CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL

GIOVANI MÁRIO GAVA
MARCOS ANTÔNIO DE SOUZA

PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

BARBACENA
2020

GIOVANI MÁRIO GAVA
MARCOS ANTÔNIO DE SOUZA

PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Elvys Dias Reis.

BARBACENA
2020

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que nossos objetivos fossem alcançados durante todos estes anos de estudo.

Às esposas e filhos, que nos incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a nossa ausência enquanto nos dedicávamos à realização deste trabalho e que ao longo desses meses nos deram não só força, mas apoio para vencermos essa etapa da vida acadêmica.

Ao professor Elvys Dias Reis, por ter sido nosso orientador e que contribuiu muito com a conclusão deste trabalho, sempre disponível a compartilhar todo o seu vasto conhecimento, desempenhado tal função com dedicação, compreensão e amizade.

Aos demais professores, que acompanharam a nossa jornada acadêmica de perto, nos passando vários ensinamentos, permitindo assim que apresentássemos um melhor desempenho no nosso processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos familiares, principalmente nossos pais. A vocês deixamos uma palavra gigante de agradecimento. Hoje somos pessoas realizadas e felizes porque não estivemos sós nesta longa caminhada.

Aos nossos colegas de curso, com os quais convivemos intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências, que nos permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formandos.

Às pessoas com as quais convivemos nestes anos de curso, que nos incentivaram e que certamente tiveram impacto na nossa formação acadêmica.

RESUMO

Este trabalho visa apresentar as principais patologias da construção civil, bem como algumas falhas construtivas ou de concepção de projeto, além de mostrar quais podem ser os principais procedimentos de intervenção e manutenção. Para isso, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica, por meio da leitura e análise de livros, artigos e monografias sobre tais patologias, sendo feitas as suas devidas análises e considerações. Foi demonstrado que vários são os mecanismos ou processos, de diferentes causas, que podem degradar as construções, que alguns cuidados tomados nas etapas de concepção de projeto e execução da obra podem aumentar consideravelmente a durabilidade da construção, e que o usuário também tem parcela de responsabilidade na durabilidade e vida útil da edificação, devendo fazer uma manutenção regular e ficar atento quando aparecerem características anormais. Este estudo permitiu concluir que as patologias da construção civil podem ter diversas causas, sendo que muitas delas poderiam ser evitadas se existisse uma manutenção regular da construção.

Palavras-chave: Patologias. Construção civil. Intervenção estrutural.

ABSTRACT

This work aims to present the main pathologies of civil construction, as well as some constructive or design flaws, besides showing what can be the main procedures of intervention and maintenance. For this, a wide bibliographic review was performed, through the reading and analysis of books, articles, and monographs on such pathologies, being made their due analysis and considerations. It has been demonstrated that there are several mechanisms or processes, from different causes, that can degrade the constructions, that some cares taken in the stages of design and execution of the work can considerably increase the durability of the construction, and that the user also has part of responsibility in the durability and useful life of the building, and should do regular maintenance and be attentive when abnormal characteristics appear. This study concluded that civil construction pathologies can have several causes, and many of them could be avoided if there was regular maintenance of the construction.

Keywords: Pathologies. Civil construction. Structural intervention.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6

2 DESENVOLVIMENTO 8

2.1 Manifestações patológicas em fundações 8

2.1.1 Recalque 10

2.1.2 Reação álcali-agregado 11

2.1.3 Ataque por sulfatos 11

2.1.4 Recalque por superposição de pressão 11

2.1.5 Recalques devido a problemas no solo 12

2.2 Patologia das estruturas de concreto armado 12

2.2.1 Bolor 13

2.2.2 Eflorescências e lixiviação 14

2.2.3 Fissuras 14

2.2.4 Segregação 15

2.2.5 Corrosão de armaduras 15

2.2.6 Deterioração do concreto armado 17

2.3 Patologia em alvenaria 17

2.3.1 Camadas e materiais constituintes dos sistemas de revestimento argamassado e cerâmico 22

2.3.2 Principais manifestações patológicas em sistemas de revestimento argamassado 23

2.3.3 Principais manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos 24

2.4 Patologia das coberturas e impermeabilizações 27

2.4.1 5W2H: ferramenta aplicável à análise e diagnóstico de patologias 28

2.4.2 Permeabilidade do concreto 28

2.4.3 Principais sistemas de impermeabilização de coberturas com lajes expostas 28

2.5 Procedimentos de Manutenção e Intervenção 28

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 30

REFERÊNCIAS 31

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um ramo de atividade que vem crescendo e modernizando a cada dia, com novas tecnologias, novos tipos de materiais e uma mão-de-obra cada vez mais especializada. Sua tendência é sempre buscar soluções para problemas existentes ou, quando possível, evitar que estes problemas ocorram já no início de seus projetos. Além disso, a construção civil lida com diversos tipos de patologias, que muitas vezes são originárias das falhas de projeto e de execução. Além destas, existem as que vão se desenvolvendo no decurso do tempo, que podem ser provenientes do desgaste natural e da falta de manutenção.

Desta forma, torna-se importante estudar os principais tipos de patologias da construção civil, o que se torna o objetivo deste trabalho. Ainda, é conveniente abranger algumas falhas construtivas ou de concepção de projeto, além de mostrar quais podem ser os principais procedimentos de intervenção e manutenção.

