

**PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO –
ESTUDO DE CASO APLICADO ÀS OBRAS INACABADAS E
CONCLUÍDAS DO CAMPUS II DA UFGD**

**PATHOLOGY IN ARMED CONCRETE STRUCTURES - CASE
STUDY APPLIED TO THE UNFINISHED AND COMPLETED
BUILDINGS OF CAMPUS II OF UFGD**

Daniela Rodrigues Costa e Silva¹; Filipe Bittencourt Figueiredo²

UFGD¹; UFGD²

danicostaesilva1@gmail.com¹; filipefigueiredo@ufgd.edu.br²

RESUMO – Este artigo tratou da patologia das construções. Por conta do avanço tecnológico na construção civil, foi possível o surgimento de obras esbeltas num curto período de tempo, o que por vezes, resultou no menor rigor no controle de qualidade, resultando no desempenho não satisfatório dos edifícios. Desse modo, se fez necessário ampliar os conhecimentos na área das manifestações patológicas. O intuito deste trabalho tem por principal motivação salientar a importância de se prevenir essas irregularidades, a fim de se evitar problemas futuros, desperdícios, retrabalho e conseqüentemente custos extras no orçamento. Para isso foi adotado como estudo de caso as obras da UFGD onde foram identificados problemas patológicos, realizado diagnóstico e conduta mais adequada. A metodologia foi feita através de vistorias nos locais definidos, testes complementares, quando necessários, anamnese da construção e por fim diagnóstico e conduta. Foram estudadas manifestações patológicas como corrosão de armaduras, eflorescência, fissuras, bicheiras e biodeterioração. Como resultado destacou-se a importância e necessidade das práticas preventivas na universidade, dado que os problemas encontrados podiam ser evitados ou impedidos de se tornarem mais graves.

Palavras-chave: Manifestação Patológica. Diagnóstico. Prevenção. Estruturas de Concreto Armado.

ABSTRACT- This article deals with the pathology of constructions. Due to the technological advances in civil construction, it was possible to create big constructions in a short period of time, which sometimes resulted in less rigor in quality control, resulting in unsatisfactory performance of buildings. Thus, it became necessary to increase knowledge in the area of pathological manifestations. The main purpose of this paper is to highlight the importance of preventing these irregularities, in order to avoid future problems, waste, rework and consequently extra costs in the budget. For it was adopted as a case study the buildings of UFGD which were identified pathological problems, performed diagnosis and appropriate course of action. The methodology was done through surveys in the defined places,

complementary tests, when necessary, anamnesis of the construction and finally diagnosis and conduct. Pathological manifestations such as corrosion of armatures, efflorescence, fissures, bicheiras and biodeterioration were studied. As a result, the importance and necessity of preventive practices at the university was emphasized, given that the problems encountered could be avoided or prevented from becoming more serious.

Keywords: Pathological Manifestation. Diagnosis. Prevention. Armed Concrete Structures.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia e dos materiais permitiram nos últimos anos cada vez mais a existência de obras esbeltas, leves e de rápida construção. Esta nova realidade acabou por resultar, em parte das vezes, em obras construídas com menores rigores no controle de serviços e materiais (THOMAZ, 1989). Consequentemente, uma parte dos edifícios passaram a apresentar um desempenho insatisfatório, quer fosse resultante de um erro de projeto, de execução ou ainda por falta de manutenção.

As edificações possuem características relacionadas ao seu uso, que devem se manter ao longo de sua vida útil para que possam continuar em serviço. Neste contexto, surgiu a necessidade de consolidar e ampliar os conhecimentos na área de manifestações patológicas (LICHTENSTEIN, 1986).

A saber, a patologia das construções se dedica ao estudo de anomalias ou problemas que prejudicam o desempenho das edificações (SILVA, 2011). Assim, a palavra patologia tem origem grega (phatos = doença, logia = estudo), como o próprio nome já diz, trata-se da ciência que estuda e tenta explicar, a ocorrência de tudo que se relaciona com a degradação de algo, e é muito utilizada em variadas áreas da ciência.

No ramo da engenharia civil, a patologia visa tanto o diagnóstico e seu correspondente tratamento, quanto à prevenção. Afinal, a ruína de uma edificação, dependendo do seu porte, pode ocasionar na perda de inúmeras vidas, assim como numa perda financeira altíssima. Portanto, ao realizar vistorias periódicas e manutenções é possível que isso seja evitado (SILVA, 2011).

Sabe-se que problemas nas estruturas podem ser causados por agentes de deterioração de diferentes naturezas, como agentes mecânicos, eletromagnéticos, térmicos, químicos e biológicos (LICHTENSTEIN, 1986).

São exemplos de agentes mecânicos recorrentes em edificações, sobrecarga de utilização e recalque do solo. Os agentes eletromagnéticos podem ser radiação solar e corrente parasita. Já um agente térmico muito comum é o choque térmico, devido à mudança brusca de temperatura. Os agentes químicos existem diversos, como a umidade do ar, precipitação e matérias inertes (poeira). Por fim os agentes biológicos, que são bactérias, fungos e plantas domésticas (LICHTENSTEIN, 1986).

2. OBJETIVO

A seguir serão apresentados os objetivos geral e específico deste trabalho.

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente artigo foi estudar as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado existentes no campus II da Universidade Federal da Grande Dourados.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Foram objetivos específicos deste artigo:

- Identificar as manifestações patológicas existentes nas estruturas de concreto armado;
- Diagnosticar cada situação;
- Definir a conduta mais adequada, levando em consideração a melhor relação custo/benefício.

3. JUSTIFICATIVA

O estudo das manifestações patológicas na construção civil é imprescindível para a prevenção dos danos, pois além de aumentar as informações acerca do assunto, garante um diagnóstico correto e evita problemas futuros, desperdícios e custos extras.

Os defeitos nas estruturas de concreto armado são decorrentes de erros de projeto, falhas na execução e falta de manutenção, através da prevenção é possível evitar que uma pequena fissura se torne uma rachadura e venha a interferir na estrutura de forma irreversível (SILVA, 2011).

A intenção de se realizar esse estudo na Unidade II da UFGD se deu por conta do grande número de obras paradas, que possivelmente facilitaram a aparição de degradações nas estruturas. Estão inclusas nessas obras o futuro prédio da Reitoria, a estrutura onde deveria funcionar o Ensino à Distância (EAD), a Faculdade Intercultural Indígena (FAIND) e a Faculdade de Engenharia (FAEN).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão aprofundadas manifestações patológicas identificadas neste trabalho, são elas: corrosão, eflorescência, fissuras, trincas, rachaduras, vazios de concretagem e biodeterioração.

