

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Sara Landi Machado Pereira

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO – ÊNFASE EM FUNDAÇÕES E PILARES

Piumhi – MG

2022

Sara Landi Machado Pereira

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO – ÊNFASE EM FUNDAÇÕES E PILARES

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Tobias Ribeiro Ferreira

Piumhi - MG

2022

P436a Pereira, Sara Landi Machado.
Análise de manifestações patológicas em estruturas de
concreto armado - ênfase em fundações e pilares [manuscrito]
/ Sara Landi Machado Pereira. – 2022.
46 f. : il.

Orientador: Tobias Ribeiro Ferreira.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto
Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2022.

1. Construção civil. 2. Patologia. 3. Concreto armado. I.
Ferreira, Tobias Ribeiro. II. Instituto Federal de Minas Gerais.
Campus Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 690.24

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974

Sara Landi Machado Pereira

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO – ÊNFASE EM FUNDAÇÕES E PILARES

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 29/06/2022 pela banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Tobias Ribeiro Ferreira, Professor**, em 08/07/2022, às 23:10, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Humberto Coelho de Melo, Professor**, em 11/07/2022, às 09:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Pastre Pereira, Professor**, em 11/07/2022, às 13:23, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Thais de Oliveira Azevedo, Professora Substituta**, em 11/07/2022, às 14:55, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Stella Maria Gomes Tome, Professora**, em 18/07/2022, às 19:36, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1248686** e o código CRC **5F3B932B**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e, por intercessão de Santa Rita, a qual sou devota desde quando realizei minha primeira comunhão na igreja católica, por sempre me proteger, me mostrar o melhor caminho para seguir e, principalmente, por me dar forças e discernimento para lidar com todas as situações da minha vida.

Agradeço a minha mãe Maristela, meu exemplo de mulher, guerreira, de fé, por sempre fazer o possível e o impossível para que eu e meu irmão pudéssemos ter tudo de melhor, mas com cautela e nos mostrando o valor de tudo da vida, para que nos tornássemos pessoas fortes e conscientes. Agradeço ao meu irmão Saulo, por me apoiar e me ajudar a todo momento, em tudo o que precisei, sempre colocando nossa família em primeiro lugar na sua vida. Agradeço ao meu padrasto Gilberto, por toda paciência, ajuda e companheirismo em tudo que venho vivenciando.

Agradeço também aos meus avós João e Fabiana, que são minha base, minha força, meus exemplos de amor, de casal, de família e, principalmente de fé, por mostrar o caminho da igreja para toda a família e por rezar por nós todos os dias.

Agradeço ao meu namorado Felipe, por me dar todo o apoio necessário nessa fase de conclusão do curso, me apoiando, me ajudando, ficando ao meu lado em todos os momentos que precisei.

A Família Machado, por me mostrar o que significa família, união, por me ajudarem nos momentos mais difíceis da minha vida e por sempre me apoiarem na profissão que escolhi exercer.

Por fim, agradeço a todos os profissionais do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, por me proporcionarem os melhores cinco anos da minha vida, em que pude adquirir diversas experiências que me ajudam e ajudarão no âmbito profissional e pessoal, por todo carinho, respeito e paciência em diversos momentos que precisei, ficarão eternamente em minha memória.

RESUMO

A vivência em estágios e práticas de obras de edificação permite que singulares percepções sejam desenvolvidas aos olhos dos profissionais da construção. Nesse contexto, muitos aspectos passam a despertar o interesse pela investigação mais aprofundada sobre as realidades, não muito desejadas, porém, frequentemente encontradas nos canteiros de obras. Neste trabalho são contempladas as principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, com destaque para as fundações e pilares. Com o objetivo de mostrar a importância da execução correta dos processos construtivos de uma edificação, são apresentadas análises de patologias que ocorreram em estruturas de uma obra vivenciada pela estudante. As falhas exploradas nesse trabalho são oriundas do procedimento de execução, o qual demanda da atuação do engenheiro para averiguar o grau de periculosidade das manifestações e como estas podem ser tratadas. Como conclusão, é ressaltada a importância que os corretos procedimentos têm para evitar o aparecimento de futuros problemas que poderiam, inclusive, ocasionar danos irreparáveis.

Palavras-chave: Construção Civil. Patologia. Concreto Armado.

ABSTRACT

The experience in internships and practices of building works allow unique perceptions to be developed in the eyes of construction professionals. In this context, many aspects start to awaken the interest for a deeper investigation of the realities, which are not very desirable but are often found on construction sites. In this undergraduate thesis, the main pathological manifestations in reinforced concrete structures are contemplated, emphasizing the foundations and columns. As a means to show the importance of the correct execution of the constructive processes of a building, pathology analyses that occurred in structures of a construction site experienced by the student are presented. The flaws explored in this final paper arise from the execution procedure, which requires the engineer to determine the degree of danger of the manifestations and how they can be treated. In conclusion, it is emphasized the importance of correct procedures to avoid the appearance of future problems that could even cause irreparable damage.

Keywords: Civil Construction. Pathology. Reinforced Concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Transmissão de carga de fundação profunda	17
Figura 2 – Tipos de fundações superficiais	18
Figura 3 – Tipos de fundações superficiais	18
Figura 4 – Tipos de fundações profundas.....	18
Figura 5 – Fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas de patologias	20
Figura 6 – Fissuras verticais em pilar causadas pela expansão das armaduras longitudinais ..	22
Figura 7 – Mancha superficial devido a corrosão da armadura por íons de cloreto.....	23
Figura 8 – Concreto com corrosão avançada e armadura exposta	24
Figura 9 – Nicho de concretagem.....	25
Figura 10 – Croqui do projeto de contenção	28
Figura 11 – Identificação da estaca 1, com vazio no seu interior.....	29
Figura 12 – Estaca 1 executada, com vazio em seu interior.....	30
Figura 13 – Identificação da estaca 2, com “ninho” de concretagem.....	30
Figura 14 – Estaca 2 executada, apresentando “ninhos” de concretagem.....	31
Figura 15 – Identificação estaca 3, com vazio em seu interior.....	31
Figura 16 – Estaca 3 executada, com vazio em seu interior.....	32
Figura 17 – Concretagem estaca com mangote ou funil	33
Figura 18 – Estaca 1: vazio em seu interior	34
Figura 19 – Identificação da altura do vazio de concretagem	34
Figura 20 – Identificação bitola aço estaca 1	35
Figura 21 – Estaca 2: “ninho” de concretagem (“bicheira”)	35
Figura 22 – Estaca 3: vazio em seu interior	36
Figura 23 – Identificação bitola aço estaca 3	36
Figura 24 – Identificação do pilar no projeto de forma.....	38
Figura 25 – Identificação da manifestação patológica	39
Figura 26 – Detalhamento do “ninho” de concretagem	39
Figura 27 – Envergamento da armadura.....	40
Figura 28 – Envergamento da armadura.....	41
Figura 29 – Medida do cobrimento	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter ou Lei dos 5) 16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Geral.....	12
1.2.2	Específico.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	13
2.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS FASES DE PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO	13
2.2.1	Fase de projeto	13
2.2.2	Fase de execução.....	14
2.2.3	Fase de manutenção	16
2.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FUNDAÇÕES E PILARES	17
2.3.1	Fundações.....	17
2.3.2	Pilares.....	22
3	METODOLOGIA	26
3.1	ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES NAS FUNDAÇÕES	26
3.2	ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES NO PILAR	27
4	ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	28
4.1	FUNDAÇÃO – ESTACA DE CONTENÇÃO (MECANIZADA)	28
4.1.1	Identificação das manifestações patológicas.....	28
4.1.2	Causas das manifestações patológicas	32
4.1.3	Possíveis problemas e soluções para as manifestações patológicas	37
4.2	PILAR	38
4.2.1	Identificação das manifestações patológicas.....	38
4.2.2	Causas das manifestações patológicas	40
4.2.3	Possíveis problemas e soluções para as manifestações patológicas	42
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

A construção civil sempre se desenvolve em um ritmo acelerado devido às necessidades de edificações para fins habitacionais, laborais ou industriais. Essa demanda tem como enfoque trazer, cada vez mais, facilidade, comodidade e dinamismo para aqueles que as utilizam. Aliado a isso, a modernização da sociedade faz com que a demanda por avanços científicos e tecnológicos se torne cada vez maior. Em decorrência deste avanço acelerado, o canteiro de obras se torna mais propício para riscos estruturais, pelo uso indevido dos materiais, erros de execução (aceleramento da produtividade), desgastes naturais, dentre vários outros fatores que afetam diretamente a estrutura. (JÚNIOR *et al*, 2021)

O método construtivo em concreto armado foi inventado em meados do século XIX, na Europa, a partir da necessidade dos romanos de construir estruturas com maiores resistências (SOUZA E SANTOS, 2021). Antes disso, estes utilizavam da pedra natural para construção de projetos, fortificações e pontes, mas esta pedra contém resistência a compressão, já a tração, torna-se incapaz de resistir tratando-se de vãos maiores (JÚNIOR *et al.*, 2021).

