PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE PONTES EM CONCRETO ARMADO DO MUNICÍPIO DE BRUSQUE (SC) SOBRE O RIO ITAJAÍ-MIRIM

PATHOLOGIES IN STRUCTURES OF BRIDGES IN REINFORCED CONCRETE OF THE MUNICIPALITY OF BRUSQUE (SC) ABOUT THE ITAJAÍ-MIRIM RIVER

M.A. de SOUZA
Engenheiro Civil
UNIVALI/SC
Santa Catarina/Brasil
maicon.souza@unifebe.edu.br

O.BALONI
Engenheiro Civil
UNIFEBE/SC
Santa Catarina/Brasil
odairdinamik@hotmail.com

RESUMO

Tendo em vista a importância de uma ponte para a mobilidade urbana e o contexto social no qual ela está inserida, não só como obra de arte propriamente dita, mas como um elo de ligação de prosperidade humana, seu estudo foi relizado devido à importância de uma correta execução para a minimização de problemas patológicos que ocorrem no decorrer de sua vida útil. Na presente pesquisa foi realizada uma análise técnica e profunda pesquisa bibliográfica, com o auxílio de equipamento fotográfico, as principais manifestações patológicas nas mais importantes pontes da cidade de Brusque/SC, todas situadas sobre o rio Itajaí-Mirim. Para o presente trabalho foram escolhidas 07 (sete) pontes, sendo elas denominadas: Alóis Petermann, Antônio Nicolau Maluche, Irineu Bohnhausen, Ponte do Trabalhador, José Libério Benvenutti, Mário Olinger e Arthur Schlosser. Essa escolha deu-se por serem as mais importantes pontes do Município de Brusque, uma vez que possuem características peculiares, a exemplo, quanto ao número de veículos transeuntes muito superior ao de vias menos importantes. Foram analisados estatisticamente os resultados para observar quais são as patologias mais recorrentes nas estruturas em estudo. Tais resultados indicaram que as pontes devem passar por um processo de recuperação das áreas degradadas e constantemente por uma manutenção preventiva, para assim garantir a qualidade, segurança e vida útil do empreendimento, assegurando, desta forma, a ligação biunívoca entre engenharia esociedade.
Palavras-chave: Pontes. Patologias. Qualidade.

ABSTRACT

Given the importance of a bridge to urban mobility and the social context in which it is embedded, not only as a work of art itself but as a link of human prosperity, its study was correct execution to minimize pathological problems that occur over the course of its useful life. In the present research was carried out a technical analysis and deep bibliographical research, with the aid of photographic equipment, the main pathological manifestations in the most important bridges of the city of Brusque / SC, all located on the river Itajaí-Mirim. For the present work, 7 (seven) bridges were chosen, being named: Alóis Petermann, Antônio Nicolau Maluche, Irineu Bohnhausen, Worker's Bridge, José Libério Benvenutti, Mário Olinger and Arthur Schlosser. This choice was due to the fact that they are the most important bridges of the Municipality of Brusque, since they have peculiar characteristics, for example, as far as the number of passers-by vehicles far superior to the one of less important routes. The results were statistically analyzed to see which are the most recurrent pathologies in the structures under study. These results indicate that the bridges must undergo a process of recovery of the degraded areas and constantly by a preventive maintenance, in order to guarantee the quality, safety and useful life of the enterprise, ensuring, in this way, the biunivocal connection between engineering and society.
Keywords: Abstract. Bridges. Pathologies. Quality.

1. INTRODUÇÃO

Projetadas com o objetivo de vencer obstáculos, as pontes são verdadeiras obras de arte que marcaram a história da humanidade nas mais diversas culturas e situações. As primeiras pontes começaram a ser construídas no Império Romano em forma de arco, tendo como seu principal material a pedra. O Império Romano modificou a engenharia, tornando-se o expoente dessa tecnologia construtiva. Com o avanço da tecnologia, novos métodos e materiais de construção surgiram, como a utilização do concreto armado, concreto pré-fabricado e protendido, possibilitando, assim, a execução de obras capazes de transpor grandes vãos com segurança e eficiência (DNIT, 2010).

