Unisanta Science and Technology, 2022, 1, August
Published Online 2022 Vol.11 Nº1 (http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Inspeção, avaliação e técnicas de recuperação de estruturas e juntas soldadas

João Lucio Carvalho da Cunha Júnior [1], Jonatas de Souza Cruz [1], Márlon Souza de Carvalho [1], Nestor Ferreira de Carvalho [1], Natal de Jesus Gaspar [1]

[1]**UNISANTA**– Universidade Santa Cecília – Pós-Graduação *latu sensu* em Engenharia da Confiabilidade
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

E-mail*:* natal@unisanta.br
Received March, 2022

Resumo: As inspeções são essenciais para descobrir possíveis anomalias e falhas antes que causem acidentes, paradas de produção ou outros tipos de transtornos. Para tanto, diversas técnicas podem ser aplicadas para auxiliar na identificação de patologias existentes em estruturas ou descontinuidades em juntas soldadas e, após avaliação dos resultados, tomar decisões mais seguras para correção desses itens. Este artigo apresenta as principais técnicas de inspeção, avaliação e reparo de estruturas e de juntas soldadas. A metodologia utilizada para desenvolver o trabalho é o estudo bibliográfico. Após a pesquisa, pode-se concluir que o bom desempenho de uma estrutura ou junta soldada durante sua vida útil depende das decisões tomadas com base nas inspeções e análises realizadas.

Palavras chave: Juntas Soldadas; Estruturas Metálicas; Inspeção; Análise de Falhas.

Inspection, evaluation and recovery techniques of welded structures and joints

Abstract: Inspections are essential for discovering possible anomalies and failures before they cause accidents, production stoppages, or other types of inconvenience. To this end, several techniques can be applied to help identify existing pathologies in structures or discontinuities in welded joints and, after evaluating the results, make safer decisions to correct these items. This article presents the main techniques for inspecting, evaluating, and repairing welded structures and joints. The methodology used to develop the work is the bibliographical study. After the research, it can be concluded that the successful performance of a structure or welded joint during its useful life depends on the decisions made based on the inspections and analyses carried out.

Keywords: Welded Joints; Metallic structures; Inspection; Failure Analysis.

1. Introdução

As anomalias em estruturas, também conhecidas como patologias, e as descontinuidades das juntas soldadas são, na maioria das vezes, frutos de falhas de projetos, utilização de materiais inadequados e erros de execução na fabricação e montagem. Elas também são causados por fatores humanos, tais como: negligência, uso inadequado, falta de conhecimento técnico ou até mesmo pela falha na inspeção, na programação ou mesmo falta de manutenção.

Todas essas causas, inclusive a falha ou a falta de manutenção, contribuem para a deterioração dos componentes, podendo reduzir sua durabilidade e consequentemente a vida útil das estruturas e a sua segurança.

Das diversas técnicas preditivas que podem ser empregadas para se alcançar uma alta confiabilidade, em estruturas metálicas e juntas soldadas, destacam-se os ensaios não destrutivos, especialmente o ensaio por ultrassom (interno ou para detecção de descontinuidades ou externo para detecção de vazamentos).

Copyright © 2022 ISESC.

As técnicas de manutenção descritas em Normas Técnicas, como o ASME PCC-2 [1], podem ser aplicadas nos trabalhos de recuperação e reforço estrutural quando a execução reparos for necessária. Sua aplicação requer um conhecimento nas atividades de manutenção, especificação dos materiais envolvidos, soldagem, bem como dados de projeto e operacionais.

2. Desenvolvimento

O método adotado neste trabalho é a pesquisa bibliográfica pela qual se pode verificar a existência de diversas técnicas de inspeção e métodos que auxiliam na avaliação dos problemas e possibilitam tomar decisões para se recuperar ou reforçar as estruturas e juntas soldadas. Neste caso, o trabalho foi divido nas seguintes etapas:

1. Inspeção e Avaliação de Estruturas;
2. Inspeção e Avaliação de Juntas Soldadas;
3. Ultrassonografia Aplicada ao Diagnóstico de Falhas;
4. Técnicas de Recuperação e Reforço Estrutural.