A partir da necessidade de evoluírem no mercado da construção, os romanos iniciaram a execução de pontes com formato de arco, visto que, com esta configuração, as pedras exercem esforços apenas a compressão. Tal fato ocorria devido ao desconhecimento sobre a possibilidade da execução de vigas retas para suportar vãos maiores, já que não existiam a aplicação dos materiais arranjos de forma a suportarem os esforços de tração sozinhos (JÚNIOR *et al.*, 2021).

Neste período, em meados do século XIX, havia a utilização do concreto nas construções, mas os problemas continuavam pois o composto de cimento, pedra, areia e água resistia apenas à compressão. Diante da demanda por materiais que resistissem a tração, houve a ideia de adicionar barras de aço juntamente com o concreto, nas seções em que ocorressem esforços de tração (JÚNIOR *et al*, 2021).

Diante disto, o concreto armado passou a ser utilizado para as mais diversas construções, desde embarcações a edificações. Em vários países que apresentavam economia crescente, obtiveram grande desenvolvimento na engenharia, principalmente na área da construção civil, onde as edificações começaram a ser construídas com vãos cada vez maiores e com maiores velocidades de execução (JÚNIOR *et al.*, 2021).

De acordo com a Oficina de Textos (2018), o Brasil é o país que possui maior predominância do uso do concreto armado nas construções, sendo este utilizado em todos os tipos e níveis de edificações. Data-se no período de 1904, a primeira construção do país (com

fins habitacionais) que fez uso deste material, a partir deste feito, as construções fizeram uso até os dias atuais.

Ainda de acordo com Oficina de Textos (2018), devido à grande utilização deste material na engenharia, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em 1940, elaborou a primeira norma de concreto armado, sendo esta: NB-1: cálculo e execução de obras de concreto armado, tendo como especificações o dimensionamento das tensões admissíveis e, posteriormente, passou-se a adotar os conceitos de estados limites último (ELU) e de serviço (ELS). Em geral, este regulamento possui suas revisões com certa periodicidade devido as constantes evoluções das técnicas de execução com o avanço tecnológico deste material.

Como contextualização, tem-se que o concreto armado (CA) apresentou-se, no cenário da construção, com intuito de resolver muitos dos problemas existentes no passado. As construções na antiguidade, algumas vezes eram, praticamente, inviáveis financeiramente e, até mesmo tecnicamente incapazes de serem realizadas. Assim, o composto CA realizado com materiais acessíveis e de simples modo de preparo, com excelente desempenho estrutural, contribui para a evolução das construções. Contudo, em virtude da inobservância de processos de construção, alguns elementos estruturais começaram a manifestar problemas e, em decorrência destes danos, surgiu uma nova área de estudo, relacionada a patologia de estruturas de concreto armado. (JÚNIOR *et al*, 2021)

Designa-se genericamente por Patologia das Estruturas esse novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. (SOUZA E RIPPER, 1998, p.14)

O termo Patologia tem origem grega (*páthos* – doença, *lógos* – estudo) e, embora seja um termo relacionado às diversas áreas da ciência, possui o mesmo intuito para o estudo das doenças causadas em estruturas de concreto armado. Utilizando a comparação de uma estrutura com o corpo humano: os ossos assemelham-se a estrutura (pilares, vigas, fundação), a musculatura comparada a alvenaria, a pele com o revestimento, o sistema circulatório relacionado as instalações elétricas e hidráulicas, baseado no que Mascarenhas (2021) apresenta, tendo-se como diferença o termo patologia (já descrito) das manifestações patológicas, que seriam os mecanismos de degradação das estruturas.

Assim sendo, têm-se por necessidade a realização de estudos nessa área visto que, as estruturas de concreto armado são uma das mais utilizadas no Brasil, devido a sua execução (materiais de fácil acesso, fácil execução) e seus resultados (alta resistência, qualidade, durabilidade, entre outros). Contudo, a escassez de profissionais qualificados para atuarem

nesta área, causa grande impacto quando relacionado à manutenção das edificações. Em geral, um motivo que possa ser analisado para que este fato ocorra, se de por conta destes engenheiros não obterem estudos e conhecimentos suficientes para trabalhar neste ramo, visto que nas faculdades de engenharia civil há pouquíssimas disciplinas com enfoque neste assunto e, muitos dos profissionais não buscam profissionalizar neste tema. Isto reflete diretamente na vida útil das edificações, pois sem as devidas manutenções, podem ocorrer diversos problemas, desde os de simples resolução até os mais drásticos (acidentes).

1.1 Justificativa

A escolha deste tema tem por justificativa mostrar a importância da execução correta de todos os processos construtivos, para evitar futuros problemas e acidentes. Além disso, demonstrar o quão importante é o estudo do tema nas universidades e, do quão complexo é o trabalho de manutenção devido a erros cometidos na fase de execução e por falta de cuidados. Isso acaba por gerar no profissional de engenharia a sensação de não saber o que fazer para corrigir estas falhas, ou ainda pior, tomar decisões que podem agravar mais a situação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Realizar estudo de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado.

1.2.2 Específico

- Apresentar as principais patologias decorrentes das falhas procedimentais na etapa da obra;
- Mostrar patologias em algumas estruturas de concreto armado;
- À partir dos estudos destas origens, identificar manifestações patológicas na obra em execução e suas possíveis soluções.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Patologias em estruturas de concreto armado

Com o decorrer das construções, novos métodos, materiais, procedimentos construtivos (execuções) foram criados com o objetivo de diminuir custos, tempo de produção, dado que a quantidade de edificações sendo construídas elevou-se muito, pela necessidade de atender as demandas da população. Em decorrência de todos estes fatores, os empreendimentos começaram a ficar cada vez mais suscetíveis ao surgimento de manifestações patológicas, oriundos tanto pela baixa qualidade dos materiais, quanto pela má execução, falta ou errônea elaboração dos projetos dentre outros fatores que possam causar danos a estrutura.

Para que estes problemas fossem solucionados, houve o desenvolvimento da Engenharia Diagnóstica, ocorrido em 2005 no Brasil, sendo conceituada, pelo Engenheiro Tito Lívio Ferreira Gomide, como a “disciplina do processo de determinação dos diagnósticos de manifestações patológicas e níveis de desempenho das construções, visando reparações e aprimoramentos de qualidade total ou apurações de responsabilidades”.

De acordo com Helene (1992), a origem dos problemas patológicos em relação as etapas de produção e uso das obras, se dão nas etapas de projeto, execução, materiais, uso e planejamento. Essa classificação está ordenada, a partir da que possui maior para menor porcentagem de ocorrência de manifestações, sendo a de projeto com 40%, execução 28%, materiais 18%, uso 10% e planejamento 4%.

Segundo Souza (2019), as principais causas das manifestações patológicas são a falta de detalhamento suficiente em projetos, erros ao dimensionar a estrutura, incompatibilização de projetos, erros na leitura dos projetos por parte dos responsáveis pela execução, ausência de controle técnico e tecnológico dos materiais, falta de fiscalização suficiente durante o processo de execução, inapropriada execução dos cimbramentos, erros de vibração do concreto, dentre outros fatores. Diante disto, a seguir será abordado com mais detalhes, sobre as manifestações que ocorrem em cada etapa da obra.