Considerando que falhas de projeto, construtivas e de manutenção aumentam a ocorrência de patologias nas edificações, torna-se importante estudar os seus mecanismos. Segundo Bertolini (2017), todo edifício tem um ciclo de vida útil, o qual pode variar dependendo de fatores como a durabilidade dos materiais empregados na construção, das condições de exposição e uso do mesmo e a existência de uma manutenção periódica. Portanto, cabe à engenharia desenvolver soluções e formas de prevenção deste tipo de problema, que além de gerar um aspecto visual ruim, geram também um impacto psicológico negativo e mostram que existe algum problema na construção. Segundo Castro (2009, p. 12), “a prática sistemática da manutenção preventiva em uma edificação reduz os custos de ações corretivas”.

Para se alcançar os objetivos elencados, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica, com a consulta de livros, artigos e monografias, sempre dando prioridade para trabalhos atuais. Neste contexto, Luckesi *et al*. (1986) afirma que a pesquisa bibliográfica serve de fundamentação do tema, possibilitando obter o material que será utilizado para a realização da pesquisa. Foi feita a leitura, catalogação, fichamento e posterior análise do material obtido, com suas devidas considerações.

Para um melhor entendimento do assunto, este trabalho foi dividido em capítulos, sendo: no Capítulo 2 apresentados os conteúdos sobre manifestações patológicas em fundações, em estruturas de concreto armado, em alvenaria, em coberturas e

impermeabilizações, além de procedimentos de intervenção e manutenção; no Capítulo 3 apresentadas as considerações finais.

2 DESENVOLVIMENTO

Quanto às patologias[1] apresentadas nas construções, elas podem ocorrer em fundações, estruturas, vedações, instalações, impermeabilização e telhados, e nas fachadas. Serão abordadas a seguir as principais considerações sobre estes casos.

2.1 Manifestações patológicas em fundações

Os materiais utilizados em construção civil são de suma importância, por isto se torna essencial o conhecimento de suas deficiências e vulnerabilidades. É a partir do uso correto e otimizado de um material que se prevê o seu comportamento no futuro, podendo assim reduzir sua deterioração precoce (HELENE, 2010).

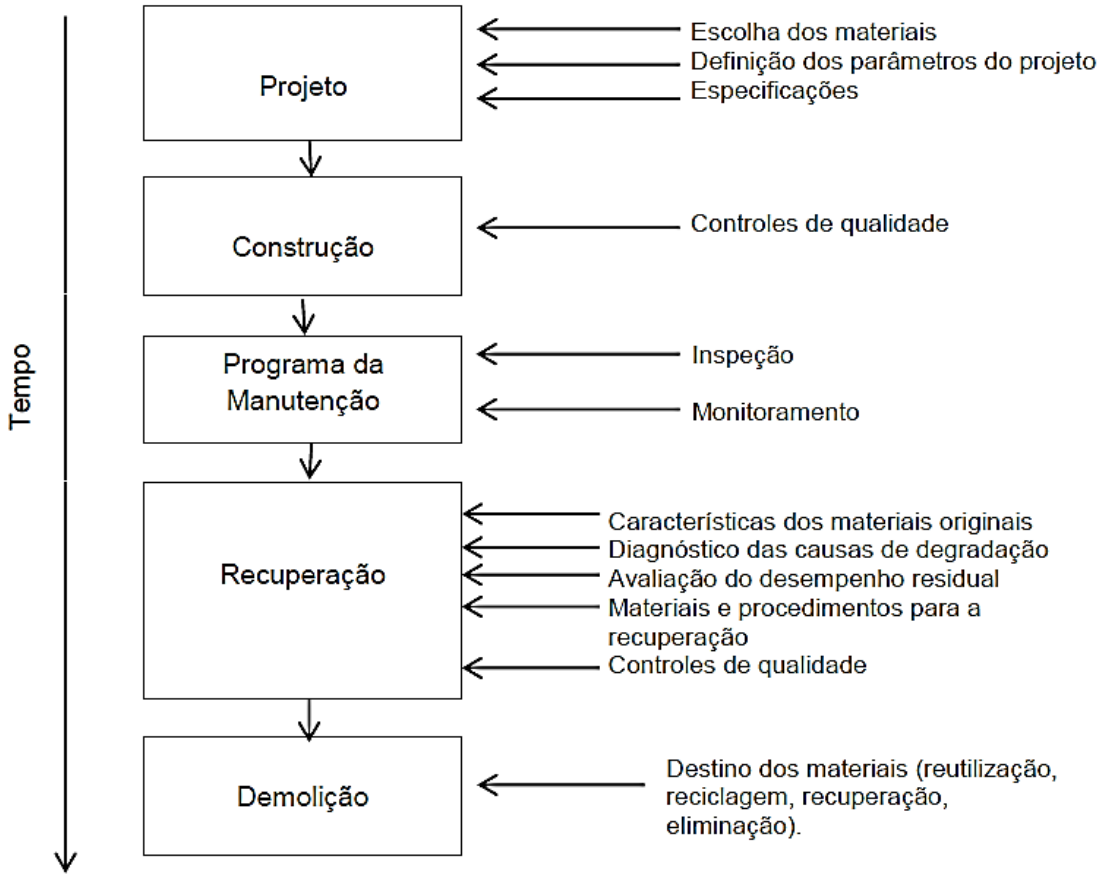
Schwirck (2005 *apud* Macedo, 2017, p.66-67) define o termo fundação como:

> O elemento de transição entre a estrutura e o solo, fazendo com que a estrutura esteja sujeita ao comportamento do solo quando submetido a determinado carregamento. Nesse sentido, patologias em fundações podem aparecer devido a diversos fatores, iniciando na fase do projeto, comprometendo a qualidade da construção e a vida útil da mesma. Existem também situações nas quais os solos apresentam deformações ou variações volumétricas não provocadas pelo carregamento das fundações, podendo resultar em patologias.