4.1. CORROSÃO

Corrosão é um termo químico utilizado para se referir à interação destrutiva, ou à interação que implique inutilização, de um material com o meio (CASCUDO, 1997).

Há dois diferentes tipos de corrosão, que são classificados de acordo como o meio age no material, são elas química e eletroquímica. A primeira, chamada de oxidação se dá pela reação gás-metal e não provoca deterioração significativa do metal (HELENE, 1986).

Já a corrosão eletroquímica é a que efetivamente traz preocupação às estruturas

de concreto armado, trata-se de um processo de oxirredução. Para que ocorra são necessárias as seguintes condições: deve existir um eletrólito, diferença de potencial e oxigênio (HELENE, 1986).

O eletrólito é o meio líquido pelo qual se dá a passagem dos elétrons, se apresenta como uma película que envolve a superfície do aço e decorre da presença de umidade do concreto (HELENE, 1986).

A diferença de potencial ocorre entre a região catódica e anódica. Pode ter origem de diferentes causas, como aeração diferencial, concentração salina diferencial e temperatura diferencial (CASCUDO, 1997).

O oxigênio é necessário na reação química para a formação da ferrugem, é ele quem irá participar do processo de redução e possibilitar o consumo de elétrons provenientes das áreas anódicas, além de produzir o radical OH^- que irá reagir com os íons de ferro para formar os produtos da corrosão (CASCUDO, 1997).

Os efeitos desse processo nas estruturas de concreto armado acontecem sob duas perspectivas, porém de ação simultânea. Uma delas diz respeito à perda de seção das barras e seus comprometimentos e a outra ao comportamento de fissuração e suas consequências (CASCUDO, 1997).

À medida que os produtos da corrosão vão se acumulando no interior do

concreto é possível observar a formação de uma crosta ao longo da superfície da armadura, como identificado na Figura 1.

Figura 1 - Armadura do pilar corroída com formação de crosta



Fonte: Tecnosil (2017)

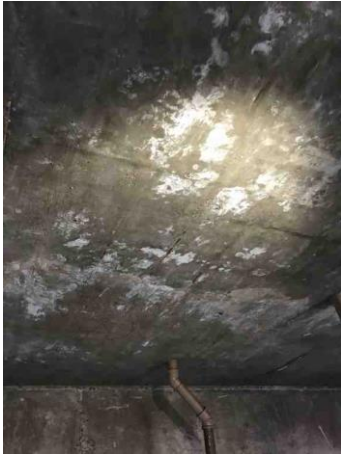
Este aumento de volume do aço gera tensões de tração no concreto que implicam na fissuração da estrutura na direção paralela à barra danificada. Conseqüentemente ao evoluírem para trincas, poderá ocorrer o deslocamento do concreto e a perda do cobrimento, influenciando diretamente na vida útil da estrutura. Caso não haja uma intervenção para interromper este processo a estrutura poderá ser condenada (HELENE, 1986).

Quando o concreto está muito úmido, os óxidos são gerados a uma velocidade constante e podem emigrar através dos poros, sendo possível visualizar manchas marrom-avermelhadas. Nesta situação a durabilidade da estrutura fica comprometida por conta da perda de seção e, portanto, pelo comprometimento de aderência aço/concreto (CASCUDO, 1997).

4.2. EFLORESCÊNCIA

É possível identificar a eflorescência visualmente por meio de manchas de aspecto esbranquiçadas em estruturas de concreto, paredes, pisos e tetos. Na Figura 2 pode-se observar esta manifestação.

Figura 2 - Eflorescência presente na laje da caixa d'água do prédio da Reitoria



Fonte: próprio autor

O evento da eflorescência ocorre por meio de dois processos, primeiramente ocorre a lixiviação, em seguida a carbonatação e como resultado o surgimento dos depósitos salinos.

A lixiviação decorre da entrada de água que em contato com a cal hidratada do concreto forma o carbonato de cálcio, ou seja, a eflorescência.

Na etapa da carbonatação a eflorescência volta a suceder, dessa vez por conta do dióxido de carbono presente no ar que em contato com a umidade do concreto forma o ácido carbônico. Um agravante, pois altera o pH do concreto que antes era alcalino e passa a ser ácido, ou seja, faz com que o aço perca sua proteção e facilita o

surgimento da corrosão. Depois de formado o ácido reage com a cal hidratada do concreto e forma novamente o carbonato de cálcio.

Os danos causados pela eflorescência em si são apenas estéticos e superficiais, ou seja, apenas altera a aparência do elemento onde se deposita, sem afetá-lo estruturalmente.

Porém, sabe-se que é através da carbonatação que este fenômeno acontece, com este desfavorável processo o aço pode sofrer a ação da corrosão e, portanto, afetar drasticamente a estrutura. Há casos raros em que os sais podem ser agressivos e causar degradação profunda (SILVA, I; 2011).

Para se evitar este tipo de manifestação patológica o uso de materiais de construção de qualidade é totalmente válido em razão do teor de sais solúveis presente nos mesmos. Além disso, a impermeabilização também se faz necessária para garantir a estanqueidade da estrutura (SILVA, I; 2011).

4.3. FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS

Fissuras, trincas e rachaduras são classificadas de acordo com a magnitude de suas aberturas e sua seriedade.

Segundo a NBR 9575/2010, fissura é uma abertura ocasionada por ruptura de um material, inferior ou igual a 0,5 mm. Trincas são aquelas entre 0,5 mm e 1,0 mm.

Portanto, as rachaduras são maiores que 1,0 mm. Nas figuras 3 e 4 pode-se observar a diferença entre ambas.

Fissuras normalmente são caracterizadas por serem estreitas, alongadas e superficiais. Não acarretam problemas estruturais pelo motivo de se localizarem apenas na superfície da estrutura, como mostra a Figura 3. Contudo, vale ressaltar que as trincas e rachaduras, que são estados agravantes, desenvolvem-se a partir de uma fissura (LOTTERMANN, 2013).

Figura 3 – As fissuras identificadas estão localizadas na superfície do reboco no prédio da Reitoria



Fonte: próprio autor

Sabe-se que não há apenas um motivo para o surgimento de fissuras, suas origens podem ser de natureza física, térmica, química ou estrutural, podem acontecer tanto no concreto mole como no endurecido.

Algumas das causas são: retração por secagem, movimentação térmica (influência externa ou interna), corrosão da armadura, reações expansivas com sulfatos, sobrecargas, detalhes construtivos e fundações (DAL MOLIN, 1988).

As trincas são visualmente mais profundas e evoluídas que as fissuras, pode-se notar a separação do material em dois, como na Figura 4.

