



ENGENHARIA CIVIL

FLÁVIO ROBERTO FERNANDES MARTINS
DAYSE ANNE DE PAULA POLIDO COELHO

**MANUAL PARA DIAGNOSTICO E RESOLUÇÃO DE PATOLOGIAS MAIS
COMUNS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NO BRASIL**

Itaperuna

2022

FLÁVIO ROBERTO FERNANDES MARTINS
DAYSE ANNE DE PAULA POLIDO COELHO

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito
parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil
ao Centro Universitário Redentor.

Orientador: Prof. Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

Itaperuna
2022

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Objetivo geral	4
1.2. Objetivo específico	4
1.3. Justificativa.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	5
2.1.1. Características e propriedades	6
2.1.2. Materiais dos concretos	8
2.1.3. Vida útil e durabilidade.....	9
2.1.4. Tipos de concretos e resistências	11
2.2. Patologias em estruturas de concreto armado	17
2.2.1. Origem das patologias em estruturas	18
2.2.2. Processos de deterioração do concreto	26
3. METODOLOGIAS	29
3.1. Diagnostico das patologias	30
3.2. Causas da deterioração do concreto	33
3.3. Limpeza e reparo	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5. CONCLUSÃO.....	61
REFERENCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade o ser humano busca alimento e abrigo, e evoluindo o homem percebeu que para um abrigo de qualidade, requer uma estrutura. Para ficar confortável e para ficar seguro.

Isso reflete para estruturas de pequenas residências, para grandes residências e até mesmo grandes prédios e edifícios industriais. Há diferentes tipos de estruturas, cada uma com sua finalidade e método específico, como as estruturas rodoviárias para facilitar na locomoção e praticidade para se chegar a um determinado local, estruturas que servem para fins de armazenamento hídrico e geração de energia elétrica. A muitos anos a humanidade utiliza de estruturas para se desenvolver e sobreviver.

Em vista desses motivos é perceptível a evolução na busca de técnicas, métodos e matérias mais modernos para elevar cada vez mais os níveis e robustez de uma estrutura.

O concreto armado foi descoberto a partir dessa evolução e dessa busca por conhecimentos e técnicas mais avançadas.

O concreto armado teve seu surgimento na França em 1849, sua primeira utilização foi em um barco, por Joseph Monier, utilizando para fazer cubas e tubos. Pouco se sabe sobre o exato início da utilização do concreto armado no Brasil. A notícia mais antiga de sua utilização foi no ano de 1904 no Rio de Janeiro em uma publicação feita pelo professor Antônio de Paula Freitas da escola politécnica do Rio de Janeiro com o tema "O concreto armado" e nela explica que a primeira utilização do concreto armado foi em Copacabana, utilizando para construir habitações por uma empresa chamada "Cimento Portland" sob a responsabilidade do engenheiro Carlos Poma (VASCONCELOS, 1992).

Com o decorrer do tempo as estruturas ficam sujeitas a danos que podem acontecer por má utilização, ou até mesmo naturalmente com o tempo e assim reduzindo sua resistência, consequentemente reduzindo seu desempenho, para que isso não ocorra, ou para que quando ocorra seja evitado danos maiores, as estruturas devem receber inspeções e reparos para que retorne ao seu melhor desempenho e funcionamento, as causas que podem ser causadoras de danos as estruturas em concreto armado são diversas, por isso requer estudos aprofundados

e precisos para que possa ser descoberto a exata causa e também conseguindo assim pesquisar métodos para que sejam evitadas e também maneiras de tratamento para resolver cada problema que seria danoso a estrutura, assim desenvolvendo a área de estudos de patologias que é necessária para manter a saúde e segurança das edificações.

4.3 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é a confecção de um artigo científico com apresentação de informações para demonstrar como as patologias se originam, como se manifestam e deterioram as estruturas, procedimentos para avaliar como afeta e como cuidar de estruturas com problemas patológicos para desenvolver um manual demonstrando métodos de identificação e tratamento de algumas das patologias mais recorrentes nas estruturas de concreto armado do Brasil.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar como se originam as patologias no concreto armado.
- Demonstrar as mais comuns formas de patologias em estruturas de concreto armado.
- Apontar as características das patologias para que possam ser reconhecidas.
- Após diagnosticar e descobrir suas causas, mostrar como solucionar a patologia.
- Elaborar um artigo apresentando as análises e os métodos de identificação e diagnósticos.
- Elaborar um manual sobre a execução dos métodos já estudados no artigo para diagnóstico e resolução das patologias citadas.

1.3 Justificativa

Observa-se que no Brasil grande parte das estruturas de concreto armado são feitas por profissionais não habilitados e muito menos capacitados, é notável a carência de informação, falta de conhecimentos e uso de técnicas incorretas para a execução dessas estruturas, isso acarreta em diversos problemas, inclusive para fazer a manutenção da estrutura.

O trabalho vem a fim de demonstrar métodos para evitar, ou resolver manifestações patológicas, em vista que erros na construção da estrutura, utilização inadequada e falta de revisão e manutenção podem acarretar em problemas graves para a estrutura, muitos não percebidos pelos donos das edificações por serem leigos no assunto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para execução desse trabalho, foi usados materiais didáticos, para uma maior compreensão do assunto abordado, com base em Moraes Vieiras, segue a definição de patologias em concreto armado:

M rcpk m n_mneg t ck b_ k cbod _ rcl bm mpeck l m epcem m bc
Pathos = Doença e Logos = Estudo, na medicina significa estados
patológicos ou falta de saúde. É também responsável por estudar o
surgimento, os sintomas e os possíveis tratamentos das doenças, na
arl qrs mag gmqcl rgm mk cql m &Kmp_cq Tgg_ 0. / 4 n, / 7

Sabemos que muitas das patologias que surgem em uma obra, é devido a má execução do projeto. Rachaduras, fissuras, manchas, flambagem, trincas são devidos ao dimensionamento incorreto, sobrecarga na estrutura, discordâncias entre projeto elétrico e hidráulico.

?q d_jf_q f sk _l _q bsp_l rc _ anl qrs m bc sk _ cqrpsp_ q m
frequentes, tendo sua origem, na maioria das vezes, por falta de
qualificação profissional, ou seja, de mão de obra especializada, o
que pode acarretar a estrutura manifestação de problemas
n_mj egmq drspmq, &Kmp_cq Tgg_ 0. / 4 n, 05

Muitas das manifestações patológicas ocorrem devido à falta da cura do concreto. Souza e Ripper (1988) corroboram ao afirmar que, enquanto não atingir a resistência satisfatória, o concreto deve ser protegido contra mudanças bruscas na temperatura, secagem rápida, exposição direta ao sol, a chuvas fortes, agentes químicos, bem como contra choques e vibrações que possa produzir fissuração na massa de concreto ou prejudicar sua aderência à armadura.

Mesmo um projeto de estrutura sendo perfeitamente construído, desenvolve sintomas de patologias, sempre tem um motivo que possa ocasionar essa situação, portanto deve ficar atento aos tipos de materiais usados na execução da obra.

Na prática, quando uma edificação tem sintomas patológicos deverão ser realizados estudos da situação e encontradas as ocorrências dos problemas, falhas ou defeitos e então é feita a classificação do grau de patologia, concluindo se o problema é estrutural, podendo comprometer a vida útil da estrutura, ou se é apenas algum aspecto visual. (Moraes Vieira, 2016, p. 19)

Figura 1: Patologia em Edificação



Fonte: Manutenção e patologias de edifícios. Acesso:
<http://manpatlem.blogspot.com/2014/09/>

2.1.1 Características e propriedades

A junção do concreto com o aço é praticada por conta de algumas características dos dois materiais que possibilitam essa associação.

Grande resistência do concreto a compressão e a resistência do aço a tração.
Aderência dos dois materiais que proporcionam que possam agir em conjunto.

Coeficientes de dilatação térmica próximos

O concreto protege o aço contra a corrosão enquanto o envolve.

O concreto armado tem como característica algumas vantagens bem conhecidas por profissionais da área, como por exemplo a sua flexibilidade, o concreto é moldado com facilidade e enquanto fresco se adapta a forma ou caixaria que está sendo empregado e conseguindo receber bem as solicitações de esforço que é submetido sem se romper podendo se estender por grandes vãos se dimensionado corretamente.

GUTREIND (2009) diz que o concreto armado é ideal para estruturas que não possuem nenhum tipo de juntas, isso são as estruturas conhecidas como

monolíticas, na maioria dos casos elas são estruturas hiperestáticas que possuem grande capacidade de resistir a esforços e muita segurança. Exemplos da funcionalidade dessas estruturas são as construções que foram castigadas e sofreram muitos danos durante a segunda guerra mundial, porém sem entrar em ruínas, elas acabaram sendo recuperadas das avarias que ocorreram durante esse tempo, e isso foi o que mais encheu os olhos dos construtores daquela época para a utilização do concreto armado, pois as estruturas hiperestáticas resistiam com muita qualidade a diversos tipos de situações e esforços, após passar esse período discordâncias a cerca de multiplicar as ligações hiperestáticas, porque os cálculos acabam ficando mais complexos e decorrente disso alguns esforços ficam mais difíceis de avaliar, mas por outro lado as estruturas isostáticas acabam não valendo a pena como vantagem pelo fato das hiperestáticas ter mais economia de material e também maior reserva de resistência.

Diferente de estruturas metálicas, estruturas de EPS e alguns outros métodos construtivos de estruturas, o concreto armado não requer grande conhecimento de técnica dos operários para obter mão de obra especializada e manusear o material, além de poder reduzir o numero de operários e utilizar grande parte da produção mecanizada dentro do próprio canteiro, acaba fazendo com que a execução se torne mais simples, prática e rápida, sem depender de mão de obra especializada, e em função disso também reflete no sistema econômico da obra, sem mão de obra especializada os custos são menores e com menos operários os custos acabam também sendo menores, além das matérias primas serem mais baratas, como a areia, brita e água. A conservação acaba se tornando simples e também reduz os custos, pois o concreto armado geralmente requer alto grau de conservação apenas quando fica sujeito a agressividade de águas, ácidos e outros elementos que podem danificá-lo.

Grande vantagem que o concreto armado acaba tendo sobre a estrutura metálica é o fato de que a estrutura metálica se deforma facilmente com o fogo, diferente do concreto armado que não se deforma tão facilmente com quando em chamas, demonstrando uma boa resistência contra fogo, mesmo sem utilizar nenhum aditivo de proteção específica.

GIUGLIANI, (2014) diz que em pequenos incêndios o fogo só causa impacto nas camadas de fora, chegando de 50 a 100 mm para dentro fissurando as áreas mais superficiais deixando as armaduras expostas ao calor pelo fato delas

descascarem. Em uma temperatura de até 200°C a resistência do concreto não reduziria, mas em uma temperatura de 300°C a resistência reduziria em 20% e em 500°C reduziria 50%, quando o aço aumenta a temperatura acaba ficando perigoso porque com mais de 400°C ele diminui mais rápido a resistência, conseguindo perder até 60% de sua resistência quando alcança temperaturas de 600°C.

Segundo Gutfreind e Aurich (2009), a grande vantagem do concreto armado também é a sua resistência a vibrações e choques, como por exemplo no caso das vigas das pontes, ontem sofrem com as vibrações pela passagem de veículos pesados a todo instante, porém a estrutura não tem grande sensibilidade a isso considerando com outras estruturas que têm um peso próprio inferior.

O concreto armado também acaba contando com desvantagens em seu uso também, como o seu peso próprio elevado, proteção térmica dos ambientes menor, demolições e reformas exigirem mais trabalho e requisitos de mais tempo e dinheiro.