2.1. Inspeção e Avaliação de Estruturas

As estruturas são as partes mais resistentes e importantes das construções e tem, basicamente, a função de mantê-las em pé. Entretanto, todas as estruturas podem se deteriorar com o tempo, e essa deterioração ou degradação, pode ser ocasionada por diversos fatores. Além disso, a falta de manutenções preventivas faz com que pequenas anomalias, evoluam para situações crônicas gerando prejuízos enormes que poderiam ser evitados.

Com o passar do tempo, o crescimento acelerado da população fez com que a construção de estruturas habitacionais, laborais e de infraestruturas se tornassem o foco da civilização e com isso houve a necessidade de aumentar o conhecimento sobre as estruturas e a criação de normas com requisitos e procedimentos relativos à segurança das construções.

O estudo e a análise das causas e efeito de falhas em estruturas, possibilitou o desenvolvimento tecnológico das construções, envolvendo cálculos, análises e execução de projetos, aplicação de novos materiais e técnicas de construção.

Parte fundamental para assegurar a integridade das construções, a avaliação estrutural consiste na verificação dos projetos, caso possuam, e no mapeamento de seus elementos estruturais. Ela engloba também inspeções que visam a identificação de manifestações patológicas, pelas quais, pode-se antecipar a eventuais falhas antes que elas possam ocasionar paradas de produção em plantas industriais ou até mesmo catástrofes em edificações.

2.1.1. Manifestações Patológicas em Estruturas Metálicas

As anomalias encontradas em estruturas em geral são chamadas de manifestações patológicas. Elas são indicativas de danos ou deteriorações e, nas estruturas metálicas, se apresentam na forma de perda de espessura, trincas, fraturas, deformações etc.

As manifestações patológicas em estruturas metálicas são causadas por diversos fatores, como por exemplo, falhas de projetos, erros na fabricação e montagem das estruturas, falta de controle de qualidade e/ou utilização inadequada de materiais, falhas ou ausências de manutenção preventiva e utilização indevida das estruturas.

Segundo Pravia e Betinelli [2], as manifestações patológicas mais comuns em estruturas metálicas e as suas principais causas podem classificadas em seis tipos principais, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. As manifestações patológicas mais comuns e suas principais causas [2].

Manifestações patológicas no aço	Principais causas
Corrosão localizada	Causada por deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos.
Corrosão generalizada	Causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão.
Deformações excessivas	Causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projeto original, ou ainda, deficiências na disposição de travejamentos.
Flambagem local ou global	Causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, ou deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não consideradas no projeto e cálculo.
Fratura e propagação de fraturas	Falhas estas iniciadas por concentração de tensões, devido a detalhes de projeto inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensão não previstas no projeto.

Copyright © 2022 ISESC

2.1.2. Durabilidade e Análise da Vida Útil das Estruturas

Os conceitos de durabilidade e vida útil das estruturas sempre estão associados. A durabilidade é uma qualidade da estrutura e ela relaciona as características de deterioração dessa estrutura de acordo com a sua aplicação. A ação de agentes externos e sua agressividade, influenciará diretamente em como essa 1estrutura irá se comportar e de acordo com o seu comportamento, é possível definir a sua vida útil. Desta forma, a vida útil é a quantificação da durabilidade da estrutura e ela poderá ter uma vida útil diferente se exposta a agentes e níveis de agressividade diferentes.

Souza e Ripper [3], entendem que a vida útil de um material compreende "o período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados. O conhecimento da vida útil e da curva de deterioração de cada material ou estrutura são fatores de fundamental importância para a confecção de orçamentos reais para a obra, assim como de programas de manutenção adequados e realistas".

Assim, a determinação da vida útil das estruturas não é tão fácil, pois depende de diversos fatores, como a qualidade dos materiais empregados, dos mecanismos de deterioração, das condições do meio em que se encontram, entre outros. Contudo, podemos utilizar quatro métodos para prever a vida útil das estruturas baseados em experiências anteriores, ensaios acelerados, métodos deterministas e métodos estocásticos ou probabilistas.