Segundo Ferreira (2000), apesar da grande utilização do concreto no ramo da construção civil, o conhecimento e divulgação das práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento da atividade de construção, ocasionando seguidos descuidos nas obras, e reduzindo a capacidade do concreto em proteger as armaduras contra a corrosão. Ainda segundo o autor mencionado, a tecnologia de fabricação do concreto foi avançando com a melhoria das propriedades dos aditivos, adições e ligantes, possibilitando uma redução significativa nas seções das peças de concreto armado. Em função do aumento das resistências mecânicas, a aliança entre a arquitetura e a engenharia estrutural fora possibilitada, e o belo da arquitetura e a racionalidade da engenharia ergueram verdadeiras obras de arte.

De acordo com Helene (1998), o processo de degradação de uma estrutura de concreto é auto acelerante, fazendo com que uma simples fissura se transforme em um caminho para a infiltração dos agentes agressores, ocasionando a oxidação da armadura, o que por sua vez, expande e causa o desplacamento do cobrimento, expondo ainda mais a armadura e recomeçando o ciclo, podendo causar o colapso da estrutura.

Helene (1992) afirma ainda que as correções serão mais duráveis, efetivas e de menor valor financeiro quanto mais cedo forem tratadas, interrompendo assim o ciclo apresentado acima. O autor afirma que o custo para solucionar o problema depois de sua manifestação chega a ter um valor de reparo de 125 (cento e vinte e cinco) vezes maior comparado à resolução do mesmo problema já na fase de projeto, aumentando, por exemplo, o cobrimento da armadura e a dosagem correta para a redução da porosidade da estrutura.

Diante deste contexto, observa-se a real importância da correta execução e o controle de qualidade de toda e qualquer estrutura, independente do material empregado, do seu uso ou de se tratar de uma obra pública ou privada, buscando assim aumentar a durabilidade da estrutura e prolongar sua vida útil.

O estudo das manifestações patológicas e suas causas têm ganhado cada vez mais importância no cenário atual, uma vez que o engenheiro deve zelar pela qualidade de execução da obra para obter resultados satisfatórios de durabilidade. Quando esse controle de qualidade deixa de existir, as manifestações patológicas podem surgir rapidamente, comprometendo toda a estrutura. Por meio de manutenções periódicas, é possível observar o problema logo de início e saná-lo, sem maiores comprometimentos.

Em obras como pontes, deve-se ampliar os cuidados, desde a etapa de projeto, até as manutenções periódicas, que dificilmente ocorrem por se tratar de obras públicas. A atuação direta de agentes que podem degradar a estrutura da ponte, como a água contaminada e as cargas excessivas, tendem a acelerar o processo de deterioração. Neste contexto questionamos: “Qual a origem e a frequência de fenômenos patológicos nas estruturas de pontes da cidade de Brusque (SC)?”.

1.1 Fenômenos patológicos em pontes de concreto armado

Diversas são as causas que podem originar problemas patológicos na estrutura de concreto armado. Sendo assim, Vitório (2002) indica que os danos mais comuns em pontes de concreto armado são as fissuras, a corrosão das armaduras, a desagregação do concreto, a segregação e a carbonatação.