2.1.2 Materiais dos concretos

O concreto encontra-se em meio aos materiais com maior utilização nas construções, ele é originado de uma combinação de cimento, agregados graúdos, agregados miúdos, água e aditivos. Os agregados graúdos são pedras, os miúdos é a areia e os aditivos são itens indispensáveis para potencializar a performance do concreto. O uso de aditivo começou a crescer no concreto armado quando passou a ser mais necessário ter concretos com características específicas e tipos diferentes para situações diferentes. O Concreto tem duas classificações, essas são: concreto estrutural e concreto não estrutural, o concreto estrutural é feito para estruturas, pois ele tem uma maior resistência que possibilita manter as edificações seguras e de pé. O concreto não estrutural é utilizado nas partes que não são estruturas do edifício, pois tem uma resistência inferior ao do concreto estrutural. Um concreto de qualidade necessita de cuidados especiais para a sua concepção, como utilizar um cimento de boa procedência e qualidade. Não utilizar agregados sujos, seja miúdo ou graúdo, sempre devem estar limpos sem barro, argila ou qualquer outro material que possam interferir no seu comportamento, como os agregados a água utilizada também deve estar limpa e não pode usar quantidade menor nem maior que a quantia necessária, sempre com medidas precisas, pois se a água estiver em excesso vai acabar reduzindo a resistência do concreto, mas também se estiver em menor quantidade do que deveria pode causar buracos nessa mistura, a atenção durante a mistura é essencial, como também a atenção para transportar e lançar no

local de utilização, também é fase importante a do adensamento e de cura do concreto, sempre deve ser feito com atenção e paciência para o período necessário, pois a resistência do concreto vai aumentando à medida que o tempo vai passando até chegar em sua resistência máxima. (PARIZOTTO, 2017)

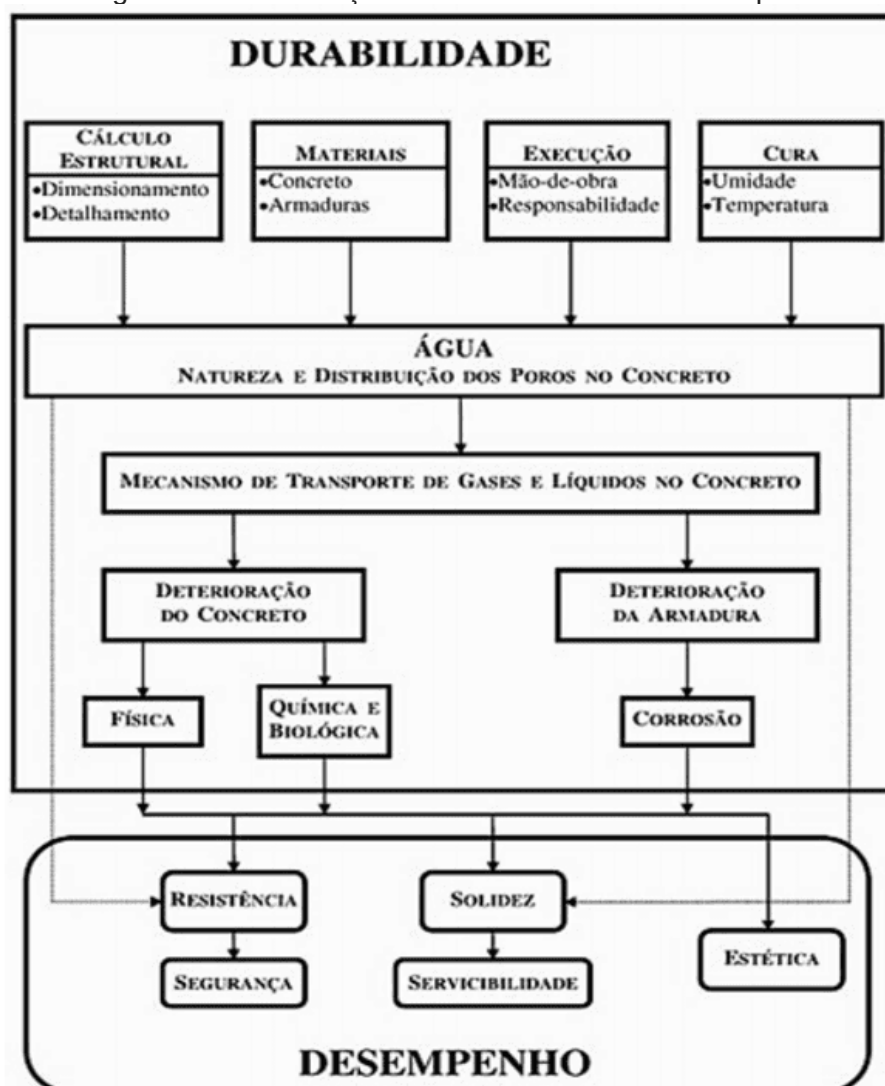
2.1.3. Vida útil e durabilidade

A vida útil de um edificação está relacionada com a durabilidade dos materiais que foram usados durante sua execução, de acordo com a norma de desempenho ABNT NBR 15575 (VUP) a vida útil do projeto mínima para estrutura de concreto deve ser igual ou superior a 50 anos.

Já de acordo com a NBR 6118; 2014, define durabilidade como a capacidade da estrutura resistir às influências previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

A durabilidade também será definida, devido à capacidade do material de resistir em decorrências de um ou mais processos instalados da natureza, físico-mecânico, química, biológica ou eletroquímica. O envelhecimento, degradação/deterioração compromete o desempenho do material.

Figura 2 Inter-relação entre durabilidade e desempenho



Fonte: Núcleo Conhecimentos. Disponível em: <https://www.nucleoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologias-em-estruturas>

A durabilidade, influenciada pela interação entre o material e o microambiente propiciado pelo clima e pelos detalhes do projeto, impacta tanto a eficiência econômica quanto a ecoeficiência do produto. O material durável pode apresentar vida útil prolongada, que representa o período de tempo no qual o seu desempenho é adequado. Ressalta-se que um material produzido com baixo impacto ambiental pode não ser ecoeficiente caso sua vida útil seja pequena, exigindo reparos e manutenções recorrentes. (BAUER, L. A. Falcão)

HELENE (1988) identificou as regras dos 4c, que é uma técnica encontrada na literatura que determina a durabilidade da estrutura :

Composição ou traço do concreto

Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura

Cura efetiva do concreto na estrutura

Cobrimento ou espessura do concreto de cobrimento das armaduras

Além desses fatores, sabe-se que para definir uma durabilidade mais adequada, é necessário definir um desempenho mínimo requerido para o material, em um intervalo de tempo, em um ambiente específico.

(HELENE, 1988).

2.1.4. Tipos de concretos e resistências

Conforme apresentado por Souza e Ripper, (2009), no Brasil, assim como em vários países são fabricados vários tipos de cimento, cada um com suas propriedades que resultam em características mecânicas, físicas e químicas.

Junta-se o cimento, água, agregados graúdos, agregados miúdos, e alguns casos aditivos e assim obtém o concreto, e quando junta o com a ferragem temos o concreto armado, que é utilizado em fundações, pontes, arranha céu, plataformas petrolíferas, túneis e etc.

De acordo com LISBOA, (2017), o concreto é o material mais usado na construção civil, devido sua alta resistência à água, praticidade no manuseio e fácil acesso no mercado da construção civil. Sua resistência é medida por (kgf/cm²).

Figura 3: Tipos de cimento

Dedignações	Classes	Norma ABNT
Cimento Portland Comum	CP I-25 CP I-32 CP I-40	NBR 5732
Cimento Portland Comum (Com adições)	CP I-S-25 CP I-S-32 CP I-S-40	NBR 5732
Cimento Portland Composto (Com Escória)	CP II-E-25 CP II-E-32 CP II-E-40	NBR 11578
Cimento Portland Composto (Com Pozalana)	CP II-Z-25 CP II-Z-32 CP II-Z-40	NBR 11578
Cimento Portland Composto (Com Filer)	CP II-F-25 CP II-F-32 CP II-F-40	NBR 11578
Cimento Portland de alto-forno	CP III-25 CP III-32 CP III-40	N.B.R. 5735
Cimento Portland pozolânico	CP IV-25 CP IV-32	N.B.R 5736
Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V-ARI	N.B.R 5733

Fonte: RIPPER, Thomaz. SOUZA, Vicente C.

O concreto convencional foi o primeiro tipo de concreto a surgir, sua mistura consiste em, cimento, água, agregado graúdos e miúdos, para sua execução correta é necessário o uso de vibradores e adensamento. Por não conter adição de aditivos, ele apresenta menor trabalhabilidade e consistência mais seca.

Sua execução deve ter auxílio de um carrinho de mão, guias e demais meios de transportes manuais. Resistente à Compressão e, por não conter aço, a resistência à flexão baixa. Sua resistência varia de 5 em 5 Mpa, começando em 10 e terminando em 40 Mpa. Já a queda tem a variação de 40 a 70mm.

Concreto armado

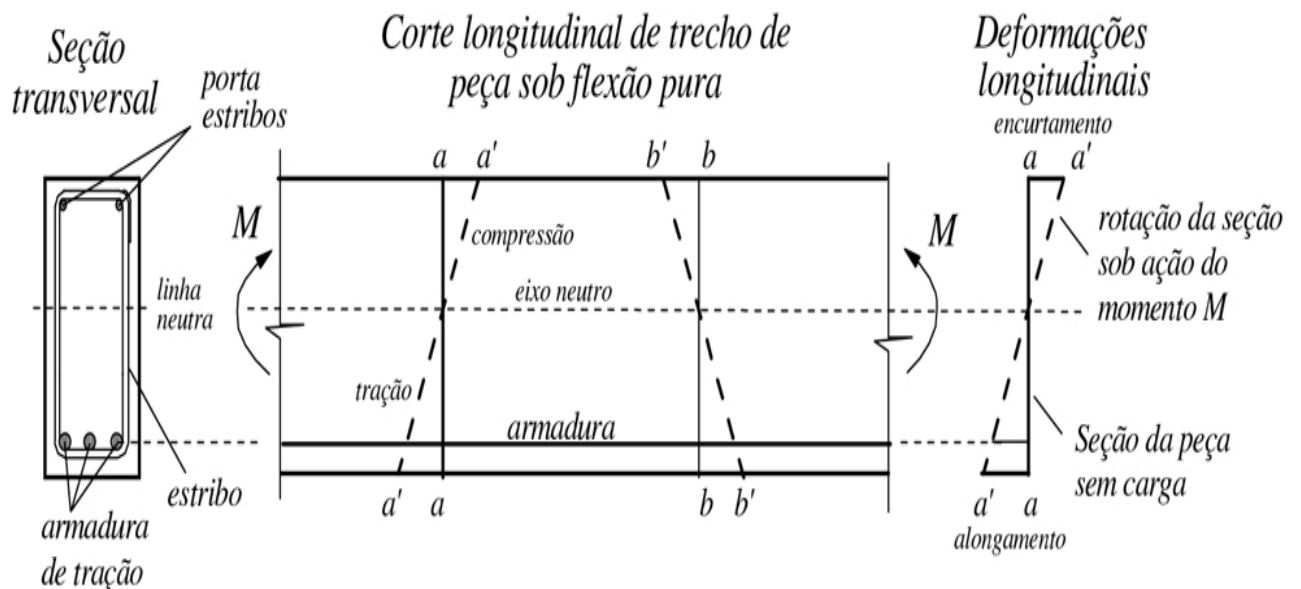
É o material estrutural constituído pela associação do concreto simples com uma armadura passiva, ambos resistindo solidariamente aos esforços a que a peça estiver submetida.(TEATINI.2016)

Chegamos no concreto mais comum nas obras, pois a junção do concreto com as barras de aço, torna o mais resistente à tração, e à compressão, podendo reduzir as dimensões das estruturas, sendo assim melhorando o custo benefício da obra.

De acordo com TEATINI, (2016), as barras que compõem o concreto são denominadas armaduras passivas, isso ocorre devido seu comportamento de apenas resistir às tensões das ações atuantes, sem nenhum esforço. As armaduras só trabalham se houver solicitações. Ou seja, enquanto a viga estiver escorada, sem sofrer nenhuma atuação de cargas externas, as barras de aço não sofrem tensões, a não ser aquelas originadas do próprio processo do endurecimento do concreto.