Para se ampliar a durabilidade e consequentemente a vida útil das estruturas, se faz necessário e indispensável, a realização de manutenções bem como a criação de planos de manutenção. Pois o quanto antes um determinado problema estrutural for antecipado, mais simples e econômica será a intervenção.

2.1.3. Métodos de Inspeção e Ensaios Não Destrutivos

Segundo Souza e Ripper [3], "entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador".

Dentro desse conjunto de atividades, uma das mais importantes são as inspeções. Elas têm como objetivo avaliar e analisar a integridade física de uma estrutura, equipamento ou tubulação para que este tenha um desempenho seguro, quando solicitado dentro das condições de projeto.

A inspeção é uma atividade técnica que permite a identificação e a análise do processo patológico visando a determinação da origem, do mecanismo e dos danos causados. Através dos resultados da inspeção, pode-se emitir laudos recomendando qual a melhor forma de corrigir o problema.

No processo de identificação e análise dos processos patológicos, podemos utilizar vários métodos e ensaios não destrutivos. Seus resultados podem ser analisados separados ou em conjunto, permitindo assim tomar a melhor decisão sobre em que condições as estruturas se encontram e qual o melhor método de reparo será utilizado. Desta forma, dentre os métodos e ensaios mais utilizados, podem ser citados:

- Inspeção Visual e Dimensional;
- Líquido Penetrante;
- Ultrassom;
- Partículas Magnéticas.
- Correntes Parasitas;
- Emissão Acústica;
- Ensaios Radiográficos;
- Estanqueidade;
- Permeabilidade;
- Termografia;

2.2. Inspeção e Avaliação de Juntas Soldadas

Segundo a *AWS - American Welding Society* [4]:

> "soldagem é o processo de união de materiais que produz a coalescência dos materiais mediante aquecimento deles a temperatura apropriada com ou sem aplicação de pressão ou com aplicação apenas de pressão e com ou sem o uso de material de enchimento".

A soldagem se tornou um dos processos mais importantes dentro de um setor industrial, podendo ser utilizada na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas. O seu campo de aplicação é grande, podendo atender desde componentes eletrônicos pequenos até grandes estruturas e equipamentos.

Dentre as inúmeras vantagens em se empregar um processo de soldagem, podem ser citadas: a obtenção de juntas soldadas com propriedades mecânicas similares ao metal base; a grande quantidade de tipos de processos; aplicação em diferentes tipos de materiais; possibilidade de operação manual ou automática; oportunidade de ser portátil e dentre outras.

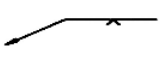
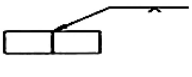
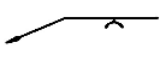
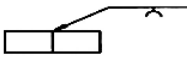
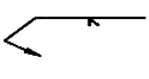
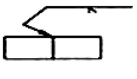
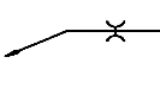
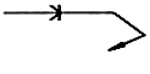
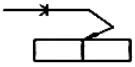
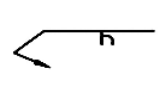
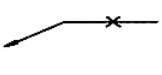
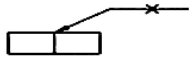
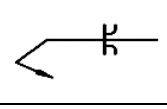
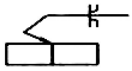
Porém, todo processo também possui algumas limitações. No caso da soldagem Guimarães [5] destaca os principais como sendo: a impossibilidade de desmontagem; pode ocasionar mudança na estrutura e partes da peça; pode causar tensões e distorções; necessitam de certa habilidade e compreensão do processo e demais aspectos por parte dos envolvidos, especialmente os operadores.

Copyright © 2020 ISESC

2.2.1. Símbolos

As orientações para soldagem são feitas por símbolos que indicam as dimensões, ângulo do chanfro, geometria das juntas, abertura de raiz, comprimento da raiz etc. Como ilustrado na Tabela 2, estes símbolos facilitam a interpretação e deixam mais compactos os desenhos de projeto.

Tabela 2. Juntas com Chanfro: tipos, símbolos e representações, adaptado de [6].