Figura 4 – Trinca no vértice da porta no prédio da Reitoria



Fonte: próprio autor

As consequências dessas aberturas nas estruturas de concreto podem influenciar na durabilidade, na perda de estanqueidade, na deformabilidade ou simplesmente na estética (DAL MOLIN, 1988).

4.4. VAZIOS DE CONCRETAGEM

Vazios de concretagem também conhecidos popularmente por bicheiras ou ninhos no concreto, são causados pela separação física dos componentes do concreto. Estes defeitos podem afetar a durabilidade e resistência da estrutura.

O acontecimento dessa separação entre agregado graúdo e argamassa se dá por conta de variados motivos, como por exemplo, dosagem inadequada do concreto, espaçamento insuficiente de armaduras, fôrmas não estanques, vibração inadequada e ainda lançamento do concreto a alturas elevadas (FIGUEROLA, 2006).

O emprego do concreto pouco coeso, com excesso de agregado graúdo ou ainda de *slump* muito alto pode acarretar no aparecimento das bicheiras em consequência da sua dosagem inadequada (FIGUEROLA, 2006).

É muito comum o surgimento de ninhos em estruturas mal projetadas, com espaçamento entre as armaduras inferior ao necessário para a passagem do agregado graúdo, este caso pode ser observado na Figura 5. Impossibilitando também a aplicação do vibrador, que se empregado de forma incorreta prejudica a homogeneidade da peça da mesma forma.

Figura 5 - Bicheira causada por espaçamento de armaduras insuficiente



Fonte: Katiuscia (2016)

No caso de lançamento de pilares com altura superior a três metros é indicado o uso de formas do tipo cachimbo e a utilização de janelas na base inferior, a fim de se evitar que o agregado graúdo se acumule em baixo e facilitar a vibração (FIGUEROLA, 2006).

Portanto, para se garantir a homogeneidade da peça estrutural é indispensável garantir a dosagem, lançamento e adensamento adequados. Uma

boa alternativa é a utilização do concreto auto adensável ou utilização de aditivos para tornar o concreto mais fluido (KATIUSCIA, 2016).

4.5. BIODETERIORAÇÃO

Entende-se por bioterioração o fenômeno que envolve interações indesejadas e destrutivas nas propriedades do material pela ação de microrganismos, interfere na estética, reduz a durabilidade e ainda compromete a integridade da estrutura. Os principais organismos responsáveis pela deterioração são bactérias, fungos, líquens, algas e protozoários. No entanto, também existem agentes biológicos como insetos, pássaros e roedores.

Para que este fenômeno ocorra, alguns fatores referentes ao ambiente e à composição química do material são indispensáveis, como a presença de água e de nutrientes, pH (ácido para bactérias e básico para fungos), temperatura (20°C – 30°C), luminosidade, e a bioreceptividade do concreto, correspondente à sua porosidade, permeabilidade e composição química atraentes (FILLA, AUDIBERT e MORALES, 2010).

Existem categorias nas quais a biodeterioração pode ser classificada, podendo acontecer de forma simultânea ou não, são elas: física e estética.

A física, exemplificada pela Figura 6, trata-se do rompimento do material devido à pressão realizada pelo microrganismo na superfície durante seu crescimento (AGUIAR, 2006).

Figura 6 - Crescimento de raízes de plantas em fendas de concreto



Fonte: Aguiar (2006)

Já a estética, é aquela que altera esteticamente a superfície da peça, modifica a cor ou mancha. Caracterizada pela formação do biofilme, proveniente de excreções dos microrganismos que formam uma película na superfície, possibilita a fixação de outros organismos e partículas, bem como a criação de microambientes com pH e oxigênio diferenciados (AGUIAR, 2006).

Para prevenir a ação desses microrganismos e preservar as estruturas de concreto é essencial que as peças sejam isoladas da água, o solo seja drenado, haja

manutenção e limpeza da superfície e a poda de vegetação próxima.

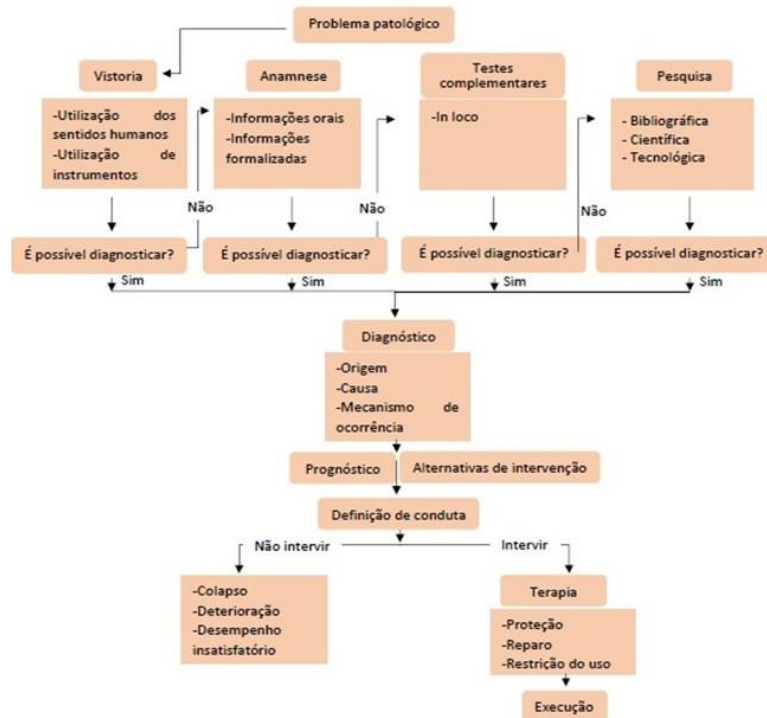
5. METODOLOGIA

A patologia das estruturas de concreto armado foi realizada tanto em obras inacabadas como concluídas, presentes na Unidade II da Universidade Federal da Grande Dourados.

A metodologia utilizada para realizar este trabalho tem caráter exploratório e explicativo, isto é, buscou primeiramente entender como as manifestações patológicas de uma edificação funcionam, depois identificar e esclarecer os fatores que contribuíram com a ocorrência desses fenômenos (MORETI, 2018).

A abordagem aplicada para esta metodologia foi qualitativa, a fim de apresentar os resultados através de percepções e análises. Entender o caminho que levou ao problema a partir do aprofundamento de dados não mensuráveis, ou seja, sem analisar números (MORETI, 2018).

Figura 7 - Fluxograma de atuação para resolução dos problemas patológicos



Fonte: Lichtenstein, adaptado (1986)

Seguindo as orientações de Lichtenstein (1986) acerca da metodologia, primeiramente, na fase de identificação das manifestações patológicas, por meio de uma vistoria no local, foi necessário o levantamento das informações fundamentais para o entendimento do fenômeno que estava levando à queda de desempenho da estrutura, e a gravidade do mesmo. Para tal foi essencial o uso de alguns equipamentos como paquímetro e esclerômetro.

