

ESTUDO SOBRE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL ORIGINÁRIAS DE FUNDAÇÕES

Camila Ramos Silveira¹

Samuel Aguiar de Souza²

Carlos Renato Quadreli³

RESUMO

As patologias das fundações em construções têm sido notadas no âmbito nacional e internacional. Os problemas ocasionados devido à má execução da fundação podem influenciar na durabilidade e segurança da edificação, por isso é importante o conhecimento desde a investigação do solo, até a pós-construção, contribuindo para a vida útil da estrutura. Portanto, o presente trabalho tem por finalidade exemplificar as principais patologias encontradas nas fundações e identificar suas causas e soluções, através de estudo de caso específico, onde foram identificadas as principais patologias e avaliadas o seu desenvolvimento. No estudo de caso, as patologias identificadas foram trincas que em sua maioria não representam riscos sérios à estrutura da edificação. No entanto, medidas de controle e de prevenção foram mencionadas no sentido de evitar danos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Fundação, patologia, estudo de caso.

ABSTRACT

The pathologies of foundations in constructions have been noticed nationally and internationally. Problems caused by poor foundation execution can influence the durability and safety of the building, so it is important to know from soil investigation to post-construction, contributing to the useful life of the structure. Therefore, the present work aims to exemplify the main pathologies found in foundations and identify their causes and solutions, through a specific case study, where the main pathologies were identified and their development evaluated. In the case study, the pathologies identified were cracks that mostly do not represent serious risks to the structure of the building. However, control and prevention measures were mentioned in order to avoid future damages.

KEY WORDS: Foundation; Pathology; Case study

1- Engenheira Civil FUCAMP/INOVACCER. camilaramoseng@outlook.com

2- Engenheiro Agrônomo FUCAMP/INOVACCER.

3- Engenheiro Agrônomo FUCAMP/INOVACCER.

1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento da construção civil gerou a necessidade de se construir com menos tempo e mais economia e isto vem proporcionando o surgimento de diversas patologias nas construções. Apesar de todos os avanços tecnológicos, variando desde materiais até a mão de obra, têm-se observado um significativo índice de patologias nas construções em geral, e os custos para seu reparo são elevados. Por isso, quanto mais rápido for identificada a patologia, mais fácil e menos onerosa será a recuperação ou o reforço. (MARINHO, 2017, p.1).

Em termos gerais, a patologia é definida como a ciência destinada ao estudo de todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições anormais e suas consequências. No que abrange as obras civis, Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) observam que a ocorrência de patologias tem acontecido com determinada frequência tanto no cenário nacional como internacional. No Brasil, por exemplo, podem ser citadas as edificações de Santos no estado de São Paulo em virtude dos inúmeros casos patológicos apresentados, os quais têm sido referências em inúmeras publicações especializadas.

Milititsky, Consoli e Schnaid (2008) afirmam que, uma vez que haja ocorrência das patologias na construção civil, deve-se primariamente identificar suas origens e seus agentes deflagradores. Além disto, é de extrema importância acompanhar sua evolução, observando, por exemplo, o surgimento de fissuras, trincas e até mesmo o desaprumo ou desalinhamento das edificações. Dessa forma, o conhecimento de todas as possibilidades de problemas e o estudo detalhado das causas, permite uma ação mais eficiente contemplando desde as etapas anteriores ao projeto até a pós-construção.

Ainda é possível incluir, de acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), que a identificação das manifestações patológicas só é possível através da manutenção periódica, visto que tais ocorrências podem ocorrer em qualquer fase da obra e de diversas

maneiras diferentes. A pluralidade das patologias torna o reparo ainda mais complexo, pois a depender da natureza do problema, sua correção pode variar de um simples reforço superficial até reforços maiores ou até mesmo demolições. Logo, a falta de manutenção adequada é capaz de tornar pequenas patologias em situações de baixo desempenho que representem, além do comprometimento da edificação, altos custos para sua recuperação.

Tratando-se especificamente de patologias em fundações, é importante ter ciência que o surgimento das patologias pode ocorrer sob diferentes mecanismos, como exemplo podem ser mencionadas as deformações e variações de volume que ocorrem nos solos e provocam deslocamentos nas fundações. Marinho (2017) cita que os erros nas análises de dados topográficos ou sobre a estrutura a ser construída também pode conduzir a presença de patologias ou mau desempenho nas fundações.

