

PATOLOGIA EM CONSTRUÇÕES MISTAS CONCRETO E AÇO

(ESTUDO DE CASO).

SILVA NETO, PEDRO R.

*Mst. de Eng. Civil - Unicamp
Tecnólogo da Construção Civil
CREA/SP Nº 50622775/D
End. Rua Antonio Rodrigues Moreira Neto, 210 BL b AP1
CEP 13060-063 Campinas SP
Tel: 19-3229 -6112 / cel: 19-96263798
Email: fulltimebr@gmail.com*

FERREIRA, CLÁUDIO VIDRIH

*Engenheiro Civil e Físico, Mestre e Doutor em Engenharia
Professor Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia da Unesp/Bauru/SP.
CREA/SP Nº 060 091381 1 IBAPE/SP. sócio Nº
Rua Capitão João Antonio, 12-06 - 17013-470 - Bauru SP
fone (0xx14) 234 3194 e-mail: vidrih@feb.unesp.br*

RESUMO.

A transformação natural inerente aos metais (corrosão) é provocada pela existência de áreas com diferença de potenciais na superfície metálica, sais solúveis, projeto e execução que não atendem as normas, proteção anticorrosiva e manutenção preventiva ineficaz. O trabalho tem por objetivo detectar as patologias de construções de estruturas em aço em duas áreas industriais (estudo de caso) e os fatores que a causaram bem como a revisão bibliográfica e análises do projeto construtivo nos dois casos apresentados bem como a descrição dos procedimentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Como parte desta proposta inclui-se o levantamento de campo com registro fotográfico das patologias e descrever soluções (procedimentos) com base nas informações bibliográficas obtidas permitindo produzir dados ou tabela que possa ser utilizado posteriormente em atividades de controle construtivo ou comparação de procedimentos no surgimento de outras patologias não abordadas nesse trabalho.

Palavras-chave : Patologias – Estruturas em aço – Recuperação de estruturas em aço

ABSTRACT.

Inherent the natural transformation to metals (corrosion) is provoked by the existence of areas with difference of potentials in the metallic surface, leaves soluble project and execution that do not take care of to the norms anticorrosive protection and inefficacious preventive maintenance. The work has for objective to detect the pathology of constructions of structures in steel in two industrial areas (case study) and the factors that had caused it as well as the bibliographical revision and analyzes of the constructive project in the two cases presented as well as the description of the procedures used for the development of the work. As it has left of this proposal includes the survey of field with photographic register of the pathology and to describe solutions on the basis of (procedures) the bibliographical information gotten allowing to produce given or table that can later be used in activities of constructive control or comparison of procedures in the sprouting of other not boarded pathology in this work.

Keywords: Pathology - Structures in steel - Recovery of structures in steel

1. INTRODUÇÃO

A estrutura metálica, embora seja mais antiga que o concreto, voltou a ser empregada em maior escala, pela construção civil brasileira, apenas em meados dos anos 80. Destarte, os investimentos em estruturas metálicas nos últimos anos revelam um crescimento de mais de 50% na participação do aço na construção civil entre 1999 e 2004, conforme dados do Centro Brasileiro de Construção em Aço.

Entretanto, sua utilização continua a ser problemática por vários fatores, dentre eles destacam-se a produção nacional em escala insuficiente e custos não competitivos para panos, lajes, paredes internas, vedações e juntas.

Neste trabalho apresenta-se o estudo de dois casos de construções industriais, edificadas em estruturas de aço, elencando-se o registro das anomalias encontradas e o levantamento das possíveis causas. Com base nos dados de campo, são abordadas as patologias constatadas, provenientes de corrosão, ataque por sais solúveis, falhas de projeto, execução e manutenção incorreta.

2. CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS ANALISADAS

Neste item, apresentam-se informações referentes às estruturas das duas construções, neste trabalho denominadas de Indústria I e Indústria II, incluindo-se dados do projeto e documentação fotográfica. Os processos fabris, e outras informações específicas, foram omitidos.

2.1 Indústria I

Na Indústria I, empresa que atua no ramo de eletrodomésticos, foram escolhidas e analisadas as áreas com maior número de manifestações patológicas e que necessitavam de avaliação pericial com um diagnóstico que pudesse ser executado dentro do programa de manutenção preventiva da empresa. Estas áreas foram denominadas de ETE, Moagem e Esmaltação.

A área da ETE apresenta estrutura edificante mista, com concreto e estrutura metálica, com predominância da estrutura em aço-carbono que envolve o fechamento lateral e a maior parte da estação de tratamento. As fotos 01 e 02 mostram vistas da área interna da ETE, nas quais se observa o largo emprego da estrutura de aço.



Foto 01. Vista da parte da frente da ETE.



Foto 02. Vista dos fundos da ETE

A área de moagem foi edificada com uma estrutura mista, sendo as colunas de sustentação, fechamento lateral, cobertura e estrutura das instalações internas em aço carbono. As fotos 03 e 04 retratam vistas da cobertura interna desse setor.



Foto 03. Vista da cobertura da moagem.



Foto 04. Vista do cobertura da moagem.

A área de esmaltação, na linha de transportadores, também, foi edificada, predominantemente, em estrutura metálica de aço-carbono. As fotos 05 e 06 realçam vistas da estrutura de apoio dos transportadores construída no setor de esmaltação.



Foto 05. Vista da estrutura da esmaltação.



Foto 06. Vista da estrutura da esmaltação.

2.2 Indústria II

A Indústria II trata-se de uma empresa que atua no ramo de fornecimento de matéria prima para indústrias farmacêuticas e de cosméticos. A área que apresentou maior incidência de manifestações patológicas, denominada de Planta de Lanolina, foi objeto de estudo, tendo-se efetuado o diagnóstico e executado um programa de manutenção.

A referida área apresenta estrutura edificante toda em aço galvanizado por imersão a quente, com utilização de concreto nas fundações, blocos, bases para tanques e piso nível zero. O fechamento lateral e cobertura da área foram executados com estrutura metálica, com o emprego de telha metálica, tipo trapézio. As fotos 07, 08 a 09 realçam vistas da edificação da Indústria II.



Foto 07. Vista da fachada esquerda da Indústria II.



Foto 08. Vista fachada direita da Indústria II.



Foto 09. Vista da estrutura metálica da Indústria II.