2.2 Manifestações patológicas nas fases de projeto, execução e manutenção

2.2.1 Fase de projeto

É na fase de projeto onde são definidos todos os detalhes da edificação, desde a terraplenagem até a execução dos acabamentos. Essa fase é considerada uma das mais

importantes na realização de um empreendimento, visto que todo o processo construtivo é definido nela e também são previstos os conflitos a serem resolvidos.

Inúmeras falhas podem ocorrer durante a etapa de concepção estrutural, podendo ser originadas durante o estudo preliminar, em que cria-se todo o modelo do projeto, levando-se em consideração informações retidas através de visitas ocorridas no local do empreendimento, ensaios realizados no terreno, análise do tipo de fundação entre várias outras verificações que precisam ser executadas, para que possam ser realizados os primeiros projetos para serem aprovados pelos clientes. Além deste estudo, pode surgir na etapa do anteprojeto ou também, na elaboração, o projeto de execução, sendo conhecido como o projeto final de engenharia (SOUZA E RIPPER, 2009).

Ainda segundo Souza e Ripper (2009), as dificuldades técnicas e o custo para solucionar uma patologia com origem na fase de projeto são diretamente proporcionais à “antiguidade da falha”, ou seja, quanto mais tempo a manifestação patológica tenha aparecido, maior será a dificuldade e o custo para solucioná-la. Exemplificando, uma falha no estudo preliminar gerará problemas com soluções mais complexas e onerosas do que um erro ocorrido na fase de anteprojeto.

As manifestações geradas nesta etapa, devem-se a alguns erros de dimensionamento, falta de compatibilização de todos os projetos, especificação inadequada dos materiais, detalhamento insuficiente ou elaborado de forma errônea e, pode-se considerar também a falha na consideração das juntas de dilatação, entre outras ocorrências (SOUZA E RIPPER, 2009).

De acordo com Souza e Ripper (2009), para que um processo construtivo de uma edificação possa ser iniciado, faz-se necessário o término da etapa de concepção dos projetos. Mesmo que esta seja a forma correta e ideal de execução, a mesma é raramente seguida, principalmente quando são obras de maior porte, devido ao prazo de execução de todos os projetos, o que implica em um prazo maior para o início da construção.

2.2.2 Fase de execução

De acordo com Souza e Ripper (2009), a fase da concepção estrutural, com todas as definições prontas, deve-se estar 100% realizada e revisada pelos profissionais responsáveis para que, assim, possa ser iniciada a etapa de execução, tendo como próximo passo, o desenvolvimento do planejamento da obra.

O planejamento da obra se dá pela análise e domínio de todos os projetos, pela definição da mão de obra (M.O.), de empreiteiros necessários para o início da execução da obra (e no decorrer desta), do *layout* do canteiro, elaboração dos cronogramas a longo, médio e curto prazo (de acordo com a produção da M.O.), previsão de compras de materiais. Dentre vários aspectos necessários para que o início da execução aconteça, o planejamento da obra deve antever e considerar todo o decorrer das demais etapas, assim, minimiza-se a probabilidade de ocorrência de problemas futuros, como acontecem na maioria das obras.

Baseado no que Souza e Ripper (2009) dizem, a qualidade, não só nesta etapa, quanto em todas as outras, é um dos aspectos mais importantes e imprescindíveis que o engenheiro deve se preocupar e estar sempre atento, pois a falta de organização, gerenciamento, equipe não qualificada, falta de segurança, materiais e equipamentos inadequados, comprometem diretamente a estrutura da edificação.

Assim, a partir do início da construção, a estrutura está sujeita a ocorrência de diversos tipos de falhas devido à falta de atenção aos passos iniciais que precisam ser dados, como já citado, falhas visíveis durante a execução e falhas visíveis após algum tempo já executado. Com isso, a equipe deve ser qualificada para acompanhar e executar todos os serviços, pois, uma fiscalização deficiente e o não comando de equipes, devido à baixa qualificação do engenheiro, mestre de obras, acarretam em graves erros em determinadas atividades, como a conferência de fôrmas, escoramentos, posicionamento e quantidade de armaduras, qualidade do concreto, dentre outras atividades (SOUZA E RIPPER, 2009).

De acordo com Souza e Ripper (2009), os problemas patológicos decorrentes da etapa de execução são devidos, basicamente, ao processo de produção, que é prejudicado por refletir os problemas socioeconômicos, que provocam baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados. Segundo o C.E.B. (Comitê Euro-Internacional do Concreto), no referido Boletim 183, item 10.2, esta questão da deficiência na formação e na qualidade técnica dos envolvidos no processo construtivo, é considerada como principal fator para a não obtenção de estruturas duráveis ou de bom desempenho, havendo a necessidade de treinamentos adequados para estes trabalhadores.

Nas estruturas, os materiais e componentes, possuem também, ligação direta com a qualidade e com o possível surgimento de manifestações patológicas, visto que estas características carecem da forma de aplicação normatizadas, para garantir o devido desempenho dos materiais.

Em concordância com De Jesus (2019), para que tudo flua como planejado, as normas e procedimentos de execução devem ser respeitados e, as equipes necessitam de instruções para segui-los.

2.2.3 Fase de manutenção

Nesta etapa, mesmo que as fases de concepção e execução tenham finalizado com qualidade, há a possibilidade do surgimento de manifestações patológicas devido ao mau uso ou falta de informações técnicas suficientes, por parte dos usuários, sendo estes um dos principais motivos para a ocorrência de falhas estruturais.

Toda estrutura deve ter um plano de manutenção, para que possa ser analisada e haver os devidos reparos necessários para seu cuidado e qualidade. É de responsabilidade dos moradores obterem todas as especificações técnicas e acompanhamento de profissionais especializados para acompanhar a edificação, a fim de prever possíveis falhas e manter o bom uso.

Segundo Souza e Ripper (2009), a falta de conhecimento técnico do comportamento da estrutura, falta de manutenções necessárias ou inadequadas, são as principais causas de falhas humanas e, adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão cinco, como mostra no Gráfico 1. Por este motivo, deve-se sempre prever possíveis falhas, para que no futuro, não haja gastos maiores para a correção destas, devido à falta de manutenção e acompanhamento necessários.

Gráfico 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter ou Lei dos 5)



Fonte: Clube do concreto, 2013

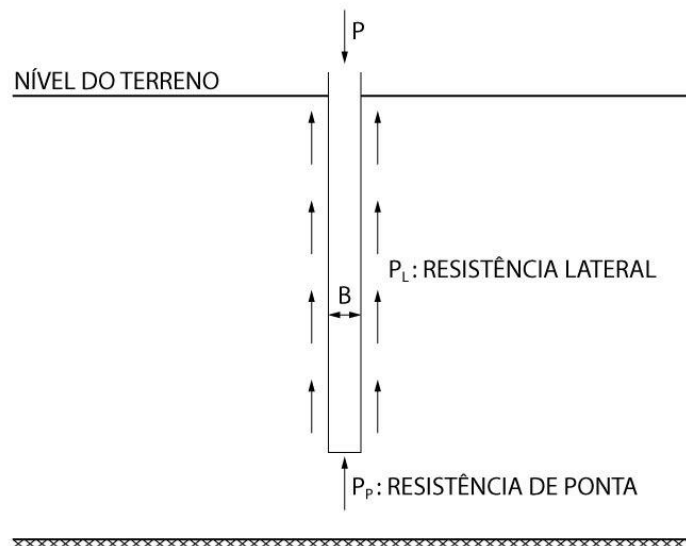
2.3 Manifestações patológicas em fundações e pilares

2.3.1 Fundações

De acordo com a NBR (Norma Brasileira) 6122/2019, fundação é um elemento estrutural responsável por suportar todas as cargas da estrutura e transmiti-las diretamente ao solo. Esta NBR diz que, as fundações são classificadas como superficiais (rasas ou diretas) e profundas, sendo as primeiras, elementos de fundação em que a base está apoiada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada. Já a segunda classificação, de acordo com a mesma norma, são elementos que transmitem cargas pela base (resistência de ponta) ou pela superfície lateral (resistência de fuste) ou, por uma combinação das duas, sendo a base ou ponta apoiada a uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 metros (quando não for atingido o limite de oito vezes), como representado na Figura 1.

