

Patologia de estruturas hidráulicas

LEANDRO FILGUEIRAS - GER. TÉC. - <https://orcid.org/0009-0002-4525-4672> (leandro.filgueiras@gmaia.com.br);
LARISSA XAVIER - AUX. GER. TÉC. - <https://orcid.org/0009-0006-6000-7214> | CONSTRUTORA GMAIA

RESUMO

ESTE ARTIGO TEM POR FINALIDADE IDENTIFICAR OS ASPECTOS RELACIONADOS À DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE SANEAMENTO, CONSIDERANDO ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA), ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) E ELEMENTOS CORRELACIONADOS. ESSAS ESTRUTURAS ESTÃO SUJEITAS À ALTA AGRESSIVIDADE DO MEIO EM QUE ESTÃO INSERIDAS, SOFRENDO ATAQUES PERMANENTES RELACIONADOS À ABRASÃO, PRODUTOS QUÍMICOS, pH E PRESENÇA DE GASES DIVERSOS GERADOS PELA INTERAÇÃO DO PRÓPRIO SISTEMA. A AÇÃO DESSES AGENTES EM CONTATO DIRETO COM AS ESTRUTURAS DAS ESTAÇÕES E TUBULAÇÕES, COMBINADO AOS CICLOS DE MOLHAGEM E SECAGEM, TEM O POTENCIAL PARA DESENVOLVER DIVERSAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.

DENTRE OS PROBLEMAS HÁ, POR EXEMPLO, FISSURAS, INFILTRAÇÃO, DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO, CORROSÃO DAS ARMADURAS, DESINTEGRAÇÃO DO CONCRETO POR PRESENÇA DE SULFATOS, EXPANSÃO, DENTRE OUTROS. ASSIM, PARA GARANTIR O DESEMPENHO ESPERADO DO SISTEMA DE SANEAMENTO DURANTE SUA VIDA ÚTIL, FAZ-SE NECESSÁRIA A ADOÇÃO DE UM CONJUNTO DE PROCEDIMENTOS NAS ETAPAS DE CONCEPÇÃO, EXECUÇÃO, UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO COM O INTUITO DE GARANTIR A DURABILIDADE E ESTANQUEIDADE ESTRUTURAL.

PALAVRAS-CHAVE: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, DETERIORAÇÃO, SANEAMENTO, CORROSÃO.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de saneamento básico que atende aos municípios brasileiros é composto, de maneira geral, por tubulações coletoras, estações elevatórias e de recalque, além de estações de tratamento de água (ETAs) e esgoto (ETEs). O ambiente dessas estruturas é classificado como um dos mais agressivos para os materiais que a constituem, não somente pela agressividade do meio, mas também por processos construtivos incorretos nas fases iniciais do projeto, com inobservâncias de prerrogativas normativas e execução sem controle de qualidade adequado.

A exposição do concreto à ação de esgoto sanitário em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) de digestão anaeróbica configura um ambiente de alta agressividade. O microclima formado contém considerável concentração de ácido sulfúrico biogênico, responsável pela degradação da estrutura. Apesar do ambiente das ETEs já ser conhecido, a diversidade de identificação dos processos de degradação e os compostos formados são primordiais para dar suporte e meios de intervir nos danos causados, seja no caso de novas estruturas a serem projetadas, seja no caso da necessidade de manutenção e recuperação das estruturas já existentes e em funcionamento.

Segundo Cánovas (1988), patologia é a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e origens dos defeitos das obras. Em certos casos, há possibilidade de um diagnóstico apenas por meio da visualização. No entanto, há casos mais complexos, sendo necessária uma investigação do projeto e das cargas a que foi submetida a estrutura, analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta manifestação patológica reage diante de determinados estímulos.

A patologia das edificações é o ramo da engenharia responsável pelo estudo das causas e problemas nas estruturas, enquanto a manifestação patológica é a expressão desses problemas encontrados nas edificações.