Assim, ainda em concordância com os estudos de Marinho (2017) é imprescindível que um engenheiro com vasta experiência deve ser capaz de investigar e identificar os problemas mais complexos que possam surgir para que dessa forma possa ser consolidada uma fundação adequada com conveniente fator de segurança às rupturas e recalques compatíveis com os elementos suportados, uma vez que é papel fundamental das fundações suportar todas as cargas oriundas da construção e transmiti-las a uma camada resistente do solo.

Diante do que foi exposto, é perceptível que o bom ou mau comportamento das fundações em longo prazo é influenciado pela sua concepção do projeto, implantação e também pela sua manutenção (SCHWIRCK, 2005). Assim, a negligência com a fase de fundação de um projeto reflete diretamente na perda de qualidade da construção como um todo tornando-a problemática e algumas vezes com danos irreparáveis que culminam em desastres de grandes dimensões.

Contudo, considerando a importância do estudo das patologias em fundações na prevenção de tais inconvenientes, o presente trabalho propõe de forma objetiva contribuir com enriquecimento do tema para os profissionais da área agregando informações relevantes que auxiliem nos estudos, elaboração e manutenção de projetos cada vez mais adequados e isentos de possíveis patologias que possam acarretar em danos catastróficos às obras civis.

1.1 Objetivo geral

Estudo sobre patologias da construção civil

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar um estudo sobre incidências patológicas, com o objetivo de caracterizá-las, apresentar suas possíveis causas e, por fim, apontar mecanismos de recuperação apropriados para cada tipo de patologia.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Demonstrar as principais causas relacionadas às patologias de fundações;
- Demonstrar metodologias para que as patologias nas fundações sejam evitadas;
- Apresentar o mecanismo de recuperação para as principais patologias encontradas em fundações;
- Apresentação de estudo de caso em edificação localizada em Campina Grande do Sul, região metropolitana de Curitiba-PR.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conceitualmente o termo patologia surgiu do grego (pathos - doença, e logia - ciência, estudo) e significa “estudo da doença” (MICHAELIS, 2018). Na construção civil a patologia pode ser atribuída aos estudos dos danos ocorridos em edificações que pode ocorrer em qualquer fase de uma obra civil com destaque a fase de fundações, uma vez que as estatísticas demonstram que os problemas relacionados com as fundações são aqueles que implicam em custos elevados para sua reparação por implicarem em grandes alterações estruturais complexas capazes de provocar interrupções significativas das funções para a qual a estrutura foi projetada.

O conhecimento das causas que originam as patologias nas fundações faz com que a mitigação dos seus efeitos seja mais eficaz ao passo que um conjunto de medidas pode ser adotado em tempo hábil à solução, que pode variar de uma apropriada modificação da estrutura até uma modificação detalhada das propriedades geotécnicas do terreno, que correspondem, em linhas gerais, a tratamentos de melhora e reforço do terreno (CARVALHO, 2010).

2.1 Principais causas dos problemas em fundações

As causas dos principais problemas encontrados nas fundações são provenientes de três fatores que abrangem fenômenos naturais, erros de projeto e de execução. O primeiro deles é imprevisível e podem ser desconhecidos até o momento da execução da fundação, já que variam de acordo com a região ou período do ano. Os erros de projeto abrangem, por exemplo, levantamento inadequado, escolha incorreta do modelo estrutural ou adoção superestimada do solo. Quanto aos erros de execução, esses decorrem do uso de materiais inadequados, erros de locação, arrasamento, concretagem ou quebra de estacas moldadas in loco, dentre outros erros que posteriormente causam os efeitos prejudiciais a obra (REBELLO, 2008)

Por serem mais tangíveis, os erros de projeto e de execução são mais estudados de modo mais abrangente e preciso. Um dos erros mais frequentes e que causam grandes problemas em fundações são aqueles relacionados com a investigação do solo. De acordo com Koga, Miranda e Berterquini (2017) o estudo do solo está compreendido na etapa de coleta de dados hidrogeológicos, pedológicos, geotécnicos e conhecimentos regionais que objetivam identificar as possíveis condições do local de implantação da obra. A caracterização adequada do solo de maneira geral implica na definição correta do programa específico para o tratamento dos possíveis problemas.

Bauer (2011), acrescenta que as patologias das fundações decorrentes do solo ainda podem ser causadas pela identificação insuficiente ou inexistente dos movimentos dos solos, a ausência de investigação no subsolo, comum em obras de pequeno e médio porte, o estudo deficiente nas etapas de sondagem, profundidades e anomalias, além da interpretação errônea dos dados coletados. Um exemplo recorrente de defeito em fundações decorrente do solo, são às movimentações oriundas do recalque, que corresponde a deformação que ocorre no solo quando ele está submetido a cargas excessivas e pode ser originado por diferentes fatores relacionados às condições do solo.