3. PESQUISA REALIZADA

Os trabalhos foram conduzidos no sentido de se efetuar levantamento de eventuais manifestações patológicas provenientes de corrosão, ataque por sais solúveis, falhas de projeto, execução e manutenção incorreta, bem como suas possíveis causas. Os dados obtidos permitiram a elaboração de tabelas das patologias encontradas, cujas análises dirigiram a forma de intervenção visando à adequada recuperação estrutural.

Considerando os objetivos do trabalho e a necessidade de levantamento no campo, a constatação in loco das patologias existentes nas Indústria I e na Indústria II, foi norteada pelas atividades listadas abaixo:

- delimitação do local e estrutura nas indústrias a serem analisadas;
- verificação do sistema de manutenção utilizado;
- levantamento de dados da estrutura edificante, bem como da técnica utilizada;
- documentação fotográfica das patologias mais frequentes;
- levantamento dos tipos de corrosão mais encontrados e aspecto da película;
- determinação das prováveis causas das manifestações patológicas;
- escolha das técnicas de manutenção/restauração;
- análise final das informações levantadas;

- indicação de técnicas de recuperação e recomendações para prevenção.

4. PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE AÇO

Dentre as diversas patologias que podem afetar uma estrutura de aço, a mais comum é a corrosão, que se manifesta nos detalhes construtivos e, principalmente, nas ligações de solda. A corrosão pode ser evitada com um esquema de pintura adequada, executada para evitar que as demais fases da obra possam danificá-la.

Nestas estruturas, os detalhes devem ser minudentemente estudados para evitar problemas de acesso, acúmulo de sujeira e umidade.

Esquemas de pintura englobam o preparo da superfície; a aplicação de uma tinta de fundo para aderência das demais camadas; uma camada intermediária responsável pelo desempenho do sistema e, se for o caso, uma tinta de acabamento utilizada para proteção e/ou identificação dos esquemas de pintura.

A maioria das patologias em pinturas pode ser relacionada a deficiências no preparo de superfície. O estado da superfície determina o método de preparo, que pode ser manual, mecânico ou por jateamento.

Escovamento e lixamento podem ser executados manualmente, com escovas rotativas ou agulhadeiras. O processo remove o produto de corrosão e é muito empregado em áreas menores e de difícil acesso, sendo contra-indicado para preparo de peças novas, por não formar a rugosidade necessária para adesão da tinta de fundo.

Tal rugosidade é obtida com jateamento abrasivo. O uso de areia nesse procedimento foi proibido pelo potencial de provocar silicose, doença bronso-respiratória. Outros abrasivos, como a granalha de aço, esferas de vidro e hidróxido de alumínio são muito caros para aplicação em campo, onde se perde material. “A alternativa mais viável para o jateamento parece ser a chamada escória de cobre, rejeito do processo de fundição do cobre”.

5. DIAGNÓSTICO E DEFINIÇÃO DE POSSÍVEIS CAUSAS

As análises efetuadas indicaram que o sistema de manutenção preventiva, atualmente utilizado, corresponde basicamente em limpeza por lixamento e escovação manual com posterior aplicação de tinta alquídica de acabamento na estrutura, na cor definida no caderno de especificações da empresa.

Nas áreas da ETE e proteção dos equipamentos da área de moagem são utilizados tintas epoxídicas, mas somente como acabamento protetivo sendo necessária também uma intervenção mais severa desde a especificação correta da preparação da superfície, aplicação do fundo e do acabamento que pode ser epóxi ou poliuretano, conforme o ambiente agressivo do local.

Outro agravante, observado nas vistorias das estruturas, diz respeito as falhas de projeto e/ou de execução com pintura sobre carepa de laminação, áreas de solda não preparadas devidamente, ou áreas de difícil acesso, para manutenção preventiva.

O processo corrosivo na estrutura de sustentação dos tanques, nas soldas e na estrutura de suporte do fechamento lateral se encontra em severa condição de corrosão e necessitando de intervenção correta.

Apenas o lixamento e aplicação de material não solucionam as manifestações patológicas existentes, promovendo, assim, o agravando do problema e gerando custos que num curto espaço de tempo se tornam maiores, quando comparado com o custo único de uma intervenção correta.

Os produtos químicos, que vem sendo utilizados no sistema de tratamento das indústrias, se tornam bastantes nocivos às estruturas metálicas, necessitando da aplicação de um acabamento de proteção que resista por maior tempo a esse ambiente agressivo, permitindo, futuramente, apenas manutenções preventivas em tempos mais longos dos que os executados atualmente.

A manutenção preventiva em estruturas galvanizadas, empregadas na Indústria II, geralmente não se executa, a não ser que ocorra a oxidação do aço carbono (oxidação vermelha). Normalmente, o

que se verifica, com grande frequência, é o surgimento de oxidação branca, proveniente da corrosão natural dos materiais.

Segundo as normas, esse tipo de corrosão não é critério de reprovação, pois se a peça possuir camada de zinco, não haverá problemas. No processo de galvanização existe um processo de passivação, que tem a função de evitar a corrosão branca por um determinado período de tempo. A deterioração da galvanização, seja por retrabalhos na peça, soldas e remoção da camada de zinco e outros, causam a corrosão no aço carbono.

A galvanização em áreas de ambiente agressivo somente é plena com a aplicação de um acabamento sobre a peça ou na utilização de aço resistente a corrosão, da família COS AR COR, que garantirá a proteção da galvanização ou, na falta desta, terá maior vida útil. O acompanhamento da estrutura no aparecimento de patologias, a correta especificação de preparo de superfície e recuperação contribuirão para a garantia da qualidade da galvanização da peça ao longo do tempo.

As falhas de projeto, execução ou de fabricação (como manchas e escamação nas peças constatadas) relacionadas com o processo de zincagem, devido ao pré-tratamento ineficiente, ou limpeza da peça no processo de decapagem ou na fluxagem (Cloreto Duplo), poderá influir na vida útil da peça se a camada de zinco não atingir a espessura correta, conforme especificação da NBR 6323.

A seguir, ilustrado com ampla documentação fotográfica, apresenta-se uma análise parcial resumida das patologias constatadas, destacando-se o material empregado, o tipo de corrosão, o aspecto das películas e as prováveis causas desse processo patológico instalado.