Junta	Símbolo	Representação	Junta	Símbolo	Representação
em V			em U		
em meio V			em duplo U		
em K			em J		
em X			em duplo J		

2.2.2. Descontinuidades Estruturais

As soldas têm que ter dimensões e formas, que estejam dentro das tolerâncias. Caso contrário teremos descontinuidades estruturais, como por exemplo: distorção, dimensão incorreta da solda, perfil incorreto da solda, formato incorreto da junta, porosidade, inclusões de escória, inclusão de tungstênio, falta de fusão, falta de penetração, mordedura, trincas.

2.2.3. Inspeção em Juntas Soldadas

A inspeção da qualidade da solda pode ocorrer em diversos momentos e envolve diversas etapas, desde a preparação dos materiais, equipamentos, procedimentos, desenhos, normas, qualificação do executante, ensaios não destrutivos etc. Segundo Modenesi [7], resume-se de um modo geral em:

a) Inspeção antes da soldagem:

- procedimentos e qualificações;
- planos de fabricação e testes;
- especificação e qualidade do metal base;
- equipamentos de soldagem e auxiliares;
- consumíveis de soldagem;
- projeto e preparação das juntas.

b) Inspeção durante a soldagem:

- controle da montagem e ajuste das peças;
- qualidade das soldas de ponteamento;
- controle da distorção;
- conformidade com procedimentos de soldagem e planos de fabricação;
- controle da temperatura de pré-aquecimento e entre passes e métodos de medição;
- manuseio e controle dos consumíveis de soldagem;
- qualificação dos soldadores para as operações;
- limpeza entre passes e limpeza final da junta;
- inspeção não destrutiva (exame visual e, caso necessário, outros).

c) Inspeção após a soldagem:

- conformidade com desenhos e especificações;
- limpeza, inspeção não destrutiva;
- inspeção destrutiva (ensaios mecânicos);
- ensaios de operação;
- controle de reparos;
- controle de tratamento térmico após a soldagem e de outras operações;
- documentação das atividades de fabricação e inspeção.

2.3. Ultrassonografia Aplicada ao Diagnóstico de Falhas

Existem várias técnicas preditivas que permitem coletar dados com o equipamento em funcionamento ou

Copyright © 2022 ISESC

com o mínimo de interferência possível no processo de produção, possibilitando análise de tendência [8]. Uma técnica conhecida é o ensaio por ultrassom que detecta defeitos ou descontinuidades internas de materiais ferrosos ou não ferrosos [9].

A técnica por ultrassom utiliza sons com frequências muito baixas (< 20 Hz), ou muito alta (> 20.000 Hz), os quais são inaudíveis por humano. Antigamente, o som produzido pela batida do martelo em eixos ferroviários indicava se havia anomalia. Atualmente o ensaio é feito por aparelhos que medem a intensidade e a distância da origem aos pontos de reflexão de uma onda sônica aplicada na região que se deseja avaliar, como mostrado na Figura 2.

Não existe técnica preditiva que não possua limitações, portanto é preciso estudar cada caso e decidir qual técnica é mais apropriada. Para detecção de descontinuidades internas o ensaio por ultrassom, na maioria dos casos, é o mais indicado.

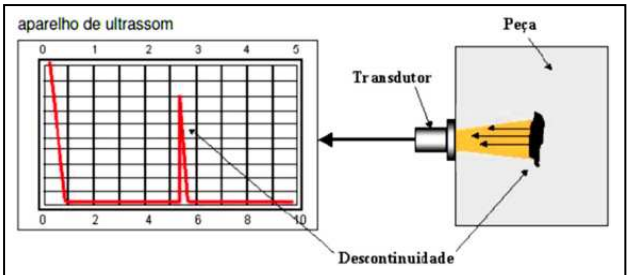


Figura 2. Representação do ensaio de ultrassom para detecção de defeitos internos [9].