Outro erro de projeto precursor dos problemas em fundações diz respeito ao comportamento e distribuição das cargas, que abrangem o erro na determinação das cargas atuantes, desconsideração equivocada em etapas construtivas, erro no dimensionamento de elementos estruturais como vigas, pilares ou armaduras sem previsão de fissuração em concreto ou detalhamento consistente do projeto estrutural como um todo, que varia desde a análise dos carregamentos e seus efeitos até o desempenho dos materiais.

Estudo sobre patologias da construção civil

Quanto aos materiais, os erros estão relacionados com a sua degradação que comumente acontece em virtude da ação de agentes químicos e físicos sobre os materiais utilizados na construção da fundação. A verificação do estado dos materiais deve ser, portanto, verificada nas fases iniciais do projeto em função da suscetibilidade aos agentes ambientais como a presença de água ou condições adversas do solo como pH inadequado, teor de sulfetos e cloretos ou qualquer elemento agressivo que de algum modo colaborem com a deterioração dos materiais e conseqüentemente com o aparecimento das patologias usualmente encontradas nas fundações (FRANCO; NIEDERMEYER, 2017).

É possível verificar também que o tipo de fundação pode ser um fator contribuinte com a manifestação de patologias. Em fundações diretas, por exemplo, onde há a ausência nas informações principais do solo, as falhas são oriundas da adoção dos valores de tensão admissível sem identificação prévia do solo, ou erro na cota de assentamento e, de um ponto de vista mais estrutural, características do concreto e recobrimento da armadura. Já para as fundações profundas, as características das estacas cravadas, estabelecimento dos valores de tensão dos materiais das estacas, detalhamento de emendas e proteção contra a erosão quando não realizados de modo correto, continue as principais fontes de avarias em fundações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

2.2 Tipos de fundações

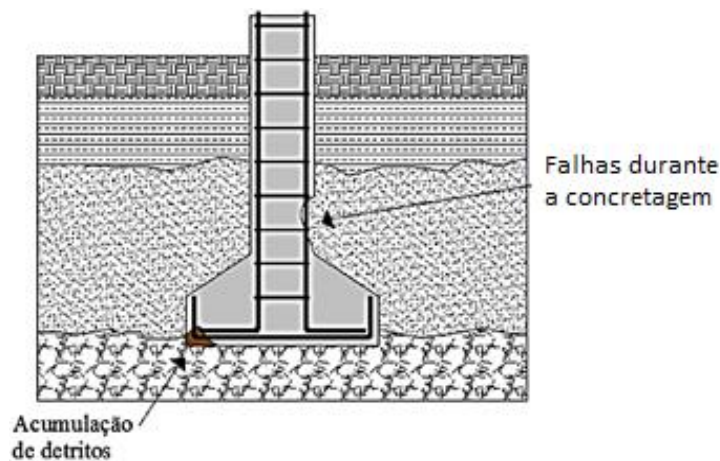
Como dito anteriormente, os problemas podem se manifestar de modo diferenciado de acordo com o tipo de fundação. Em fundações rasas, diretas ou superficiais há, de acordo com a NBR 6122, predominância da carga transmitida da construção para o solo através da base da fundação e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, incluindo como exemplos principais, os blocos, as sapatas e radiers (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010). Os blocos são elementos simples caracterizados por uma altura específicas e são destinados a trabalhos compressivos. As sapatas são menores que os blocos, feitas de concreto armado e resistem principalmente a esforços de flexão. Já a fundação em radier, transmitem as cargas ao solo através de uma única sapata.

As fundações superficiais são aquelas que apresentam maior número de patologias por serem mais utilizadas e mais fáceis de implantar. Para Carvalho (2010), a inexperiência na execução desse tipo de fundações conduz aos erros que são normalmente

relacionados com o maciço ou com os elementos estruturais da fundação. Com relação aos problemas provenientes do maciço, destacam-se a construção de elementos estruturais em solos com diferenças comportamentais, a escavação excessiva e prejudicial às camadas de apoio da fundação e sapatas executadas em cotas diferentes. Tais problemas conduzem à existência de assentamentos diferenciais, desmoronamento e paredes laterais de escavação, diminuição da resistência do solo e até mesmo ao colapso da estrutura.