Por isto, no início da construção é essencial se escolher bem os materiais que serão utilizados, devendo-se observar, além de seus aspectos mecânicos (tensão *versus* deformação, limite de elasticidade, etc.), o seu comportamento em relação ao ambiente (absorção de água, coeficiente de dilatação térmica, etc.). No caso, o projetista deve definir bem as propriedades dos materiais, tentando assim garantir que estas propriedades de fato ocorram. Durante a construção, devem ser previstos controles de qualidade para permitir verificar a adequada utilização dos materiais que chegam nos canteiros de obra e a sua correta utilização (BERTOLINI, 2010). Na FIG. 1, pode-se observar os diversos momentos da vida de uma estrutura em que pode ser solicitado um estudo de seus materiais.

[1] O termo patologia vem do grego *pathos* (sofrimento, doença) + logia (ciência, estudo). É o estudo das doenças em geral, como estado anormal de causa conhecida ou desconhecida, tanto na Medicina quanto em outras áreas do conhecimento, como Matemática e Engenharias. Nesta última área, é conhecida como Patologia das Edificações e estuda as manifestações patológicas que podem vir a ocorrer em uma construção, envolvendo tanto a ciência básica quanto à prática (CAPORRINO, 2017, p.11-12).

Figura 1 – Fases da vida de uma construção e o papel do material



Fonte: Bertolini (2010, p.13). Adaptada pelos autores.

Torna-se importante saber como este processo ocorre para poder se estabelecer qual tipo de solução será a mais adequada caso ocorra algum tipo de patologia.

Sobre as patologias, Oliveira (2013, p.25) ainda observa que:

> De um modo geral, as patologias não têm sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis, que podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorrem, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades.

Gonçalves (2015, p.34) ainda explica as patologias em obras de edificações têm causas concentradas principalmente em “falhas na concepção do projeto, má qualidade dos materiais, erros na execução, utilização para fins diferentes dos calculados em projeto e a falta de manutenção no decorrer do tempo”.

2.1.1 Recalque

Segundo Militisky *et. al*. (2015), as patologias denominadas de recalques ou adensamento têm tempo de duração medido em anos, sendo um processo em que ocorre a redução do volume do solo devido à compressão na argila, gerando excessos de poropressões, o que leva a recalques que afetam a superestrutura, como pode ser observado na FIG. 2 e na FIG. 3.

Figura 2 – Fissura em parede provocada por recalque

Fonte: os autores (2020).

Figura 3 – Trincas em cerâmica provocadas por recalque

Fonte: os autores (2020).

Quanto à problemática causada pelos recalques, Velloso e Lopes (2010) consideram que ela ocorre devido a problemas relacionados à interação solo-estrutura, destacando ainda que uma rigidez maior da fundação causará recalques mais uniformes, frisando que quando uma fundação for combinada ou associada (mais de um pilar), os recalques diferenciais consequentemente serão menores.

Ainda de acordo com Velloso e Lopes (2010, p. 464), os recalques do solo são, em geral, bem maiores do que as flechas que uma estaca pode suportar. Por isso, deve-se evitar o emprego de estacas inclinadas em solos que recalcam.

2.1.2 Reação álcali-agregado

A reação álcali-agregado (RAA) é um fenômeno que ocorre no concreto endurecido e se desenvolve a partir da combinação de três agentes: álcalis do cimento, agregado reativo ou potencialmente reativo e a presença constante de umidade (MIZUMOTO, 2009). Dessa combinação irão surgir danos muitas vezes irreversíveis.

2.1.3 Ataque por sulfatos

O ataque por sulfatos é uma forma de ataque ao concreto que ocorre quando a estrutura está em contato com águas ou solos com a presença de sulfato (SO_4). Os sulfatos reagem com os componentes do cimento, gerando produtos expansivos, surgindo então dilatações que irão desagregar e fissurar o concreto (SOARES, 2009).

2.1.4 Recalque por superposição de pressão

Segundo Marinho (2019), as edificações de grande carga, ou seja, aquelas que possuem uma grande área de influência do bulbo de tensões, próximas a outras construções de fundações diretas superficiais, podem ocasionar uma sobreposição dos bulbos das edificações. Quando isto ocorrer, aparecerão recalques nas edificações, principalmente quando estas forem mais antigas. O autor acrescenta que, quando este tipo de recalque acontece, poderá ocorrer o aparecimento de fissuras e trincas na construção, podendo inclusive abalar a sua segurança.

2.1.5 Recalques devido a problemas no solo

De acordo com Silva Júnior (2008), a escolha da fundação depende das características do solo, da interação do mesmo com a fundação, considerando-se as características das camadas de solos abaixo da cota de apoio da fundação, visando evitar problemas de instabilidade da fundação.

Neste sentido, o atrito negativo gerado sobre solos compressíveis poderá gerar recalques no solo. Outras causas de recalques no solo estão ligadas ao rebaixamento do lençol freático, e o amolgamento de argilas moles sensíveis, que pode ser gerado pelo cravamento de estacas (SALES, 2016).

2.2 Patologia das estruturas de concreto armado

Durante anos o concreto foi considerado como um material extremamente durável, devido às obras antigas e que ainda conservam uma boa aparência, demonstrando assim um bom estado de conservação. Todavia, deteriorações apresentadas recentemente em estruturas levou a comunidade técnica e científica a se questionar as patologias do concreto armado. Existem alguns avanços em pesquisas, sobretudo consolidados em algumas normas técnicas para a construção, envolvendo a especificação de materiais, de desempenho e técnicas construtivas, com o objetivo de aumentar a qualidade final do produto e reduzir ao máximo os custos (GONÇALVES, 2015, p.17).