Porém o ensaio por ultrassom também pode ser empregado em outras aplicações. Sensores ultrassônicos podem ser empregados para detectar a presença de sólidos ou líquidos quando colocados na trajetória do seu cone de detecção, como ilustrado na Figura 3. Assim é possível empregar esta técnica: para identificar vazamentos de ar comprimido e gases, vazamentos em conexões e circuitos hidráulicos, vazamentos em trocadores de calor, detecção de anomalias em instalações elétricas, monitoramento de rolamentos, controle de lubrificação de vários componentes, etc.

2.4. Técnicas de Recuperação e Reforço Estrutural

Toda a estrutura após a sua construção irá apresentar um grau de deterioração com o passar do tempo. A deterioração pode apresentar diferentes causas, desde erro de projeto até danos causados por agentes externos e não controlados.

A norma que rege os valores de referência da resistência nas estruturas de concreto é a NBR 6118 [12] e para estruturas metálicas é a NBR 8800 [13]. Esses valores estão ligados com à segurança de utilização da construção, ou seja, referentes à sua estabilidade e capacidade respeitando os critérios dos limites de utilização conforme a NBR citada. Quando a obra já apresenta sintomatologia perceptível através de inspeção visual, é determinante e necessário priorizar ações de recuperação da estrutura.

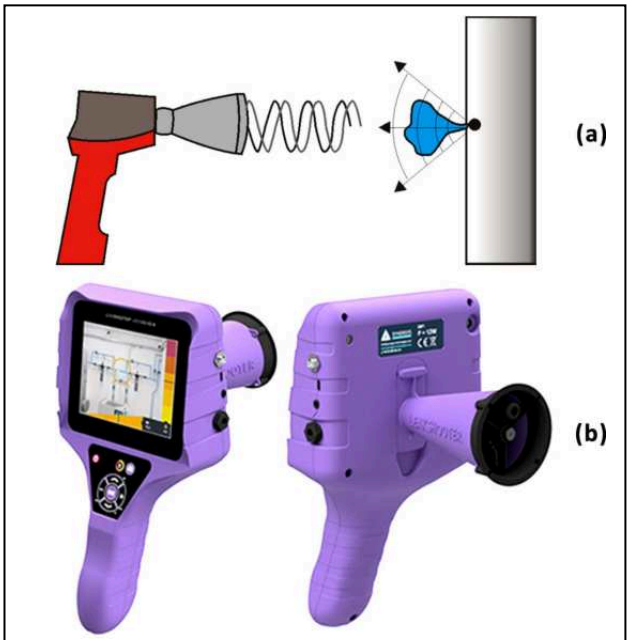


Figura 3. Ensaio de ultrassom para detecção de vazamentos: (a) representação [10] e (b) exemplo de equipamento [11].

2.4.1. Manifestações Patológicas em Estruturas Metálicas

A corrosão é um mecanismo de deterioração provocado pela interação do metal com o meio ambiente, cuja taxa de deterioração pode ser aumentada pela presença de cloretos, oxigênio dissolvido, dióxido de enxofre e outros contaminantes. Quando o desempenho de uma estrutura se tornar insatisfatório é necessária sua recuperação através de reparos estruturais de maneira que seja restabelecida sua condição segura de projeto. A Figura 4 apresenta um fluxo de ações para avaliação do desempenho de uma estrutura.

O engenheiro de confiabilidade deve ser capaz de analisar um cenário de deterioração encontrado em uma estrutura, e após uma avaliação técnica, apontar corretamente os reparos mais assertivos. Realizar reparos em estruturas de concreto sem a prévia avaliação e entendimento das condições da causa, podem se apresentar apenas como reparos paliativos, que apresentarão novamente a falha em um curto período.

Copyright © 2020 ISESC

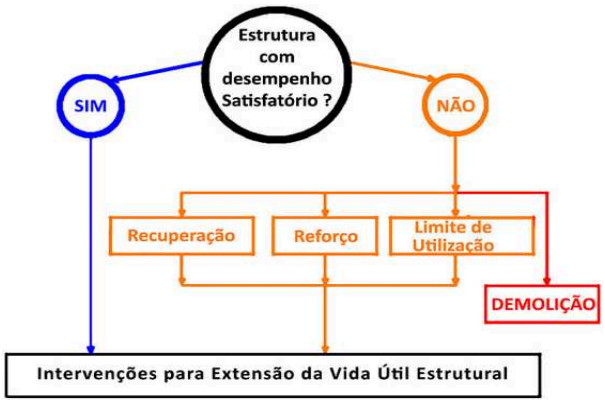


Figura 4. Hipóteses para solução de estruturas com desempenho insatisfatório, adaptado de [14].