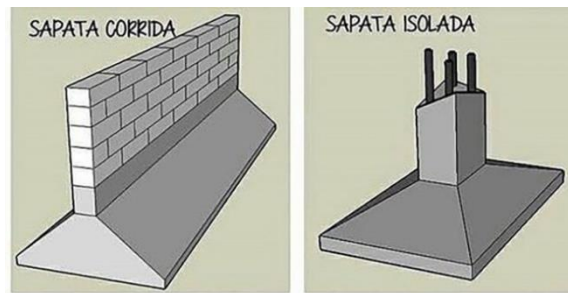
As fundações superficiais são divididas em sapata, sapata associada, sapata corrida, bloco e radier, já as fundações profundas se dividem em estacas (moldada *in loco*, mega, Franki, hélice contínua, metálica, mista, pré-moldada de concreto, raiz, Strauss, escavada mecanicamente) e tubulões, conforme as Figuras 2, 3 e 4.

Figura 1 – Transmissão de carga de fundação profunda



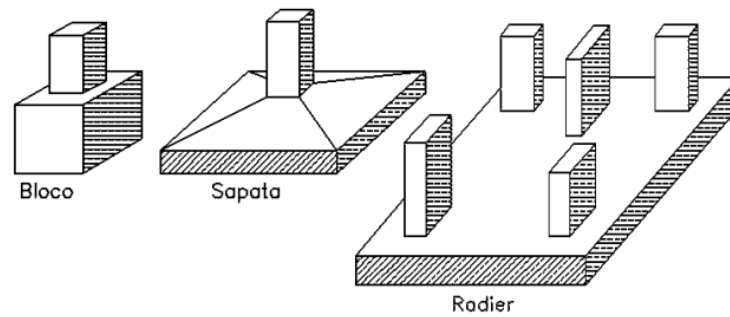
Fonte: Guia da engenharia – Capacidade de Carga Estaca, 2019

Figura 2 – Tipos de fundações superficiais



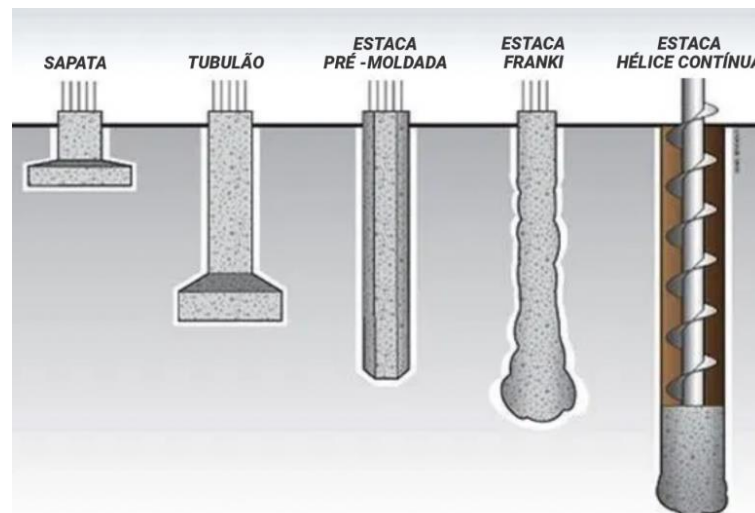
Fonte: Sindico Legal – Tipos de Fundações, 2019

Figura 3 – Tipos de fundações superficiais



Fonte: Adaptado de Velloso e Lopes (2019)

Figura 4 – Tipos de fundações profundas



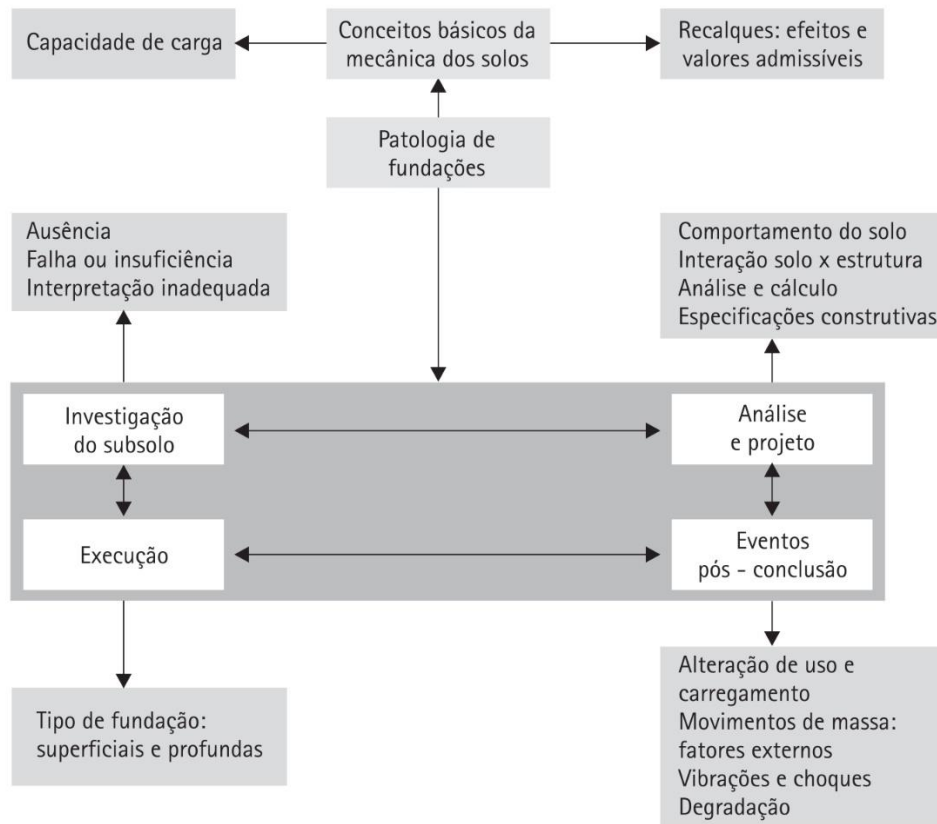
Fonte: Medina Engenharia – Tipos de Fundações, 2021

Segundo Milititsky *et al.* (2013), a fundação possui um custo de 3 a 6% do custo total da obra e, considerando que esta seja um elemento que transmite as cargas para o solo, seu comportamento está intimamente ligado ao que acontece com ele. Sendo assim, uma das principais causas da origem de manifestações patológicas é decorrente a ausência de investigação do solo, tendo como consequências, além das estruturais, longos e caros processos para a identificação das causas do problema, necessidade de evacuação do empreendimento, interdição da estrutura.

Visto que há ligação direta entre solo e fundação, os problemas patológicos (fissuras, trincas e rachaduras) decorrentes deste vínculo são originados devido a recalques ocorridos nestes elementos, os quais podem ocorrer, devido má investigação do subsolo, modo de execução, análise do projeto e eventos pós-conclusão, como mostrado no fluxograma da Figura 5 (MILITITSKY, 2013) e, que serão apontados sucintamente nos próximos tópicos.

De acordo com a Engenheira Marília Araújo, em seu curso Dominando a Patologia, as manifestações características de recalques pode ser o aparecimento de fissuras nas alvenarias, normalmente a 45°, descendo em direção oposta ao ponto em que ocorreu o recalque; desnivelamento dos pisos dos pavimentos. Ainda de acordo com esta engenheira, as prováveis causas podem ser devido à fundação assente em solos compressíveis, expansivos ou aterros; interferência no bulbo de tensões provocado por construções vizinhas; rebaixamento do lençol freático; alteração ou uso indevido (sobrecargas); falha em elementos da fundação, tendo como prevenção para estas causas a execução da sondagem do subsolo e escolha da fundação adequada para o terreno que será executada e, a estrutura obter o carregamento condizente com o previsto em projeto.

Figura 5 – Fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas de patologias



Fonte: MILITITSKY (2015)

2.3.1.1 Ausência ou falha de investigação do subsolo

A ausência da investigação do solo tornou-se uma das causas mais frequentes nos problemas envolvendo fundação, visto que é uma etapa com valor mais elevado para ser executado, devido aos ensaios necessários para que possa determinar qual o tipo de fundação ideal para execução da edificação. Não havendo a realização destes métodos, a construção fica submetida ao surgimento de patologias, pelo fato de implantar um carregamento sobre o solo sem haver o conhecimento da capacidade de carga do mesmo.