Dentro deste contexto, a norma brasileira ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, que abrange a durabilidade dos materiais e das estruturas e também recomenda alguns possíveis procedimentos corretivos, define a vida útil de projeto como:

> [...] o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

Os principais tipos de patologias encontradas nas estruturas de concreto armado são detalhados a seguir.

2.2.1 Bolor

O bolor é um tipo de patologia que geralmente aparece nas fachadas, podendo também aparecer em outras áreas da construção. Em conformidade com Macedo (2017), ele acontece quando existe o acúmulo de fungos dos mais variados tipos nas camadas de revestimento, os quais geram colônias que se alimentam de materiais orgânicos. Os locais ideais para a sua proliferação são áreas que apresentam umidade por condensação e que não haja água corrente.

Segundo Sena *et al.* (2020, p.78), a presença de bolor indica um elevado grau de umidade, o que pode trazer degradação da estrutura em decorrência de vegetações que crescem através de pequenas fissuras e juntas de dilatação, provocando uma interação do tipo mecânica. A FIG. 4 e a FIG. 5 exemplificam este tipo de patologia.

Figura 4 – Fachada com bolores e manchas

Fonte: os autores (2020).

Figura 5 – Laje de concreto armado com bolores e manchas

Fonte: os autores (2020).

2.2.2 Eflorescências e lixiviação

Segundo Helene (2010), “a lixiviação (águas puras e ácidas, expansão por sulfatos ou magnésio, expansão por reação álcali-agregado, reações superficiais deletérias) é um dos mecanismos mais importantes na deterioração das estruturas de concreto”.

Macedo (2017) define eflorescências e lixiviação como a água ácida ou a água com concentração alta de cloretos e sulfatos que, ao adentrar-se nos poros capilares do concreto, dissolve o hidróxido de cálcio da pasta de cimento, que posteriormente pode reagir com o dióxido de carbono do ar, formando o carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

Dentro deste contexto, Bolina *et al.* (2019) explicam que por meio da lixiviação aumenta-se a porosidade do concreto e, caso sejam insolúveis e expansivos, irão provocar deterioração do material causando fissuras. Além disso, o processo de lixiviação pode ser originado pela água das chuvas e sua consequência mais frequente é a desintegração da pasta de cimento.

2.2.3 Fissuras

As fissuras são aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural, provocando a entrada de agentes agressivos à estrutura. Nas construções de concreto, as fissuras podem surgir logo após sua execução ou demorar anos para aparecer. Suas causas

são variáveis e geralmente de diagnóstico difícil. As fissuras são designadas como a ruptura que ocorre no concreto sob ações mecânicas ou físico-químicas (GONÇALVES, 2015).

A ABNT NBR 6118:2014 estabelece os seguintes valores para determinar o grau de sua agressividade ambiental:

- Classe de agressividade I: abertura máxima de 0,4 mm
- Classe de agressividade II e III: abertura máxima de 0,3 mm
- Classe de agressividade IV: abertura máxima de 0,2 mm
- Em casos específicos, esses limites devem ser reduzidos.

2.2.4 Segregação

Segundo Gonçalves (2015), a altura de lançamento do concreto é um ponto de atenção a execução de elementos em concreto, armado ou não. O autor afirma que:

> A concretagem de peças com mais de dois metros de altura deve ser realizada de forma cuidadosa, a fim de evitar a segregação (ninhos de concretagem) dos agregados graúdos nas regiões inferiores da peça, originando bicheiras ou vazios. Além disso, o adensamento também pode gerar problemas de segregação.

2.2.5 Corrosão de armaduras

O aço quando utilizado nas estruturas pode ser vítima de corrosão, produzindo tensões que o concreto não resisti. Consequentemente as fissuras são formadas. E quando se tratar de armaduras que estão mais próximas a superfície ficarão mais expostas à ação dos agentes externos, gerando mais corrosão (GONÇALVES, 2015).

As trincas em concreto armado precisam ser tratadas de forma adequada, bloqueando o processo de corrosão para não permitir o agravamento das mesmas. Deve-se procurar identificar, diagnosticar e corrigir as verdadeiras causas do problema (GONÇALVES, 2015).

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, os limites aceitáveis de abertura das fissuras causadas por corrosão são: 0,1 mm, para peças não protegidas em meio agressivo; 0,2 mm, para peças não protegidas em meio não agressivo; e 0,3 mm, para peças protegidas.

A FIG. 6 e a FIG. 7 exemplificam o processo de corrosão em ferragens de elementos estruturais de concreto armado.

Figura 6 – Broca na ligação viga-pilar que favorece a corrosão das ferragens

Fonte: os autores (2020).

Figura 7 – Armadura exposta em viga de suporte de esquadrias

Fonte: os autores (2020).