A deterioração do concreto é um processo de entendimento complexo, e sua classificação pode ser subjetiva ao conhecimento do avaliador ou inspetor. Portanto, determinar as causas mais comuns, como sugeridas pelos autores como apresentadas na Tabela 3, assim como a sua sequência, pode auxiliar neste processo.

Tabela 3. Classificação das principais causas de deterioração de concreto

Principais Causas	
Cargas acidentais	Erros de construção
Corrosão de metais incorporados	Erros de projeto
Erosão	Abrasão
Cavitação	Congelamento e descongelamento
Encolhimento	Secagem
Alterações de temperatura	Fogo
Gerado internamente	Gerado externamente
Reações Químicas	
Ataque ácido	Ataque agressivo de água
Reação em rocha de álcali-carbonato	Reação alcalino-sílica
Ataque químico variado	Ataque de sulfato

2.4.2. Mecanismos de Deterioração de Estruturas

Os danos de deterioração nas estruturas são provocados por alguns mecanismos que comprometem as condições recomendadas de resistência e durabilidade. Esses mecanismos estão relacionados com as cargas existentes e atuantes nas estruturas, e podem ser classificados em Cargas Acidentais e Reações Químicas.

Cargas Acidentais: podem ser caracterizadas como de curta duração, eventos únicos, como o impacto de um veículo em uma coluna ou parede, ou um terremoto. Essas cargas podem gerar tensões maiores que a força do concreto, resultando em falha localizada ou geral. Os danos causados por carregamento acidental geralmente são fáceis diagnosticar.

Reações Químicas: esta categoria inclui várias causas específicas de deterioração que exibem uma grande variedade de sintomas. Reações químicas deletérias podem ser classificadas como aquelas que ocorrem como resultado de produtos químicos externos atacando o concreto (ácido, água agressiva, produtos químicos diversos ou sulfatos) ou aqueles que ocorrem como resultado de reações químicas internas entre os constituintes do concreto (reações de rocha alcalina-sílica e rocha alcalina-carbonato).

2.4.3. Proteções contra a deterioração do concreto das armaduras

Quando se avalia a proteção contra a deterioração do concreto das armaduras, têm-se algumas opções que devem ser levadas em consideração:

- Inibidores de corrosão: São substâncias que, quando em concentração e dosagem adequados podem minimizar os danos provocados pela corrosão na armadura do concreto através da passivação.
- Tinta epóxi: A pintura deve cobrir toda a armadura de modo uniforme e com espessura adequada, sem comprometer a aderência entre a armadura e o concreto; ser resistente; ter boa aderência à superfície da armadura; ser flexível o suficiente para permitir dobras da armadura. A espessura recomendada para a aplicação desse tipo de proteção está entre 180 e 300 µm.
- Galvanização da armadura: esse tipo de armadura tem a vantagem da possibilidade de aplicação em elementos delgados e do incremento do período de iniciação da corrosão. Mesmo que ocorra a corrosão em armaduras galvanizadas, a camada de zinco corrói a taxas menores, o que proporciona uma vida útil mais prolongada.
- Armaduras especiais: Entre as armaduras especiais, é possível citar as armaduras de aço inoxidável e as armaduras não metálicas, como as de fibra de vidro, fibra de carbono, fibra de basalto etc. Os dois tipos de armadura representam opções para ambientes com elevada agressividade.

Copyright © 2022 ISESC

- Proteção Catódica: é uma técnica que pode ser executada de duas maneiras: a proteção catódica por ânodos de sacrifício e a proteção catódica por corrente impressa. Essas técnicas são mais utilizadas em ambientes fortemente agressivos.