As fissuras geralmente são os principais sintomas de que algo está errado com a estrutura, porém, a gravidade destas manifestações está ligada à sua origem. Marcelli (2007) indica que as fissuras podem ser

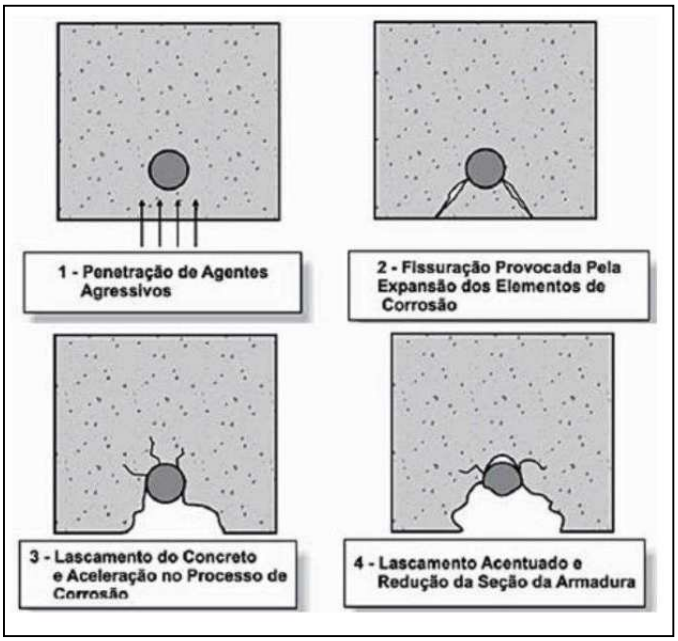
ocasionadas devido à retração hidráulica e são provenientes de curas malfeitas, nas quais a perda da água durante o processo de cura gera tensões internas no concreto, que acaba fissurando.

O mesmo autor ainda recomenda que o processo de cura seja realizado no mínimo 10 dias após a concretagem, mantendo o concreto úmido todo o tempo, impedindo assim a evaporação da água de amassamento. Ainda segundo Marcelli (2007), a variação de temperatura poderá acarretar uma fissura de variação dimensional que os materiais sofrem devido a mudança de temperatura, gerando tensões caso a peça não consiga se movimentar, mostrando assim a importância da execução de juntas de dilatação.

As fissuras por flexão são causadas devido a sobrecarga na estrutura, ou pela qualidade do material empregado. Deve-se fazer uma análise a fim de verificar o risco de colapso da estrutura, e posteriormente indicar a solução adequada. As fissuras devido ao cisalhamento, segundo Marcelli (2007) ocorrem nos pontos de cortante máxima, tendo como causas a seção insuficiente da peça, excesso de carga, falta de armadura ou má execução desta. Este tipo de fissura é identificada por situarem nos cantos das peças e estar numa inclinação de 45º. A torção indica este tipo de fissuras em lajes em balanços e vigas que se apoiam em outras vigas, onde ambos sofrem um momento de rotação, ocorrido pela insuficiência de armadura ou má execução da peça. A fissura aparece em 45º em ambos os lados da peça. A compressão quando apresentadas em pilares, merece atenção especial, pois é um sinal de que a estrutura está perdendo sua capacidade resistente e pode entrar em colapso. Essa patologia ocorre por erro executivo e de dimensionamento, onde as patologias aparecem geralmente no meio as peças.

Vitório (2002) analisa o processo de corrosão das armaduras como sendo causas da alta porosidade do concreto, juntamente com as fissuras existentes e a deficiência do cobrimento, permitindo que os agentes penetrem com facilidade na estrutura, atingindo o aço. O aço oxidado aumenta seu volume cerca de 8 vezes, gerando tensões que acabam expelindo o cobrimento de concreto, expondo a armadura totalmente ao ambiente agressivo, como mostra a figura abaixo.

Figura 01: Processo de desprendimento do concreto.



Fonte: Marcelli, 2007.

Podemos observar que o processo de desprendimento é composto por 4 etapas, assim abordadas:

- Etapa 1 – entrada de agentes agressivos pela estrutura porosa doconcreto;
- Etapa 2 – Início da corrosão da armadura, expandindo a mesma e criando fissuras na peça de concreto;
- Etapa 3 – Lascamento do cobrimento do concreto, tornando a armadura totalmente exposta à agressividade do meio ambiente, acelerando ainda mais o processo de corrosão;

- Etapa 4 – Lascamento acentuado do concreto e redução da seção da armadura.