A figura a seguir, mostra um trecho longitudinal de uma viga de concreto armado, com a seção transversal retangular, e as armaduras longitudinal e transversal. Estando o trecho em questão submetido à flexão pura, ou seja, apenas momento fletor M , igual nas duas extremidades, a armadura longitudinal inferior, chamada de flexão ou principal, será tracionada.

Figura 4: Viga de concreto armado submetida à flexão pura



Fonte: João Carlos Teatini. Estruturas de Concreto Armado (Elsevier Editora Ltda)

Concreto protendido.

É o material estrutural constituído pela associação do concreto simples com uma armadura ativa, resistindo solidariamente aos esforços a que a peça estiver submetida. (TEATINI. 2016)

Indicado para construções submetidas a elevados esforços de flexão, grandes vãos, obras de fábricas e indústrias, com alto índice de agressividades. Essa técnica consiste na colocação de cabos de aço com elevada resistência, que pode ser tracionado antes ou depois da concretagem, resultando em uma estrutura resistente às cargas previstas .

Em sua dissertação TEATINI (2016), diz que ambas definições são a mesma, exceto por concreto armado ser denominada por armadura passiva, e concreto protendido por armadura ativa. Isso ocorre devido as armaduras serem constituídas por cabos ou cordoalhas, é submetida a uma força de tração, aplicada por meio de macacos hidráulicos, antes de ser aplicado o carregamento previsto.

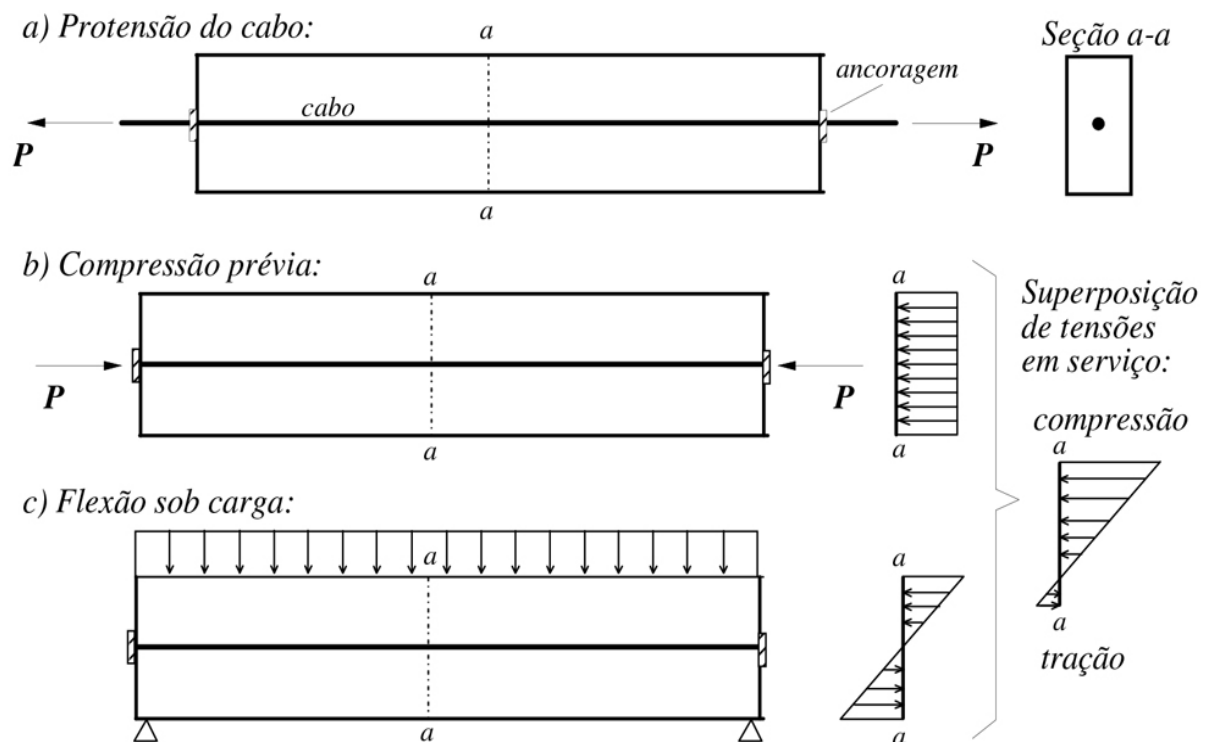
Depois de serem tiradas os macacos , as cordoalhas estando diretamente ligados a um sistemas de ancoragem, assim sendo induzidas tensões de compressão na peça antes de ela receber a carga prevista, assim ganha o nome de protensão ou pré-tensão.

A figura 5 mostra um esquema simples de protensão numa viga de seção transversal retangular, com um cabo de protensão ou cordoalha, coincidente com o eixo longitudinal da peça.

Na figura 5 no item (a), a força axial de protensão P é aplicada por um macaco à viga ainda sem cargas.

Na figura 5 no item (b), ao se retirar a força axial, com o cabo de protensão sendo fixado à viga por meio de um sistema de ancoragem, passa a ser induzida uma força de compressão à peça, igual a P , se desprezadas as perdas de protensão.

Figura 5: protensão de cabo, compressão prévia e flexão sob carga



Fonte: João Carlos Teatini. Estruturas de Concreto Armado (Elsevier Editora Ltda)

Concreto auto adensável tem um custo mais elevado, mas quando usado elimina a necessidade de vibradores e adensadores, pois apresenta um slump superior a 200 mm. Esse concreto é mais usado quando se necessita de uma fluidez sem exsudação e segregação. Seu tempo de cura é mais rápido, facilita o tempo de nivelamento da laje.

O concreto de alta resistência possui uma elevada resistência devido sua relação de água e cimento, é usado menos água no seu preparo, com isso se torna menos fluido, também consiste em adição de aditivos de terceira geração, que é a base de policarboxilato, explica Daher. Aumenta a velocidade das obras, reduzindo assim, custos com funcionários, aluguel de equipamentos

É permitido usar agregados graúdos provenientes de rochas mais resistentes, pois se a matriz cimentícia apresentar resistência elevada, o limitante da mistura passa a ser a resistência das partículas dos agregados (Daher C. H.)

O Concreto pesado possui alta densidade, tem cerca de 50% de massa a mais do que o cimento convencional, isso acontece devido ao acréscimo de massa dos agregados naturais mais densos, que entram no lugar da brita comum. Esses agregados são hematita, barita e magnetita, mas também podem ser usados limonitas, limalhas de ferro e até mesmo esferas de aço.

Tem sua aplicação mais frequente em construções de câmaras de raio x ou gama, e paredes de reatores atômicos.

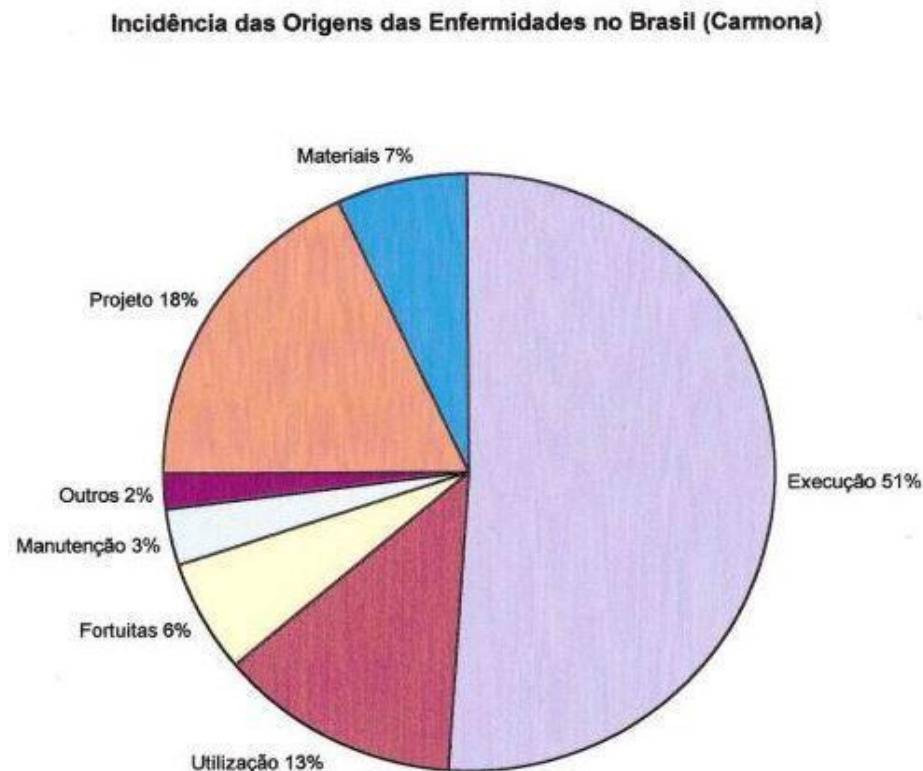
2.2. Patologias em estruturas de concreto Armado

As patologias surgem nas estruturas devido a má execução dos projetos, quando contratam mão de obras sem qualificações ou usam materiais que não correspondem às necessidades dos projetos. Isso ocorre devido à falta de investimentos dos proprietários, públicos e privados, em projetos mais elaborados e mais detalhados, havendo muitas vezes, necessidade de adaptação durante a fase de execução e futuramente em ordem funcional e estrutural (VITÓRIO, 2002).

O concreto é um dos principais materiais usado na construção civil, mas não é o único a ser prejudicado com patologias. As armaduras de aço tem extrema importância se tratando de resistência à tração, elas também correm riscos patológicos.

2.2.1. Origem das patologias em estruturas

Figura 6: Incidência das origens das enfermidades no Brasil.



Fonte: Silva e Jonov (2011)

segundo (WEIMER, THOMAZ, DRESCH. 2018), diversos fatores podem originar uma patologia e diversos sintomas podem ser indicativos de uma patologia no concreto armado, os mais comuns são as trincas, deformações na estrutura como flechas excessivas e a corrosão das armaduras.

Muitas das doenças estruturais não se manifestam claramente ou são encobertas por outras, podendo passar despercebidas. Portanto, quanto mais criteriosa e aprofundada for a fase avaliativa, maiores serão os índices de acerto e eficiência da solução indicada (VISOTTO *apud* SACHS, 2015 p. 42).

Fissuras

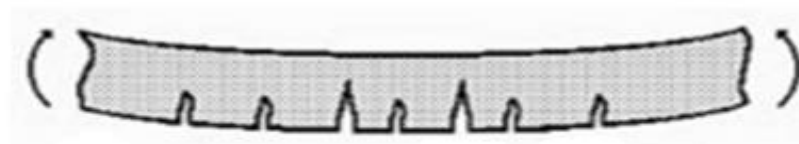
A patologia mais popular encontrada nas construções, dependendo do seu grau de abertura, pode ser um indicativo muito sério.

De acordo com Piancastelli (2017) é preciso analisar dois tipos de fissuras para um tratamento ideal, se a fissura é ativa (viva ou instável) que apresenta alteração em sua abertura com passar dos dias, ou se ela é inativa (morta ou estável) aquela que não apresenta variações na abertura.

Para que se possa ter um estudo eficaz e correto da configuração da fissura, do grau de abertura da mesma e se há variação em relação ao tempo, é necessário classificar a fissura, como ativa ou inativa, ativa quando a causa responsável por gerar a fissura ainda atua sobre a estrutura e inativa, ou seja, estável, quando a causa teve efeitos por um período de tempo e após esse período deixou de atuar.

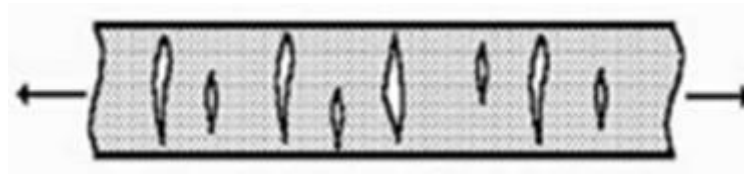
De acordo com as figuras, veremos que em cada tipo de fissura, temos uma causa diferente.