O método mais econômico e eficaz de proteção da armadura é projetar e executar uma dosagem de concreto associada a um cobrimento da armadura adequados à agressividade ambiental à qual a estrutura estará exposta.

Os tratamentos superficiais para o concreto têm o objetivo de dificultar a entrada dos agentes agressivos no seu interior e, portanto, prolongar a vida útil da estrutura, permitindo que o concreto "respire". Os tipos mais comuns de tratamentos superficiais são as pinturas, os hidrofugantes e os bloqueadores de poros.

2.4.4. Procedimentos e boas práticas em estruturas

Os danos e manifestações patológicas em estruturas são decorrentes de várias causas que podem ser evitadas através de boas práticas no projeto, construção e execução da obra. A falta de padrão ou procedimentos adequados na etapa de construção pode acarretar danos como *honeycombing*, quando a pasta de cimento não preenche os vazios entre o agregado. Esse dano geralmente é causado por fatores como vibração durante a aplicação do concreto, colocação inadequada do concreto, mistura excessiva do concreto, entre outros fatores.

Outro dano comum causado na fase de construção é a Junta Fria, ilustrada na Figura 5. Este defeito ocorre quando o concreto é interrompido, de maneira intencional ou não, e quando completado novamente, a força durante a secagem pode não acontecer de forma igual entre as superfícies. Como consequência, as juntas frias permitem a intrusão de umidade na seção de concreto.



Figura 5. Junta Fria em estrutura de concreto [15].

2.4.5. Materiais para reparo

A escolha dos materiais corretos para o reparo só será possível após as fases de conhecimento e compreensão dos fenômenos causadores da falha. Por esse motivo o engenheiro responsável deve avaliar as causas de deterioração e os requisitos apresentados pelo contratante do reparo como vida útil pretendida, aparência e necessidades de utilização da estrutura durante a reabilitação.

Para uma escolha realmente assertiva, é necessário também dominar como os novos compostos responderão as condições de aplicação do serviço previsto. Nem sempre haverá um material que irá satisfazer com plenitude todas as necessidades referentes ao concreto a ser reparado. Não se recomenda selecionar materiais de reparo baseado em nome comercial e fabricantes. O correto é selecionar um material ou produto com base nas propriedades necessárias para o reparo.

As propriedades devem ser estipuladas como necessidades básicas ou especiais. As propriedades básicas são aquelas essenciais para uma reparação fundamentalmente sólida. Propriedades especiais são aquelas que podem agregar no desempenho do material e aumentar a durabilidade em um conjunto específico de carga. Já as propriedades que não são necessárias não devem ser consideradas, pois um comprometimento nas propriedades básicas para ajustar o desempenho de uma propriedade especial pode acarretar risco de falha no reparo executado.

2.4.6. Práticas Típicas de Reparo

O êxito do reparo de concreto será reflexo do reconhecimento adequado da situação que gerou o dano, levando em consideração a combinação de elementos de engenharia, exposição da estrutura, consuntibilidade, custo e tempo. Dessa forma, será possível definir os melhores recursos disponíveis no mercado e na indústria.

Deve-se observar entre outros fatores o método de instalação do material de reparo; as suas propriedades como resistência à compressão, resistência de união, resistência ao cisalhamento, módulo de elasticidade, baixa permeabilidade e outras características que também podem ser especificadas. A definição de um método de reparo deve seguir a seguinte ordem:

- Selecionar o método de aplicação que coloque com sucesso o material de reparo no concreto existente.
- Revisar as características físicas e os requisitos de aplicação do material de reparo, garantindo a consuntibilidade do material selecionado.
- Alterar o material ou método de aplicação conforme necessário para favorecer o reparo.

Por fim, para parâmetros de controle de qualidade, é importante se atentar a itens como condições de trabalho, qualificação e experiência do contratado para o reparo, o

Copyright © 2020 ISESC

material concreto existente e o projeto da estrutura existente e do reparo.