França *et al.* (2011) elucida a compreensão do emprego de ambos os termos, da seguinte forma:

“Uma fissura encontrada em uma edificação não seria uma patologia (uma vez que esta é a ciência que estuda este tipo de problema), mas sim uma manifestação patológica, ou seja, um sintoma que indica um mecanismo de degradação (doença), o qual poderia estar acontecendo (causa) por conta de um

processo de corrosão de armaduras, ou por deformação excessiva da estrutura, etc.”

Para aumentar as chances de acerto na escolha dos sistemas de proteção e reparo, é importante entender como funcionam os mecanismos de degradação preponderantes ao concreto e ao aço. Por isso, será feita uma breve descrição dos processos relacionados às manifestações patológicas mais comuns no meio do saneamento.

2. MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

2.1 PREPoderantes DO CONCRETO

Lixiviação: Este mecanismo de degradação acontece principalmente em lajes de teto dos reservatórios, em fissuras e juntas de concretagem. Ocorre, por ação das águas puras, carbônicas, agressivas e ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento. Acontece, nas lajes, tanto pela falta de impermeabilização da face superior, quanto pela condensação da água do próprio reservatório na face inferior. Pode provocar o desenvolvimento de fungos e bactérias. Como consequência, nota-se a redução do pH do extrato aquoso dos poros do concreto com risco de despassivação da armadura (SOUZA, 2008).

Expansão por ataque de sulfetos: Este processo de degradação é recorrente em ETEs e tubulações de esgoto feitas em concreto. A expansão é a degradação provocada por compostos de enxofre presentes no esgoto residencial, que atacam tanto a matriz hidratada do cimento, em um primeiro momento, quanto às armaduras após a perda do revestimento protetor. A corrosão do concreto acontece, principalmente, pela formação de sulfato de cálcio, que provoca uma série de reações, onde o produto final da reação tem volume de até mil vezes o volume inicial, provocando assim a fissuração e a degradação do concreto

de cobrimento, em contato direto com o meio, expondo as armaduras aos agentes agressivos. (MAIA; CAMARGOS, 2012).

2.2 Preponderantes à armadura

Despassivação por carbonatação:

Ocorre em todo tipo de estrutura de concreto, se agravando nas áreas industriais e grandes centros urbanos devido a geração de CO_2 . Durante a hidratação do concreto, o hidróxido de cálcio $\text{CA}(\text{OH})_2$ é produzido. Este, juntamente com a pasta de cimento, gera uma solução aquosa de pH aproximadamente 13. Esta solução extremamente alcalina cria uma camada passiva em torno da armadura, que previne sua corrosão, mesmo que estes sejam expostos ao oxigênio e à umidade (no entanto não previne se exposto a cloretos).

É importante lembrar que a carbonatação é um processo de deterioração que ataca as armaduras, porém, para o concreto, este é um processo de aumento da densidade e resistência. Este é o motivo pelo qual se busca o aumento das coberturas de recobrimento das armaduras, pois, com recobrimentos maiores, a frente de carbonatação se estabilizaria (Figura 1) antes de atingir a camada de passivação das armaduras (MAIA; CAMARGOS, 2012).

Despassivação por elevado teor de íon

Cloro (Cloreto): Penetração do cloreto através dos poros do concreto ou fissuras, por difusão, impregnação ou absorção capilar que, ao superarem um certo limite de concentração em relação à concentração de hidroxilas nos poros do concreto, despassivam a superfície do aço, instalando a corrosão. Eventualmente, os cloretos podem ser introduzidos no concreto em seu amassamento, através de excesso de aditivos endurecedores ou juntamente com os agregados do concreto (MAIA; CAMARGOS, 2012).

Despassivação por ataque ácido: Em ambientes com alto teor de sulfetos, após a expansão do concreto e a perda do cobrimento protetor das armaduras, acontece a corrosão das mesmas pela ação das bactérias e do ácido sulfúrico (MAIA; CAMARGOS, 2012).

Vazamento em ETA: Preocupação constante nas estruturas em contato com água, mas não menos recorrentes, são os vazamentos que vêm sendo combatidos com todo o esforço, no intuito de reduzi-

rem as perdas de água tratada e os danos causados pelos mesmos à estrutura, através do processo de degradação por lixiviação. Os vazamentos nas estruturas ocorrem, principalmente, através de juntas de dilatação, fissuras, juntas de concretagem e brocas (Figura 2).