2.2.6 Deterioração do concreto armado

A norma brasileira ABNT NBR 6118:2014 define a durabilidade como “a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

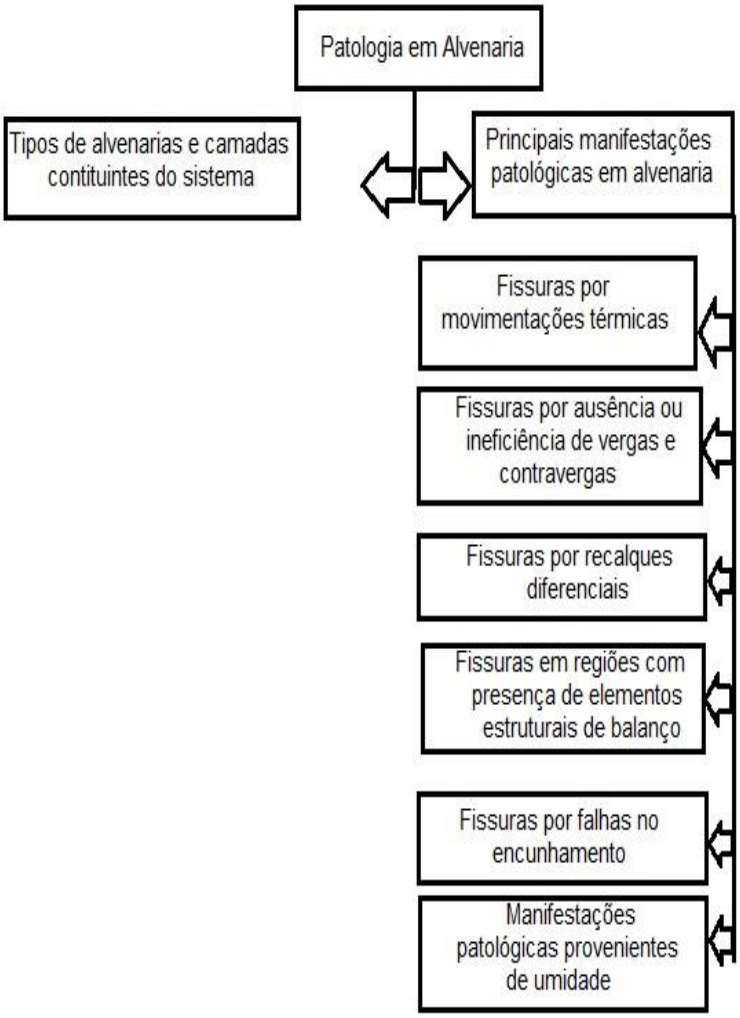
De acordo com SANTOS (2012, p.07), a degradação das estruturas de concreto armado se dá pela penetração de substâncias na forma de gases, vapores e líquidos, através dos poros e fissuras. Assim sendo, entende-se que permeabilidade é o principal determinante da vulnerabilidade aos agentes externos.

Além disso, a deterioração do concreto raramente ocorre devido a uma causa isolada, uma vez que um concreto pode por vezes ser satisfatório, mas um único fator adverso suplementar pode provocar a sua deterioração.

2.3 Patologia em alvenaria

As alvenarias podem ser definidas como elementos constituídos por unidades denominadas componentes, como blocos cerâmicos ou de concreto, que geralmente são unidas por material ligante, mas também podem ser encaixadas (SENA *et al*., 2020, p.119). As principais manifestações patológicas em alvenaria são apresentadas na FIG. 8.

Figura 8 – Patologias em alvenaria



Fonte: Sena *et al*. (2020, p.145). Adaptada pelos autores.

Ainda segundo estes autores, as alvenarias podem ser classificadas como estruturais ou de vedação, as quais têm vida útil de projeto distinta, e os principais tipos de patologias apresentados por estas são:

- Fissuras por movimentações térmicas – ocorrem nos elementos estruturais, sobretudo em pavimentos superiores, e induzem tensões de tração e cisalhamento nas vedações;

- Fissuras por ausência ou ineficiência de vergas e contravergas – as vergas[2] e contravergas[3] são regulamentadas pela norma brasileira ABNT NBR 8545:1984 – Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos - Procedimento. Elas podem ser executadas por meio de blocos, canaletas, pré-moldadas e até mesmo executadas diretamente no local por meio de fôrmas, recomendando-se que tenham no mínimo duas barras ao longo do seu comprimento. Quando estes elementos não são executados corretamente, as fissuras podem ocorrer. A FIG. 9 apresenta fissura por falta de vergas e a FIG. 10 por falta de contravergas.

Figura 9 – Fissura em vergas

Fonte: os autores (2020).

[2] Vergas – cinta armada utilizada sobre a abertura nas alvenarias, para que estas resistam às cargas provenientes dos elementos acima da abertura (CAPORRINO, 2017, p.12).
[3] Contravergas – cinta armada utilizada sob a abertura nas alvenarias, para que estas resistam às cargas provenientes dos elementos acima da abertura (CAPORRINO, 2017, p.12).

Figura 10 – Fissura em contravergas

Fonte: os autores (2020).

- Fissuras por recalques diferenciais – podem ser notadas pela presença de aberturas na estrutura, porém as mais recorrentes são nas alvenarias, que, por serem elementos menos resistentes, podem fissurar mais facilmente. As suas possíveis causas podem estar relacionadas a edificações executadas sobre camadas deformáveis e aterros superficiais, sobreposição de bulbos de tensões, proximidade a talude instáveis, influência da umidade ou lençol freático no solo, entre outras;
- Fissuras por falhas no encunhamento – o encunhamento precoce ou com materiais inadequados pode trazer fissurações na alvenaria. Isto pode ocorrer por conta dos esforços induzidos na alvenaria pelas deformações do elemento estrutural acima da mesma;
- Manifestações patológicas provenientes de umidade – a umidade está ligada à quantidade de água absorvida por um material, dependendo de sua porosidade e capilaridade. A maioria dos materiais de construção são higroscópicos, absorvem ou perdem umidade de acordo com o aumento ou diminuição da umidade relativa (UR). Esta umidade poderá agir como um material de degradação ou componentes por meio da expansão ou retração. A FIG. 11 mostra uma umidade ocorrida em uma parede em decorrência de vazamento nas instalações hidráulicas, enquanto a

FIG. 12 apresenta uma umidade por vazamento em caixa d’água e a FIG. 13 exibe uma umidade por ascensão capilar proveniente do solo.