Cascudo (2005) define corrosão de elementos metálicos como sendo a alteração de um metal em íon metálico pela sua alteração química ou eletroquímica com o meio ambiente.

Marcelli (2007) aponta que a corrosão das armaduras tem sido um dos principais sinistros na construção civil, acarretando não apenas em prejuízos financeiros, mas também em vítimas. Este fenômeno de corrosão é da natureza eletroquímica, e pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos.

Os cuidados devem ser tomados já na fase de projeto, onde, pelo ambiente que se encontra, é classificada sua classe ambiental e demais características indicadas pelas norma NBR 6118 (ABNT,2014), como o cobrimento e a relação água/cimento.

Nessa perspectiva, Vitório (2002) afirma que os efeitos de fissuração por conta da corrosão do aço em pontes de concreto armado podem ter graves consequências devido a sua exposição às intempéries, a sua localização em meio agressivo, aos carregamentos variáveis e a falta de manutenção preventiva, comprometendo assim seu bom funcionamento e diminuindo sua vida útil.

Souza e Ripper (1998) conceituam a desagregação do concreto como a separação física de placas de concreto, perdendo assim a função ligante do cimento, tendo como consequência desta separação, a redução da seção original da peça, comprometendo assim sua resistência e durabilidade. Neste âmbito, Vitório (2002) afirma que o processo de desagregação do concreto é causado devido ao aumento da seção do aço por meio da corrosão, pelo estufamento do concreto pela absorção de água, ou ainda, por movimentações da estrutura e choques de veículos. Ainda segundo o autor, o mesmo conceitua a segregação como a separação dos elementos do concreto após seu lançamento, separando os agregados da argamassa, fragilizando a estrutura.

Conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004) o concreto deve ser lançado visando a eliminar ou reduzir ao máximo a segregação de seus componentes, tomando um cuidado para a altura de queda livre do concreto não ultrapassar 2 metros de altura. Em peças com medidas superiores as citadas, recomenda-se o uso de dispositivos que conduzam o concreto, como calhas e funis.

De acordo com Vitório (2002), a carbonatação é a transformação do hidróxido de cálcio, com alto pH, em carbonato de cálcio, que possui um pH mais neutro, sendo considerado como a causa mais frequente da corrosão da armadura. Este processo tende a ocorrer em estruturas de concreto armado com alto teor de umidade e permeabilidade, presenças de fissuras e ambientes com grande concentração de CO2. O teste da fenoftalina é muito utilizado para saber se a área degradada está sofrendo por carbonatação. O teste utiliza fenolftaleína, que em contato com o concreto, muda sua coloração devido ao pH do concreto, ficando incolor no concreto carbonatado e cor de rosa no concreto de boa qualidade.

Souza e Ripper (1998) afirmam que se a carbonatação ficasse restrita à uma espessura inferior a camada de cobrimento seria benéfica ao concreto, pois aumentaria sua resistência química e mecânica. Porém, fala-se de um material poroso e com um alto índice de fissuração, o que torna praticamente impossível que esse fenômeno não atinge as barras de aço da estrutura.

A NBR 6118 (ABNT,2014) cita medidas preventivas para dificultar a passagem dos agentes agressivos ao interior da estrutura de concreto, recomendando-se o cobrimento adequado, o controle de fissuração e um concreto de baixa porosidade. Quanto menos vazios a estrutura possuir, menor a chance de se desenvolver este problema patológico.

2. METODOLOGIA

A realização desta pesquisa tem como finalidade a identificação das anomalias existentes nas pontes em concreto armado situadas na cidade de Brusque (SC) sobre o rio Itajaí-Mirim.

Foram realizadas as análises em 07 pontes de concreto armado, sendo elas assim denominadas: Alóis Petermann, Antônio Nicolau Maluche, Irineu Bohnhausen, Ponte do Trabalhador, José Libério Benvenutti, Mário Olinger e Arthur Schlosser, representando assim todas as pontes em concreto armado sobre o principal rio da cidade de Brusque (SC). A escolha dessas pontes deu-se por serem as mais importantes do município, uma vez que as mesmas possuem características quanto ao número de veículos muito superiores as de vias menos importantes.