Caso ainda não fosse possível diagnosticar a situação, o próximo passo foi a anamnese, que consiste em investigar o histórico do edifício através de informações formais ou não.

Em alguns casos, conforme a necessidade foram realizados ensaios

complementares *in loco*, denominados ensaio esclerométrico. Classificado como não destrutivo, pode ser realizado em peças acabadas ou semiacabadas sem danificá-las.

Trata-se de um teste a fim de se verificar a dureza superficial e a qualidade do concreto. Através dos índices esclerométricos obtidos é possível avaliar a resistência do mesmo, porém é um método complementar, não pode ser usado como substituto de outros métodos para se garantir a resistência.

A última etapa do levantamento de subsídios compreendeu o campo da pesquisa, através das literaturas bibliográficas, científicas e tecnológicas.

Com base nos resultados o próximo passo foi o diagnóstico da situação. Que

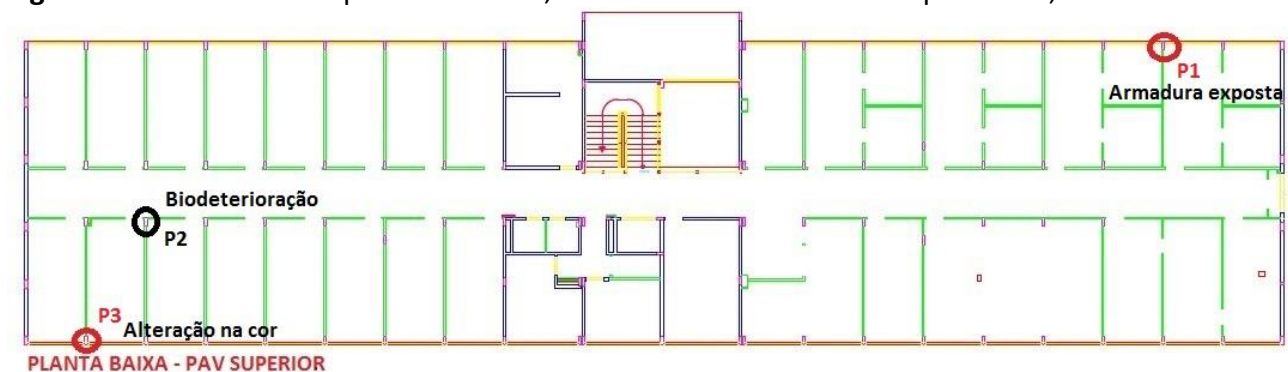
buscou identificar a origem, a causa e os mecanismos de ocorrência do problema. Nada mais é, do que a explicação científica para o evento dos fenômenos.

O diagnóstico foi realizado a partir da interpretação dos fatos, seguido da geração de hipóteses e sua respectiva comparação com o quadro sintomatológico geral. Então, foi feito um prognóstico, o qual consiste em avaliar a possibilidade de evolução, de acordo com isso foram levantadas alternativas para intervenção.

Dentre as alternativas possíveis foi escolhida a conduta mais adequada para minimizar ou descartar o problema, visando o melhor desempenho possível dentro do menor custo.

Depois de estabelecida a melhor solução, chegou o momento de se prescrever

Figura 8 - Planta baixa do prédio da FAEN, onde estão identificados os pilares P1, P2 e P3



Fonte: próprio autor

6.1.1. Vigas e pilares que sofreram ação da corrosão nas armaduras

Vistoria: foi constatado falta de impermeabilização na laje da cobertura, presença de infiltrações e processo de

a terapia a ser executada, compreendendo a definição dos meios e a previsão das consequências no desempenho final. Ainda, foi preciso considerar a disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços propostos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados e discussões de cada prédio visitado dentro da unidade II da UFGD.

6.1. PRÉDIO FACULDADE DE ENGENHARIA (FAEN)

Em seguida pode-se analisar por meio da Figura 8 a identificação das manifestações patológicas discutidas neste tópico.

corrosão avançado em vigas e pilares, como pode-se perceber nas Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Detalhe da viga com destaque para a desagregação do concreto e manchas marrom-avermelhadas



Fonte: próprio autor

Figura 10 - Pilar com trinca paralela à armadura principal



Fonte: próprio autor

Exames complementares: a fim de se avaliar a dureza superficial do concreto, foi executado o ensaio esclerométrico nos pilares P1 e P3 do pavimento superior identificados na Figura 8. Como resultado obteve-se índice esclerométrico médio $IE_{P1} = 46,8$ MPa e $IE_{P3} = 49,4$ MPa.

A resistência obtida pelos ensaios foi bastante alta, contudo não se pode dizer que foi conclusivo para avaliar a dureza da peça. A carbonatação, processo responsável pela corrosão das armaduras influencia no resultado de forma a superestimar o resultado. Para uma conclusão mais confiável seriam necessários testes complementares.

Diagnóstico: a causa provável para a oxidação das armaduras é infiltração de água pela cobertura.

A laje da cobertura não foi impermeabilizada. Em dias de chuva é possível testemunhar o teto encharcado. Conseqüentemente, esta água também infiltra nas estruturas por conta da porosidade do concreto, somado à presença de oxigênio se dá início ao processo de oxirredução.

É evidente a formação de ferrugem com a presença das manchas marrom-avermelhas. Em certo ponto da viga, identificado pela Figura 9, a corrosão foi tão acentuada que houve a desagregação do concreto. Conseqüentemente houve a perda de cobrimento, o que assegurava a proteção química (garantia alcalinidade) e física (barreira para entrada de agentes agressivos) para as armaduras.

Em outras peças, a corrosão chegou a causar trincas longitudinais, paralelas à armadura principal. Isso ocorre por conta da crosta de ferrugem formada em torno da armadura principal que ocasiona na fissuração, até evoluir às trincas e posteriormente ao deslocamento do concreto.

Conduta recomendada: o ideal a ser feito nessas situações é interromper o processo de corrosão. Para que isto ocorra é

necessário definir o alcance do dano causado no aço.

A princípio é essencial impermeabilizar a laje da cobertura para impedir a entrada de água na estrutura. Então, para reparar as falhas localizadas em cada peça, é preciso expor a armadura com a remoção do cobrimento de concreto e limpar superficialmente a região de aço danificada. Se houver perda de seção do metal superior a 10% da sua bitola é necessária substituição da mesma (HELENE, 1986).

Se for inferior a 10%, deve-se aplicar uma pintura protetora à base de resina epóxi, por conta de sua alta aderência ao metal e resistência química satisfatória. Logo após, reconstituir o cobrimento com argamassa polimérica especial para reparo (HELENE, 1986).