5.1 Indústria I

Área da ETE



Material: Estrutura de aço carbono revestido com tinta epóxi.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de solda, com descascamento da película de tinta e produto da corrosão já perfurando os perfis de sustentação dos tanques de tratamento, foto 10.

Foto 10. Vista de patologias em áreas de solda na ETE.

Causas Prováveis: Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando a permanência de respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.



Foto 11. Patologias na estrutura - ETE

Foto 12. Patologias – estrutura do tanque.

Material: Estrutura de sustentação dos tanques e piso superior em aço carbono revestido com tinta epóxi.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha com descascamento de pintura.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de solda de ligação dos perfis, Fotos 11 e 12.

Causas Prováveis: Estrutura em contato constante com área úmida. Utilização de película protetora ineficiente. Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando a permanência de respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.

Material: base de coluna em aço carbono revestido com tinta epóxi.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de solda, Foto 13.

Causas Prováveis: Estrutura em contato constante umidade. Utilização de película protetora ineficiente. Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando a permanência de respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.



Foto 13. Patologias em áreas de solda na base de coluna.



Foto 14. Vista de patologias na estrutura sustentação do piso superior na ETE.

Material: Estrutura de sustentação do piso superior em aço revestido com tinta epóxi.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de solda, por ataque de produtos químicos em área de lavagem constante, Foto 14.

Causas Prováveis: Estrutura em contato constante com produtos químicos e umidade. Utilização de película protetora ineficiente. Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando a permanência de respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais



Material: Estrutura de sustentação do piso superior e dos tanques.

Tipo da corrosão: severa oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo generalizado no perfil, Foto 15.

Causas Prováveis: Preparo deficiente de superfície e aplicação ineficiente de tinta de proteção, possibilitando a permanência de carepa de laminação e ataque por produtos químicos e sais solúveis.

Foto 15. Vista de patologias colunas do perfil de sustentação da ETE.

Área da Moagem

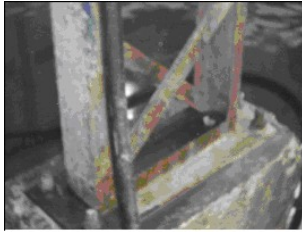


Foto 16. Patologias na estrutura de sustentação da cobertura.



Foto 17. Patologias na base da estrutura da cobertura do Moinho.

Material: Estrutura de sustentação da cobertura - setor de moinho.

Tipo da corrosão: severa oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo generalizado no perfil, cantoneiras da coluna e chapas da base, Foto 16 e 17.

Causas Prováveis: Estrutura em contato constante com área úmida, com formação de lâmina de água interna no perfil, a presença de água com grande frequência e com maior tempo de permanência na parte inferior, aliado a falha de execução sem orifícios para escoamento da água. Preparo deficiente de superfície e aplicação ineficiente de tinta de proteção, possibilitando a permanência de carepa de laminação e ataque por produtos químicos e sais solúveis.



Foto 18. Patologias na coluna de sustentação da cobertura.

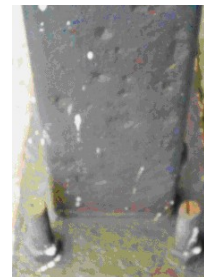


Foto 19. Patologias por pites na base de sustentação da cobertura.

Material: Coluna e base de coluna em aço carbono revestido com tinta epóxi.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha com formação de pites ou alvéolos com redução da espessura da chapa da base, e no perfil externo, Fotos 18 e 19.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de solda, chumbadores, cantoneiras e perfis.

Causas Prováveis: A Estrutura apresenta corrosão nos chumbadores de fixação das bases e na chapa da base. Estrutura em contato constante com área úmida. Utilização de película protetora ineficiente. Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando carepa de laminação e ataque por produtos químicos e sais solúveis.

Material: Estrutura de sustentação da cobertura em aço carbono revestido com tinta epóxi, travadas nas estruturas de concreto.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de solda, cantoneiras, perfis e adaptações na estrutura, Foto 20.

Causas prováveis: Estrutura com falhas de execução falta de concordância no travamento das estruturas nas colunas, emendas e perfis. Preparo deficiente nas áreas de solda possibilitando a permanência de carepa de laminação e respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.

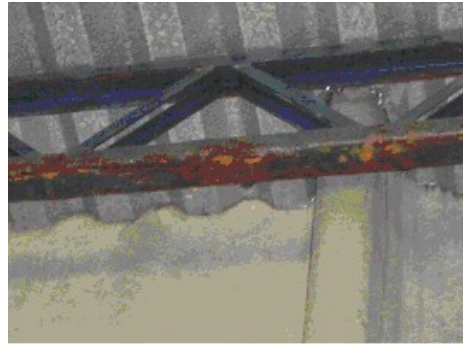


Foto 20. Patologias em treliças de apoio da cobertura.

Área da Esmaltação



Foto 21. Vista de patologias nas bases das colunas de sustentação. Área da esmaltação.

Material: Estrutura de sustentação do transportador no setor de esmaltação revestido com tinta epóxi, travadas no piso de concreto sem base em aço carbono.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha com formação de pites ou alvéolos com redução da espessura da chapa da base, e no perfil dobrado das colunas, Foto 21.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas colunas em perfil dobrado, nas bases, soldas de ligação, corrosão no interior de frestas dos apoios.

Causas prováveis: Estrutura com falhas de execução falta de grauteamento das bases.

Parafusos/chumbadores na presença de água com grande frequência e com maior tempo de permanência na parte inferior, aliado à deficiência do revestimento aplicado nos chumbadores, causou a corrosão com conseqüente formação de óxido de ferro. Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando a permanência de carepa de laminação e respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.



Foto 22. Vista da coluna sust. do transportador.

Foto 23. Vista detalhe da oxidação por pites.

Foto 24. Vista detalhe da base da coluna de sustentação.

Material: Colunas de sustentação do transportador no setor de esmaltação revestido com tinta epóxi, travadas no piso de concreto sem base em aço carbono.

Tipo da corrosão: severa oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas paredes externas da chapa dobrada, nas áreas de solda e chapa da base, Fotos 22, 23 e 24.