No que se refere aos erros que envolvem os elementos estruturais da fundação, Schnaid, Milititsky e Consoli (2005), ressaltam a resistência insuficiente do concreto, ausência da camada de concreto de regularização ou de limpeza, erros na concepção e execução de elementos de fundação, presença de água durante a concretagem, vibração insuficiente do concreto e problemas relacionados com a disposição das armaduras. Esses erros podem resultar na contaminação do concreto, recobrimento inadequado das fundações, efeitos de punçamento e danos estruturais. A Figura 1 mostra exemplos de falhas que podem ocorrer em fundações superficiais em virtude de erros na concretagem ou na distribuição das armaduras.

Figura 1 - Falhas na concretagem devido aos detritos e má distribuição das armaduras



Fonte: (SCHNAID; MILITITSKY; CONSOLI, 2005)

Em fundações profundas, a NBR 6122 define que nela, é o elemento da fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m, salvo justificativa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Estudo sobre patologias da construção civil

Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões. Franco e Niedermeyer (2017), relatam que as estacas podem ser pré-moldadas de concreto, usadas em argila orgânica e quando há lençol freático, metálicas para fundações de prédios ou de broca. Nesta última o solo é perfurado de forma manual ou mecanizada. Os tubulões diferem das estacas pelo processo de execução. Nele, ainda que seja em sua fase final, há a descida do operário para seu interior, além do fato de poder serem feitos a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático).

De modo geral, os problemas relacionados com fundações profundas envolvem os erros de localização na implantação de estacas, erros na geometria dos elementos ou durante a execução sem que haja indicação de projeto, problemas entre estacas e maciço e problemas na amarração de elementos diferentes. Esses erros resultam em solicitações indevidas em vigas de equilíbrio, diminuição na resistência da estrutura, conduzindo a deformações e perda de estabilidade e desempenho.

O tipo de estaca reflete nas diferenças existentes nas patologias apresentadas. Em estacas pré-moldadas, por exemplo, os problemas podem ser originados do concreto de baixa resistência ou mistura inadequada das quantidades dos inertes e cimento, manuseio incorreto do equipamento e cravação, armaduras mal posicionadas, uso de emendas inadequadas e erros na geometria das estacas que provocam fissuras e até mesmo a ruptura da estaca (Figura 2-a). Os problemas em estacas metálicas (Figura 2-b) também se relacionam com a geometria incorreta do elemento, mas também abrangem a suscetibilidade do material a corrosão ou problemas na soldagem ou emendas com outros elementos que resultam na perda de resistência aos esforços de tração (CARVALHO, 2010).

Figura 2 - Danos em Fundações Profundas: a – Danos em estacas pré-moldadas; b – Danos em estacas metálicas



(a)

(b)

Fonte: (CARVALHO, 2010)

Como pode ser observado, existe uma vasta gama de causas de patologias em fundações, o que torna sua análise mais complexa. Ainda assim, além do conhecimento das causas, é necessário analisar todas as modificações que surgem nas fundações através das manifestações como fissuras, trincas ou infiltrações, por exemplo. Dessa forma, as técnicas reparativas não serão meramente estéticas ou superficiais, mas de fato capazes de contornar os problemas existentes antes que sejam desencadeadas situações catastróficas.

2.3 Manifestações patológicas em fundações

De modo geral, o período de vida útil de uma edificação pode ser reduzido pela ausência de manutenção periódica. Uma manutenção periódica quando bem planejada e executada, resulta num desempenho adequado das estruturas e no aumento de vida útil da edificação como um todo em consequência do não aparecimento de patologias. No que diz respeito às fundações, Franco e Niedermeyer (2017), relatam que os agentes percussores não são percebidos com tanta facilidade em fases iniciais, o que faz com que as manifestações patológicas sejam percebidas em estágios mais avançados dificultando a reparação.

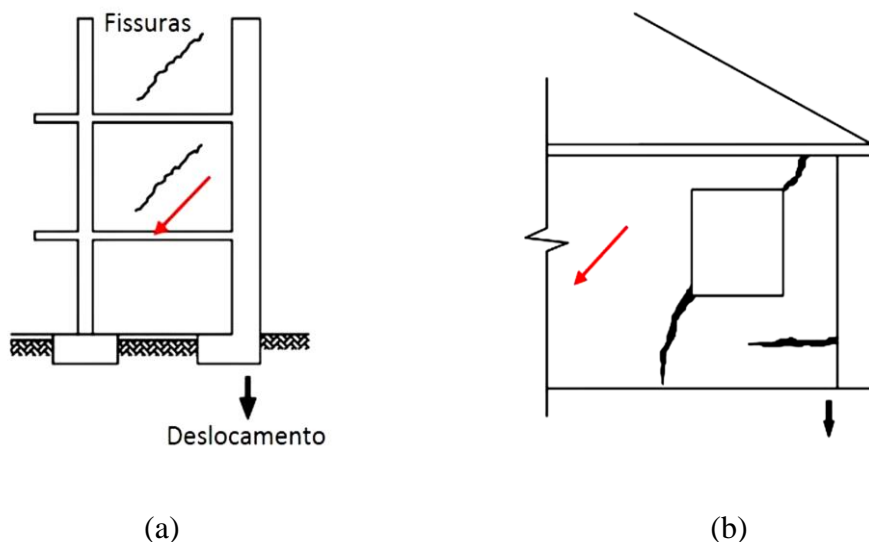
As manifestações patológicas ou danos das fundações são divididos de acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), em três grandes grupos principais. O primeiro deles corresponde aos danos arquitetônicos ou estéticos que são aqueles que comprometem a estética da edificação, mas não causam riscos de qualquer natureza à edificação como trincas em paredes, desaprumo do edifício ou de muros de arrimo, rompimento de painéis de vidro ou mármore, dentre outros.