Figura 11 – Umidade por vazamento na caixa d’água

Fonte: os autores (2020).

Figura 12 – Umidade na parede por causa de vazamento na parte hidráulica

Fonte: FazFácil[4]

[4] fazfacil.com.br/reforma-construcao/impermeabilizar-caixa-agua/

Figura 13 – Umidade por ascensão capilar proveniente do solo

Fonte: os autores (2020).

2.3.1 Camadas e materiais constituintes dos sistemas de revestimento argamassado e cerâmico

Os sistemas argamassados e cerâmicos são os mais utilizados no Brasil, pois, além da estética, apresentam boa durabilidade se forem bem executados. Quando apresentam problemas, estes usualmente estão relacionados à falta de cuidados e podem ser encontrados em qualquer fase da construção (SENA *et al*. 2020).

Quanto aos revestimentos argamassados, Capporino (2017) ainda considera a importância da norma ABNT NBR 13529:2013 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia, que os definem como o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final.

Estes sistemas de revestimento são precedidos pelas camadas de substrato (ou base) e de chapisco, bem como pelo núcleo principal constituinte baseado em argamassas, que são compostas de misturas de um ou mais aglomerantes. Existem diferenças nestas camadas que estão relacionadas ao acabamento e execução. Para revestimentos cerâmicos externos, a norma da ABNT NBR 13755: 2017 – Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e

aceitação – Procedimento, especifica seus limites superiores como 50 mm e inferiores como 20mm.

2.3.2 Principais manifestações patológicas em sistemas de revestimento argamassado

Os problemas de revestimento geralmente são originários da falta de controle nas suas diversas etapas, como nos revestimentos de argamassas. As deteriorações destes revestimentos podem ocorrer de três formas: físico-mecânicas, químicas e biológicas. Estes efeitos costumam se sobrepor, dificultando a análise da causa real do problema, cuja fonte causadora pode estar relacionada à qualidade dos materiais constituintes, à composição do traço da argamassa, aos processos executivos e a fatores externos (SENA *et al*. 2020).

De acordo com Masuero (2001), algumas normas técnicas referentes às argamassas de revestimento devem ser respeitadas, a saber: ABNT NBR 13528:2019 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração; ABNT NBR 7200:1988 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento; ABNT NBR 13749:2013 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação; e ABNT NBR 13281:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.

Segundo Segat (2005), a ocorrência de manifestações patológicas em fachadas externas geralmente vem da falta de competência técnica em obras na hora da execução do revestimento. Muitas vezes, ela se relaciona a erros de dosagem de água e aditivos, execução de camadas muito ou pouco espessas, falta de uniformidade das argamassas e até mesmo falta de limpeza do substrato. Por isto se torna tão importante adotar critérios rigorosos na hora de se selecionar as argamassas que irão compor o revestimento.

Dentro deste contexto, Masuero (2001) aponta que as principais manifestações patológicas das argamassas são as fissuras, os descolamentos e os desplacamento, que ocorrem especialmente em revestimentos externos, podendo ainda ocorrer manchas causadas por umidade ou colônia de microorganismos, conforme detalhado a seguir.

- Fissuras – sua causa não é única. Geralmente o problema é resultante da movimentação e/ou deformação da base sobre a qual está aplicada a mistura. Esta situação acontece na interface entre o concreto e a alvenaria, na região superior

da alvenaria ou em pontos de concentração de tensões, como cantos de aberturas. Estão ligadas ainda à perda de água da argamassa;

- Deslocamento e desplacamento – ligados à falta de aderência do revestimento à base, dependendo da ocorrência de situação ligadas às características das superfícies, do tipo de argamassa empregada e ao processo de execução e às condições climáticas. Por isto o substrato que será revestido deve apresentar absorção que propicie a mocroancoragem, decorrente da penetração da pasta ou argamassa nos seus poros, proporcionando a macrorrugosidade, proporcionando uma maior área de contato da mistura nas irregularidades da base;
- Manchas e colônias de microorganismos – resultantes de uma série de fatores, sendo as razões mais comuns deste tipo de patologia os problemas com infiltrações, com impermeabilização, qualidade baixa de esquadrias, que permitem a entrada da chuva, além de vazamentos do sistema hidráulico.

Para se corrigir estas manifestações patológicas com argamassa, precisa-se fazer uma investigação sobre cada caso. No caso de as fissuras serem causadas pela movimentação da estrutura, por exemplo, deve ser realizada análise das deformações existentes. A correção envolverá o uso de juntas ou telas no revestimento, solução especificada com base nas características de cada projeto. Quando for o caso de descolamento, o revestimento precisa ser removido e executado novamente. O procedimento deve ser refeito desde o início, começando pelo preparo de base e seguindo até o processo de execução, passando pela correta especificação da argamassa (MASUERO, 2001).

Para a prevenção, Bolina *et al*. (2019) explica que a melhor maneira de se evitar o surgimento de manifestações patológicas é através da realização do adequado projeto de revestimento, que apresentará todas as especificações técnicas dos materiais a serem utilizados. O projeto deve prever também os processos corretos de execução e controle, visando a obtenção do satisfatório desempenho do revestimento.