Figura 7: fissuração em viga em função da solicitação da flexão



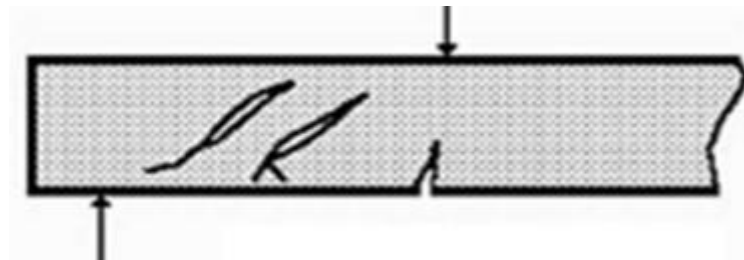
Fonte: SOUZA; RIPPER, 2009, p.58

Figura 8: Fissuração em viga em função da solicitação em tração



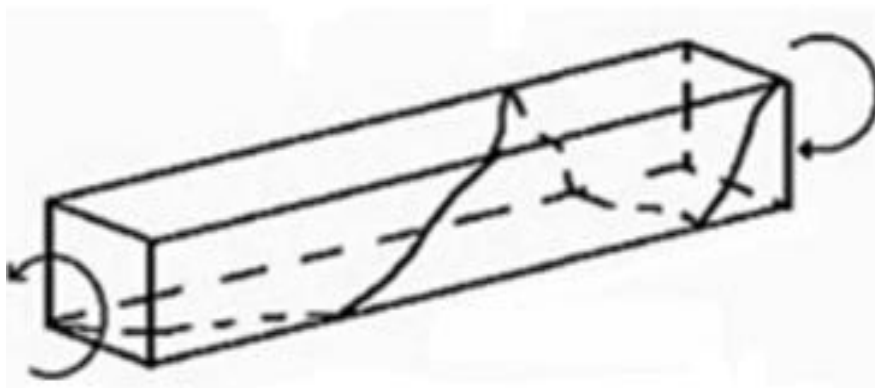
Fonte:SOUZA; RIPPER, 2009, p.58

Figura 9: Fissuração em viga em função da solicitação cortante



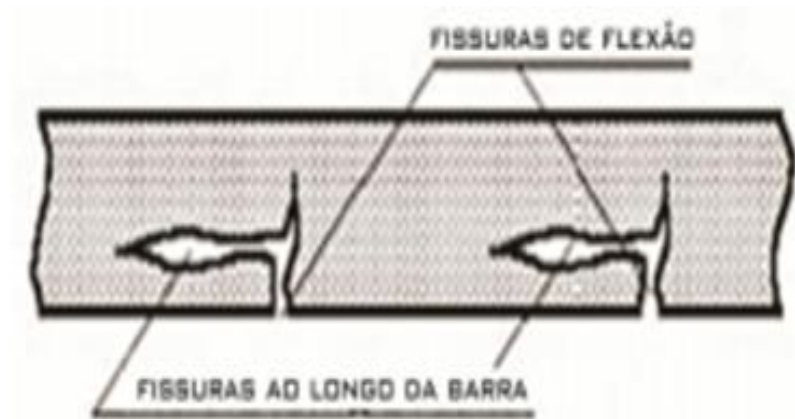
Fonte:SOUZA; RIPPER, 2009, p.58

Figura 10: Fissuração em viga em função da solicitação da torção



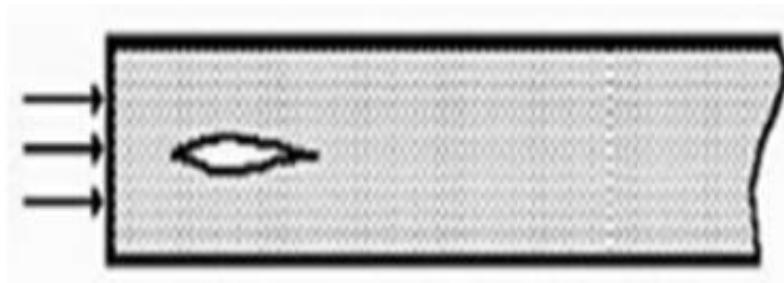
Fonte:SOUZA; RIPPER, 2009, p.58

Figura 11: Fissuração em viga em função da perda da aderência



Fonte:SOUZA; RIPPER, 2009, p.58

Figura 12: Fissuração em viga em função da solicitação de cargas concentradas



Fonte:SOUZA; RIPPER, 2009, p.58

Figura 13: Casa com rachaduras.



Fonte: Fundação Reforte.

Acesso em: <http://www.fundacaomc.comunidades.net>

De acordo com Souza Ripper (2009), a retração do concreto é um movimento natural da massa, que é contrariado pela existência, também natural dos obstáculos internos (das armaduras de aço) e externos (vinculação a outras peças estruturais). Sendo assim, estes acontecimentos naturais têm que está em nível de projeto, para uma perfeita execução, porém, se passar despercebidos, são grandes possibilidades do desenvolvimento de fissuras, que podem se tornar trincas e até rachaduras se não tratadas a tempo, costumam ocorrer com as peças mais esbeltas, tipo lajes e paredes.

Figura 14: retração do concreto



Fonte: Mapa da obra. Acesso em: <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/fissuras-em-paredes-e-pisos-de-concreto/>

Figura 15: Retração do concreto



Fonte: Retração do concreto: o que é e como minimizá-la?
Acesso: <https://www.tecnosilbr.com.br/retracao-do-concreto-o-que-e-e-como-minimiza-la-2/>

O desgaste do concreto acontece naturalmente por ações abrasivas, e isso porque ele é acometido por agentes, sendo o mais comuns o ar e água que carregam partículas que provocam abrasão, sendo dos carros nas pistas de

rolamentos e das ondas do mar e etc. Vimos em Souza Ripper (2009), o tamanho da erosão é acometida pela intensidade, que dependerá da quantidade dessas partículas transportadas pelo ar e pela a água.

A cavitação que é pequenas cavidades que ocorre nas estruturas de concreto, quando é acometido pela ação das águas correntes, com muita velocidades. De acordo com Neville (1982), a superfície de um concreto atingido pela cavitação se mostra irregular, riscada e cheia de cavidades, o que contrasta

Figura 16: Desgaste do concreto



Fonte: Desgaste do concreto por abrasão. Acesso: <https://app.emaze.com/@AIQIOWIT#1>

Corrosão das Armaduras

Em relação à corrosão das armaduras, a corrosão poderá ser entendida com a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos.

As barras de aço contam com a proteção de uma película de proteção para evitar dissolução de ferro, a mesma é formada pela elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto. O deterioramento das barras de aço acontece por motivos antes já citados.

Essa solução aquosa é característica do excesso de água no amassamento do concreto, e em função do seu pH ela pode ser, ácida, básica ou neutra, que se

define como sendo o cologaritmo decimal da concentração de íons hidrogênio (H^+):
 $pH = -\log (H^+)$.

De acordo com Souza e Ripper, (2009), é estabelecido que a água quimicamente neutra é a que tem a mesma quantidade de íons (H^+) e de íons hidroxílicos (OH^-), o que acontece a 22°C, valendo 107. Assim, fazendo, para este caso, (H^+) = 107 na equação (1.5), virá que o pH de uma solução aquosa neutra é 7.

Portanto, tem-se que:

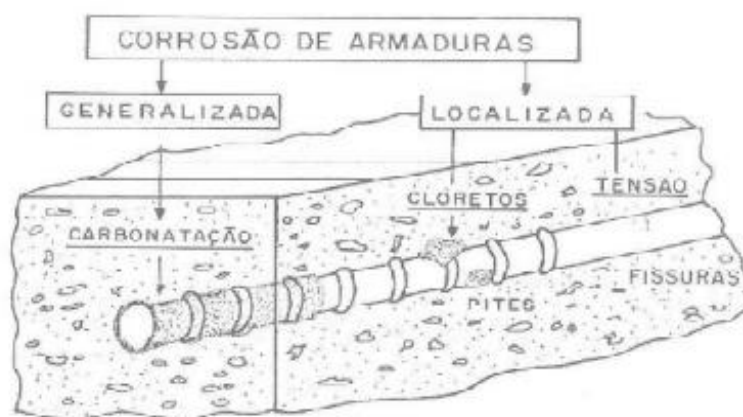
$(H^+) > (OH^-)$ $pH < 7$ ^ solução ácida;

$(H^+) = (OH^-)$ $pH = 7$ solução neutra;

$(H^+) < (OH^-)$ $pH > 7$ solução alcalina.

O pH do meio aquoso existente no interior do concreto é bastante alcalino (entre 12.6 e 14), como resultado da própria reação entre a água e os sais minerais que compõem o cimento. Sempre que o nível de alcalinidade for superior a 9, estará garantida a criação da já referida película passivante, pelo contato entre a ferrugem superficial das barras e a água.

Figura 17: Corrosão de Armaduras



Fonte: Andrade 1992

Conforme é possível visualizar na figura 04 existem duas classificações para corrosão da armadura, a generalizada e a localizada, os íons despassivantes geram

a corrosão localizada, enquanto a diminuição do pH gera a corrosão tipo generalizado, afetando diretamente na resistência do aço (ANDRADE 1992)

Figura 18: Corrosão em viga de concreto armado.



Fonte: Mapa da obra. Acesso em: https://www.mapadaobra.com.br/negocios/veja-a-recuperacao-de-estruturas-de-concreto-armado/?doing_wp_cron=1636174634.0349590778350830078125

2.2.2 Processos de deterioração do concreto

Segundo WEIMER (data) os agentes que podem danificar ou deteriorar e destruir o concreto armado são diversos, e isso acaba dificultando na hora de classificar o tipo de agente, porque alguns atacam apenas o concreto, outros atacam apenas a armadura, enquanto existe os que atacam a armadura e o concreto, os agentes podem ter classificações como: físicos, químicos mecânicos e biológicos, mas também tem outras duas categorias que são os intrínsecos, são específicos da estrutura, começando a agir de dentro para fora e os extrínsecos que sua atuação é ao contrário do intrínsecos, pois independem da estrutura tem sua ação feita de fora para dentro.

Os agentes físicos que podem causar deterioração e danos ao concreto são fenômenos como terremoto, choques, incêndios, recalque e variação de temperatura.

Segundo BRANDÃO (1998) os agentes químicos são causados pois alguns elementos vistos no meio ambiente que tem o potencial de conseguir atravessar o concreto na fase rígida e com a temperatura e umidade ideal acaba causando

algumas reações químicas trazendo malefícios. O concreto em sua maioria não tem boa resistência para combater fenômenos químicos, porém a estrutura não tem grande parte em exposição para sofrer com agentes químicos, uma pequena parte apenas recebe ataques com maior grau de gravidade.

BRANDÃO (1998) afirma que a resistência do concreto para combater agentes químicos depende também do tipo de cimento, variando essa resistência em uma ordem crescente, geralmente os ataques mais comuns são através de: água do mar, gás carbônico, ácidos e agregados que possam causar algumas reações.

A água do mar muita concentração de sais com uma grande variação, sua quantidade varia dependendo do clima da região, em região de clima quente a concentração é maior em relação a uma região com o clima frio, isso faz com que os danos causados por esse agente químico em regiões com temperatura mais elevada seja mais agressivo. A durabilidade do concreto pode sofrer com alguns tipos de sais e esses são: cloreto de sódio, magnésio e potássio e sulfatos de magnésio, cálcio e potássio, com a concentração de cloreto mais elevada que a do sulfato. O dióxido de carbono e o oxigênio também são elementos presentes no mar. (BRANDÃO, 1998)

Segundo BRANDÃO (1998) os agentes mecânicos são as sobrecargas, vibrações e erosões.

As sobrecargas e as vibrações não esperadas têm o risco de causar fissuras que poderiam trazer outros agentes patológicos para dentro da estrutura, por isso quem projeta deve deixar explícito para o cliente as cargas permitidas na estrutura para que o usuário da estrutura não cometa algum erro grave.