Já nas estruturas das ETEs (estação de tratamento de esgoto) os problemas mais frequentes, apesar do pequeno tempo de uso deste tipo de estrutura no Brasil, são decorrentes dos gases formados pelo esgoto doméstico (MAIA; CAMARGOS, 2012).

3. COBRIMENTO DAS ARMADURAS

A norma atual para concreto armado (ABNT NBR 6118:2014) tem recomendado acertadamente um maior recobrimento de proteção das armaduras (35 a 45mm) e um aumento da resistência dos concretos (35 a 40 MPa) nos meios de agressividade forte ou muito forte, no intuito de se garantir uma maior durabilidade das estruturas, pois um concreto com maior resistência apresenta uma maior compactidade e por consequência, menor porosidade, o que protege as armaduras do ataque de agentes agressivos. Um maior recobrimento é indicado para garantir uma maior espessura de proteção

EVOLUÇÃO DA CARBONATAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO (Genérico)

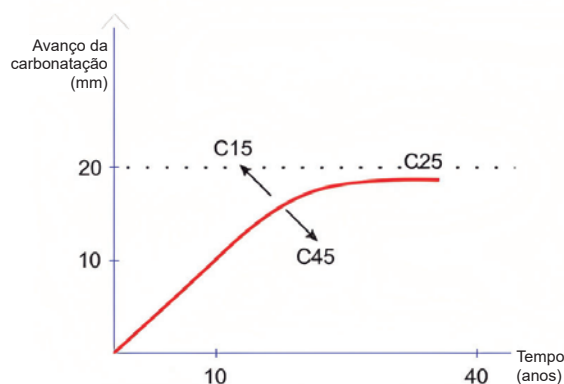


FIGURA 1

RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NO SANEAMENTO

FONTE: CINPAR, 2009

para que, mesmo à longo prazo, os mecanismos de agressividade se estabilizem, assim como vimos no gráfico da Figura 1 relativo à carbonatação.

Portanto, é sempre necessário considerar tratamentos específicos para fissuras, brocas e juntas de concretagem, caso não seja especificada uma proteção geral à estrutura. É ainda importante colocar que fissuras por ação de cargas, independente dos cuidados de concretagem e cura, vão ocorrer em concretos com altas resistências, módulo de elasticidade e aços de elevada resistência como CA-50 e CA-6 (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

4. AÇÃO DE AGENTES BIOQUÍMICOS EM ESTRUTURAS DE SANEAMENTO

O ataque ácido e a carbonatação são fatores iniciais de degradação das estruturas



FIGURA 2

EXEMPLOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZADAS NO SANEAMENTO

FONTE: RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NO SANEAMENTO — CINPAR 2009

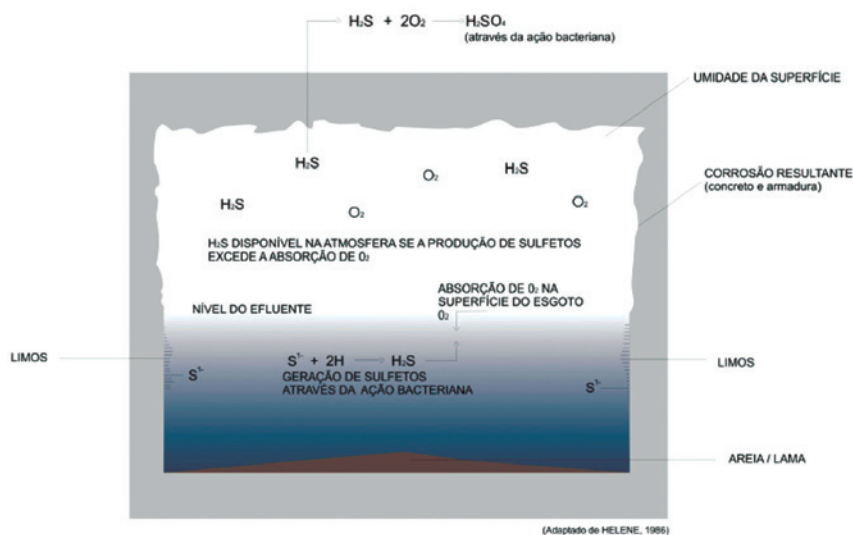


FIGURA 3

PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DE ESTRUTURAS

FONTE: RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NO SANEAMENTO — CINPAR 2009

por ácido sulfúrico biogênico, já que reduzem o pH da solução aquosa dos poros para que ocorra a colonização de bactérias oxidantes (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