As análises ocorreram entre os dias 08 a 22 de outubro de 2017, onde foram registradas todas as patologias existentes por meio de vistorias e registros fotográficos das anomalias. Posteriormente foi apontado as possíveis origens e métodos de tratamentos dos problemas citados. A seguir podem-se observar algumas manifestações patológicas encontradas nas análises e registros fotográficos.

Figura 02: Choque mecânico expondo armaduras da ponte Arthur Schlosser.



Fonte: O. Baloni, 2017.

Figura 03: Deterioração do passeio da ponte Mário Olinger.



Fonte: O. Baloni, 2017.

Figura 04: Falha de concretagem da ponte José Libério Benvenutti.



Fonte: O. Baloni, 2017.

Figura 05: Flechas excessivas da Ponte do Trabalhador.



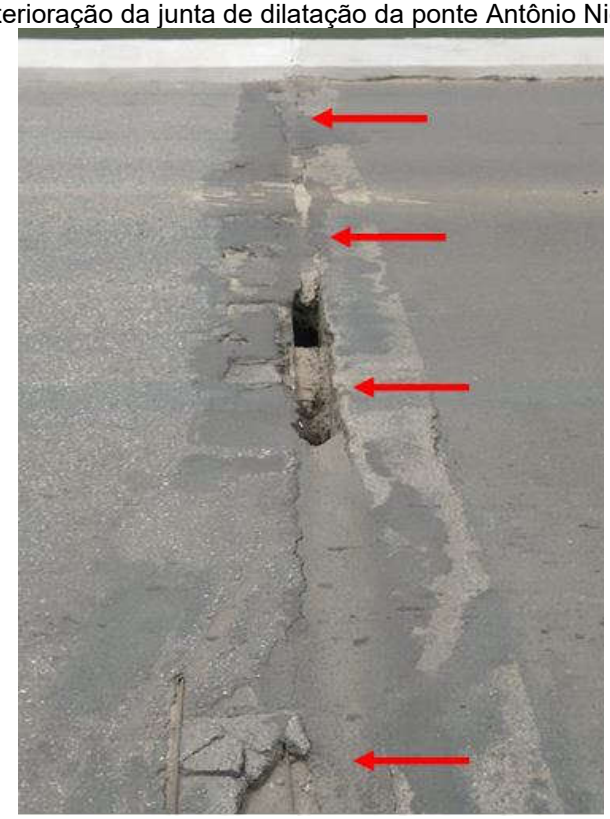
Fonte: O. Baloni, 2017.

Figura 06: Exposição das armaduras na ponte Irineu Bornhausen.



Fonte: O. Baloni, 2017.

Figura 07: Deterioração da junta de dilatação da ponte Antônio Nicolau Maluche.



Fonte: O. Baloni, 2017.

Figura 08: Desagregação do concreto da ponte Alóis Petermann.



Fonte: O. Baloni, 2017.

3. RESULTADOS

As manifestações patológicas encontrados nas análises técnicas realizadas não comprometem as estruturas das pontes apresentadas. Porém, a falta de manutenção, limpeza e conservação das mencionadas obras são notáveis, o que pode acarretar na evolução das patologias existentes, tornando o problema de alto risco.

A tabela 1 demonstra a idade de construção e a extensão de cada ponte a ser analisada.