6.1.2. Pilares de concreto armado atacados por cupim

Vistoria: visualmente pode-se observar na figura 10 a formação de manchas arredondadas na superfície dos pilares do pavimento térreo, ocasionadas pela ação de cupins. Provavelmente esses insetos foram atraídos pelo grande volume de madeira abandonada na obra.

Figura 11 - Pilar identificado como P2, com a observação de que está localizado no pavimento térreo



Fonte: próprio autor

Exames complementares: a fim de se avaliar a dureza superficial do concreto e se houve comprometimento pela biodeterioração foi realizado ensaio esclerométrico no pilar identificado como P1.

O índice esclerométrico médio obtido foi $IE_{P2} = 44,68$ MPa. O mesmo pode ser dito para a conclusão do teste anterior.

Diagnóstico: a biodeterioração foi causada pelo ataque de cupins, resultando na agressão superficial dos pilares.

Esses insetos são sensíveis à luz solar, pois são suscetíveis a desidratação, por isso escolheram pilares internos para se esconderem.

Felizmente eles não “consumiram” o concreto como é feito com a madeira, apenas utilizaram pequenas aberturas presentes nos pilares para se alojarem. Todavia, a consequência disso é um caminho preferencial para o ataque das armaduras, o que pode ocasionar na condenação da peça.

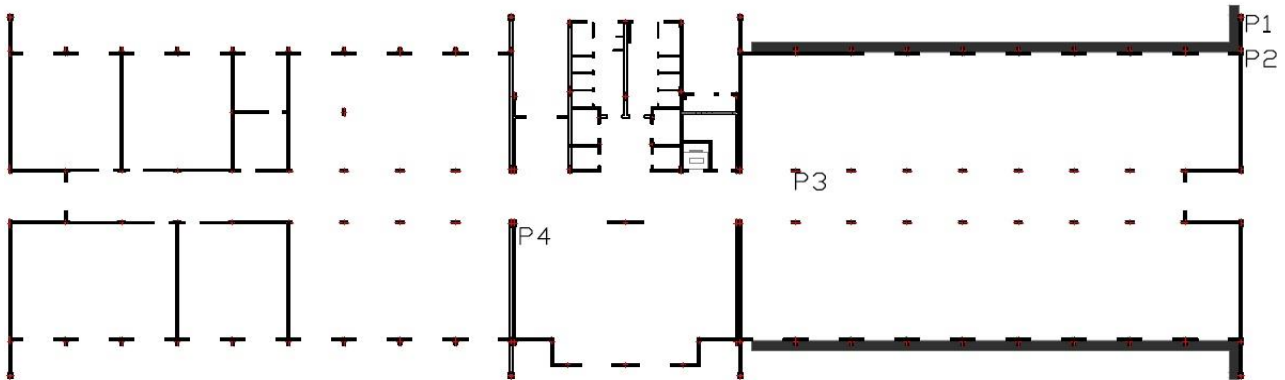
Conduta recomendada: para impedir que a manifestação desses insetos tome proporção maior e venha a prejudicar de fato

a estrutura é indispensável o uso de inseticidas para eliminá-los (Autor desconhecido, 2016).

6.2. PRÉDIO ENSINO A DISTÂNCIA (EAD)

A seguir pode-se identificar por meio da Figura 12 os pilares P1, P2, P3 e P4, os quais terão suas correspondentes manifestações patológicas discutidas em seguida.

Figura 12 - Planta baixa do pavimento térreo do prédio do EAD



Fonte: próprio autor

6.2.1. Pilares da obra do EAD

Vistoria: pôde-se perceber alteração de cor no topo de todos os pilares da obra, como analisado na Figura 13. Ainda foi observado que alguns pilares apresentavam coloração esverdeada.

Figura 13 - Pilares inacabados do prédio do EAD



Fonte: próprio autor

Além disso, a armadura de espera dos pilares foi emendada por solda com transpasse insuficiente. Como sugere a NBR 6118/2014, deve ser feito transpasse com pelo menos duas soldas, cada uma com no

mínimo 5 ϕ de comprimento e espaçadas por 5 ϕ também. Como a bitola mínima para armadura de pilares é $\phi = 10$ mm, o menor transpasse exigido seria de 50 mm, o que não foi atingido, sabendo que a bitola utilizada é ainda maior.

Dois pilares ainda ficaram por concretar, com armaduras expostas ao tempo dentro das caixarias, identificado pela Figura 14. Estes apresentaram corrosão do aço avançada com perda da bitola. Como dito anteriormente, a NBR 6118/2014 adota como $\phi_{\text{mín}} = 10$ mm para pilares.

Figura 14 - Perda de seção da armadura, leitura do paquímetro: 8 mm.



Fonte: próprio autor

Exames complementares: com o intuito de avaliar a resistência superficial do concreto dos pilares foi realizado ensaio esclerométrico em quatro pilares (P1, P2, P3 e P4 identificados na Figura 12).

Como resultado dos testes obteve-se: $IE_{P1} = 38,5$ MPa, $IE_{P2} = 46,08$ MPa, $IE_{P3} =$

$43,75$ MPa, $IE_{P4} = 42,17$ MPa. Os resultados de semelhante maneira foram inconclusivos, já que o fator variante deste ensaio foi o fato de os pilares estarem encharcados após a chuva, podendo de igual maneira alterar os resultados aferidos pelo esclerômetro, conforme indica anexo C da NBR 7584/2012. Assim, para maiores informações seriam necessários testes complementares.

Diagnóstico: A alteração de cor no topo dos pilares é resultado da presença física e proliferação de microrganismos, como pode-se entender através dos destaques da Tabela 1.

Tabela 1 - Efeitos dos microrganismos e suas correspondentes alterações provocadas