2.3.3 Principais manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos

Os revestimentos cerâmicos também são um dos tipos de revestimento com maior incidência de patologias, os quais, de acordo com Sena *et al*. (2020), passaram a ser

utilizados com menos frequência devido a este fator. Mesmo assim, ainda estão entre os tipos de revestimentos mais utilizados.

Estes revestimentos são regulamentados pela norma brasileira ABNT NBR 13755:2017, que especifica os procedimentos relacionados ao projeto, execução, inspeção e aceitação dos revestimentos cerâmicos.

Segundo Pinheiro (2019), uma das principais causas de patologias em revestimentos cerâmicos são assentamentos mal executados. Além disso, é muito comum que na fase de projetos não seja especificada a execução do revestimento da fachada, e essa ausência de planejamento e, muitas vezes, de mão-de-obra qualificada, acabam resultando em patologias. O autor indica que as suas principais causas geralmente são: preparação inadequada da base, molhagem insuficiente da base, comprometendo a hidratação do cimento da argamassa, chapisco preparado com areia fina, argamassa com espessura excessiva, e argamassas com cimento em excesso.

Neste sentido, a FIG. 14 ilustra as partes constituintes do revestimento cerâmico e o QUADRO 1 apresenta a classificação das anomalias no sistema de revestimento cerâmico.

Figura 14 – Partes constituintes do revestimento cerâmico aderido

Fonte: Pinheiro (2019).

Quadro 1 – Classificação das anomalias no sistema de revestimento cerâmico

Deslocamento da camada exterior	
Na interface entre a camada de assentamento e substrato	No próprio substrato
Na camada de regularização	
Fissuração da camada exterior	
Fissuração do substrato refletida no revestimento	Em áreas de concentração de tensões do substrato
Nas juntas de dilatação do substrato	
Deterioração das placas cerâmicas	
Esmagamento ou lascamento das bordas	Crateras na superfície
Desgaste ou riscos	
Deterioração das juntas	
Eflorescências /criptoflorescências	Deslocamento
Alteração de cor	Organismos vegetais
Fissuração / perda de massa do material preenchimento das juntas	Consistência pulverulenta
Anomalias estéticas	
Deficiência de planeza ou irregularidade na superfície	Fissuração ou descamação do esmalte da placa cerâmica
Manchas	

Fonte: Silvestre (2005 *apud* Sena, 2020, p.163).

Dentre os principais problemas encontrados tanto nos revestimentos cerâmicos quanto nos argamassados estão as eflorescências e fissuras. O descolamento cerâmico, exemplificado na FIG. 15, está entre as anomalias que mais ocorrem em revestimentos cerâmicos.

Figura 15 – Descolamento de cerâmica

Fonte: os autores (2020).

Ainda dentro deste contexto, Santos (2018) afirma que a ausência da manutenção adequada em edificações é responsável por anomalias das mais variadas, que por sua vez são causadoras de danos materiais e, às vezes, pessoais. Atividades de manutenção realizadas em conformidade com as reais necessidades apresentadas por um edifício previamente inspecionado tende a fazê-lo voltar para condições semelhantes àquelas de seu estado inicial. Assim, é de responsabilidade do construtor elaborar um manual de manutenção predial próprio para o imóvel.

A durabilidade e o desempenho das fachadas dependem das decisões tomadas nas diversas etapas do processo de produção dos edifícios, ou seja, no planejamento, projeto, especificação, materiais, execução e utilização (SANTOS, 2018).

2.4 Patologia das coberturas e impermeabilizações

Conforme a norma brasileira ABNT NBR 9575:2010 – Impermeabilização – Seleção e projeto, a impermeabilização é o resultado de um conjunto de componentes e serviços que tem como objetivo proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade**.**

2.4.1 5W2H: ferramenta aplicável à análise e diagnóstico de patologias

A ferramenta 5W2H é uma ferramenta de planejamento estratégico que ajuda a buscar soluções que a empresa precisa (SEBRAE, 2014).

Resumidamente esta ferramenta serve, dentre inúmeras possibilidades, para se fazer a análise e diagnósticos das manifestações patológicas de coberturas e lajes expostas, e impermeabilizações em geral. O projeto de impermeabilização na construção civil visa trazer segurança e conforto para seus usuários (SENA *et al*. 2020).

2.4.2 Permeabilidade do concreto

Um dos principais problemas encontrados em estruturas e cobertura de concreto armado é a permeabilidade do concreto. Como mencionado anteriormente, este fator é devido ao tipo de material utilizado, podendo com isto permitir que as águas pluviais e de lavagem infiltrem dentro do concreto não tratado.

2.4.3 Principais sistemas de impermeabilização de coberturas com lajes expostas

A principal função do material de impermeabilização é barrar a passagem de água. Aproximadamente 85% dos problemas encontrados nas construções são provenientes de vazamentos e infiltrações. Para tentar corrigir este tipo de problema, Sena *et al*. (2020) aponta três tipos de impermeabilização: rígida, que não apresenta flexibilidade, restringindo sua utilização à não existência de deformações na base onde será aplicada; semi-flexível, que pode ser definida como sistemas que possuem baixo módulo de elasticidade, mas que suportam deformações do substrato dentro de um determinado limite; e flexível, a qual consegue absorver bem as movimentações estruturais, por possuir uma boa capacidade de deformação e flexibilidade, de forma que não venha a apresentar fissuras.

2.5 Procedimentos de manutenção e intervenção

Para se manter e recuperar as estruturas de concreto, é necessária em um primeiro momento uma análise apurada dos problemas apresentados e suas causas.