As vibrações geralmente são causadas pela utilização de equipamentos dentro da edificação, as vibrações de equipamentos que forem permanentes requisitam de uma atenção especial durante o projeto. A erosão é causada pelo desgaste na parte

superficial do concreto por atritos. A velocidade que o processo de erosão ocorre varia e depende da resistência do concreto.

BRANDÃO (1998) também diz que além de todas as outras formas de deterioração que o concreto pode sofrer, também existe o processo com os agentes biológicos. A maneira mais popular de sofrer com esse tipo de agente é por meio das tubulações de esgoto, que causam ataques a o concreto com o ácido sulfúrico que é formado pelas reações químicas provocadas pelas bactérias do esgoto. Quando a superfície é porosa e com rugosidade, acaba tendo a chance de proliferar alguns tipos de parasitas vegetais e animais, exemplos disso são as algas, moluscos e outros tipos microscópicos, geralmente tem mais parasitas em locais com mais nutrientes, exemplo disso são as saídas de esgoto.

3. Metodologias

O método utilizado para a criação desse artigo, foi de uma análise e aprofundamento em várias bibliografias relacionadas às manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto armado encontradas em obras pelo Brasil. Apontando os seus principais agentes causadores e também os possíveis métodos para obter a solução da patologia e recuperar a saúde da estrutura.

Levantando conteúdo a partir de referências em artigos científicos, livros de autores reconhecidos no ramo da engenharia civil, dissertações e publicações de revistas e com base em pesquisas de outros artigos científicos unindo informações e suas referências pesquisando na internet e na biblioteca disponibilizada pela faculdade. Para selecionar a literatura utilizada na pesquisa foi feita uma análise de leitura em trabalhos e artigos científicos disponibilizados em sites e revistas científicas reconhecidas.

Após finalizar essa primeira análise da literatura utilizada, foi iniciado um aprofundamento no material utilizado para a obtenção das informações na criação desse artigo, isso viabilizou a retirada de material que não serviriam para o propósito do trabalho.

Por fim, a partir de toda a informação e conhecimento acerca do reconhecimento, diagnóstico e soluções para as patologias mais comuns, foi feito um estudo de caso para analisar uma estrutura real e aplicar os conhecimentos adquiridos através de toda a bibliografia utilizada na criação desse trabalho.

3.1 Diagnóstico das patologias

O diagnóstico correto com os métodos e técnicas adequadas das causas da patologia é de extrema importância para que possa ser feito o mais rápido possível o trabalho de recuperação da parte deteriorada da estrutura para garantir uma maior vida útil da edificação, reduzindo os custos de manutenção e também mantendo a segurança para todos aqueles que habitam ou circulam na edificação afetada.

LAPA (2008) diz que geralmente os sinais de patologias são observados pelos donos e usuários da própria edificação afetada, nestes casos muitas vezes quando o dono nota ou é avisado por alguém sobre o problema, ele já está em estágio

avançado e mais complexo, caso não seja feito o diagnóstico correto com as técnicas adequadas para conseguir apontar todos os problemas patológicos com o objetivo de deixar a estrutura totalmente livre de todas as patologias que estavam atacando por um profissional habilitado o problema pode causar maiores danos financeiros para o proprietário com medidas de solução que podem utilizar maior mão de obra ou equipamentos mais caros, até mesmo pode aumentar ou causar risco para quem habita a edificação e frequenta, dependendo do porte da edificação esses riscos podem chegar até a quem circula próximo a ela.

Segundo FERREIRA (2014) primeiras ações para diagnosticar uma estrutura é encontrar onde está ocorrendo a manifestação patológica, logo em seguida deve ser feito uma análise detalhada mapeando todos os elementos e no decorrer da análise visual deve ser feito o registro de todas as irregularidades encontradas na estrutura e no campo de análise, deve ser quantificado o número de patologias e possíveis agentes que causarão problemas futuros, dimensionado o tamanho e localizar no projeto da estrutura os locais onde foram encontrados cada manifestação patológica e agente para se observar se essas manifestações podem causar algum tipo de falha na estrutura levando ao risco dos usuários da edificação.

Com o intuito de que a patologia seja corretamente diagnosticada, é necessário que se entenda e conheça todos os sintomas que a estrutura apresenta, como surge, e os agentes causadores dessa patologia e quando a estrutura começou a ser afetada disse LAPA (2008) e também complementa afirmando que o correto é tomar medidas para que se possa evitar as patologias no concreto armado, mas que caso o processo patológico já esteja em andamento, deve ser feito o diagnóstico para entender o que causou, onde se originou e como a estrutura é atacada e assim podendo iniciar o tratamento para curar a estrutura desse processo que pode ser chamado de doença.

Segundo NASCIMENTO e FONTES (2021) os sintomas iniciais que apontam uma patologia no concreto armado geralmente são as fissuras, as fissuras podem surgir quando o concreto nasce, em sua concretagem, mas também pode acontecer de aparecerem anos depois de a obra estar pronta, as fissuras abrem caminho na parte

superficial do concreto fazendo ser mais fácil a introdução dos agentes patológicos, um exemplo desses agentes são os dióxido de carbono (CO_2) e os íons cloretos (CL^-), fazendo com que a corrosão das armaduras seja mais rápida e degrade a estrutura, as fissuras são bastante comuns, elas apresentam um alerta para se verificar a fundo o que está causando os danos no concreto, seus efeitos reduzem a durabilidade da estrutura e atrapalha na estética da edificação.

Segundo (RIPPER, 2009) a origem das fissuras deve ser encontrada de imediato para entender o problema e dar início ao processo de solução para eliminar o causador, o que pode apontar a causa da fissura e a maneira como ela está posicionada, a abertura, a trajetória que ela está tomando e o seu espaçamento.

Uma inspeção adequada de patologia deve ser dividida em 3 fases básicas, a primeira é o levantamento de dados, após isso faz a análise desses dados e depois é feito o diagnóstico.

O levantamento de dados é uma fase de grande importância, preferencialmente deve ser feita por um engenheiro com boa experiência em patologias, para que consiga determinar se tem necessidade ou não de adotar algum tipo de medida especial para o caso, esta etapa fornece as informações requisitadas para poder ser feito uma análise certa que deve seguir os passos:

- Classificação analítica do meio ambiente, sobre a agressão que a estrutura tratada sofre.
 - Levantamento visual e medições expeditas, onde é feito uma observação visual em que o engenheiro anota as informações adquiridas e mede todos os pontos importantes.
 - Estimativa das possíveis consequências de danos e se houver necessidade, até mesmo efetuar alguma medida de emergência, exemplo dessas medidas são: escoramento da estrutura, alívio de carga, e instalar equipamentos para medir o recalques e deformações na estrutura.
- Levantamento em detalhes de todos os sintomas que ocasionam a patologia, utilizando fotos, medidas dos danos causados na estrutura, checagem para entender se existe algum agente químico que possa causar tais danos,

medição de todas as trincas e fissuras, posição das trincas e fissuras e análise das barras de aço para checar a perda de sessão.

Identificação dos erros durante a fase de projeto e de execução da estrutura e checar se a utilização está dentro do recomendado pelo engenheiro e se a manutenção também está de acordo com o que deve ser feito.

- Estudo do projeto e de todas as ampliações feitas na edificação, para poder descobrir se existe algum tipo de problema no dimensionamento da estrutura doente com a patologia ou alguma deficiência em sua concepção.
- Instrumentação da estrutura e realizar ensaios especiais, também com ensaios feitos em laboratórios para entender a tipologia e intensidade dos agentes que estão agredindo a estrutura, para medir e mapear todas as fissuras, flechas, deformações e aberturas ocasionadas na estrutura e fazendo a verificação das armaduras, cobrimentos e etc. Avaliar as características e resistências do concreto e do aço utilizado.

A segunda parte, onde se analisa os dados, deve levar o engenheiro a entender exatamente como funciona a estrutura para poder também levar ele ao surgimento e desenvolvimento dos sintomas patológicos precisamente.

É uma análise que deve ser executada detalhadamente para que nenhum tipo de anomalia fique escondida ou não seja vista pelo engenheiro, assim pode ser encontradas todas as anomalias superficiais e até mesmo as mais graves, também para poder descobrir se a patologia foi desencadeada por um ou mais fatores.

A última etapa é a do diagnóstico, onde só poder ser iniciada após todas as etapas anteriores estarem concluídas, algumas vezes há necessidade de voltar ao início do processo até a primeira etapa, porque só depois de tentar alguns diagnósticos é que se encontra uma necessidade de coletar e fazer análise novamente em outros elementos, a conclusão do engenheiro depende de fatores do diagnóstico como o fator financeiro, técnico, conforto e de segurança. Em situações extremas o recomendado pode ser até demolir a edificação, já que o custo para recuperar a estrutura ficaria muito elevado e assim o proprietário não teria benefícios em continuar com o processo de recuperação.

3.2 causas da deterioração do concreto

O que acaba aumentando a complexidade dos estudos de patologias no concreto armado são as suas grandes variedades de manifestações patológicas e também de enorme quantidade de causas que podem levar a um ou mais tipos de patologias, as manifestações patológicas muitas vezes demonstram sintomas parecidos, ainda que o agente causador seja diferente, e isso acaba ampliando o número que possível causa é possível manifestação patológica na estrutura durante o diagnóstico. Entender as origens e as causas que levam a deterioração do concreto é fundamental para efetuar os reparos na estrutura e para também ter a garantia de que depois de consertada, a estrutura não volte a apresentar mais problemas no mesmo lugar, ou com a mesma patologia. (RIPPER, 2009)

3.3 Limpeza e reparo

A limpeza e preparo do substrato tem enorme importância, segundo HELENE (1992). Alguns autores acreditam que esse procedimento responde por 50% ou mais do sucesso na recuperação ou reforço de uma estrutura. Paulo Helene entende que se a limpeza e reparo não forem feitos da maneira correta, pode acabar comprometendo o reparo ou reforço feito e assim também comprometendo a integridade da estrutura.

O substrato é o agrupamento de procedimentos feitos antes de ser feita a limpeza superficial e de aplicar os materiais e os produtos utilizados para corrigir os danos, então, entende-se que são os tratamentos iniciais na parte superficial da estrutura. A tabela mostrada a seguir contém os principais procedimentos para o reparo.

Tabela 1: Tabela com os procedimentos adequados para reparo de substrato.

Procedimento	Procedimentos mais adequados para			
	concreto com superfície		aço com superfície	
	seca	úmida	seca	úmida
escarificação manual	adequado	adequado	inadequado	inadequado
discos de desbaste	aceitável	adequado	aceitável	aceitável
escarificação mecânica	adequado	adequado	inadequado	inadequado
demolição	adequado	adequado	inadequado	inadequado
lixamento manual	inadequado	aceitável	adequado	aceitável
lixamento elétrico	adequado	aceitável	adequado	aceitável
escovamento manual	adequado	aceitável	adequado	aceitável
pistola de agulha	inadequado	inadequado	adequado	adequado
jato de areia seco ou úmido	adequado	adequado	adequado	aceitável
disco de corte	aceitável	adequado	inadequado	adequado
queima controlada	adequado	inadequado	inadequado	inadequado
remoção de óleo e graxa impregnados	inadequado	adequado	inadequado	adequado
maquina de desbaste superficial	aceitável	adequado	inadequado	inadequado

Fonte: HELENE (1992)

Como visto na tabela acima, cada procedimento tem uma utilização adequada, e para entender como usar cada procedimento deve ser entendido seus pontos fracos e fortes e como é feito, abaixo seguirá o detalhamento de cada procedimento segundo HELENE (1992):

Figura 19: Escarificação manual



Fonte: Policrete engenharia. Acesso em: <https://tratamentodeconcreto.com.br/recuperacao-estrutural-de-concreto.php>

HELENE (1992) diz que a utilização mais comum da escarificação manual é preparando as superfícies menores e em locais onde não se consegue ter acesso com os equipamentos de maior porte. Os equipamentos utilizados são a marreta, talhadeira e o ponteiro.