Causas prováveis: Estrutura com falhas de execução na presença constante com produtos químicos e água com grande frequência e com maior tempo de permanência na parte externa, aliado a deficiência do revestimento aplicado na coluna, causou a corrosão com conseqüente formação de óxido de ferro. Preparo deficiente de superfície e nas áreas de solda, possibilitando a permanência de carepa de laminação e respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.



Foto 25. Detalhe de oxidação das colunas.



Foto 26. Anomalias na coluna, oxidação por pites.



Foto 27. Vista de danos da oxidação nas colunas de sust. do transportadores

Material: Bases e colunas em perfil I e chapa dobrada da estrutura de sustentação do transportador no setor de esmaltação revestido com tinta epóxi, travadas no piso de concreto sem base em aço carbono.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha com formação de pites ou alvéolos com redução da espessura da chapa, no perfil I e chapa dobrada das colunas, sem chumbadores, Fotos 25, 26 e 27.

Aspecto da película: Deterioração sob forma de esfoliação com processo corrosivo nas bases, colunas e chapa dobrada e no interior de frestas dos apoios.

Causas prováveis: Estrutura com falhas de execução, falta de grauteamento das bases.

Parafusos/chumbadores na presença de água, aliado a deficiência do revestimento aplicado nos chumbadores, causou a corrosão com conseqüente formação de óxido de ferro. Preparo deficiente nas áreas de solda, possibilitando a permanência de carepa de laminação e respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.



Foto 28. Danos severos na coluna de sustentação do transportador.

Foto 29. Precariedade da coluna, oxidação severa formação de pites.

Material: Bases e colunas em perfil de chapa dobrado da estrutura de sustentação do transportador no setor de esmaltação revestido com tinta epóxi, travadas no piso de concreto sem base em aço carbono.

Tipo da corrosão: severa oxidação vermelha com formação de pites com redução da espessura da chapa, Fotos 28 e 29.

Aspecto da película: Deterioração da espessura da chapa com perfurações nas colunas.

Causas prováveis: Estrutura com falhas de execução, na presença constante de produtos químicos e água e com maior tempo de permanência na parte externa, aliado a deficiência do revestimento aplicado na coluna. Preparo deficiente da superfície possibilitando a permanência de carepa de laminação e respingos de solda e/ou fluxo de solda que geralmente contêm sais.

5.2 Indústria II



Foto 30. Vista de patologias em área sujeita a acúmulo de umidade.

Material: Junções de travamento das vigas nas colunas.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de fixação das peças, frestas, Foto 30.

Causas prováveis: Espaço insuficiente para limpeza e área sujeita a empoçamento de água e deposição de resíduos. O derrame de produtos químicos e a infiltração de água proveniente do escoamento de águas de chuvas nas colunas externas ocasionaram os pontos de oxidação vermelha. Furos de drenagem são necessários para impedir o acúmulo de umidade.

Material: Colunas de sustentação da estrutura externa.

Tipo da corrosão: escamação e manchas na peça.

Aspecto da película: Manchas generalizadas nas peças formando desenhos de escamas, Foto 31.

Causas prováveis: Escamação nas peças galvanizadas ocorre devido ao pré-tratamento ineficiente, ou limpeza da peça no processo de decapagem ou na fluxagem (Cloro Duplo) que tem a função de diminuir a tensão superficial da peça em relação ao zinco.



Foto 31. Vista de danos falhas de galvanização.



Material: Banzos inferiores da estrutura de fechamento lateral.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo nos banzos inferiores película apresenta vários pontos de oxidação, Foto 32.

Causas prováveis: A Execução de banzos inferiores de perfis dobrados com abas para cima, permitindo o acúmulo de poeira e umidade, facilitando a corrosão.

Foto 32. Vista de patologias em áreas de acumulo de umidade.

Material: Parafusos de fixação dos travamentos laterais, vigas e colunas.

Tipo da corrosão: oxidação vermelha com pontos de oxidação branca.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas áreas de fixação das peças, frestas, Foto 33.

Causas prováveis: O derrame de produtos químicos e a infiltração de água proveniente do escoamento de águas pluviais nas colunas externas ocasionaram a oxidação vermelha das porcas e parafusos de fixação que deveriam ser das mesmas características do aço galvanizado empregado. E aparecimento de pontos de oxidação branca proveniente da reação dos produtos com o zinco da galvanização.



Foto 33. Vista de danos causados por derrames de produtos.

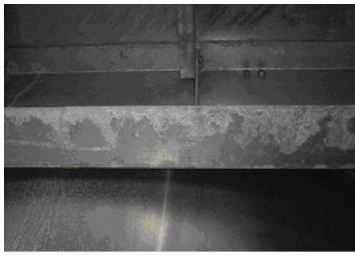


Foto 34. Patologias na estrutura, oxidação branca. Foto 35. Patologias com severa oxidação branca.



Foto 36. Patologias de oxidação vermelha em junções.



Foto 37. Patologias de severa oxidação branca em frestas com derrame de produtos.

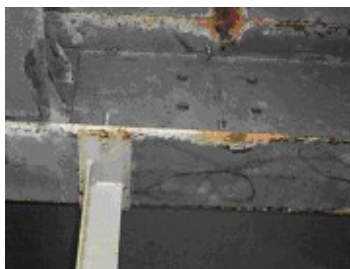


Foto 38. Vista de danos causados por ataque químico.

Foto 39. Anomalias de oxidação em junções e frestas.

Foto 40. Vista de danos de oxidação vermelha em frestas.

Material: Corrosão nas junções das vigas I e nas frestas das vigas e do piso.

Tipo da corrosão: Severa oxidação vermelha nas junções e frestas.

Aspecto da película: Processo corrosivo nas junções e frestas (oxidação vermelha), Fotos 38, 39 e 40.

Causas prováveis: O zinco sofre corrosão quando em contato com soluções salinas, soluções ácidas ou soluções alcalinas essas soluções estão promovendo um ataque químico ao zinco. Após a destruição da camada de zinco ocorreu a corrosão do substrato de aço carbono (oxidação vermelha), com formação de ferrugem e óxidos de ferro que tendem a aumentar gradativamente. Por este motivo, é necessária a pintura do aço galvanizado com uma tinta de resistência aos produtos que têm contato com o zinco, para protegê-lo.



Foto 41. Vista de patologias de oxidação branca e vermelha por derrame de produtos.