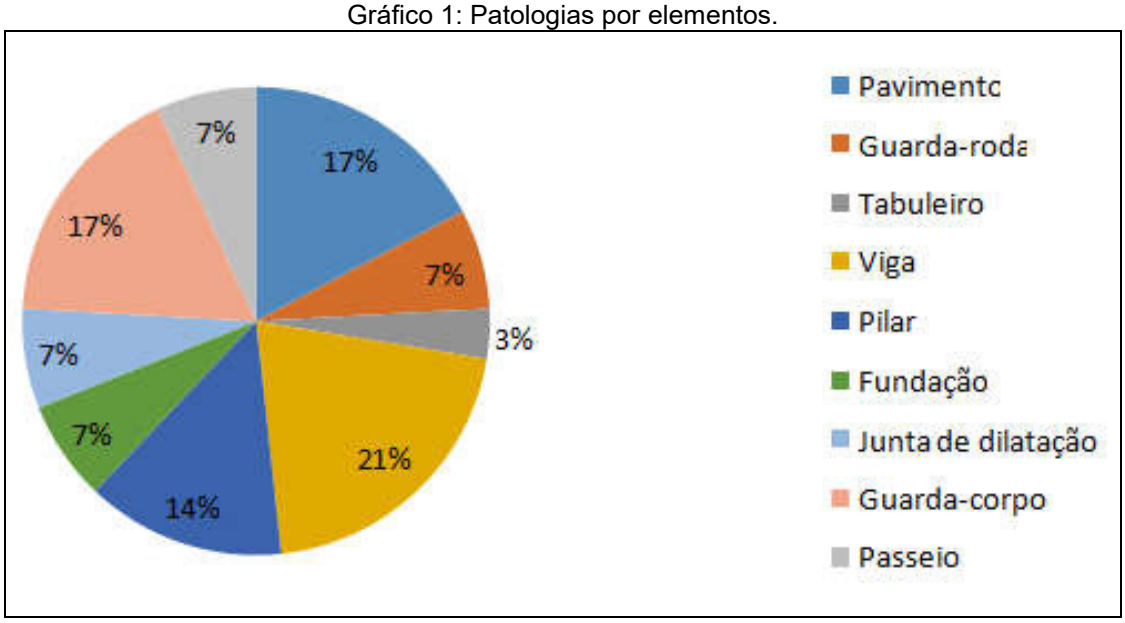
Tabela 1: Pontes em análise.

Ponte	Alóis Petermann	Antônio Nicolau Maluche	Irineu Bornhaussen	Ponte do Trabalhador	José Libério Benvenutti	Mário Olinger	Arthur Scholesser
Ano de construção	1999	1996	2002	2004	2000	2006	1990
Extensão(m)	78,00	80,00	88,00	108,00	70,00	73,00	96,00

Fonte: Autores, 2017.

Relacionando as anomalias analisadas em cada elemento das pontes, elaborou-se um gráfico que representa o índice de patologias encontradas em cada elemento constituinte das pontes, como se pode observar:

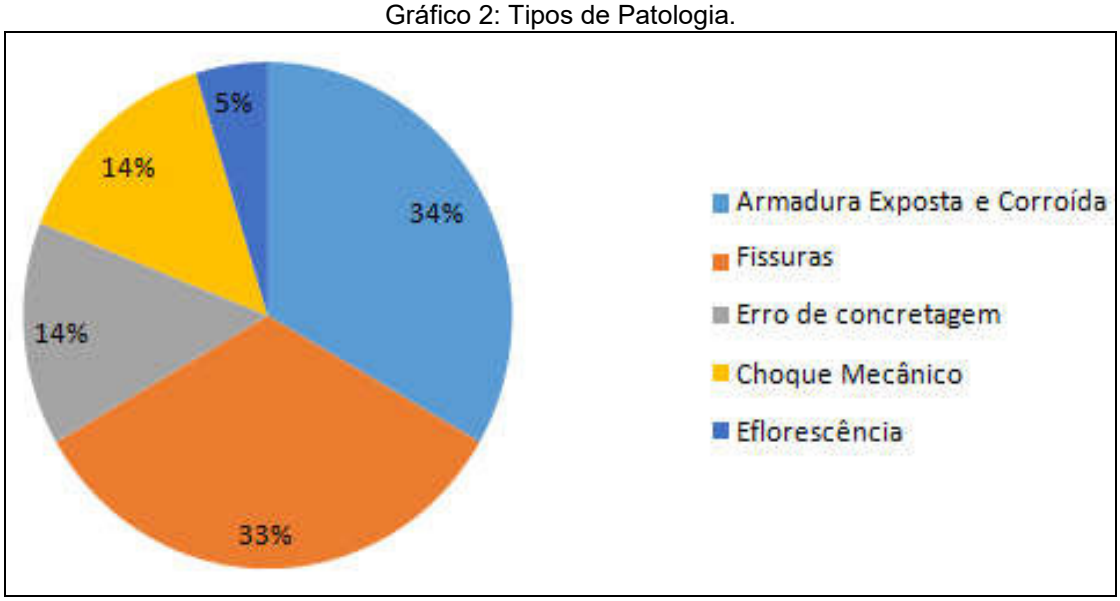
Gráfico 1: Patologias por elementos.