De acordo com Milititsky (2013) e considerando que haja a execução dos ensaios essenciais, pode haver a falha de interpretação dos resultados pelo projetista ou por quem tenha executado estes ensaios como: realizando a quantidade insuficiente de sondagem, erros de localização, profundidade atingida insuficiente, não determinando as camadas de comportamento distinto, análise inadequada dos dados gerados do programa de investigação. Há os casos especiais, decorrentes da difícil identificação, como a influência da vegetação, presença de solos colapsáveis ou expansivos (estáveis quando secos, mas na presença de

umidade há modificação na sua capacidade de carga) e matações (solos de rocha não decompostos alojados no solo residual).

2.3.1.2 Análise de projeto

De acordo com Fernandes (2020), a análise de um problema de fundação é realizada a partir das solicitações ou cargas de projeto obtidas após a investigação geotécnica, sendo estas cargas obtidas por meio de ensaios de campo ou laboratório. “De posse destas informações, é possível interpretá-las conforme conhecimento estabelecido sobre o comportamento do solo sob carga, ou da transmissão de esforços à massa de solo.” (FERNANDES, 2020).

Por ser um produto oriundo da natureza os solos apresentam uma grande variabilidade de suas propriedades, para tanto é feito um tratamento probabilístico dos dados atingidos para se obter uma avaliação segura do comportamento do solo. É o projetista quem escolhe as possíveis formas de transmissão de carga conforme dados obtidos e após a definição das solicitações. (FERNANDES, 2020)

2.3.1.3 Execução

Segundo Milititsky (2013), as falhas de execução constituem o segundo maior responsável pelos problemas de comportamento das fundações. Esta etapa é determinante para haver o sucesso ou fracasso da fundação da edificação (MARTINS, 2018). Para que haja o mínimo de falhas, faz-se necessário a fiscalização durante a execução, a fim de verificar a compatibilidade com o projeto e as normas vigentes.

Dentre os erros na etapa executiva se enquadram o erro de locação da fundação durante sua execução (divergente do projeto), dimensionamento diferente ao que foi projetado, falta de limpeza na cabeça da estaca ou tubulão comprometendo na aderência entre a fundação profunda com o bloco de coroamento, cota de arrasamento, cobrimento nominal insuficiente. (MARTINS, 2018)

2.3.1.4 Eventos pós-conclusão

Segundo Milititsky (2013), as falhas apresentadas nesta fase, são decorrentes da utilização da edificação que ocorrem devido a alterações no uso desta (ocasionando elevação ou alteração de cargas incompatíveis com suas fundações), ampliações e modificações não previstas em projeto original, movimentação do solo decorrente de fatores externos (como construções, escavações, rebaixamento do lençol freático, tráfego pesado, demolições, entre outras), mau uso do solo pela ação do homem ou da vegetação.

2.3.2 Pilares

Os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes (NBR 6118/2014). No sistema estrutural, estes elementos são os responsáveis por receberem os carregamentos das vigas e transmití-los a fundação e, normalmente, os materiais utilizados para sua execução são o concreto e o aço.

As manifestações patológicas em pilares são geradas nas etapas da obra (concepção da estrutura, execução e utilização), como já dito anteriormente, visto ser um elemento com o composto CA. De acordo com a Engenheira Marília Araújo, em seu curso Dominando a Patologia, os sintomas mais comuns neste tipo de estrutura são os “ninhos” de concretagem (segregação do concreto ou “bicheiras”), manchas superficiais (Figura 7), fissuras (Figura 6) e corrosão de armaduras, sendo que as mais comuns em pilares de concreto armado, a partir das pesquisas feitas (referenciadas no final) para este trabalho, são a oxidação das armaduras e a segregação do concreto.

Figura 6 – Fissuras verticais em pilar causadas pela expansão das armaduras longitudinais



Fonte: Mediar Engenharia, 2018

Figura 7 – Mancha superficial devido a corrosão da armadura por íons de cloreto



Fonte: Tecnosil, 2017

A corrosão das armaduras (Figura 8) se dá por dois tipos sendo a corrosão química e eletroquímica, em que a primeira, denominada também de oxidação, é provocada pela reação gás-metal (ar atmosférico e aço), tendo um processo de corrosão lento o qual não provoca deterioração significativa no metal. Já a segunda, podendo ser chamada apenas de corrosão, é o processo com mais incidência e mais preocupante nas estruturas de concreto armado, pois é nela que ocorre a diminuição da seção do aço, o concreto está sujeito a fissuras e a aderência da armadura diminui ou desaparece, ocorrendo em meio úmido com a presença de agentes agressivos.

As manifestações patológicas decorrentes deste tipo de sintoma, de acordo com a Engenheira Marília Araújo, em seu curso Dominando a Patologia, são o aparecimento de manchas superficiais marrom avermelhadas ou esverdeadas, fissuras localizadas paralelas a direção das armaduras, destacamento de camadas de revestimento e, redução das seções das barras de aço. Seguindo o que é apresentado pela engenheira, as prováveis causas podem ser o concreto com alta permeabilidade e/ou porosidade, redução da alcalinidade da fase líquida do concreto por carbonatação, revestimento insuficiente das armaduras, agentes agressivos incorporados involuntariamente ao concreto ou provenientes do ambiente (íons cloretos).

Figura 8 – Concreto com corrosão avançada e armadura exposta



Fonte: AEC Web – Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos

Os “ninhos” de concretagem (Figura 9), também conhecidos como segregação do concreto ou “bicheiras”, são causados pela separação física dos componentes do concreto durante o processo de concretagem, afetando na resistência e durabilidade dos pilares (SILVA *et al.*, 2018). Quando ocorre um erro de lançamento ou vibração, os agregados graúdos desagregam-se da pasta de cimento, formando um concreto cheio de vazios, permeável, e que permite a passagem de água para o piso inferior, ocorrendo um mal adensamento do concreto nas fôrmas (SANTOS, 2022).

A importância da vibração do concreto durante a concretagem, se dá pelo fato de, ao vibrá-lo, há a expulsão dos vazios e o movimento das partículas deste, tendo o cuidado para não executar a vibração pelas armaduras, pois assim pode haver a segregação dos materiais, diminuição da resistência do concreto e a exposição das armaduras. Além da má vibração, outras prováveis causas dos “ninhos” são pelo baixo fator água/cimento (baixa trabalhabilidade), espaçamento inadequado das armaduras dificultando a passagem dos agregados do concreto e as condições inadequadas de transporte, lançamento e adensamento.

Figura 9 – Nicho de concretagem



Fonte: Arquivo Próprio

3 METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso utilizou-se do método de revisão bibliográfica para apresentar os tipos mais comuns de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, suas causas e danos, dando ênfase para estruturas de fundação e pilares. O levantamento de dados foi realizado através de pesquisas eletrônicas via internet, livros de autores reconhecidos no ramo da engenharia civil, bem como monografias, publicações de revistas, artigos, trabalhos de conclusão de curso.

Para contextualizar o que foi dito sobre patologia em estruturas de concreto armado, este trabalho apresenta uma análise de manifestações patológicas que ocorreram durante o período de estágio da discente, a qual escreve este trabalho, na construtora PCA (patologia de concreto armado), que assim será chamada com nome fictício para resguardar todos os direitos reservados a ela, tendo a liberação do gestor de obras para o estudo e posterior elaboração deste trabalho. Com as análises feitas na estrutura do empreendimento, explica-se as origens, causas, formas de tratamento que poderão ser executadas e, possíveis danos, caso estes tratamentos não sejam efetuados ou, executados incorretamente.

Cada etapa deu-se com o acompanhamento da estudante do início ao fim, sendo todos os dados apresentados, decorrentes das vivências e aprendizados adquiridos, como fotos, detalhamento de projetos, modo de execução, possíveis soluções dadas aos problemas.

Em razão deste trabalho ter sido elaborado durante a execução da obra, as correções necessárias destas manifestações patológicas não foram executadas até a entrega deste documento, portanto as soluções aqui citadas são embasadas em pesquisas na internet e artigos científicos.

3.1 Análise das Manifestações nas Fundações

Analisou-se 3 estacas, de um total de 44 que foram executadas, devido a estas apresentarem manifestações patológicas que são de grande risco para a estrutura, já algumas outras apresentaram falhas iguais ou de menor risco para a estrutura, não havendo a necessidade de serem citadas neste texto afim de não estender com o trabalho.