3. Conclusões

Muitos dos problemas que ocorrem em estruturas poderiam ser evitados caso houvesse maiores cuidados na elaboração dos projetos, na especificação e utilização dos materiais, na utilização adequada da estrutura e na sua manutenção. A manutenção, quando feita adequadamente, é fator primordial para manter ou conservar o bom estado de qualquer ativo. Ela não pode ser deixada em segundo plano, pois as estruturas necessitam de cuidados para manter o desempenho da edificação. Sua falta ou falha pode resultar em graves riscos à saúde das pessoas e prejuízos enormes.

O prolongamento da vida útil das estruturas depende diretamente das decisões tomadas pelos proprietários e, desta forma, o presente artigo trouxe alguns conceitos e métodos de inspeção, análise de estruturas e juntas soldadas, bem como diversas técnicas preditivas utilizadas na detecção de falhas.

Esses métodos de inspeção, análise e técnicas preditivas quando utilizados em conjunto, nos possibilitam obter um maior conhecimento sobre o problema e consequentemente nos norteiam para selecionar o melhor método de recuperação ou reforço estrutural a ser realizado.

Referências

1 ASME PCC-2. **Repair of Pressure Equipment and Piping**. American Society of Mechanical Engineers, 2022.

2 PRAVIA, Z. M. C., BETINELLI, E. A. **Falhas em Estruturas Metálicas: Conceitos e Estudos de Casos**. Curso de Engenharia Civil da FEAR –UPF. Disponível em:<Portal metálica>. Acesso em 22 abr. 2022.

3 SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Ed. Pini, 1998.

4 AMERICAN WELDING SOCIETY. **Welding Handbook. Welding Processes** – volume 2. Miami: AWS, 1991.

5 GUIMARÃES, J. B. **Análise de parâmetros de soldagem pelo processo convencional com arame tubular**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2016. Disponível em: < https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7314/1/CP_COEME_2016_1_09.pdf>. Acesso em: 25 janeiro 2022.

6 ZIEDAS, S.; TATINI, I. **Soldagem** – Coleção Tecnologia – Senai, 1ª ed., São Paulo, 1997, p.373 a 385.

7 MODENESI, P. J. Descontinuidades e inspeção em juntas soldadas. Belo Horizonte, 1 out. 2001. Disponível em: <https://old.foundrygate.com/upload/artigos/Descontinuidades%20e%20Inspe%C3%A7%C3%A3o%20de%20Juntas%20Soldadas.pdf>. Acesso em: 28 janeiro de 2022.

8 OTANI, M.; MACHADO, W. V. A Proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Paraná, **Revista Gestão Industrial**, 2008, V. 4 (2): 01-16.

9 ANDREUCCI, R. **Ensaio por ultrassom: aplicação industrial**. 1 ª ed. São Paulo : ANDREUCCI, Assessoria e Serviços Técnicos Ltda. 2011. Disponível em: <https://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/US_maio-2014%20(1).pdf>. Acesso em: 3 fevereiro de 2022.

10 DINDORF R, WOS P. Test of measurement device for the estimation of leakage flow rate in pneumatic pipeline systems. **Measurement and Control**. 2018;51(9-10):514-527. https://doi.org/10.1177/0020294018808681.

11 LEAK DETECTION, NDT, NEWS, SYNERGYS, ULTRASONIC TESTING. LKS1000. **Ultrasonic Leak Detector Just Got Faster and Easier**. LEAKSHOOTER®. Berg Engineering & Sales Company, Inc. Disponível em: < https://www.bergeng.com/blog/ultrasonic-leak-detector-got-faster-easier/>. Acesso em: 20 fevereiro de 2022.

12 ABNT NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. ABNT/CB-002 Construção Civil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.

13 ABNT NBR 8800:2008. **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. ABNT/CB-002 Construção Civil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

14 LANG, G. Fundamentos das Manifestações Patológicas nas Construções. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Edição 9. Ano 02, Vol. 05. pp 5-16, Dezembro de 2017.

15 LADRAS, E. D. **Supervisión de Estructuras de Concreto: Juntas de construcción**. Instituto Tecnológico de Villahermosa. Disponível em: <https://edgardodlconcreto.weebly.com/17-juntas-de-construccioacuten.html>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2022.

Copyright © 2022 ISESC