É um procedimento feito de fora para dentro, feito com cuidado para evitar que lasque os contornos na área a ser tratada, fazendo a retirada de todo material que estiver solto e mal compactado até chegar a parte do concreto com boa saúde, onde tem a superfície rugosa e com coesão para consiga ter aderência e quando houver necessidade deve ser feito o cimbramento.

- Vantagens da escarificação manual.

Não tem tanta poeira em relação a outros métodos e não necessita de muito equipamento e nem instalações elétricas ou de água para ser executado, além de não necessitar de mão de obra especializada.

- Desvantagens da escarificação manual.

Produtividade baixa e restrição em sua utilização. Depois de terminado a escarificação manual deve ser feito um processo de limpeza, de preferencia

com ar comprimido para retirar todo o pó e requer cuidados especiais e atenção para que não ocorra nenhum tipo de comprometimento da estrutura.

Figura 20: Disco de desbaste



Fonte: Maxxima diamantados. Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=tJViNeDvy08>

HELENE (1992) explica que o disco de desbaste geralmente é utilizado para preparação e desbastes de superfícies. É uma lixadeira com um disco que faz o desbaste e polimento de pisos, sejam úmidos ou secos. Para fazer o procedimento deve colocar o disco em cima da superfície e utilizando o seu próprio peso ir fazendo movimento em 90 graus para ir desbastando as camadas da superfície, por camadas de pequena espessura, mantendo as passadas de forma constante e uniforme para que tenha uma superfície plana e bem acabada.

- Vantagens da utilização do disco de desbaste.
Produce resultados com muita rapidez e economiza tempo de serviço.
- Desvantagens em utilizar o disco de desbaste.
Necessita de mão de obra especializada para manusear o disco.

Figura 21: Escarificação mecânica



Fonte: HELENE (1992).

A escarificação mecânica é mais utilizado para preparar algumas superfícies grandes de acordo com HELENE (1992) e ele complementa afirmando que nesse processo é utilizado um rebarbador eletromecânico ou fresas para piso. O processo é feito de fora para dentro como na escarificação manual, a diferença é que nesse método mostrado agora é feito com uma maquina, se a superfície for plana, deve ser removido a nata da superfície para entregar rugosidade ao concreto, retirando todo material solto e mal compactado até encontrar o concreto em boa saúde. Se necessário deve ser feito o cimbramento.

- Vantagens da escarificação mecânica.

Rendimento elevado e vantajoso e não necessita de mão de obra especializada para fazer o processo.

- Desvantagens da escarificação mecânica.

Em espessuras maior que 1cm o processo deve ser mais cuidadoso, pois com a utilização da maquina de maneira incorreta pode comprometer a estrutura, depois de todo o processo de escarificação tem a necessidade de

efetuar a limpeza da estrutura, de preferencia deve ser utilizado ar comprimida para retirar todo o pó.

Figura 22: Demolição.



Fonte: Obramax. Acesso: <https://www.obramax.com.br/blog-do-max/construcao-civil/demolicao>

HELENE (1992) afirma que as demolições geralmente são feitas para preparar grandes superfícies para construir algo. Os equipamentos que são utilizados são marteletes pneumáticos ou os eletromecânicos, deve ser retirado todo o material que estiver solto e mal compactado e parar quando chegar no concreto em boas condições, deve ser feito um cimbramento adequado.

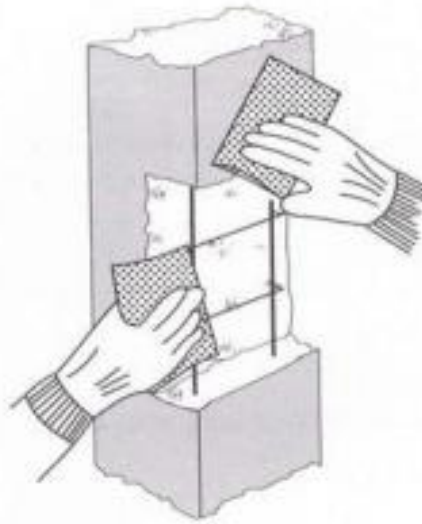
- Vantagens da demolição.

Ela possibilita que o profissional utilize mais de um marteletes pneumáticos em um apenas um compressor, aumentando o rendimento do trabalho.

- Desvantagens da demolição.

Necessita de certos cuidados para que a estrutura não seja comprometida durante o processo de demolição, em elementos da estruturas com alto nível de esbeltes não é adequado fazer a demolição e o processo de demolição necessita também de mão de obra especializada.

Figura 23: Lixamento manual.



Fonte: HELENE (1992).

Para HELENE (1992) o lixamento manual é normalmente utilizado em reparos em superfícies reduzidas e em barras de aço. É utilizado apenas uma lixa b es_ n_p_ m anl aporm ms sk _ jg_ bc dppm n_p_ m _ m N_p_ d_xcp m procedimento o profissional deve esfregar a lixa em movimentos circulares com força em cima da superfície trabalhada, se for lixar o aço deve ser lixado até o aço chegar a uma cor metálica onde pode ser chamada de estado de k cr_j os_qc `p_l am,

- Vantagens do lixamento manual.

Não requer equipamentos pesados e nem mão de obra especializada.

- Desvantagens do lixamento manual.

A produção é baixa e requer uma fiscalização do serviço.

Figura 24 Lixamento elétrico.



Fonte: Am engenharia. Acesso em: <https://www.amengenharia.eng.br/lixamento-de-concreto>.

HELENE (1992) explica que o lixamento elétrico é muito utilizado para lixar as superfícies do concreto e chapas de aço, o equipamento utilizado é um disco de lixa com uma lixadeira com proteção. O procedimento correto é manter a lixa reta na superfície trabalhada fazendo movimentos de preferências circulares em toda a superfície.

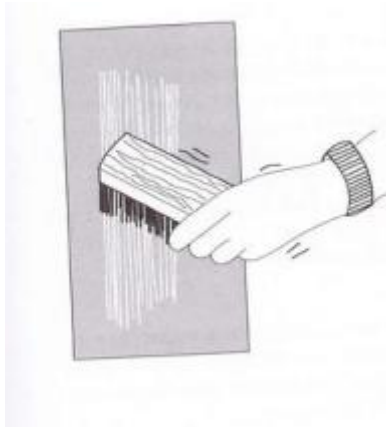
- Vantagens do lixamento elétrico.

O lixamento elétrico retira todas as impurezas presentes na superfície do concreto, abre os poros e faz a limpeza, remove grande parte da carepa de laminação e a corrosão que fica em cima das chapas de metal, ele permite que o profissional remova as irregularidades da superfície melhorando assim o seu aspecto e até o rendimento em determinados casos.

- Desvantagens do lixamento elétrico.

Faz bastante poeira e suja bastante o ambiente em volta, necessita que o profissional utilize mascaras anti-pó para se proteger de toda poeira e sujeira soltas pelo lixamento.

Figura 25: Escovamento manual



Fonte: HELENE (1992).

O escovamento manual é bastante utilizado para preparar as superfícies pequenas onde não tem dificuldade de acesso segundo HELENE (1992), para remover produtos corrosivos agarrados, o equipamento para o processo é apenas uma escova de aço, deve ser feito a escovação em toda a superfície onde houver os materiais corrosivos removendo todas as suas partículas soltas como de qualquer outro material que não seja desejável naquele local.

- Vantagens do escovamento manual.

O manuseio da escova é bem simples e não precisa de profissionais especializados para efetuar o serviço e também de nenhum equipamento robusto ou utilização de energia elétrica, todos os elementos corrosivos são retirados da armadura se for escovado da maneira correta com força e eficiência.

- Desvantagens do escovamento manual.

Baixa produção e restrição em sua utilização.

Figura 26: Pistola de agulha



Fonte: Casa do soldador. Acesso em:

<https://casadosoldador.com.br/p/desincrustador-de-agulha-pistola-97-556la-stanley-7506>.

Para HELENE (1992) a pistola de agulha é comumente utilizada para retirar as corrosões em pinturas e limpar superfícies metálicas, o equipamento é apenas a pistola eletromecânica.

Para realizar o procedimento o profissional deve por em contato a pistola com a armadura ou qualquer que seja o elemento metálico a ser trabalhado, esse processo deve ser feito até que se retire por inteiro a a camada de corrosão sobre ou a tinta que necessita ser removida, alguns cuidados devem ser tomados para o equipamento não entrar em contato com o concreto. Toda a armadura deve ser trabalhada para que a limpeza retire toda a corrosão, fazendo com que a superfície fique totalmente livre dos resíduos que sejam visíveis, depois de ser feito o processo de limpeza e remoção de todos os resíduos o metal deve ficar com uma cor cinza claro e uniforme

- Vantagens da utilização da pistola de agulha
Retira toda a ferrugem da armadura retornando o metal a sua boa condição de metal branco.
- Desvantagens da utilização da pistola de agulha
As agulhas tem algo risco de quebrarem ou danificarem quando atingem o concreto.

Figura 27: Jato de areia seco ou úmido.



Fonte: Portal Metálica construção civil. Acesso em:

<https://metalica.com.br/jateamento-o-que-e-e-queis-os-tipos/>

Geralmente os jatos de areia seco ou úmido são usados para preparar áreas grandes em lugares com ângulos, segundo HELENE (1992) e complementa dizendo que é utilizado o compressor de ar, maquina para jato de areia, abrasivo, mangueira de alta pressão, bico direcional e a água. A areia que deve ser usada tem que ser a de granulometria adequada, precisa ser lavada, não conter nenhum tipo de matéria organiza e necessita estar seca antes de ser utilizada, não pode ser esquecido que a areia usada no processo não pode ser utilizada novamente, se for utilizado agua junto com a areia, precisa utilizar uma bomba para pressurizar e direcionar a agua para um adaptador próprio por uma mangueira de alta pressão.

O bico do jato tem que ser mantido em posição ortogonal a superfície trabalhada, o movimento deve ser feito em círculos para distribuir de maneira uniforme o jato para conseguir melhorar a remoção dos resíduos que prejudiquem a aderência.

- Vantagens de se utilizar o jato de areia a seco ou úmido

Prepara toda a área da superfície que for feito um trabalho de recuperação ou reforço, retirando todos pedaços e partículas soltas na superfície, removendo qualquer material que prejudique a aderência da camada protetora e limpa a armadura removendo as camadas de corrosão que ficam nela, os jatos úmidos removem o pó pois o envolve nas películas da água.

- Desvantagens de utilizar o jato de areia a seco ou úmido

O jato seco causa grande quantidade de sujeira e pó no ambiente de trabalho. Após ser feito o procedimento do jato seco deve ser feito uma limpeza com jateamento de ar comprimido. Não retira as frações de espessuras maiores que 3mm e em alguns casos, não dispensa escarificação previa.

Figura 28: Disco de corte



Fonte: J.M.R ferramentas, mercado livre Acesso em:

https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1811779053-cortadora-concreto-230mm-a-bat-18v-dce090z-makita-JM?matt_tool=73118705&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14302215555&matt_ad_group_id=134553706708&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=539425529239&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=380912231&matt_product_id=MLB1811779053&matt_product_partition_id=1408932717052&matt_target_id=pla-1408932717052&qclid=Cj0KCQiAnaenBhCUARIsABEee8W7hdytwRI8fVonkOOTqvKJoHCONu0r6pTtokbp-06bUJY4gYSUTywaAvNXEALw_wcB

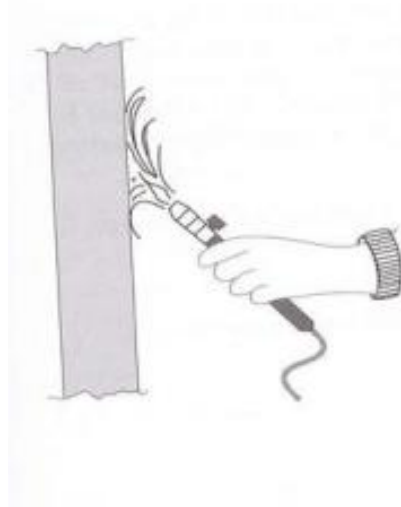
Para HELENE (1992) o disco de corte comumente é usado para retirar rebarbas, delimitar contornos e abrir vincos para tratar fissuras. É utilizado uma máquina de corte com um disco diamantado para fazer os cortes, com isso o disco é mantido na posição ortogonal a superfície. Mas antes de

começar deve ser feito uma demarcação com lápis, caneta ou cera para indicar onde o disco deve passar.