Fonte: Autores, 2017

Analisando o gráfico, observa-se que as vigas, juntas de dilatação e pavimento lideram o gráfico de anomalias, sendo estes dois últimos os responsáveis pelo conforto dos veículos que trafegam pelas ruas.
Com uma nova análise, desta vez em relação aos tipos de patologias encontradas, obtém o seguinte gráfico:

Gráfico 2: Tipos de Patologia.



Fonte: Autores, 2017.

Analisando o gráfico, confirma-se o pensamento de Helene (1992), o qual afirma que os problemas patológicos são auto acelerantes, ou seja, uma fissura causa a corrosão da armadura, que desprende o concreto e expõe a armadura para novos ataques. No gráfico observa-se que os índices de fissuras e exposição das armaduras corroídas estão em números muito próximos, o que induz que esses dois tipos de anomalias andam sempre juntas, formando o ciclo patológico descrito acima.

4. RECOMENDÇÕES

Tendo em vista os problemas apresentados nas pontes em análise, recomenda-se proceder à recuperação dos pontos discutidos nesta pesquisa. Embora nenhuma patologia traga em risco a estabilidade estrutural das pontes, faz-se necessário a correção das anomalias existentes para que estas não se desenvolvam, acarretando problemas mais sérios e dispondo a coletividade em perigo.

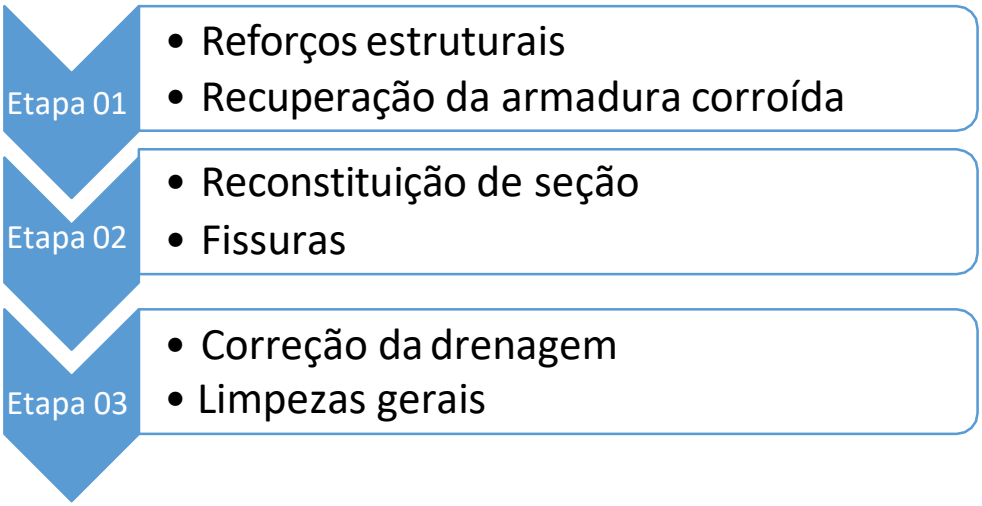
Com base nos dados obtidos através desta pesquisa, elaborou-se um plano de ação dividido em três etapas, cada etapa visando a recuperação dos pontos degradados, obedecendo estritamente a ordem de risco das patologias encontradas. O plano de ação foi realizado de acordo com os quadros de patologias de cada ponte.