A análise destas ocorrências se deu por meio visual, com o uso de uma trena e escalímetro para averiguar a profundidade da estaca sem concreto e analisar se houve corrosão do aço, respectivamente.

3.2 Análise das Manifestações no Pilar

O pilar estudado foi escolhido devido a este ter sido o único que ocorreu sérios problemas relacionados a ninhos de concretagem na estrutura e que foi visto quando realizou a desforma destes, alguns outros demonstraram manifestações mas que não são prejudiciais a estrutura e são de fácil correção.

O estudo desta estrutura se deu por meio visual, tendo também a presença da estudante a qual escreve este trabalho, no dia em que realizou a concretagem, utilizando como argumentos para explicar o porque da ocorrência da manifestação. Utilizou-se uma trena para medição do cobrimento de concreto e, do escalímetro para averiguar se houve a corrosão do aço.

4 ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

4.1 Fundação – Estaca de contenção (mecanizada)

4.1.1 Identificação das manifestações patológicas

A obra da construtora PCA consiste em um prédio com um total de 14 (quatorze) andares, contendo três subsolos para garagens e, para resguardar os direitos da empresa, não foi permitido tirar fotos do local que reside o empreendimento e a demonstração dos projetos completos, apenas das manifestações ocorridas. Devido ao terreno ser em declive e, para atender a estrutura do empreendimento, foi necessário a escavação de nove metros abaixo do nível mais alto do terreno para execução dos subsolos, com isso, fez-se necessário a realização de duas estruturas de contenção do solo, para evitar a ocorrência de desabamentos, como mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Croqui do projeto de contenção

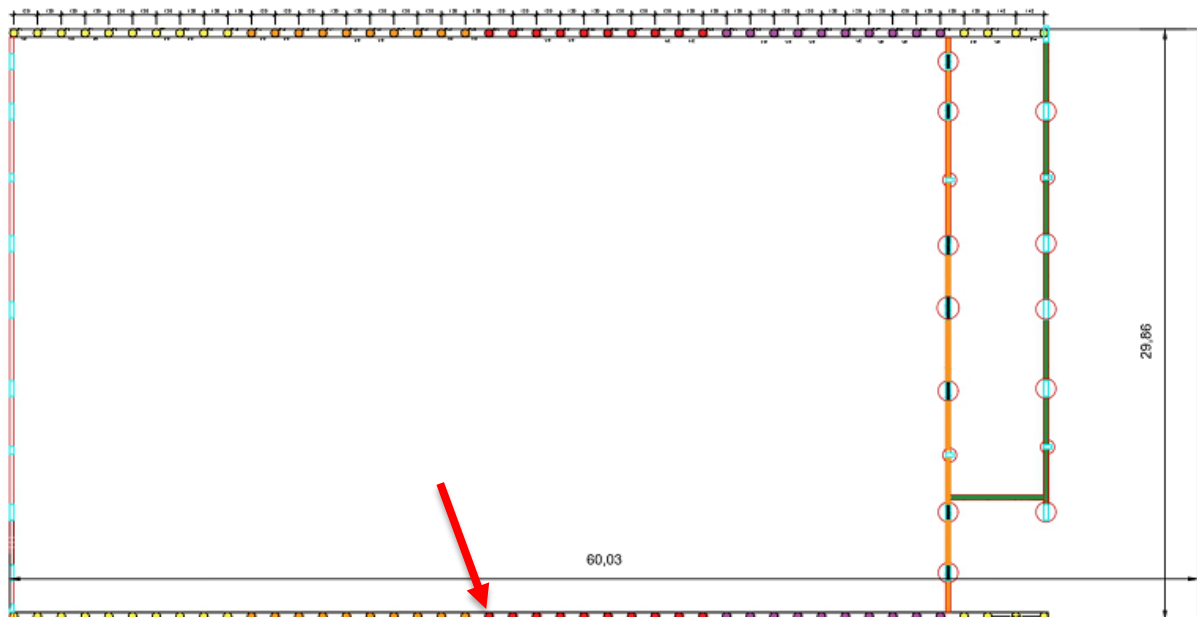


Fonte: Arquivo Próprio

Cada estrutura de contenção possui 44 estacas, sendo estas com profundidades variando de 7 a 17 metros, devido ao declive do terreno, espaçadas com 1,20 metros de eixo a eixo, tendo um diâmetro de 40 cm e bitolas variando entre 12,5 mm, 16 mm e 20 mm, além das vigas de coroamento a cada 3 metros de profundidade para fazer o travamento da estrutura. A execução destas estacas ocorreu com o terreno ainda em declive, haviam retirado pouca terra, apenas para nivelamento.

A identificação se deu por meio visual, quando houve a retirada de todo o solo necessário para que atingisse a cota do último subsolo (nomeado de terceiro subsolo ou SS3), pois estas estacas em estudo, estão localizadas no pé direito do SS3, sendo a primeira (estaca 1) com um vazio em seu interior (Figuras 11 e 12), a segunda (estaca 2) com “ninho” de concretagem (Figuras 13 e 14) e, a terceira (estaca 3), com vazio em seu interior também (Figuras 15 e 16) e possuem, respectivamente, 11,40, 11,80 e 12,30 metros de profundidade.

Figura 11 – Identificação da estaca 1, com vazio no seu interior



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 12 – Estaca 1 executada, com vazio em seu interior



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 13 – Identificação da estaca 2, com “ninho” de concretagem



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 14 – Estaca 2 executada, apresentando “ninhos” de concretagem



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 15 – Identificação estaca 3, com vazio em seu interior



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 16 – Estaca 3 executada, com vazio em seu interior



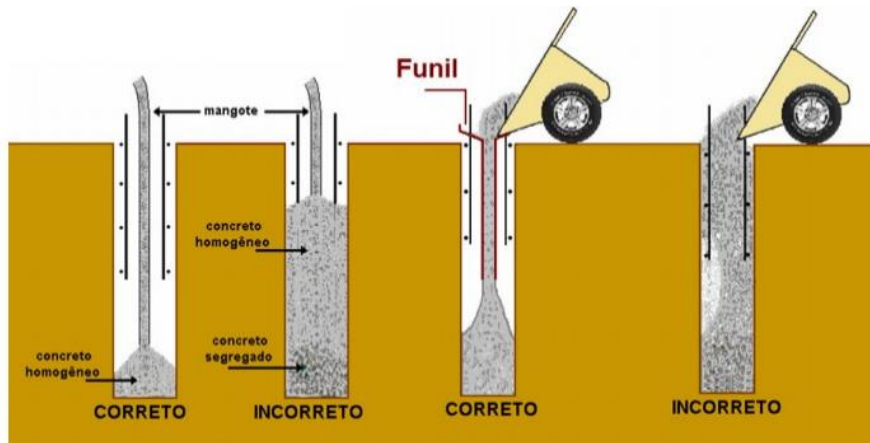
Fonte: Arquivo Próprio

4.1.2 Causas das manifestações patológicas

As causas do aparecimento destas manifestações foram devido a execução da concretagem, visto que esta se deu por meio da bica do caminhão. Em função da profundidade ser elevada, entre 11 e 12 metros, não poderia ter sido realizada esse tipo de execução, pois com a concretagem sendo feita do seu topo, ocasiona efeitos como a segregação dos agregados do concreto e este material pode ir de encontro com a “parede de terra” da estaca impedindo que os agregados adentrem para o interior da armadura, além deste fator, pode ocorrer bolhas de ar que causam este distanciamento entre o concreto.

De acordo com a NBR 6122/2019, a concretagem é feita por meio de um funil de comprimento mínimo de 1,5 m ou, bomba lança, para orientar o fluxo do concreto (Figura 17), fazendo o devido adensamento deste material, para que este mantenha-se homogêneo durante toda a concretagem evitando possíveis problemas.