Segundo Santos (2012), a contínua dissolução de sulfeto de hidrogênio entre os poros do concreto que se encontram acima no nível do efluente (em $pH \leq 3,0$) incita a formação de enxofre elementar, que é oxidado ao sulfato graças à atividade microbiana.

O microclima formado acima do nível do esgoto se caracteriza pela presença de anidrido carbônico, sulfeto de hidrogênio e oxigênio, componentes preponderantes para a atividade microbiana, além da água

e de nutrientes. A maior disponibilidade destes últimos ocorre na região logo acima no nível do efluente, já que nesta há a influência da zona de respingos, a flutuação da carga de esgoto (imersão periódica) e a ação capilar da água. Assim sendo, os poros do concreto localizados imediatamente acima do nível do efluente propiciam condições adequadas para a ação das bactérias, já que disponibilizam água e nutrientes, além de apresentar maior pH em virtude da redução da concentração de ácido em solução pela ação da água do esgoto. Portanto, a degradação do concreto na região adjacente ao nível do efluente é mais acentuada que as demais regiões e desprezível

na região submersa (Mori *et al.*, 1992). Na Figura 3, é possível visualizar o comportamento bioquímico que induz a deterioração do concreto (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

5. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETES)

A ocorrência de manifestações patológicas possui origem diversa, fato que incide no aparecimento de diferentes sintomas e mecanismos de deterioração. Para melhor exploração dos problemas que ocorrem nas estruturas, a Figura 4 apresenta as ocorrências que incidem de maneira frequente e a Tabela 1, os fatores determinantes da corrosão de armaduras, conforme a literatura.

Considera-se erosão a passagem de líquido contendo partículas sólidas em suspensão, ocasionando o desgaste superficial do concreto e a remoção da pasta superficial de cimento, o carreamento do agregado miúdo e a exposição do agregado graúdo (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

6. TECNOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS

Dentre as tecnologias de recuperação e proteção de estruturas de concreto armado atualmente disponíveis, citam-se:

Concreto ou argamassa projetada:

A técnica de concreto projetado é bastante utilizada nos processos de recuperação estrutural e reforço. Consiste em se conduzir, através de uma mangueira, concreto ou argamassa, projetando-o em alta velocidade (acima de 120 m/s). A força do jato de concreto, ao encontrar a superfície de base, comprime o material mantendo-o autoaderido.

A superfície que vai receber o concreto pode estar na vertical, inclinada ou horizontal. Deve-se ter atenção a percentagem de material refletido. Existem dois tipos de processos relacionados a esta técnica: via seca e via úmida (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

Argamassa polimérica:

No intuito de se recuperar o recobrimento original do concreto e melhorar as características de proteção da armadura, tem-se utilizado, com bastante frequência, argamassas poliméricas industrializadas. O material pode

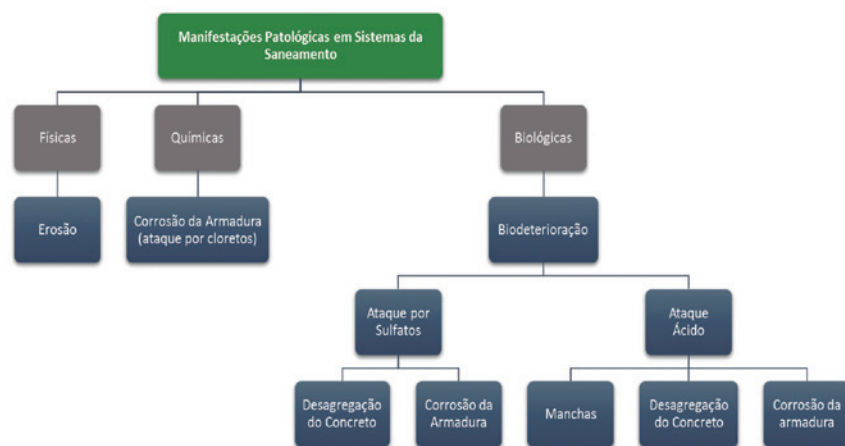


FIGURA 4

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS TÍPICAS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