- EFEITOS DE MICRO-ORGANISMOS EM DIVERSOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO			
Ação	Efeito	Material	Micro-organismo
Presença Física	Descoloração e retenção de água	Todos	Todos
Presença Física	Multiplicação de organismos heterotróficos	Qualquer superfície limpa	Algas e bactérias fotossintetizantes
Excreção de enzimas hidrolíticas	Quebra de componentes e degradação de aditivos de cadeia curta	Madeiras, polímeros, superfícies pintadas, concretos e argamassas	Fungos, bactérias e fungos filamentosos
Crescimento de filamentos	Desagregação do material	Rochas, concreto, argamassa e madeiras	Fungos, actinomicetos, algas e cianobactérias
Produção de ácido	Corrosão	Rochas, concretos, argamassas	Fungos e bactérias
Remoção de íons	Perda de resistência e dissolução	Rochas, concretos, argamassas	Todos
Sequestro (quelação) de constituintes iônicos	Perda de resistência e dissolução	Rochas, concretos, argamassas	Produtores de ácidos orgânicos como fungos.
Remoção de H ⁺ pelas células	Corrosão alcalina	Rochas	Algas e cianobactérias
Liberção de polióis (glicerol e polissacarídeos)	Disruptura de silicatos laminares	Rochas silíceas	Todos
- ALTERAÇÕES DE SUPERFÍCIE ORIGINADAS DA AÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS SOBRE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO			
Micro-organismo	Alteração		
Bactérias autotróficas	Incrustações negras, formação de ferrugem ou pátinas (oxidação) negra ou marrom, esfoliação, pulverulência		
Bactérias heterotróficas	Incrustações negras, formação de óxidos negros ou marrons, esfoliação, alteração de cores		
Cianobactérias	Formação de ferrugem ou pátinas e placas de várias cores e consistências		
Fungos	Manchamentos de diversas cores, esfoliação, corrosão localizada (pontual – pit)		
Algas	Formação de ferrugem ou pátinas e placas de várias cores e consistências		
Líquens	Incrustações, formação de placas e corrosão pontual (pit)		
Musgos e hepáticas	Descolorimentos, formação de placas cinza-esverdeadas		
Plantas superiores	Fendilhamento, ruptura e desagregação de material		

Fonte: Gaylarde, adaptado (2003)

A causa provável é de bactérias heterotróficas pelo aparecimento de incrustações negras na superfície do concreto, formação de pátina negra nas

armaduras de espera, esfoliação e alteração de cor. Já nos pilares com coloração cinza-esverdeado, como mostra a Figura 15, propõe-se a existência de fungos e hepáticas.

Figura 15 - Pilar P4 com a coloração cinza-esverdeada



Fonte: próprio autor

A perda de bitola das armaduras dos pilares não concretados dentro das caixarias foi causada pela corrosão. A tentativa de impedir a reação expansiva do ferro com oxigênio e água por meio da película de concreto lançada não obteve o resultado esperado.

Conduta recomendada: com o propósito de impedir a ação das bactérias e fungos nos pilares faz-se necessário o isolamento da água, drenagem do solo, limpeza do capim, da vegetação e da superfície afetada com jato de água pressurizado.

Em relação às emendas por solda com transpasse insuficiente recomenda-se a realização de uma nova emenda, seguindo as recomendações da NBR 6118/2014.

De acordo com as recomendações de Helene (1986) para a recuperação, primeiramente deve ser feita a limpeza rigorosa com a retirada do concreto solto. Depois, analisar as armaduras corroídas, as que apresentarem perda de seção devem ser

condenadas e substituídas. Para finalizar, refazer o cobrimento com concreto especial para grauteamento, pois não apresenta retração, é auto adensável e tem boa aderência. Assim será possível assegurar a proteção química e física das armaduras.

6.2.2. Ninhos de concretagem nas vigas baldrame

Vistoria: na visita pôde-se identificar de modo simples, visualmente as bicheiras nas vigas, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Bicheiras ou ninhos de concretagem na viga baldrame



Fonte: próprio autor

Diagnóstico: o que motivou o aparecimento desses vazios na estrutura possivelmente foram erros executivos, como má vibração do concreto ou uso de formas não estanques.

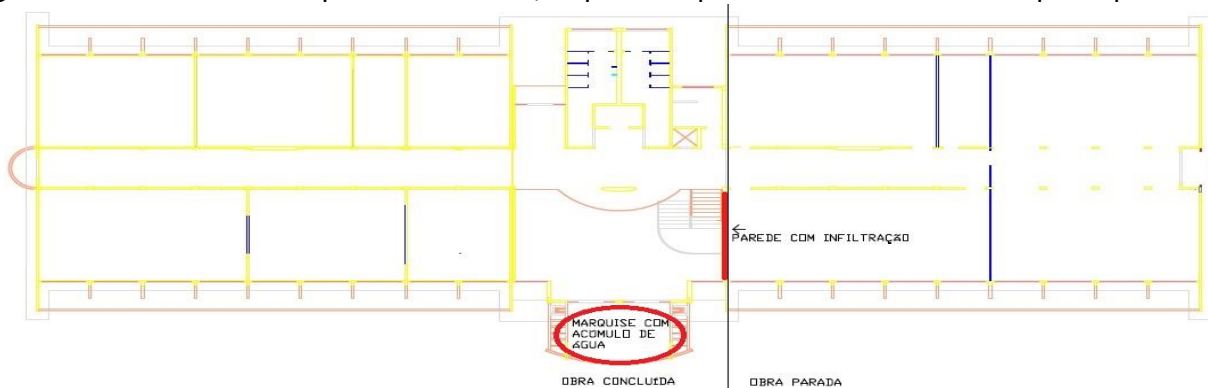
Conduta recomendada: nos casos em que a armadura chegou a ficar exposta recomenda-se a terapia para corrosão. Que consiste em retirar a parte da peça prejudicada, substituir a armadura e aplicar um novo cobrimento com argamassa especial para reparos (garantir a aderência do novo concreto).

Onde a armadura não ficou aparente recomenda-se apenas destacar o concreto da região danificada e preencher com graute, pelo fato de conter um maior teor de cimento na sua composição, o que também garante a aderência do concreto (KATIUSCIA, 2016).

6.3. PRÉDIO FACULDADE INDÍGENA (FAIND)

A seguir pode-se identificar por meio da Figura 17 algumas alterações identificadas no prédio da FAIND, as quais serão discutidas em seguida.

Figura 17 - Planta baixa do prédio da FAIND, o qual tem parte da obra concluída e parte parada



Fonte: próprio autor

6.3.1. Infiltração generalizada

Vistoria: na visita à FAIND pôde-se observar a formação de manchas escuras em vários elementos do prédio, tanto em paredes internas quanto externas, no teto, nas marquises e nas pastilhas cerâmicas dos banheiros, exemplificados pela Figura 18.

Figura 18 - Parede manchada e com pintura descascando conforme indicado



Fonte: próprio autor

Ao analisar a cobertura foi possível constatar a falta de impermeabilização e o acúmulo de água na laje.

Anamnese: segundo informações apuradas durante a visita, o prédio já sofre há algum tempo com problemas de infiltração e já foi realizada manutenção, porém o problema não foi resolvido e voltou a ocorrer.

No processo de execução da obra foram constatados alguns erros construtivos, como por exemplo, a irregularidade geométrica (embarrigamento) nas vigas externas e falta de impermeabilização das lajes de cobertura.

Diagnóstico: as manchas nas paredes, teto e a alteração de cor das cerâmicas do

banheiro foram decorrentes do processo de infiltração de água.