- Desvantagens na utilização do disco de corte

Necessita de profissional especializado para manusear a máquina e acessórios. Em algumas regiões o acesso aos equipamentos acaba sendo muito difícil, precisa de alguns cuidados para a espessura do corte para não chegar aos estribos e armaduras e causar algum dano.

Figura 29: Queima controlada



Fonte: HELENE (1992)

HELENE (1992) afirma que a queima controlada é comumente usado para preparar áreas onde não tem nenhuma armadura exposta e a espessura do revestimento precisa ser maior que 30mm, para ser feito o procedimento deve se utilizar um maçarico, ele deve ser guiado de maneira que facilite a remoção das camadas de concreto que estejam desagregadas. O maçarico não deve ficar muito tempo na mesma posição para esquentar muito a superfície dessa área causando dano no concreto sã.

- Vantagens da queima controlada

Desagrega o concreto em até 5mm de espessura, retira graxas, óleos e pinturas com eficiência.

- Desvantagens da queima controlada

Requer profissionais especializados para manusear o maçarico e o processo de execução deve ser fiscalizado.

Figura 30: Remoção de óleos e graxas impregnados



Fonte: Oraculo de morais Acesso em:

<https://paulommorais.wordpress.com/2013/04/25/o-arco-iris-na-mancha-de-oleo/>

Segundo HELENE (1992), para retirar óleos e graxas com mais de 3mm de profundidade deve ser retirado todo o concreto que foi contaminado com alguns dos processos citados anteriormente: de escarificação mecânica, queima controlada e dependendo do caso, até mesmo a demolição. Depois de fazer a escarificação do concreto e retirar todo o material solto e retirar todas as fontes que causem calor e chamas deve ser feito a aplicação de reebexol super em toda a superfície, se trata de um produto que remove graxa e limpa com solventes com alto grau de penetração, ele não corrói e é criado especificamente para fazer esse trabalho.

Figura 31: Máquina de desbaste superficial



Fonte: Casa do construtor Acesso em:

<https://www.casadoconstrutor.com.br/equipamento/politriz-para-concreto/>

É usado para preparar áreas de chão grande, pisos e até lajes, onde a armadura consegue cobrir bem e em áreas que necessitam de ajustes em espessuras de 0,5 a 3mm. A escarificadora é utilizada para fazer esse tipo de serviço, primeiro a área a ser trabalhada deve ser pré umedecida. O equipamento deve ser movimentado em faixas paralelas, em velocidade constante. Estima-se que uma máquina de 30cm de largura consegue fazer em torno de 4 a 8m² por hora de serviço em uma espessura de 2,5 a 3,0mm

Vantagens de se utilizar a máquina de desbaste superficial

Consegue trabalhar em grandes espessuras com eficiência e uniformidade e possui uma grande produtividade para fazer suas tarefas.

- Desvantagens de utilizar a máquina de desbaste superficial.

Se limita a apenas áreas horizontais planas

O primeiro passo a ser feito para um procedimento de recuperação é a limpeza das superfícies.

Tabela 1: Tabela com os procedimentos adequados para limpeza.

Procedimento	Procedimentos mais adequados para			
	concreto com superfície		aço com superfície	
	seca	úmida	seca	úmida
jato de agua fria	inadequado	adequado	inadequado	aceitável
jato de agua quente	inadequado	adequado	inadequado	aceitável
vapor	inadequado	adequado	inadequado	aceitável
soluções acidas	inadequado	aceitável	inadequado	inadequado
Soluções alcalinas	inadequado	adequado	inadequado	adequado
remoção de óleos e graxas superficiais	inadequado	inadequado	adequado	adequado
jato de ar comprimido	aceitável	aceitável	adequado	aceitável
solventes voláteis	adequado	adequado	inadequado	aceitável
saturação com água	inadequado	inadequado	adequado	inadequado
aspiração a vácuo	inadequado	inadequado	aceitável	aceitável

Fonte: HELENE (1992)

De acordo com manual de reparo escrito por Helene (1992), os procedimentos adequados para iniciar o reparo das estruturas acometidas pela patologias são:

Jato de água fria

Segundo HELENE (1992) quando se tem uma área muito grande, se usa um jato de água fria com auxílio de equipamento tipo lava jato com mangueira de alta pressão, com direcionamento. A remoção das partículas soltas, devem ser efetuadas com um movimentos circulares, mantendo a pressão da água constante, utilizando um bico de direcionamento para facilitar o processo.

- Vantagens desse procedimento é que ao mesmo tempo que se efetua a limpeza, vai umedecendo a superfície.
- Desvantagens é que, se o material de reparo precisar de uma substrato seco, esse procedimento se torna inadequado.

Figura 31: lavagem a água quente



Fonte: *Avança a recuperação estrutural do Reservatório Jaú* , acesso em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/avanca-recuperacao-estrutural-do-reservatorio-jau>.

Lavagens de água quente

Muito usado quando se tem uma grande área levemente contaminada por gordura, para seu uso necessita de uma máquina de lava jato de alta pressão com bico direcionado para facilitar a limpeza. O procedimento começa pela área mais alta, com movimentos circulares, com direcionamento.

- Vantagens desse procedimento é que dessa maneira todas as impurezas orgânicas tipo graxas, óleos, pinturas e etc, serão removidas se combinados com removedores biodegradáveis com REEBEXOL SUPER.
- Desvantagens é que, se o material de reparo precisar de uma substrato seco, esse procedimento se torna inadequado. Sua aplicação necessita de operador habilitado e de luvas de proteção.

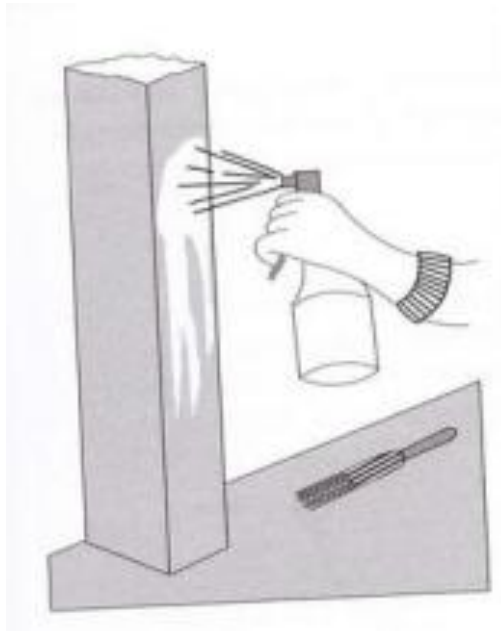
Lavagem à Vapor

Continuando a seguir o manual de Helene (1992), a lavagem a vapor é muito usada para grandes áreas com contaminação de sais minerais. O procedimento necessita de uma mangueira de alta pressão, e de uma caldeira para produção de vapor e um bico de direcionamento. Para efetuar uma limpeza adequada, é necessário movimentos circulares.

Vantagens do vapor é a remoção de impurezas orgânicas e minerais como graxas, pinturas e etc. Associado a removedores biodegradáveis tipo REEBEXOL SUPER, se torna muito mais eficaz.

Desvantagens necessita de operador qualificado

Figura 32: Lavagem com solução Ácidos



Fonte: HELENE (1992)

Muito usado em áreas que não contém a presença de armadura exposta ou muito próxima da superfície, é eficaz para a remoção de tintas, ferrugem de metais, ferramentas como dizia Helene,1992. Os equipamentos usados para esse

procedimento são, pulverizador, brocha, trincha ou esfregão. Para um uso adequado desse produto, é necessário saturar a estrutura com água limpa para evitar a penetração do ácido no concreto são, seguir passo a passo da ficha técnica do produto REEBAKLENS. A efervescência é sinal de descontaminação. Imediatamente após a reação, lavar a estrutura com água limpa em abundância, para a remoção de partículas sólidas e resíduos da solução utilizada.

Vantagens deste procedimento é a remoção de superfícies indesejadas, melhorando a aderência do substrato e não requer equipamento especial. Desvantagens do uso, é que pode ocorrer uma infiltração irreversível de agentes ácidos nas estruturas.

Figura 32: Lavagem com solução alcalina



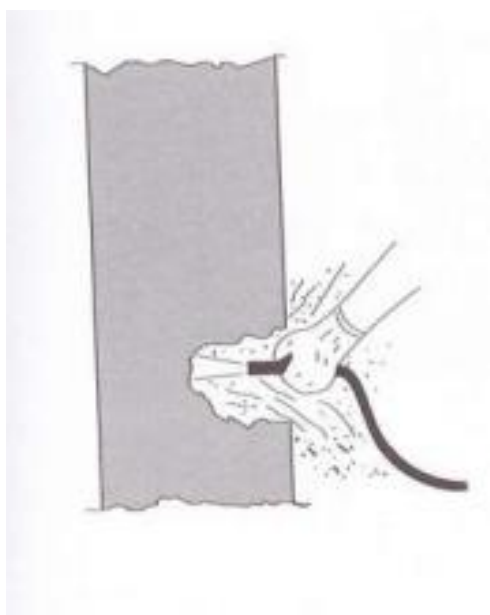
Fonte: HELENE (1992)

Muito usado em áreas grandes para limpezas de resíduos ácidos impregnados. Equipamentos usados são, pulverizador, brocha, trincha ou esfregão. O procedimento se baseia em saturar a estrutura com água limpa para evitar a infiltração da solução alcalina, se isso acontecer essa solução pode modificar as características do concreto. HELENE(1992)

Vantagens desse procedimento é com a aplicação ele consegue neutralizar ataque ácido na estrutura, além de melhorar a aderência do substrato, o método não é agressivo à armadura e não requer equipamento especial.

Desvantagens desse procedimento, é que se houver agregados reativos do concreto, pode acontecer de piorar devido à reação álcali-agregada, além de dificultar a aderência em certos produtos com base em epóxi. Não é eficaz contra os produtos provenientes da corrosão da armadura.

Figura 33: Jato de Ar Comprimido



Fonte: HELENE (1992)

Continuado com Helene (1992), vimos que o usos mais comuns do jato do ar comprimido, e em áreas onde os procedimentos de preparo, como escarificação, escova de aço ou jato de areia, ótimo para a remoção de pó, é usado também quando na superfície for aplicada resina de base epóxi, que requer substrato seco e limpo. O equipamento usado é uma mangueira de alta pressão e compressor com filtro de ar e óleo para garantir a pureza do ar.

O procedimento começa pela cavidade, colocando no seu interior da extremidade da mangueira, começando a limpeza de dentro pra fora, depois que limpar as cavidades elas deverão ser vedadas, procedendo-se então à limpeza da superfície remanescente.

- vantagens desse método, e que logo em seguida a limpeza da superfície, permite a aplicação de adesivo estrutural de base epóxi, desde que o substrato esteja seco. Remove todo o pó existente . É adequado para limpeza de fissuras, pois facilita a aplicação de

procedimentos de injeção de grautes ou resinas para restabelecimento do monolitismo estrutural.

- Desvantagens são inadequadas para superfícies úmidas.

Solventes Voláteis

Ideal para limpeza de superfície de concreto e aço, instantes antes da aplicação das resinas de base epóxi. O procedimento deve ser feito com um pincel, estopa ou algodão, aplicando (acetona industrial) para remover resíduos e contaminações.

- vantagens do procedimento é que, etira ácido úrico (mãos), contaminações superficiais de gordura, graxas, tintas e óleos. Por ser um produto volátil, evapora muito rápido, acelerando a secagem do local.
- Desvantagens do procedimento, é um produto inflamável e muito volátil (perda por evaporação).