TABELA 1

FATORES DETERMINANTES DA CORROSÃO EM CONCRETOS

Fatores mecânicos	Fatores físicos	Fatores biológicos	Fatores químicos
Entre os fatores mecânicos, as vibrações podem ocasionar fissuras no concreto, possibilitando o contato da armadura com o meio corrosivo. Líquidos em movimento, principalmente contendo partículas em suspensão, podem ocasionar erosão no concreto, com o seu consequente desgaste. A erosão é mais acentuada quando o fluido em movimento contém partículas em suspensão na forma de sólidos, que funcionam como abrasivos, ou mesmo na forma de vapor, como no caso de cavitação.	Os fatores físicos, como variações de temperatura, podem ocasionar choques térmicos com reflexos na integridade das estruturas. Variações de temperatura entre os diferentes componentes do concreto (pasta de cimento, agregados e armadura), com características térmicas diferentes, podem ocasionar microfissuras na massa do concreto que possibilitam a penetração de agentes agressivos.	Os fatores biológicos, como microrganismos, podem criar meios corrosivos para a massa do concreto e armadura, como aqueles criados pelas bactérias oxidantes de enxofre ou de sulfetos, que aceleram a oxidação dessas substâncias por ácido sulfúrico.	Os fatores químicos estão relacionados com a presença de substâncias químicas nos diferentes ambientes, normalmente água, solo e atmosfera. Entre as substâncias químicas mais agressivas devem ser citados os ácidos, como sulfúrico e clorídrico. Os fatores químicos podem agir na pasta de cimento, no agregado e na armadura de aço-carbono.

FONTE: MIOTTO apud ARIVABENE (2010)

ser aplicado projetado ou manualmente. As principais características deste sistema são: a redução de água da mistura para se obter uma boa trabalhabilidade; a baixa permeabilidade; elevadas resistências à compressão e a boa aderência a substratos devidamente preparados (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2012).

Juntas de dilatação pré-formadas de neoprene aderida com epóxi: Conforme dito anteriormente, as juntas de dilatação em estruturas de concreto armado no saneamento geram problemas críticos de vazamento e degradação. As juntas de dilatação são normalmente tratadas preventivamente pelo sistema *fungenband* (Figura 5a), que, em algumas vezes, não é efetivo para a vedação dos líquidos presentes nas estruturas, seja por motivo de má aplicação (falta de vibração em torno das abas ou mau posicionamento da junta), seja por elevada movimentação da estrutura, rompendo assim o perfil e/ou o concreto em torno deste. Nestes casos, as recuperações têm sido executadas com o uso do sistema de colagem de perfil de neoprene extrudado com resina epoxídica (Junta Tipo *Jeene* - Figura 5b). Assim como os outros sistemas apresentados anteriormente, o sistema de reparo funciona efetivamente, desde que sejam seguidos os detalhes de preparação de superfície, cuidados necessários na aplicação, assim como os cuidados para garantir a impermeabilidade do concreto na região de colagem do perfil.

Revestimento com cimento polimérico - (baixas espessuras): O sistema de impermeabilização com cimentos poliméricos industrializados tem sido utilizado para a proteção e impermeabilização de estruturas de reservatório e ETAs. Na Alemanha, a DVGW - "Associação Científica e Técnica Alemã Para Gás e Água - Comitê de Reservação de

Água" publicou um manual de requerimentos básicos para o uso de produtos à base de cimento em reservatórios, onde indica que a utilização deste tipo de revestimento para impermeabilização ou proteção de estruturas de concreto deve seguir uma série de requerimentos, entre os quais:

- ▶ Espessura mínima de 5 mm para argamassas, com tamanho da partícula máxima de 1mm; e
- ▶ Espessura entre 5-15 mm para argamassa projetada, com tamanho de partícula máxima de 2-4 mm (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2012).