Na primeira etapa, deve-se promover a recuperação das estruturas que necessitam de algum reforço estrutural e a correção das armaduras corroídas.

A segunda etapa deverá ser prosseguida com a reconstituição das seções que sofreram danos por choques mecânicos e outros, seguidamente da recuperação das fissuras existentes.

A última etapa, por sua vez, trata dos problemas relacionados à drenagem e à limpeza geral das pontes em análise. Na figura 9 observa-se o plano de ação proposto.

Figura 09 – Plano de Ação.



Fonte: Autores, 2017

Após a recuperação, deve sempre haver um projeto de manutenção preventiva, a fim de sanar os problemas na fase inicial e de manter a ponte em bom estado visual, além de aumentar sua durabilidade e vida útil.

5. CONCLUSÕES

Diante desta pesquisa, analisou-se a situação atual nas pontes de concreto armado da cidade de Brusque (SC), as quais se mostraram com um desempenho regular diante das situações expostas. Apesar da série de problemas apresentados, eles não comprometem a estrutura de uma maneira inicial, porém se não forem sanadas, pode haver uma evolução das mesmas trazendo problemas de riscos elevados. Os diversos autores citados ao longo deste trabalho contribuíram para um melhor entendimento do assunto, apontando também que os problemas encontrados na pesquisa são corriqueiros nas obras existentes em todo o Brasil, demonstrando assim que existe uma falha geral nos processos de projeto, execução e manutenção, e não apenas erros que ocorreram na cidade e Brusque (SC).

Embora os problemas apresentados não comprometam as estruturas das pontes, observou-se que a média aritmética da idade das pontes é de 16,42 anos, período este relativamente curto.

Evidenciou-se a importância da implementação de um sistema de constantes vistorias, ressaltando que a sua utilização é a melhor forma de se obter uma visão global do estado de conservação das pontes, planeando antecipadamente as intervenções para sanar qualquer tipo de problema.

O plano de ação apresentado como recomendação para o reparo dos problemas existentes deve ser realizado de forma efetiva para garantirmos a durabilidade e consequentemente prolongarmos a vida útil das estruturas das pontes apresentadas.

Conclui-se com esse trabalho que, além de um bom projeto, do emprego de materiais de qualidade e de um rigoroso controle de qualidade na execução, faz-se necessário a manutenção preventiva a fim de se estender a vida útil e a durabilidade das obras, seja de qual estrutura for.

Ao término desse trabalho, resta a certeza de que este é apenas um pequeno passo para o desenvolvimento de novos estudos sobre os problemas das pontes em concreto armado da cidade de Brusque (SC), permitindo um caminho amplo e abrangente para pesquisas futuras, mostrando os problemas patológicos destas mesmas pontes em um futuro mais distante, nos ditando se as patologias encontradas neste presente trabalho foram o início do desenvolvimento de futuros problemas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Universitário de Brusque - UNIFEBE, pelo apoio durante a realização do presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro:2004. 53 p. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/nbr- 14931-2004-execucao-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acesso em: 24 out. 2016.

_____.**NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: 2014. 221 p.

CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

DNIT. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários.** Rio de Janeiro: 2010. 161 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão**. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

HELENE, Paulo R. L.. **Envelhecimento e Inseção de pontes e viadutos.** São Paulo: 1998. 21 p.

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na construção civil:** Causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007. 259 p.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SILVA, Marise Borba da; SCHAPPO, Vera Lúcia. **Introdução à pesquisa em educação.** Florianópolis, UDESC, 2002.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998. 253 p.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo, Atlas, 1987. 175p.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes Rodoviárias:** Fundamentos, conservação e gestão. Recife: 2002. 85 p.