Figura 34:Aspiração a Vácuo



Fonte HELENE (1992)

Um limpeza a seco de superfície de concreto, ideal para receber adesivos e pontes de aderência que exigem substrato seco. Seu procedimento é executado por um aspirador de pó industrial, é constituído para aspirar pó de concreto, com alta potência, mantendo a boca do aspirador próxima por (± 2 mm) à superfície do concreto.

- Vantagens dessa aspiração é que não levanta poeira e pode ser executada em local fechado.
- Desvantagens dessa aspiração, ela não retiram partículas grandes nem úmidas.

Quadro 1: Causas dos processos de deterioração das estruturas.

Causas dos processos de deterioração das estruturas	
Causa intrínsecas	Ações externas
inerentes a próprias estrutura, agindo de dentro para fora.	Independem da estrutura, agindo de fora para dentro.

Fonte: RIPPER (2008)

Na maioria dos casos no Brasil em pequenas obras, as estruturas de concreto armado são feitas no local da obra, o material é levado até o canteiro onde a equipe trabalha na sua produção para atender o projeto estrutural.

Segundo BLEVOT (ano) as patologias que atacam as estruturas são diversas, e que determinados tipos de patologias e agentes patológicos tem maior incidência em alguns países que em outros

Tabela 3 Porcentagem dos causadores que mais deterioram edificações de concreto.

Tipos de problema	(%)
Erros de concepção	3,5
Erros nas hipóteses de calculo, erros materiais	8,5
Disposições defeituosas em certos elementos ou na transmissão de esforços	2,5
Falhas resultantes de deformações excessivas	19,7
Falhas resultantes dos efeitos de variações dimensionais (térmica)	43,7
Defeito de execução	16,5
Fenômenos químicos	4,0
Causas diversas	1,6

Fonte: VALENTE (2008)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tipo de Patologia	Identificação	Diagnóstico	Forma de tratamento ou correção
Corrosão da armadura	Para identificar a armadura corroída deve ser observado o estado da capa de concreto ao redor, caso tenha patologias em níveis que possam afetar a armadura deve ser cortada a área afetada para ser feita uma análise na armadura.	A corrosão da armadura é uma ação química ou eletroquímica, as barras de aço da armadura sem a película de proteção do concreto entram em dissolução de ferro, se o ph diminui ocorre a corrosão do aço.	Para reduzir a corrosão na armadura deve ser utilizado sílica ativa no concreto, quando a armadura já sofre com a corrosão deve ser retirados os detritos de concreto em volta da área afetada, lixar a barra sofrendo pela patologia e verificar se deve ser substituída ou ainda pode ser utilizada, após isso deve ser aplicado uma nova massa de graute no local.
Fissuras e trincas	As fissuras e trincas podem ser identificadas visualmente na superfície do concreto.	As fissuras são aberturas finas que tem até 1mm e são de forma alongadas, já as trincas são quando essa abertura aumenta para 3 milímetros,	Em casos simples pode ser utilizado apenas selantes acrílicos e fazer o acabamento, porém em casos mais graves onde expões a armadura da

		essa fissura se tornará uma trinca.	estrutura deve ser delimitado a área deteriorada, retirar partes afetadas com marteletes par tirar os detritos das áreas afetadas e se precisar uma serra elétrica e formar cortes com arestas na área reparada, verificar e corrigir danos a armadura se houver e depois utilizar argamassa de reparo ou graute para reparar a área.
Retração do concreto	Pode ser identificado através de suas microfissuras, é notável diversas microfissuras como n q bc e _j_ f _ l _ região.	É a redução de volume causada pela exsudação por causarem fissuras que possivelmente se tornarão trincas e depois até evoluir para uma rachadura se o tratamento não for feito, normalmente ocorre em lajes e paredes	As fissuras ou trincas causadas pela retração devem ser preenchidas com material flexível.
Deterioração do concreto	Por rachaduras no concreto, armadura exposta e trincas	A capa de concreto em volta das armadura sofre corrosão, trincas ou até mesmo partes se	Deve ser feito uma escarificação de pequena espessura na área afetada e depois recobrir essa

		quebram, diminuindo a área do concreto e deixando a armadura exposta.	superfície com um novo material adequado para aquele uso, deve ser utilizado pelo menos um cimento Portland com microsilica, látex ou epóxi.
Desgaste do concreto	Pode ser notado a superfície do concreto com manchas, delaminação e com pequenas fissuras.	Acontece de forma natural por ações abrasivas.	Deve ser feito uma escarificação de fina espessura para remover a camada desgastada e depois recobrir com uma nova camada de concreto adequada para sua finalidade.
Abrasão	Notado através de manchas no concreto, microfissuras e aparecimento de buracos.		Deve ser feito uma escarificação de fina espessura para remover a camada desgastada e depois recobrir com uma nova camada de concreto adequada para sua finalidade e se houver buracos devem ser retirados os detritos e depois preenchidos novamente com material adequado.

Erosão	Pode ser percebida por fissuras, manchas, eflorescência e também com a deterioração da capa de concreto.	É causado na parte superficial do concreto pelo atrito sofrido, a velocidade que esse processo ocorre depende da resistência do concreto	Deve ser feito uma limpeza com jatos de areia e água, ser feita com concreto projetado e que tenha resistência adequada para suportar a erosão, deve ter resistência a compressão com baixa relação entre água e cimento, aos vinte e oito dias, chegar a 40 Mpa.
--------	--	--	---

Fonte: Autores.

É notório que ao avaliar cada patologia temos uma causa específica que ajuda na identificação da origem, diagnóstico e em como recuperar cada estrutura atingida pela mesma. Não é novidade que o maior causador de cada patologia é a má execução da obra, com 51% dos casos, seguido 18% de projeto mal feito, 13% de utilização, 7% de materiais mal escolhidos, entre outros, isso de acordo com Silva e Jonov (2011).

Entre as patologias mais comuns em edificações, temos corrosão das Armaduras que é ocasionada por diversos fatores, um deles é o excesso de água no amassamento do concreto, que em função do seu pH pode ser ácido, básico ou neutro. Segundo WEIMER (DATA), também temos a deterioração do concreto, que pode ocorrer por diversos agentes que podem danificar e destruir o concreto armado, sendo assim existe uma dificuldade em classificar o tipo de agente, pois alguns atacam apenas a armadura e outros apenas o concreto.

Já as fissuras nas edificações se destacam, atraindo a atenção dos usuários gerando neles insegurança. De acordo com PIANCASTELLI (2017)Dependendo do grau de sua abertura, pode ser um indicativo sério, que é preciso analisar se é uma fissura ativa ou inativa. A retração do concreto é um movimento natural da massa, mas para uma perfeita execução, precisa estar em nível de projeto, pois caso passem despercebidos, existem grandes possibilidades do desenvolvimento das fissuras.

5. CONCLUSÃO

Vislumbrando contribuir para sanar as questões que relacionam sobre os tipos, causas e técnicas de solução para patologias nas estruturas de concreto armado, bem como responder e provar qual a importância da utilização de profissionais capacitados e habilitados para reparar e recuperar a estrutura, além de explicar quais os métodos e tipos de utilização inadequada da estrutura a fim de tornar o leitor ciente para tomar determinados tipos de cuidados seguindo as orientações do profissional responsável pelo projeto e dimensionamento da edificação é o procedimento correto, esperando que seja expresso a importância de manter a estrutura segura e com boa saúde para que o dono possa usufruir de uma durabilidade e vida útil maior.

Conforme analisado em diferentes autores, pode ser encontrado fatores em comum para esses erros serem tão comuns nas estruturas de concreto armado pelo Brasil, na maior parte dos casos, é consenso dos autores que a negligência com projetos estruturais e mão de obra especializada acarreta nessas manifestações patológicas, muito por questões financeiras, diversas famílias de baixa renda não tem o conhecimento necessário ou condições financeiras para contratar um profissional qualificado que possa efetuar o projeto estrutural e também auxiliar na inspeção durante a execução da obra. É demonstrado métodos para examinar as patologias, descrições sobre como elas se comportam e também ações necessárias para resolvê-las de forma detalhada para cada tipo de problema, além de um papel de conscientização para os leitores sobre a importância da contratação de um engenheiro para cuidar de produzir e fiscalizar a execução do projeto estrutural vislumbrando uma estrutura saudável e sem riscos de patologias por erros de execução ou utilização.

REFERENCIAS

Tecnobrasil. O que é concreto e quais os tipos mais utilizados na construção. São Paulo. 2021. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-concreto-e-quais-os-principais-tipos-utilizados-na-construcao-2/>> Acesso em:25 outubro 2021.

[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9WWGLB/1/manifesta es patol gicas e avalia o de estruturas de concreto a rmado.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9WWGLB/1/manifesta_es_patologicas_e_avaliacao_de_estruturas_de_concreto_armado.pdf)

FERREIRA, R. Inspeção e reforço estrutural de pontes. Infraestrutura urbana: projetos, custos e construção. 2014. PINI.

GIUGLIANI, Eduardo. Propriedades e característica dos materiais concreto e aço. Disponível em: <[https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA -
Sistemas Estruturais II/01 Propriedade e Caracteristica dos Materais.pdf](https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA_-_Sistemas_Estruturais_II/01_Propriedade_e_Caracteristica_dos_Materiais.pdf)>. Acesso em: 06 novembro 2021.

HELENE, Paulo. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. Pini. São Paulo.1988.

PARIZOTTO, Liana. Concreto armado. Porto alegre, 2017. Sagah Educação S.A.

GUTFRIEND, Henrique. AURICH, Mauren. Concreto Armado I. Rio Grande Do Sul: PUCRS. 2014.

NASCIMENTO, Éberto, R, S. FONTES, Michel, D. S. Patologias nas estruturas de concreto armado. Revista Fatec de tecnologia e ciências. Bahia. 2021. <<https://www.fatecba.edu.br/revista-eletronica/index.php/rftc/article/view/84/28>>. Visto em 11 novembro 2021.

LAPA, José S. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. Belo horizonte. 2008.

VASCONCELOS, Augusto, C. O concreto no brasil. Recordes - realizações - historia. PINI. São paulo. 1985.

BRANDÃO, Ana M S. Qualidade e durabilidade nas estruturas de concreto armado. São Paulo. 1998. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-14122017-145657/publico/Dissert_Brandao_AnaMS.pdf>. Acesso em: 9 Novembro 2021.

PIANCASTELLI, Élvio. Patologias do concreto. 2017. Disponível em <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/durabilidade-de-estruturas-de-concreto-esta-sujeita-a-acao-do-meio-ambiente/12727>>. Acesso em: 23 outubro 2021.

KAEFER, Luiz. A evolução do concreto armado. 1998. São Paulo.

BUNDR, Jeferson. O concreto, sua origem. .São paulo. 2016. Disponível em <https://www.academia.edu/30709030/O_CONCRETO_SUA_ORIGEM_SUA_HIST%C3%93RIA?from=cover_page>. Acesso em: 30 outubro 2021.E

RIPPER, Thomaz. SOUZA, Vicente C. M. Patologia , recuperação e reforço de estruturas de concreto. PINI. São Paulo. 2009.

Júnior, W.G.V. Corrosão em Armaduras de Concreto Armado (2016) Universidade de Araraquara (UNIARA).

Falcão, BAUER, LA *Materiais de Construção - Vol. 1* . Disponível em: Minha Biblioteca, (6ª edição). Grupo GEN, 2019.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini; EPUSP;IPT,1989. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhH04AJ/trincas-edificios-causas-prevencao-recuperacao-eng-ercio-thomaz-102>>. Acesso em: 06 nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 35: agregados leves para concreto estrutural: especificação. Rio de Janeiro, 1995.u

LISBOA, Ederval.de. S.; ALVES, Edir.dos. S.; MELO, Gustavo.Henrique.Alves.Gomes. D. *Materiais de Construção: Concreto e Argamassa*. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2017. 9788595020139. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020139/>. Acesso em: 13 nov. 2021.

João Carlos Teatini. *Estruturas de Concreto Armado*. [Elsevier Editora Ltda]: Grupo GEN, 2016. 9788595155213. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155213/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

ANDRADE, Carmem. *Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras*. São Paulo: Pini, 1992.