7. SISTEMAS ATUAIS DE RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS

Dentre os sistemas de recuperação e proteção de estruturas atualmente disponíveis, citam-se:

Revestimento mineral de alta resistência química para impermeabilização e proteção das estruturas: O sistema consiste na aplicação de um revestimento mineral modificado sinteticamente, aplicado manualmente (com ponte de ade-

rência) ou projetado (diretamente sobre a estrutura preparada). Tem espessura de camada final mínima de 5mm e máxima de 10mm. O sistema tem grande versatilidade, já que possui altas resistências às substâncias agressivas e à abrasão, boa impermeabilidade e permite a difusão de vapor d'água (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2012).

Proteção superficial à base de silicato polimérico: Argamassa de silicatos alcalinos poliméricos de alta aderência a substratos minerais pode ser aplicada manualmente ou projetada em uma espessura entre 8 e 12 mm. Apresenta gel de silicatos amorfos ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) dentro da matriz endurecida, de forma que sua aderência, durabilidade e estabilidade dimensional a torna apta para a proteção contra os gases formados pelo esgoto doméstico nas áreas em contato com gases das estações de tratamento de efluentes (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2012).

Tratamento químico impermeabilizante de alta penetração: O tratamento químico cristalizante tem por objetivo impermeabilizar e proteger as estruturas de concreto armado. Aplicado sobre o concreto, o

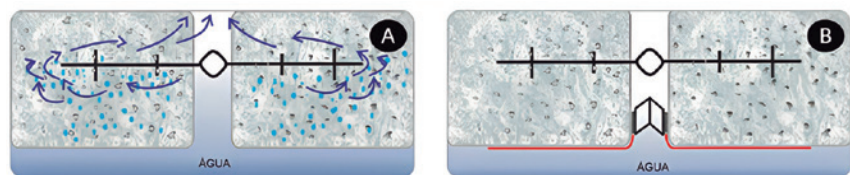


FIGURA 5

POSSÍVEIS PROBLEMAS CAUSADOS PELA CONCRETAGEM E POSSÍVEL SOLUÇÃO DE INTERVENÇÃO

FONTE: RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NO SANEAMENTO — CINPAR 2009

tratamento é capaz de gerar formações cristalinas profundas, tornando-se parte integrante do mesmo e formando uma barreira definitiva que sela os poros e capilaridades, impedindo a penetração da água, mesmo sob altas pressões hidrostáticas.

Tratamento com recuperação estrutural: O tratamento estrutural visa recompor as condições iniciais de suporte da estrutura e dos esforços resistentes do concreto estrutural. Para que a estrutura volte a ser monolítica, é necessária a injeção de materiais de altas resistências mecânicas nas fissuras das peças. Esses materiais são rígidos ou dúcteis e, portanto, não podem ser aplicados em fissuras ativas. Resinas à base de epóxi, poliuretano estrutural e microcimento são os materiais disponíveis atualmente para essa finalidade (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

Selamento de fissuras: O selamento de fissuras visa impedir a entrada de agentes agressivos na estrutura como: água, cloreto, gás carbônico (CO₂), sulfatos, dentre outros. Os materiais disponíveis para selamento são resinas à base de poliuretano, os quais são encontrados na versão hidroativada, para injeção em fissuras com fluxo d'água, e resinas de poliuretano flexível para promover um selamento definitivo. Não é indicado para o selamento definitivo a injeção, somente de poliuretano hidroativado (espuma), ou seja, quando necessária a aplicação de poliuretano hidroativado para selar provisoriamente o fluxo de água, o poliuretano flexível deve ser injetado, no mesmo local, como um complemento do sistema (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