A manutenção das construções deve ser feita de forma regular e eficiente, visando assegurar que todos os componentes utilizados tenham uma vida útil longa, garantindo a satisfação do cliente. Manutenções feitas de forma periódica evitam muitos contratempos e ajudam a garantir a segurança das construções (MACEDO, 2017).

Quanto à manutenção, a norma ABNT NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, define o termo como o conjunto de atividades a serem executadas com o objetivo de conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de todos os elementos que a compõem, atendendo a requisitos de desempenho e segurança por tempo determinado em projeto.

Nos casos de intervenção, segundo Souza e Ripper (1998 *apud* Gonçalves, 2015, p.94), através do cálculo torna-se possível estabelecer os parâmetros necessários para estabelecimento de alguns fatores, como:

> a) Definição precisa das peças da estrutura em que será necessário proceder-se ao reforço - e a extensão desta intervenção - e daquelas em que será suficiente apenas a recuperação, entendendo-se como tal a reconstituição das características geométricas, de resistência e desempenho originais;
> b) Determinação da capacidade resistente residual da estrutura, ou da peça estrutural, e, consequentemente, definição do tipo, intensidade e extensão do reforço necessário;
> c) Indicação da necessidade ou não da adoção de procedimentos de escoramento durante os trabalhos;
> d) Avaliação do grau de segurança em que se encontra a estrutura, antes, durante e depois da execução do reforço;
> e) Escolha da técnica executiva a utilizar;
> f) Determinação das tarefas necessárias e das quantidades reais de trabalho a realizar, isto é, definição do custo real da empreitada, em conjunto com os elementos da inspeção técnica realizada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão bibliográfica realizada neste trabalho, ratifica-se a afirmativa de que as patologias da construção civil podem ter diversas causas e necessitar de diferentes intervenções. Ressalta-se que, por se tratar de um tema muito extensivo, foram abordados somente os principais tipos de manifestações patológicas.

Dentre os diferentes parâmetros que contribuem para a degradação das construções, pode-se citar as variações de temperatura, as reações químicas, as vibrações, a erosão, e sobretudo o fenômeno da corrosão das armaduras do concreto armado, importantíssimo fenômeno patológico, que contribui de sobremaneira para a deterioração da construção. Estes fenômenos podem se manifestar desde as fundações até o acabamento final de uma edificação, conforme explicitado neste trabalho.

Portanto, é pertinente observar que vários são os mecanismos e as causas para a degradação das construções. Assim, alguns cuidados tomados nas etapas de concepção dos projetos e execução da obra podem aumentar consideravelmente a durabilidade da construção. Além disso, o proprietário e o usuário também têm parcela de responsabilidade na durabilidade e vida útil da edificação, devendo fazer uma manutenção regular e ficar atento quando anomalias aparecerem.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674.** Manutenção de edificações. Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7200**. Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 8545.** Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. 1984.

_____. **NBR 9575.** Impermeabilização. Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13281.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13528-3.** Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Parte 3: Aderência superficial**.** 2019.

_____. **NBR 13529.** Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13744.** Cianetos - Processo de destruição em efluentes de mineração. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13749.** Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13755.** Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

BAUERMANN, Cristiano Vieira. Patologias provocadas por umidade em edificações. **Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal – UNIDERP**. Anápolis, GO. 2018.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção:** Patologia. Reabilitação. Prevenção. Oficina de Textos, São Paulo: 2010.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia em Alvenarias**. 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo: 2017.

DA PAZ, Lidiane Andrade Fonseca *et al.* Pathologies caused by lifting moisture on a building in Palms-TO town. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 174-180, 2016.

FRANCO, Jéssica Alves; SANTOS, Suzyane Alves dos. **Patologias em estrutura de concreto armado**. 2018.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações. **Rio de Janeiro: UFRJ**, 2015.

GOMES, Jonathan Henrique; BRITO, Victor Hugo de; SILVA, Carlos Adriano Rufino da. PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM ESTRUTURA METÁLICA. 2018.

HELENE. Paulo. Prefácio. 2010. **In**: BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção:** Patologia. Reabilitação. Prevenção. Oficina de Textos, São Paulo: 2010.

MACEDO, Eduardo Augusto Venâncio Britto. Patologias em obras recentes de construção civil: análise crítica das causas e consequências. **UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA**. Rio de Janeiro: 2017.

MILITITSKY, Jarbas.; CONSOLI, Nilo Cesar.; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações.** 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil.** Rio de Janeiro: UFRJ, Escola Politécnica, Rio de Janeiro: 2013.

REZENDE, Otávio Sousa. A Importância do Uso de Impermeabilizantes na Construção Civil.

RODRIGUES, Renato Moura; JÚNIOR, Antônio da Silva Sobrinho; LIMA, Evelyne Emanuelle Pereira. Erros, diagnósticos e soluções de impermeabilização na construção civil. **Revista InterScientia**, v. 4, n. 2, p. 19-33, 2016.

RODRIGUES, João Paulo Philippi; MENDES, Murilo Machado. Patologias ocorridas por infiltrações relacionadas com a impermeabilização e métodos de correções. **Engenharia Civil-Tubarão**, 2017.

SANTOS, Ygor Madeira. Análise de patologias de pisos cerâmicos. **Boletim do Gerenciamento**, v. 10, n. 10, p. 31-42, 2019.

SENA, Gildeon Oliveira *et al*. **Patologia das Construções**. 2B, Salvador: 2020.

SIQUEIRA, Vivian de. Impermeabilização em obras de construção civil: estudos de casos, patologias e correções. **Engenharia Civil-Pedra Branca**, 2018.

VELLOSO, Dirceu de Alencar, LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. Oficina de Textos São Paulo: 2010.