé nº 2 da coqueria | 4.800 | 2002 | R\$ 126.240,00 | R\$ 37.344,00 | 9,6 % |

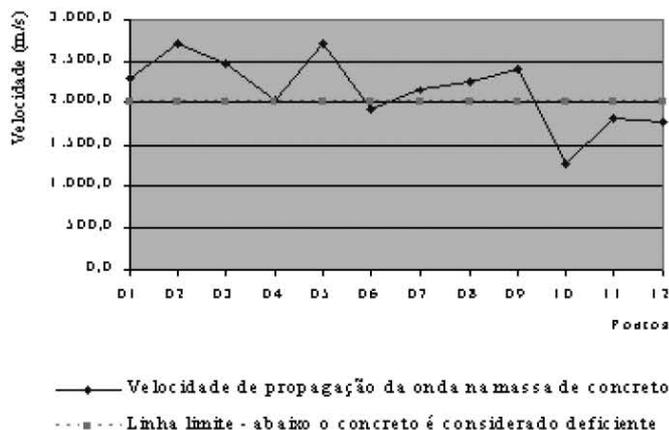
¹Arquivo da Companhia Siderúrgica de Tubarão

| Nível | Ponto | Cobrimento (cm) | Carbonatação máxima (cm) |
|------------|-------|-----------------|--------------------------|
| FL-500 | 01 | 5,59 | 1,61 |
| | 02 | 5,42 | 2,21 |
| | 03 | 6,50 | 1,50 |
| FL+40.500 | 04 | 5,80 | 2,50 |
| | 05 | 3,40 | 2,00 |
| | 06 | 7,10 | 1,50 |
| FL+79.500 | 07 | 2,97 | 2,20 |
| | 08 | 5,79 | 1,31 |
| | 09 | 3,87 | 1,19 |
| FL+118.500 | 10 | 3,13 | 1,61 |



Figura 2. Gráfico da determinação do potencial alcalino de concreto

Fotografia 2. Ensaio para determinação do potencial alcalino.



Resultados obtidos

| Nível | Ponto | Velocidade média de propagação da onda (m/s) |
|------------|-------|--|
| FL-500 | 01 | 2.300,0 |
| | 02 | 2.700,0 |
| | 03 | 2.476,5 |
| | 04 | 2.027,0 |
| FL+40.500 | 05 | 2.700,0 |
| | 06 | 1.922,5 |
| | 07 | 2.139,5 |
| FL+79.500 | 08 | 2.250,0 |
| | 09 | 2.400,0 |
| | 10 | 1.250,0 |
| FL+118.500 | 11 | 1.800,0 |
| | 12 | 1.757,0 |

Figura 3. Gráfico do ensaio de ultrassonografia

da real situação das estruturas por meio de diagnósticos e ensaios, permitindo a projeção das intervenções corretivas e preventivas a serem realizadas nos anos seguintes.

O plano de manutenção tem por finalidade estabelecer cronologia orientativa para novas intervenções, tendo em vista que os materiais utilizados na recuperação tem vida útil finita. Além disso, fixa prazos para realização de inspeções visuais e ensaios, para acompanhamento da durabilidade da estrutura. O plano permite detectar problemas em suas fases iniciais, evitando-se assim, a evolução de novos processos patológicos.

O plano teve seu início em 2002, a partir da contratação de uma empresa de consultoria especializada em patologias de concreto armado, contemplando inicialmente 54 unidades, distribuídas em três etapas, tendo sido concluída a primeira etapa em dezembro de 2002.

Uma das fases do plano de manutenção é a determinação do estado de deterioração das estruturas a partir da inspeção visual e

testes à percussão, resultando no mapeamento de anomalias e identificando os locais onde serão necessários os ensaios.

Com base nas inspeções realizadas, conhecendo-se os processos de operação da unidade, avaliando-se os agentes agressivos presentes no ambiente e que estão em contato com a estrutura, obtém-se um diagnóstico no qual consta a real situação da estrutura, a(s) causa(s) das anomalias, a vida útil dos elementos em concreto armado e dos demais componentes, bem como a definição do grau de criticidade.

Através do diagnóstico têm-se os parâmetros necessários para especificar as metodologias a serem aplicadas, elaborar orçamento, estudo de viabilidade e prazos para execução das obras de recuperação.

Na chaminé nº1 da coqueria mostrada na Figura 1, foram realizados ensaios não-destrutivos, tais como: medição da frente de carbonatação, ultra-sonografia, determinação do potencial de corrosão das armaduras, verificação da perda de seção das armaduras que já apresentavam desgaste por corrosão, determinação do cobrimento das armaduras através de indução magnética. Quanto aos ensaios destrutivos, foram extraídos corpos-de-prova, sendo submetidos aos ensaios para determinação da resistência à compressão axial e determinação do índice de vazios, pelo ensaio de absorção por imersão e fervura.