Figura 17 – Concretagem estaca com mangote ou funil



Fonte: UFVJM – Fundações e obras de terra – Prof. Ana Paula Moura, 2016

Estas estacas foram executadas com concreto fck 40 MPa, slump 10+/-2, brita 1, fator água cimento (a/c) igual a 0,6. Nota-se que, de acordo com a NBR 6122/2019, o fator a/c não é respeitado, pois a recomendação é que este seja menor ou igual a 0,45, o qual pode ocasionar mudanças na resistência do concreto e o não seguimento da norma torna-se um erro agravante e prejudicial ao projetista e a resistência destas estacas. Além do fator a/c, o slump considerado faz com que o concreto seja mais denso e, como as estacas foram concretadas do seu topo, ocasionou-se na segregação dos agregados e a não infiltração destes para dentro da armadura, bem como o surgimento de bolhas de ar, como mostrado nas Figuras 18, 19, 21 e 22, com isto, não há o adensamento correto do concreto e estas estacas perdem resistência e até sua função estrutural. Ao ser analisado a corrosão das armaduras, estas não foram corroídas devido a estarem “envoltas” pelo concreto, portanto não estão com contato direto com o ar atmosférico, como mostrado nas Figuras 20 e 23.

Figura 18 – Estaca 1: vazio em seu interior



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 19 – Identificação da altura do vazio de concretagem



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 20 – Identificação bitola aço estaca 1



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 21 – Estaca 2: “ninho” de concretagem (“bicheira”)



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 22 – Estaca 3: vazio em seu interior



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 23 – Identificação bitola aço estaca 3



Fonte: Arquivo Próprio

4.1.3 Possíveis problemas e soluções para as manifestações patológicas

As manifestações patológicas apresentadas, devem ser corrigidas assim que são notadas e, o que foi realizado na obra em que estas foram encontradas não é considerado ideal. As estacas estão em contato direto com o ar atmosférico, sujeitas a riscos de corrosão da armadura, mesmo que seja uma região de baixa umidade e com poucos agentes nocivos, além disso, as que possuem vazios em seu interior, não estão exercendo sua função estrutural por completa. Em geral estes elementos estruturais estão submetidos à movimentação da estrutura de contenção ou, até mesmo, ao rompimento da estaca no local do vazio (em razão da estrutura do empreendimento não estar totalmente travada, já que foi executado apenas o primeiro trecho da laje do segundo e terceiro subsolo, até a entrega deste trabalho), devido aos esforços que o solo faz diretamente nesta estrutura. Também deve ser destacado que esta é a contenção paralela a rua e, neste local são estacionados caminhões para descarga de material, bomba lança, portanto há tensões agindo diretamente nestas estacas.

Uma possível solução para a estaca que apresenta “bicheira”, de acordo com a Engenheira Marília Araújo em seu curso Dominando a Patologia, em decorrência de as armaduras desta não estarem diretamente expostas ao ar atmosférico, é fazer a correção com argamassa a base cimento, epóxi ou poliéster, já que será um reparo superficial. Também pode-se utilizar do graute, uma vez que este material possui alta resistência e, a estaca a ser reparada é executada com material de alta resistência. Para esta correção, faz-se necessário a correta limpeza do local que será aplicado o material, para que haja aderência entre o concreto já executado e o que será aplicado.

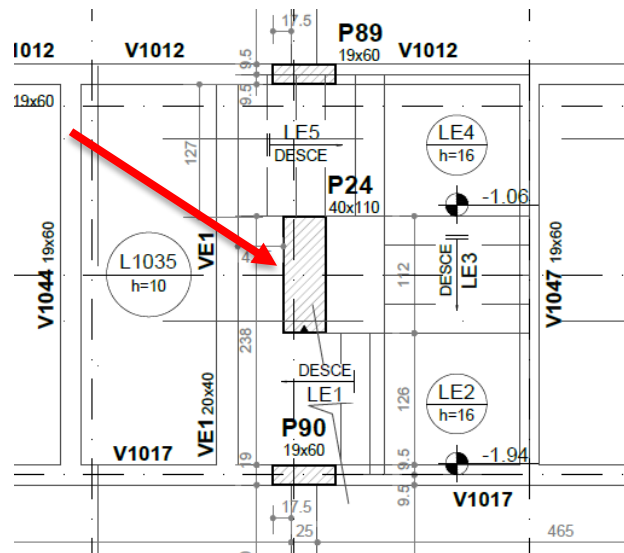
Para as estacas que apresentam vazios em seu interior, deve-se executar seu preenchimento com graute, seguindo o mesmo processo da estaca anterior.. Outra solução seria a reconstrução destas estacas, uma vez que a profundidade destes vazios é significativa, como pode ser visto nas Figuras 20 e 23, e altera a resistência destas fundações. A reconstrução destas estacas garantiria a resistência estrutural que é especialmente necessária para estruturas de contenção além disso, evitaria problemas futuros.

4.2 Pilar

4.2.1 Identificação das manifestações patológicas

O pilar que apresentou a ocorrência de manifestação patológica é o identificado no projeto como P24. Esse pilar localiza-se no meio da escada do empreendimento no SS3, em formato de U, contendo dois patamares, como mostrado na Figura 24. Esse pilar é uma estrutura separada da escada, não há ligação de armaduras entre eles.

Figura 24 – Identificação do pilar no projeto de forma



Fonte: Projeto Estrutural da Construtora PCA

Os pilares do SS3, no geral, possuem alturas variadas devido às vigas que se apoiam, variam entre 2,00 a 3,00 metros e, possuem armaduras com bitolas de 10,0, 12,5 e 16,0 mm.

A análise das manifestações patológicas em pilares será realizada apenas para o pilar P24, pois é o mais crítico se comparado com todos os outros que foram concretados. De forma geral, o restante dos pilares apresentaram poucas manifestações e que não tinham potencial de grandes riscos para a estrutura como o que será apresentado, indicado nas Figuras 25 e 26. Após quatro dias da data de concretagem, foi realizada a desforma dos pilares e, a identificação desta manifestação ocorreu por meio visual. Este pilar possui altura total de 3,00 metros pois não há descarregamento de vigas diretamente e, tem-se seguimento até o subsolo 1.

Figura 25 – Identificação da manifestação patológica



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 26 – Detalhamento do “ninho” de concretagem



Fonte: Arquivo Próprio

4.2.2 Causas das manifestações patológicas

As causas do aparecimento desta manifestação patológica são devido ao procedimento executivo, no momento da concretagem da segunda etapa dos pilares do terceiro subsolo. Este erro foi causado pela má vibração do concreto, pois de início, utilizou-se um vibrador de imersão com potência baixa, impedindo que houvesse a correta vibração do concreto. Logo após a concretagem de alguns pilares, este equipamento começou a dar problemas, com isso concretou-se o pilar 24 até a metade e, deu continuidade a concretagem de outros pilares, afetando assim na estrutura. Por consequência, foi necessário a utilização do vibrador a combustão, para dar continuidade a concretagem, sendo esta iniciada novamente no P24. Devido a estes problemas, a vibração não foi executada da forma correta e vibrou-se apenas a parte faltante do pilar.

Este pilar está localizado no terceiro subsolo e a concretagem neste local se deu por etapas, sendo concretados 15 pilares, dentre eles o P24, tendo o concreto fck de 30 Mpa, slump 12+/-2, brita 0 e 1.

Outros possíveis motivos para a ocorrência da segregação do concreto é em razão do cobrimento e espaçamento das ferragens estarem menores que o previsto em norma, visto que a armadura desta estrutura ficou muito tempo armada e armazenada em local que a fez envergar e assim que é armada no local, não ficou prumada da forma correta, acarretando em um cobrimento menor que o necessário, como mostra as Figuras 27, 28 e 29.

Figura 27 – Envergamento da armadura



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 28 – Envergamento da armadura



Fonte: Arquivo Próprio

Figura 29 – Medida do cobrimento



Fonte: Arquivo Próprio

A correta forma de executar a concretagem de pilar, é executar a concretagem e vibração metro por metro, para que seja garantido qualidade da estrutura e do serviço, resistência, boa aparência e evitar que haja manifestações patológicas. Além da atenção ao modo de execução, a NBR 6118/2014 exige que o cobrimento das armaduras de pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação (como o que foi executado – P24), seja maior ou igual a 45mm.

4.2.3 Possíveis problemas e soluções para as manifestações patológicas

Seguindo o que foi descrito no tópico 4.1.3, em razão deste trabalho ter sido elaborado durante a execução da obra, as correções necessárias destas manifestações patológicas não foram executadas até a entrega deste documento, portanto as soluções aqui citadas serão embasadas em pesquisas eletrônicas via internet e artigos, as quais estão referenciadas no final deste trabalho.