Material: Aço galvanizado com áreas apresentando oxidação branca e escorrimento de ferrugem.

Tipo da corrosão: Severa oxidação branca e escorrimento de oxidação vermelha.

Aspecto da película: Processo corrosivo (oxidação branca) nas frestas, perfis dobrados e vigas I e escorrimento de (oxidação vermelha), Foto 41.

Causas prováveis: O derrame de produtos químicos de soluções salinas, soluções ácidas ou soluções alcalinas estão promovendo um ataque químico ao zinco.

Após a destruição da camada de zinco, nas frestas, ocorre a corrosão do substrato de aço carbono (oxidação vermelha), que com lavagens escorrem pelas peças.

5.3 Análise das patologias constatadas

As falhas localizadas ou globais nas estruturas das indústrias I e II podem levar à perda da peça ou ao colapso ao atingir alguns dos estados limites de resistência, ou ainda, estado limite de utilização, provocando perdas humanas ou perdas econômicas importantes.

De forma geral, as patologias das estruturas vistoriadas podem ser divididas em três categorias, conforme destacado abaixo:

Adquiridas – São patologias estruturais provenientes da ação de elementos externos, como a poluição atmosférica, umidade, gases ou líquidos corrosivos e vibrações excessivas provocadas pelo uso indevido da estrutura.

Resultam, em geral, de problemas relacionados com a falta de preparo inicial da estrutura ou com a falta de manutenção. A corrosão é a mais visível.

Transmitidas – Originárias de vícios ou desconhecimento técnico do pessoal de fabricação ou montagem da estrutura. São, por esse motivo, transmitidas de obra para obra. É o caso, por exemplo, de soldadores que não se preocupam em retirar a pintura dos pontos de solda, ignorando que a carbonização da tinta prejudica a qualidade do serviço. Estão inclusos, também, os casos de falta de prumo.

Atávicas – São patologias resultantes de má concepção de projeto, erros de cálculo, escolhas de perfilados ou chapas de espessuras inadequadas ou, ainda, do uso de tipos de aço com resistência diferente das consideradas no projeto. Não são fáceis de reparar, costumam exigir reforços, adições, escoramentos etc.

Assim, são frequentes as patologias decorrentes dos fatores listados abaixo:

uma estrutura aporticada, prevista para receber cargas centradas, pode ficar submetida a momentos de torções, não considerados, caso venha sofrer esforços devidos a um carregamento excêntrico;

uma estrutura calculada com apoios engastados, mas detalhada e fabricada como articulada, pode gerar esforços que criam deformações não previstas no projeto;

estruturas executadas que não representam fielmente o projetado podem apresentar manifestações patológicas que comprometem o seu adequado desempenho.

Neste diapasão, nas indústrias vistoriadas, observou-se:



Foto 42 - Furos maiores do que previstos.



Foto 43 – Parafusos faltantes na estrutura.

peças unidas por parafusos com furos com maiores do que os previstos para o diâmetro especificado ou faltando parafusos de fixação. A Foto 42 mostra enquanto a Foto 43 retrata;

b. utilização de perfis de chapas dobradas, sendo mais adequado o emprego de perfis laminados;

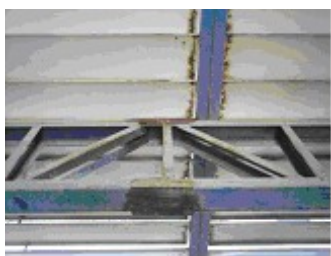


Foto 44.



Foto 45.

c. uso de perfis de chapas soldadas com abas de espessuras muito finas em relação à largura;

d. esquemas de triangulação em treliças com disposições inadequadas, conforme mostrado nas fotos 44 e 45.

e. falhas no cálculo de esbeltez das peças metálicas, aumentando em demasia o coeficiente de flambagem;

f. peças com uniões mal soldadas, escórias incrustadas ou unidas com faces muito afastadas. As fotos 46 e 47 mostram peças afetadas por essas anomalias;



Foto 46.



Foto 47

g. execução de banzos inferiores de treliças com abas para cima, permitindo o acumulo de poeira e umidade, facilitando a corrosão. A foto 48 mostra um desses banzos;

h. os gabaritos de furação da viga e da coluna não coincidentes, exigindo novas furações, Foto 49.



Foto 48

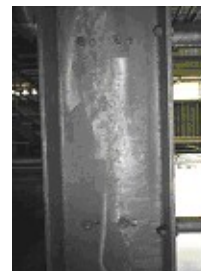


Foto 49

6. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

As estruturas afetadas por patologias devem, necessariamente, passar por um processo de recuperação. No caso de estruturas metálicas, a intervenção é, normalmente, efetuada através de limpeza e pintura.

6.1 Patologias provenientes de sais solúveis

Para limpeza de estruturas contaminadas com sais solúveis torna-se necessário:

- reduzir o pH da superfície metálica para valores inferiores a 7, de modo a facilitar a quebra das ligações químicas;
- a limpeza química deve ser feita com produtos passíveis de serem diluídos em água que, por si só, contém cerca de 600 ppm de cloretos, neutralizando-os de imediato;
- impedir a presença de qualquer tipo resíduo na superfície, que interfira com a adesão das tintas/revestimentos;
- é desejável que, após o hidrojateamento com areia, se faça outro hidrojateamento, com produto químico removedor de sais específico, utilizando energia mecânica superior a 20 MPa (3000 psi) de modo a penetrar profundamente nos vales e cumes (visão ao microscópio) existentes na superfície do aço. A água e a areia utilizados na primeira limpeza deverão ser checadas contra presença de cloretos.

6.2 Patologias em aço carbono e aços galvanizados

Neste caso, tanto para uma nova aplicação, como para recuperação de estruturas corroídas, a inspeção deve analisar:

- o estado da estrutura em relação à intensidade da corrosão e a aparência da pintura aplicada;
- a análise da agressividade do meio de exposição vai fornecer diretrizes necessárias para escolha do sistema de recuperação/proteção;

A eficiência da pintura depende de três fatores importantes:

- da qualidade da tinta;
- do preparo adequado da superfície;
- da aplicação dos produtos.

Tão logo a superfície esteja limpa e o perfil de rugosidade concluído, deve ser feita a aplicação da tinta de fundo. O primer tem de ser adequado ao substrato e ao método de preparo da superfície. O acabamento será realizado quando a peça for instalada no local definitivo de uso.