Selamento de juntas de dilatação: O selamento de juntas de dilatação visa o preenchimento total do vazio entre as peças e em torno da *funkenband* para propiciar a estanqueidade e proteção (Figuras 20 a 22). O material mais indicado para este tipo de tratamento é o Gel Acrílico Polimérico que alia uma ótima aderência ao concreto à grande flexibilidade (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

Impermeabilização (áreas): A impermeabilização ainda é um avanço recente dos sistemas de injeção que vem sendo adotada, cada vez mais, nas obras subterrâneas. Trata-se da injeção de uma resina à base de gel acrílico, também conhecida como hidroestrutural, na parte posterior das estruturas de concreto, em grandes áreas. O material injetado forma uma membrana flexível em pouco tempo, devido ao curto tempo de reação, impermeabilizando estruturas abaixo do lençol freático (BERTOLINE, 2006; MEHTA; MONTEIRO, 2008; SANTOS; 2012).

8. CONCLUSÕES

Observa-se que em sistemas submetidos à agressividade física, química e biológica, é necessário realizar de forma adequada as etapas de concepção, execução e manutenção das estações e demais sistemas ligados ao saneamento. Para isso, pode-se dizer que o projeto deve ser feito dentro dos parâmetros estabelecidos por normas e pela literatura. Dessa forma, é possível diminuir as perdas físicas e financeiras decorrentes de fatores que não estavam previstos inicialmente.

Diversos fatores, como carbonatação, contaminação por cloretos, corrosão de armaduras, eflorescência, biodeterioração

mostram a ampla gama de manifestações patológicas que esses ambientes têm como potencialidade de causa. Identificar e entender os mecanismos, sintomas, as causas e origens dos defeitos das obras é essencial para estar à frente dos problemas e aplicar procedimentos assertivos com tecnologia adequada, rápida e eficiente. Nestes casos, é de grande importância uma investigação do projeto, das cargas e resíduos os quais a estrutura teve contato, além de analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra.

Um item importante, no longo prazo, são as manutenções e inspeções posteriores ao tratamento, garantindo a durabilidade dos reparos e investigação para identificar alguma manifestação patológica ainda na fase insipiente.

Os sistemas de impermeabilização, proteção e recuperação, têm-se desenvolvido com uma velocidade muito grande, em decorrência do empenho de fabricantes de materiais e pesquisas relacionadas a esse tema. Os materiais de injeção, por exemplo, têm se tornado cada vez menos viscosos e mais eficientes para o preenchimento de fissuras e vazios.

Fica claro, por meio das informações apresentadas, que os sistemas de proteção, recuperação estrutural e impermeabilização de estruturas de concreto no saneamento estão exigindo, a cada dia, mais especialização e maior conhecimento de todos os profissionais envolvidos. Serão exigidos capacitação e conhecimento por parte dos projetistas, empresas de aplicação, técnicos de campo e mão de obra, de forma que todo este conjunto possa lograr os resultados de eficiência e durabilidade esperados. ☺

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CÂNOVAS, F. M.. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo: PINI, 1988.
- [2] MORI, T.; NONAKA, T.; TAZAKI, K.; KOGA, M.; HIKOSAKA, Y.; NODA, S. Interactions of nutrients, moisture and pH on microbial corrosion of concrete sewer pipes. *Water Research*, V. 26, No. 1, p. 29-37, 1992.
- [3] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [4] MAIA, G. F.; CAMARGOS, C.A. Recuperação de estruturas de concreto no saneamento. *Obras de Saneamento*. São Paulo: IBRACON Concreto & Construções, 2007.
- [5] BERTOLINE, L. Materiais de construção: Patologia, reabilitação e prevenção. Apresentação Paulo Helene. Editora Oficina de Textos: São Paulo, 2006.
- [6] SANTOS, M. R. G., Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso. 2012. 122f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/88.pdf>>.
- [7] ARIVABENE, A. C. Patologias em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso. *Ipog - Especialize*, Vitória, v. 1, n. 10, p.1-22, dez. 2010.
- [8] SOUZA, M. F. (2012). Patologias Ocasionadas Pela Umidade Nas Edificações. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG.
- [9] CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS. Instituto Brasileiro do Concreto: Curitiba, 2009.