A laje da cobertura não foi impermeabilizada, além disso, o sistema coletor de águas pluviais foi mal executado ou subdimensionado, pois as calhas de água furtada não conduzem a água que cai da cobertura para os tubos de queda, o que ocasiona no acúmulo de água na laje.

Conduta recomendada: aconselha-se a manutenção da cobertura a fim de se garantir sua estanqueidade.

As telhas de aço galvanizado devem ter inclinação mínima de 5%. Assim como as calhas de água furtada que devem ser dimensionadas a partir da NBR 10844/1989

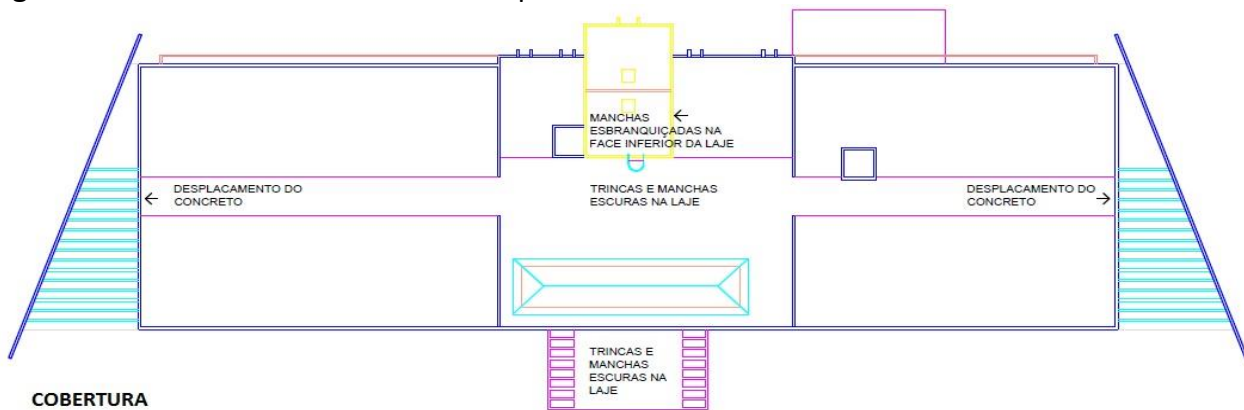
com inclinação mínima de 0,5%. Para evitar que a mesma venha a transbordar é válido o uso de extravasores.

Quanto à laje e marquises, devem ser impermeabilizadas com manta líquida sintética branca. Embora mais cara, em relação aos outros tipos, tem expectativa de vida útil em torno de 30 anos, o que não exclui a necessidade de manutenção e vistoria periódica.

6.4. PRÉDIO DA REITORIA

A seguir pode-se identificar por meio da Figura 19 algumas alterações identificadas no prédio da Reitoria, as quais serão discutidas em seguida.

Figura 19 - Planta baixa da cobertura do prédio da Reitoria



Fonte: próprio autor

6.4.1. Biodeterioração das estruturas

Vistoria: no local foram encontradas diversas manifestações patológicas em lajes, vigas e pilares, com formação de incrustações negras e placas esverdeadas, como mostra a laje da Figura 20.

Figura 20 - Laje do segundo piso com incrustações negras e formação de placas esverdeadas



Fonte: próprio autor

Foi possível perceber que estas manifestações aconteciam em áreas próximas ao exterior do prédio, onde a ação do sol e da água era intensa.

Diagnóstico: a formação de incrustações negras e placas esverdeadas são decorrentes da presença física de musgos e bactérias heterotróficas, que se proliferam rapidamente e expelem suas excreções (GAYLARD, 2003).

A bioteriação é classificada como física e estética. A presença dos organismos interferiu no rompimento do material devido à pressão realizada pelo seu crescimento e afetou visualmente a estética das estruturas com a formação das placas e alteração de cor.

A multiplicação desses organismos junto ao crescimento dos musgos pode acarretar na desagregação do concreto e possibilitar o surgimento de outras manifestações patológicas, como por exemplo, a corrosão.

Conduta recomendada: para garantir a eliminação desses microrganismos é

necessária limpeza das superfícies atacadas com jato de água pressurizada.

Assim como a inibição da presença de água também é necessária, para garantir que esses seres não tenham como sobreviverem e se reproduzirem.

6.4.2. Eflorescência

Vistoria: durante a visita técnica foram constatadas diversas peças de concreto com manchas esbranquiçadas semelhantes às da Figura 21.

Figura 21 - Estrutura da escada com presença de manchas esbranquiçadas



Fonte: próprio autor

Diagnóstico: as manchas constatadas durante a visita indicam o fenômeno da eflorescência.

Consiste no processo combinado de lixiviação e carbonatação, ambos produzem o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), responsável pelos depósitos salinos esbranquiçados observados nas superfícies das peças.

Este fenômeno ocorre em razão da presença de água, gás carbônico (CO_2), cal hidratada ($Ca(OH)_2$) e sais solúveis presentes no cimento.

Conduta recomendada: para que a eflorescência apareça é imprescindível a presença de água, o que evidencia mais uma vez a importância de uma boa impermeabilização, visto que a água é um vetor para diversas manifestações patológicas.

Portanto, faz-se necessário a limpeza da superfície para a retirada dos depósitos salinos. E a impermeabilização das peças para que o problema não se agrave a ponto de ocasionar o surgimento da corrosão através da carbonatação (SANTOS e SILVA FILHO, 2008).

6.4.3. Fissuras, trincas e rachaduras

Vistoria: no prédio das futuras instalações da reitoria foram encontrados diversos tipos de fissuras, trincas e rachaduras, ocasionadas por diferentes situações.

Figura 22 - Rachadura na junta de dilatação de cima a baixo na viga



Fonte: próprio autor

Nas duas juntas de dilatação foram constatadas rachaduras, como mostrou a Figura 22. Na laje da cobertura e certos

pilares algumas trincas, fissuras no reboco das paredes e num ângulo de 45° no canto superior de portas e janelas.

Diagnóstico: as juntas de dilatação, como o nome já diz, são responsáveis por possibilitar que a estrutura trabalhe os esforços de dilatação e contração separadamente. Em razão disso, os pilares revestidos por material cerâmico, separados pela junta expulsam as pastilhas. Isto aconteceu por conta da falta de compatibilização dos projetos estrutural e arquitetônico, o que causará um desconforto para os usuários.

Outros pilares apresentaram trincas longitudinais paralelas à armadura principal, o que caracteriza o processo de corrosão e futuro deslocamento do revestimento.

As fissuras no reboco são consideradas sem gravidade, apenas de ordem estética, sem comprometer o funcionamento estrutural da edificação, nem a curto e nem a longo prazo.