Importante observar que os lados dos perfis podem ficar expostos, encobertos ou protegidos pela alvenaria e voltados para o lado interno da construção.

A exposição às variações climáticas dá guarida para a cobertura com tinta de poliuretano, resistente aos raios ultravioletas. As peças localizadas no interior da construção, desde que livres

de agressividades significativas, podem ser protegidas apenas com esmalte sintético (tintas alquídicas).

Em qualquer caso, é recomendável atentar para infiltração de água e vazamentos de tubulações. Ao recuperar uma estrutura é interessante checar vedações das junções de alvenaria com as peças metálicas.

Nenhum componente está livre de sofrer cortes, pancadas, riscos ou soldagens. Nesses casos, e para constatar falhas de execução, as manutenções periódicas facilitam e tornam menos onerosas as correções, que devem, sempre que possível, repetir o sistema de pintura.

A má execução dessas etapas acarreta patologias. Toda tinta, em maior ou menor intensidade, absorve água. Então, se a limpeza não for bem-feita, a absorção de água resultará em inchamento da sujeira aderida e ocorrerá empolamento – formação de bolhas na pintura. Outros tipos de sujeira, como óleos, impedem a aderência completa e, assim, ocorre em certos trechos o destacamento da tinta. Em ambos os casos são necessários repetir o trabalho.

Ensaio de aderência e medições da espessura das camadas são procedimentos que permitem o acompanhamento da execução. “É recomendável que as camadas tenham cores diferentes para facilitar a identificação das tintas aplicadas”.

Nas estruturas com manifestações patológicas, a recuperação deve ser feita consoante procedimentos listados abaixo:

- lavar com água e tensoativo (detergente biodegradáveis) usando escova de náilon ou manta não tecida;
- enxaguar com água limpa;
- deixar secar naturalmente ou usar ar comprimido;
- limpar com escova de arame de aço ou com lixadeira (disco de escova);
- remover a poeira, utilizando-se escovas de pêlo ou ar comprimido;
- aplicar a tinta de fundo;
- aplicar a tinta de acabamento (poliuretânica ou epóxi).

6.3 Pintura sobre aço galvanizado

Por serem fáceis de achar, as tintas alquídicas ou primers sintéticos, são muito freqüentemente especificados para aplicação em estruturas de aço galvanizado. É comum que, meses após a aplicação, comecem a apresentar destacamento.

Os óleos vegetais que compõem as resinas contêm ácidos graxos. Os ácidos reagem em contato com os produtos de corrosão do zinco, que tem caráter alcalino. Assim, é formado sabão de zinco (reação de saponificação). Com alta permeabilidade, após algum tempo, a tinta está aderida não ao substrato mas sobre os produtos de corrosão – óxidos, hidróxidos e sabões de zinco. Como são solúveis, esses produtos ocasionam o surgimento de bolhas, agravando ainda mais o destacamento.

O envelhecimento precoce da camada alquídica é outro efeito negativo da má utilização dessas tintas sobre o zinco. Ao perder aderência e flexibilidade, ocorre o fissuramento, aumentando ainda mais a penetração de água na interface metal-tinta.

O uso de tinta epóxi-isocianato, epóxi amina evita tais patologias. Além de se ligar quimicamente ao metal, é insaponificável e oferece base de aderência para sistemas de pintura alquídicos, acrílicos, a linha do epóxi e poliuretanos, dentre outros.

Há obras (nesse sistema) com mais de 20 anos sem destacamento de pintura. A manutenção do aço zincado depende do estado evolutivo da corrosão.

Aquele que apresenta apenas corrosão leve pode ser recuperado com lavagem com água e tensoativo, escovação e aplicação de tinta epóxi-isocianato.

6.4 Indústria I

Na avaliação da integridade das estruturas, nas áreas de ETE, Moinho e Esmaltação da Indústria I procurou-se avaliar desde o aspecto da pintura até o tipo de corrosão mais generalizada, vinculando as causas e o tipo de tinta utilizado, como segue:

Aspecto da película: Nas três áreas, o aspecto da película é ruim, devido à incrustação do pó presente nas áreas ou por escorrimento de produtos sobre a tinta de acabamento;

Tipo de corrosão: A corrosão nas estruturas é do tipo corrosão uniforme (com formação de óxido de ferro), sendo que em muitas frestas e cantos vivos a corrosão encontra-se em estado muito adiantado, como retratado em cada registro fotográfico da estrutura;

Causas da corrosão: A corrosão é causada pelo acúmulo de partículas suspensas de variados produtos químicos depositados, que migram na execução do processo na área e principalmente pelo molhamento constante das superfícies, acrescentando as falhas de execução que agravam as patologias somados as manutenções que são ineficazes e de custos elevados;

Tipo de tinta: A epoxi que foi utilizada para a proteção anticorrosiva não é a tinta mais adequada, pois não tem resistência ao molhamento e aos produtos químicos presentes nas áreas.

Lastreado nas avaliações, recomenda-se à execução de rigorosa preparação da superfície, com tratamento mecânico e manual corretivo através de pistola de agulha e lixamento mecânico, generalizado em área externa dos tanques na ETE (com substituição de chapas que não resistirão ao preparo de superfície), também passarelas, corrimãos, vigas e colunas de sustentação, obedecendo ao mesmo sistema para as treliças de sustentação do fechamento lateral do galpão na ETE.

Para a área de Moinhos e Esmaltação sugere-se adotar o mesmo sistema de preparação de superfície, principalmente nos pontos com maior incidência de oxidação e descascamento da tinta aplicada, sendo necessário à utilização de hidrojateamento com alta pressão, podendo-se adicionar, na última lavagem, produto químico removedor de sais específicos, limpando as estruturas desses contaminantes.

Para reparo em pontos localizados é indicado um primer anticorrosivo a base de epóxi pigmentado com zinco/alumínio, seguido de acabamento com tinta epóxi amina alto sólidos de alta resistência química e à umidade por completo nas estruturas.