Como dito anteriormente, quando há um problema estrutural, como este do pilar apresentado, deve-se corrigi-lo assim que é notado, para que não corra riscos como a corrosão do aço, devido ao contato direto com o ar atmosférico, surgimento de trincas, rachaduras e, até mesmo, a ruptura do elemento estrutural. Caso o aço seja corroído, a armadura perde sua função estrutural, sendo necessária a restauração de todo o pilar, para que este haja conforme foi dimensionado para suportar as cargas da estrutura.

Uma solução indicada para o problema apresentado, consiste em realizar o preenchimento deste “ninho” de concretagem, com graute, visto que é um material que possui resistência e há aderência com o concreto já executado, fazendo a devida limpeza do local e retirando o concreto superficial, para que seja feito um preenchimento correto e que vise minimizar problemas futuros. Não há a necessidade da reconstrução do elemento estrutural, pois o aço não foi corroído e a dimensão da segregação permite a correção com graute, para tal devem ser utilizadas formas no local a ser preenchido.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo abordou exemplos reais de manifestações patológicas que frequentemente ocorrem em estruturas de concreto armado, dando ênfase a fundações e pilares. Foi apresentada a importância das verificações e execuções corretas para que o empreendimento tenha resistência, qualidade e vida útil longa. O tema tem como proposta demonstrar a realidade de obras, mostrando os problemas que ocorreram em uma delas devido à alguns equívocos, isso comprova os estudos que indicaram que tais falhas são uma realidade bem presente na indústria da construção brasileira.

Pôde ser concluído que as manifestações patológicas ocorridas na obra da empresa PCA condizem com os estudos e afirmações feitas por estudiosos da área como Souza e Ripper, Paulo Helene, Tito Lívio, visto que ocorreram em função do erro de execução, pela aplicação de métodos inadequados, que diferem do que é normatizado e recomendado. Além de constatar que os objetivos geral e específico foram atendidos.

Assim, durante a elaboração do trabalho, pode-se perceber o quão importante são as corretas execuções, formas de desenvolver a concepção da estrutura, para prevenir que haja problemas estruturais nas edificações e, que possam causar complicações para quem está executando e/ou realizando inspeções cotidianas para prevenções.

O diagnóstico das situações ocorridas, faz-se necessário para o entendimento das causas patológicas das manifestações encontradas, tendo a partir dele, os motivos das origens, causas e mecanismos que possam ter prejudicado no surgimento destas falhas. A partir de todos estes dados, pode-se tomar as medidas cabíveis para a solução dos problemas e, ao iniciar o tratamento, deve-se realizar procedimentos que previnam a evolução futura desses fenômenos.

A importância no desenvolvimento deste tipo de trabalho se faz para mostrar a relevância dos bons usos dos métodos de execução e, para que estudantes da área se interessem por este assunto.

Como sugestão para trabalhos futuros tem-se a proposta de que sejam realizadas investigações sobre os custos adicionais, as dificuldades e o tempo demandado para a realização das correções das patologias oriundas da inobservância dos procedimentos construtivos, além de fazer uma análise sobre os métodos e critérios de avaliação e perícia, bem como, realizar o estudo do graute como medida corretiva, visto que este pode ser bastante utilizado para as correções das manifestações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 6118:2014 - Projeto de Estrutura de Concreto – Procedimentos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2014.

ABNT. **NBR 6122:2019 – Projeto e execução de fundações**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2019.

A HISTÓRIA DO CONCRETO ARMADO NO BRASIL. **Oficina de textos, 2018**. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/o-concreto-armado-no-brasil/>. Acesso em: 17 març. 2022.

ARAÚJO, Marília. **Patologia das Estruturas de Concreto Armado**. Fortaleza, [2021?]. 311 p. Slide.

ARAÚJO, Marília. **Patologia das Fundações**. Fortaleza, [2021?]. 311 p. Slide.

COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON-DURABLE CONCRETE STRUCTURES-DESIGN GUIDE (CEB). **Bulletin d’information n. 183**. 1992.

CORROSÃO DE ARMADURA: O QUE CAUSA E COMO AMENIZAR ESSE DANO?. **Tecnosil, 2017**. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/corrosao-de-armadura-o-que-causa-e-como-amenizar-esse-dano/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

DE JESUS, Victor Almeida et al. **PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. *Revista Pesquisa e Ação*, v. 5, n. 4, p. 132-145, 2019. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/910/901>: Acesso em: 17 mar. 2022.

FERNANDES, Larissa Hellen Alves et al. **Análise das incidências de manifestações patológicas oriundas do recalque de fundações: estudo de caso na UFERSA-Angicos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4988/1/LarissaHAF_ART.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022.

HELENE, Paulo R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. 119 p. São Paulo: Pini, 1992.

H. F. MEDEIROS, Marcelo. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos**. **AECWeb**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos/6412>. Acesso em: 28 abr. 2022.

JÚNIOR, Joaquim Júlio Almeida et al. **PATOLOGIA EM CONCRETO ARMADO E SEUS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL**. *Revista Científica Novas Configurações–Diálogos Plurais*, v. 2, n. 1, p. 43-58, 2021. Disponível em: <http://www.dialogosplurais.periodikos.com.br/journal/dialogosplurais/article/603838d8a953957f2726ea32>. Acesso em: 17 mar. 2022.

“LEI DOS 5” OU A “REGRA DE SITTER” NO CONCRETO (2). **Clube do concreto, 2013**. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/09/lei-dos-5-ou-regra-de-sitter-no.html>. Acesso em: 18 maio 2022.

LÍVIO FERREIRA GOMIDE, Tito. Engenharia diagnóstica – novos estudos. **Engenharia Diagnóstica em Edificações**. Disponível em: <http://engenhariadiagnostica.com.br/site/engenharia-diagnostica-novos-estudos/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

MASCARENHAS, Taís Tavares; NAGEM, Ronaldo Luiz; DE ARAÚJO, Siane Paula. **Proposta para uso da analogia do corpo humano com o edifício no ensino de projeto arquitetônico**. CEFET-MG. Disponível em: <<https://editora.pucrs.br/edipucrs///anais/cidu/assets/edicoes/2018/arquivos/297.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

MARINHO, Felipe. Cálculo de estacas por Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma. **Guia da Engenharia, 2019**. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/calculo-estacas-capacidade-carga/>. Acesso em: 18 maio 2022.

MARTINS, Jéssica Padilha. **Principais origens e causas de manifestações patológicas nas fundações com análise comparativa entre dois estudos de caso**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13977/1/21411926.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2022.

MEDINA, Miguel. Tipos de Fundações. **Medina Engenharia, 2021**. Disponível em: <https://engm3.com/tipos-de-fundacoes-2/>. Acesso em: 13 abr. 2022.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. Oficina de textos, 2015.

MOURA, Ana Paula. **Aspectos relevantes sobre a execução das fundações**. 2016. 172 slides. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2016/07/AULA03-ASPECTOS-RELEVANTES-SOBRE-A-EXECUCAO-DAS-FUNDACOES.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SANTOS, Luis Filipe Costa dos. **Manifestações Patológicas em pilares de concreto armado: estudo de caso no bairro Parque Planalto no município de Açailândia-MA**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2022. Disponível em: <http://repositorio.favale.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/78/1/TCC%20Luis%20Filipe%20Costa%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 10 maio 2022.

SILVA, Daniela Rodrigues Costa et al. **Patologia em estruturas de concreto armado: estudo de caso aplicado às obras inacabadas e concluídas do Campus II da UFGD**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1966/1/DanielaRodriguesCostaeSilva.pdf>. Acesso em: 10 maio 2022.

SOUZA, Pamela Scari; SANTOS, Odair. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. Boletim do Gerenciamento, v. 24, n. 24, p. 1-11, 2021.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 255 p. São Paulo: Pini, 1998.

TIPOS DE FUNDAÇÕES E AS NBR'S APLICÁVEIS. **Síndico Legal, 2019**. Disponível em: <https://sindicolegal.com/tipos-de-fundacoes-e-nbrs->