Já as trincas no canto superior das esquadrias de portas e janelas são decorrentes da concentração de tensões existentes nos vãos da alvenaria. A sobrecarga é causada pela compressão atuante nos vértices das aberturas, como pôde-se constatar na Figura 4, por isso é necessário uma estrutura que vá distribuir as cargas ali presentes.

Conduta recomendada: para a situação da junta de dilatação, é normal e aceitável que nessa região venha a aparecer rachaduras devido ao trabalho da estrutura. Porém, por conta do material escolhido para revestir os pilares a estética da edificação foi prejudicada. O recomendável é que se escolha um revestimento compatível com a estrutura, como por exemplo, textura em grafiato com preenchimento da junta com EPDM, um polímero de alta performance que garante a flexibilidade, selagem e impermeabilização.

Para as trincas dos pilares, lajes e marquises faz-se necessário o reparo para que esta manifestação patológica não acarrete em outra. Para isso, retira-se o cobrimento e reveste-se a região danificada novamente, com o uso de graute.

Nos casos em que as trincas foram originadas nos vértices das portas e janelas, regiões de concentração de tensões, recomenda-se o uso de vergas e contra-vergas ultrapassando no mínimo 30 cm dos limites da esquadria para absorver a sobrecarga (LOTTERMANN, 2013).

6.4.4. Cobertura

Vistoria: foram observadas manchas escuras na cobertura e marquises e deslocamento do cobrimento de concreto em certas regiões da laje, como é possível observar na Figura 23.

Figura 23 - Deslocamento do concreto da laje de cobertura



Fonte: próprio autor

Diagnóstico: a provável causa desses sintomas é a infiltração das águas pluviais na estrutura por falta de impermeabilização.

O contato da água com o aço fez com iniciasse o processo de corrosão. O acúmulo dos produtos desse fenômeno ocasionaram a formação de trincas que evoluíram para o deslocamento da estrutura.

Conduta recomendada: para evitar diversas manifestações patológicas referentes à infiltração, deve-se recuperar a laje através da aplicação de manta líquida sintética branca.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por objetivo fazer estudo das manifestações patológicas, identificadas nas obras da unidade II da UFGD, diagnosticá-las e recomendar uma conduta adequada, por isso pode-se concluir que foi satisfatório, pois cumpriu com seus objetivos.

A importância da patologia das construções ficou bastante clara em relação

ao olhar crítico que o profissional adquire depois de aprofundar o conhecimento nesta área, como se nenhuma manifestação patológica passasse despercebida mais. Bem como no quesito da prevenção, de se estudar as causas e consequências dessas manifestações a fim de se evitar a ocorrência. Afinal, os danos podem ser irreversíveis e até ocasionar no colapso estrutural. É preferível prevenir a ter que reparar algum dano posteriormente, o que gera retrabalho e gastos não planejados no orçamento.

Através deste trabalho foi possível constatar o descaso que se tem com o bem público. Obras ficaram paradas deixadas à ação do tempo, sem um mínimo de cuidado ou manutenção ao saber que ficariam paradas por tanto tempo. O órgão responsável por esse zelo seria o DIMAP – Departamento de Manutenção Patrimonial da UFGD. Quando questionados sobre o motivo que leva ao descaso foi relatada a falta de recursos físico e financeiro advindos da universidade. O trabalho desse departamento tem acontecido por meio de reparar os danos ao invés de preveni-los.

Portanto, é válido que se intensifique a qualificação dos engenheiros civis dessa área a fim de que as vistorias técnicas periódicas se tornem uma ação recorrente para as práticas de prevenção.

Para trabalhos futuros sugere-se fazer o estudo de viabilidade financeira das

práticas de manutenção em detrimento das práticas de recuperação.

8. REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. E. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis.** 2006. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação de dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio.** 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto.** 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** 1989.

Autor desconhecido. **Cupins no concreto.** 2016. Disponível em: <<https://comoacabarcomocupins.blogspot.com/2016/04/cupins-no-concreto.html>>. Acesso em 20 de outubro de 2018.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto.** 1.ed. Editora UFG. Goiânia, 1997.

DAL MOLIN, D. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado.** 1988. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem.** 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-3.aspx>>. Acesso em 24 de outubro de 2018.

FILLA, J. C. ; AUDIBERT, J. L. ; MORALES, G .
Biodeterioração de concretos e argamassas.
Techne : Revista de Tecnologia da Construção
(São Paulo). Vol. 157, p. 52-55. 2010.

GAYLARDE, C; RIBAS SILVA, M; WARSCHEID,
TH. **Microbial Impact on Building Materials:
an overview.** Materials and
Structures/Materiaux et Constructions. Vol.
36, p. 342-352. 2003.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras
para concreto armado.** 1. Ed. Editora Pini.
São Paulo, 1986.

KATIUSCIA, I. **Algumas das verificações pré e
pós-concretagem.** 2016. Disponível em: <
[http://drfz tudo.com.br/blog/2016/03/30/al-
gumas-das-verificacoes-pre-e-pos-
concretagem/](http://drfz tudo.com.br/blog/2016/03/30/al-gumas-das-verificacoes-pre-e-pos-concretagem/)>. Acesso em 06 de novembro
de 2018.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das
construções.** 1986. Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOTTERMANN, A. F. **Patologias em
estruturas de concreto: estudo de caso.**
2013. Monografia. Universidade Regional do
Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul,
Ijuí.

MORETTI, I. **Metodologia de pesquisa do
TCC: conheça os tipos e veja como definir.**
2018. Disponível em:
<[https://viacarreira.com/metodologia-de-
pesquisa-do-tcc-110040/](https://viacarreira.com/metodologia-de-pesquisa-do-tcc-110040/)>. Acesso em 27 de
outubro de 2018.

SANTOS, P. H. C.; SILVA FILHO, A. F.
Eflorescência: Causas e Consequências.
2008. Artigo. Universidade Católica de
Salvador, Salvador.

SILVA, F. B. **Patologia das Construções: uma
especialidade na engenharia civil.** Revista
Téchne. Edição 174. Setembro/2011.

SILVA, I. T. S. **Identificação dos fatores que
provocam eflorescência nas construções em**

Angicos/RN. 2011. Monografia. Universidade
Federal Rural do Semiárido, Angicos.

TECNOSIL. **Corrosão de armadura: o que
causa e como amenizar esse dano?** 2017.
Disponível em:
<[https://www.tecnosilbr.com.br/corrosao-
de-armadura-o-que-causa-e-como-amenizar-
esse-dano/](https://www.tecnosilbr.com.br/corrosao-de-armadura-o-que-causa-e-como-amenizar-esse-dano/)>. Acesso em 20 de outubro de
2018.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios.** Editora
pini. São Paulo, 1989.