6.5 Indústria II

Na avaliação da estrutura da fábrica II, procurou-se, também, avaliar desde o aspecto da galvanização até o tipo de corrosão e as causas que deram origem, como segue:

- Aspecto da película: De forma geral, o aspecto da galvanização é bom, entretanto, nos pontos de maior incidência de derrame de produtos químicos e peças retrabalhadas são ruins. Essas discrepâncias são provenientes do escorrimento de produtos sobre o piso em chapas galvanizadas, sobre vigas e colunas e nas peças que apresentam manchas proveniente do processo de galvanização.
- Tipo de corrosão: A corrosão predominante nas estruturas é do tipo corrosão branca. Essa patologia ocorre nas áreas retrabalhadas e naquelas com acúmulo de umidade, onde se dá a formação de óxido de ferro. Em muitas frestas e cantos vivos a corrosão encontra-se em estado muito adiantado, como destacado na documentação fotográfica da estrutura.
- Causas da corrosão: A corrosão é causada pela alta umidade, aliada ao ambiente industrial agressivo, com conseqüente formação de sulfato e carbonato de zinco (compostos brancos), que sob ação do carbono atmosférico tornam-se solúveis. Esta oxidação branca forma-se principalmente em superposição de perfis e chapas, que possibilitam a formação de frestas e conseqüentemente corrosão por aeração diferencial, devido à vaporização d'água e posterior condensação, acrescentando as falhas de execução que agravam as patologias pelo acúmulo de partículas suspensas de variados produtos químicos depositados, nas chapas dobradas.

De acordo com as avaliações, é necessária a adequada preparação da superfície. Para as áreas afetadas por oxidação vermelha ou ferrosa, a lavagem deve ser feita por hidrojateamento e detergente neutro. Para as áreas com oxidação branca, lixamento manual leve e rigoroso sobre oxidação ferrosa (em cordões de solda, devido à descontinuidade dos mesmos, deixando frestas para formação de corrosão por aeração diferencial) sugerimos a limpeza mecânica com pistola de agulhas.

Após esses procedimentos deve-se efetuar a aplicação de primer epóxi-isocianato tanto par as áreas com oxidação vermelha como oxidação branco, promotor de aderência para não ferrosos e acabamento epóxi amina alto sólidos de alta resistência química.

7. RECOMENDAÇÕES FINAIS

A seguir são elencados alguns cuidados que visam evitar ou minimizar a ocorrência das anomalias constatadas

- a. Avaliar se a proposta do projeto contempla as normas vigentes, se o escritório tem conhecimento técnico no porte da obra e se já executou projetos anteriores, se cumpre prazos e se pode arcar com falhas e atrasos possíveis na entrega do projeto, e não se fixar somente no preço.
- b. Analisar previamente a habilidade tecnológica do fornecedor, capacidade de equipamentos, organização e adequação pessoal.
- c. Para escolha do fornecedor, não se fixar apenas no preço e sim na qualidade e importância das obras anteriores realizadas. Também é prudente inspecionar suas instalações industriais.
- d. Cuidar da orientação e eficiência da manutenção, verificando se contemplam garantias pós-entrega dos serviços.
- e. Observar os testes de proteção superficial e das soldas.
- f. Certificar-se da existência e presença do engenheiro e acompanhamento da produção e montagem.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

Araújo, Ernani Carlos, Patologias de edifícios – 2002, UFOP

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8800 – Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios (Métodos dos estados limites), (1986).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -NBR 6323 – Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente (1990).

Gentil, Vicente – Corrosão- 2003, Editora LTC, 4º Ed., p. 1, 169,265,266.

Kurkdjian, J. Z. (1993) 6ª Ed., setembro, Techne, Estética do detalhe,p. 22

NACE - NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS, Corrosion prevention by protective coatings, G.G Munger.

Ohtake, Rui (1993) 6ª Ed., setembro, Techne, Estética do detalhe,p. 22

Pagotto, S. O. e Gnecco, C. Tratamento contra o tempo – 2005, Téchné, p. 52-54.

Pedro, R. S. e Poleti, E. R. (2002) A investigação de materiais, técnicas construtivas, métodos e o desenvolvimento da qualidade da construção em obras históricas. IC. Unicamp.

Rodrigues, J. (2004) 57ª Ed., Janeiro, Recuperar, Segredos da corrosão, p. 20-24.

SILVA, H. S. (1979); Técnicas construtivas, p. 32.

CURRICULUM VITAE

Dados pessoais

Nome: Pedro Roberto da Silva Neto - CREA: 5062277548-D

Endereço: Rua Antonio Rodrigues Moreira Neto, 210 BL B Ap. 1 – 13.060-063 - Campinas SP. **Fone:** (0xx19) 3229-6112 – **e-mail:** fulltimebr@gmail.com

Formação acadêmica/Titulação

2006 - Pós-graduação: Mestrando na Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp – área de concentração Geotecnia – **Título:** Avaliação de patologias e recuperação de construções mistas em concreto e aço;

2004 - Graduação: Curso Superior em Tecnologia da Const. Civil - Unicamp – Campinas/SP;

1995 - Nível Médio: Técnico em Química Industrial – Inst. Politécnico Estadual – Curitiba/PR.

Formação Complementar

2005 – 2005 – Curso Patologias das Construções. (Carga horária: 8 h) Escola Técnica Estadual Polivalente de Americana, São Paulo, Brasil

2006-2006 – Seminário Técnico de Tecnologias de Injeção em Estruturas, Sistemas de Impermeabilização e Proteção e Sistema de Reparo em Concreto e Proteção. (Carga horário: 27 h) ,MC-Bauchemie Brasil, São Paulo, Brasil.

2006–2006 – Curso Inspeção Predial. (Carga horária: 8h), Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia, IBAPE-CE, Brasil.

2006-2006 – Curso de Perícias Judiciais e Introdução à Arbitragem. (Carga horária: 8h), Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia, IBAPE-CE, Brasil.

2006-2006 – Curso de Analise de estrutura em solo reforçado com o software Macstar 2000. (Carga horária: 8h), Macaferri América Latina, Campinas-Sp, Brasil.

Atuação profissional:

2002-2007 Full Time Construtora – Desenvolvendo trabalhos na: Na captação de obras e parceiros (fornecedores e terceiros) na Construção e manutenção industrial; Elaboração de orçamentos para clientes na área industrial e comercial, Recuperação e reforço de estruturas de concreto; Restauração e proteção de fachadas; Revestimento anticorrosivo; Impermeabilização; Dimensionamento e projetos estruturais de concreto para edificações, bases para equipamentos, tanques etc; Pisos convencionais especiais (autonivelantes, epóxi, poluretano, agregado metálico); Reforma para acessibilidade a deficientes físicos; Instalações elétricas e hidráulicas; Fiscalização e Controle de obras via MS project.