Abaixo detalhes de alguns dos ensaios realizados na chaminé nº 1 da coqueria²:

Determinação do potencial alcalino: ensaio colorimétrico onde é usado um indicador de pH a base de fenolftaleína aplicado por pulverização imediatamente após o corte do concreto. O objetivo do ensaio é determinar a contaminação do concreto por carbonatação, a qual reduz o pH do mesmo para valores inferiores a 10, predispondo as barras de aço embutidas à corrosão eletroquímica.

Ultra-sonografia: ensaio que avalia a homogeneidade/compacidade do concreto através de um circuito gerador-receptor que produz pulsos elétricos de baixa frequência ultra-sônica, transformados em ondas de choque. Seu princípio consiste em medir o tempo que essas ondas levam para atravessar a massa de concreto.

Determinação do cobrimento das armaduras: utilizando-se pacômetro, método não

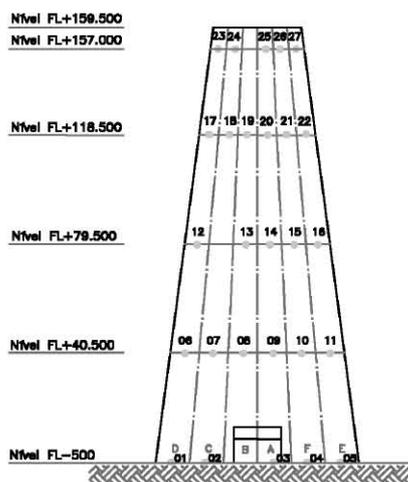
²Relatório da Concremat

destrutivo que opera por indução magnética, são determinadas as espessuras de cobrimento, o que são fundamentais para avaliação da durabilidade das estruturas.

Foi verificada grande variação das espessuras de cobrimento, porém somente em alguns locais foi constatado que o cobrimento de projeto não foi atendido.

Concluído o laudo da estrutura, obtiveram-se parâmetros para especificar as metodologias de recuperação para a chaminé, por exemplo:

- Limpeza prévia de toda a estrutura, com a utilização de jato abrasivo com escória de cobre e posterior hidrojetamento com pressão superior a 1.700 lb/pol²;
- Aplicação de tratamento específico para reabilitação de danos existentes na estrutura de concreto, com mapeamento dos reparos profundos com graute e reparos rasos com argamassa seca;
- Estucamento de toda a superfície com argamassa para estuque e
- Pintura protetora com uma demão de verniz à base epóxi e duas demãos de tinta à base de poliuretano.



Fotografia 3. Registro da espessura de cobrimento das armaduras embutidas, por indução magnética. Ponto 02.

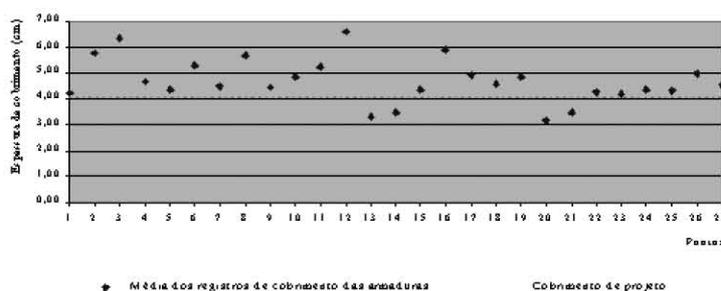


Figura 4. Gráfico de Determinação de cobrimento das armaduras

CONCLUSÃO

A implantação do plano de manutenção das estruturas de concreto já mostra como resultados:

- Melhores especificações;
- Mapeamento e identificação de itens críticos;
- Agilização do processo de contratação;
- Melhor gerenciamento da manutenção;
- Redução de custos e tempo de execução;
- Planejamento da manutenção preventiva e corretiva;
- Plano de inspeção periódica e
- Prolongamento da vida útil das unidades operacionais.

Nesse trabalho, mostrou-se a evolução do processo de manutenção em estruturas de concreto e a importância pela busca constante de soluções através do desenvolvimento e pesquisa de novas tecnologias, culminando assim na concretização de um plano sistemático e programado.

Além de inédito na siderurgia nacional, permitirá a perenização da empresa.

BIBLIOGRAFIA

- 1 COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO. **Relatórios de obras de recuperação em estruturas de concreto**. Serra: Arquivo Manutenção Civil, 2003.
- 2 CONCREMAT ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A. Relatório RTS 9.5.8127.007/02 sobre vistoria, inspeção, diagnóstico, laudo técnico. In: **Plano de manutenção das estruturas de concreto armado**. Serra: 2002.
- 3 LIMA, E.O. **Durabilidade do concreto armado em indústrias siderúrgicas: contribuição à identificação e mapeamento dos agentes agressivos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2000.