Obras executadas e projetos fiscalizados:

Recuperação estrutural – Cliente PAPIRUS IND. DE PAPEL S.A.

Ampliação – Obra Caldeira – Cliente CRODA do Brasil.

Execução de obra para acessibilidade conforme NBR 9050 – Cliente Unicamp.

Ampliação e execução de bases para estruturas, tanques e máquinas/motores para edifício de processos. Serviço de construção civil com fornecimento de materiais na área de dosagem de ácido málico e pva na KRATON Polymers do Brasil– Cliente NIPLAN engenharia S.A.

2007 - CEN – Curso preparatório pré vestibular, Vínculo: Professor, disciplinas ministradas Matemática e Química.

2006 - Mabe Campinas Eletrodomésticos S.A– Avaliação pericial de estruturas e recuperação.

2006 - Systema Safety Comercial Ltda - Consultoria e Fiscalização na execução de obras públicas executado pela Construtora.

2006 - CRODA do Brasil – Fiscalização de Projeto e obra - Ampliação da Planta de Esterificação, Envase e CHILLER. Executante RIDARP Construtora Ltda.

2003 - Cunha Braga Comercial e Construtora Ltda – Planejamento de obra – Execução Chaminé de Dispersão de Gases – RIPASA, otimização de custos na interface entre fornecedores e terceiro durante a execução de obras.

2002 – 2004 Águas de Limeira S.A – Execução de manutenção estação tratamento de águas, execução de serviços de elétrica, Execução de reforma interna prédio administrativo.

1999 – 2002 Procet Empresa Júnior de Tecnologia - Diretor Presidente de empresa Junior – Administrando, elaborando projetos, firmando contratos e executando serviços em empresas onde o aluno tivesse contato com a parte prática. Realizou serviços voluntários para entidades assistenciais do terceiro setor.

1998 – BRAFOX QUÍMICA LTDA – COTIA (SP) – Assessoria na prestação de serviços na área de desenvolvimento de fornecedores e novos mercados.

1998 – FOX FOTOGRAFIA LTDA (SP)- Assessoria na prestação de serviços na área de desenvolvimento de mercado e fornecedores para PATENTE.

1993-1994 – PETROBRAS S.A – REPAR – AURACÁRIA - PR - Trabalhou no setor de permutadores e setor de logística / controle.

Participação em eventos científicos e palestras ministradas, nos últimos anos:

2001- IX Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp, Campinas-SP;

2002- X Congresso de Iniciação Científica da Unicamp, Campinas-SP;

2002- 9ª Jornada de Iniciação Científica– Goiânia; 54ª Reunião Anual da SBPC;

2003- XI Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp, Campinas-SP;

2004- 6º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianopolis-SC;

2003- II Workshop do Centro Superior de Educação Tecnológica - Ceset/Unicamp, Campinas-SP;

2004- 46º Congresso Brasileiro de Concreto, Florianópolis - SC;

2004 - 11º Concurso Técnico do IBRACON, Florianópolis – SC.

2006- Palestrante no XXII Congresso Panamericano de Valuación, XII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, trabalho “Patologias em estruturas de Aço” – IBAPE – Fortaleza-CE.

2006- Palestrante no II Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios, trabalho “A Investigação de materiais, técnicas construtivas e o Desenvolvimento da qualidade da construção em obras históricas”, Rio de Janeiro-RJ.

2006 - Palestrante no Construmetal 2006 – “Patologias em estruturas de Aço”, São Paulo-SP.

2006 - IBRACON – Palestrante sessão de plenário trabalho “Parecer técnico de Vistoria (Patologias Existentes em Piso de Concreto)”, Rio de Janeiro - RJ.

2006 - ENECE 2006 – 9º Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural, São Paulo – SP.

2006 – Palestrante no Encontro Nacional Sobre Qualidade e Inovação na Construção, QIC 2006, “Patologias em Estruturas de Aço”, LISBOA – Portugal.

Cursos específicos: Curso de Informática (Word, Excel, Power Point, AUTO CAD); Curso MS Project – Volvo do Brasil S.A; Curso de Espectrofotometria Jundiaí/SP (1995); Curso de patologia em edificações – Americana/SP (2005); Curso Perícias Judiciais e Introdução à Arbitragem (2006) Fortaleza/CE; Curso de Inspeção Predial (2006) Fortaleza/CE; Avaliações com tratamento por fatores (2006) Fortaleza/CE. Curso de Tecnologia de injeção em estruturas Sistemas de impermeabilização e Proteção e Sistemas de reparo em concreto e proteção MC-Bauchimie Brasil – Vargem Grande Paulista-SP 2006, Curso Softwear MACSTAR da Maccaferri do Brasil, sobre Estabilidade de Taludes e Obras de Contenção 2006.

Prêmios e títulos: Menção Honrosa - 1º lugar - X Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp(2002), Universidade Estadual de Campinas; Menção Honrosa - 2º lugar - IX Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp (2001).

Trabalhos divulgados: Trabalho publicado em forma de resumo nos Anais do IX Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp; Trabalho divulgado no jornal da Unicamp - Caderno Temático - pag 6 - Nov/01; Trabalho divulgado no jornal a "Gazeta de Limeira" - pag 4 - 11/Nov/01; Trabalho divulgado no jornal "Jornal de Limeira" - pag 1 e 3 - 25/Nov/01; Trabalho divulgado na EPTV Campinas - 1ª edição ao vivo - Nov/01; Trabalho divulgado na EPTV Campinas - 2ª edição gravada - Nov/01; Trabalho publicado em forma de resumo nos Anais da SBPC. Artigo completo publicado nos Anais do XIII COBREAP; Artigo completo publicado nos Anais do II CIRMRE. Artigo completo publicado nos Anais do IBRACON 2006. Artigo completo publicado nos Anais da ABCEM 2006. Trabalho publicado em forma de resumo nos Anais do Encontro Nacional Sobre Qualidade e Inovação na Construção, pag. 913 a 918.

Membro e Sócio Coletivo do IBRACON.