As fissuras e trincas, por exemplo, podem ser originadas das movimentações decorrentes dos recalques, uma vez que se manifestam segundo uma direção preferencial de acordo com a posição do recalque em relação à estrutura de fundação. Em outras palavras, as trincas tendem a direcionar-se para a parte da estrutura da fundação que não sofreu recalque. A Figura 3-a mostra o aparecimento de fissuras originadas por recalque de fundação de pilar de canto, enquanto que na Figura 3-b podem ser observadas fissuras

Estudo sobre patologias da construção civil

de parede portante com recalque na extremidade (KOGA; MIRANDA; BERTERQUINI, 2017).

Figura 3 - Fissuras: a – fissuras por recalque de fundação de pilar de canto; b – fissuras de parede portante com recalque na extremidade



Fonte: (KOGA; MIRANDA; BERTERQUINI, 2017)

O segundo e terceiro grupos de danos são os funcionais e os estruturais. De acordo com Almeida (2018), os danos funcionais comprometem a funcionalidade do prédio, por causarem, dentre outras avarias, o mau funcionamento das instalações prediais, o rompimento das tubulações hidráulicas e sanitárias, bem como o excessivo desgaste dos trilhos dos elevadores. No caso dos danos estruturais, como o próprio nome sugere, há o comprometimento da estabilidade estrutural, exigindo reforço como forma de evitar a ruptura da estrutura.

A ocorrência dos problemas patológicos nas edificações ocasiona uma redução de sua vida útil, que está diretamente relacionada com o desempenho dos materiais ou componentes da edificação (TAGUCHI, 2010). Assim o estudo das causas e a verificação do surgimento das patologias, faz com que a edificação consiga satisfazer os requisitos de projeto por um período determinado de tempo, visto que desse modo é possível atuar na prevenção ou no tratamento adequado das patologias.

2.4 Prevenção e Recuperação de Patologias em Fundações

De acordo com Velloso e Lopes (2004), existem elementos necessários para o desenvolvimento do projeto de fundações, como topografia da área, dados geológicos e geotécnicos, dados da estrutura a construir e dados sobre construções vizinhas que devem ser cuidadosamente analisados durante a análise do local aonde será empregada a construção. Essa técnica preventiva permite que os dados coletados sejam discutidos entre os profissionais envolvidos tanto no projeto como na execução, a fim de serem definidos os deslocamentos admissíveis e os fatores de segurança a serem aplicados às diferentes cargas ou ações das estruturas.

Com foi já discutido, os problemas relacionados ao solo representam os maiores agentes causadores de patologias em fundações. Segundo a NBR 6122, sempre que a natureza do solo exigir, devem ser realizadas sondagens especiais de reconhecimento, poços ou trincheiras de inspeção que propiciem a retirada de amostras indeformadas a serem submetidas aos ensaios de laboratório convenientes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Métodos preventivos de compactação e adensamento prévio das camadas de solos menos resistentes, por exemplo, tem como objetivo diminuir a porosidade, elevar a resistência, minimizar os recalques primários (no caso de solos colapsáveis) e diminuir os efeitos prejudiciais de recalques secundários aos sistemas estruturais das edificações (no caso de solos argilosos moles).

Para o tratamento de recalques, Koga, Miranda e Berterquini (2017) acrescentam algumas medidas para minimização de seus efeitos. São elas, o uso de vigas de travamento junto às fundações a fim de evitar que um ponto da fundação recalque mais que o outro, a utilização de travamentos nos pavimentos dos edifícios, para que haja redução do recalque diferencial e promoção da sustentação da estrutura e, por fim, a compensação do peso do solo escavado com o peso da edificação, como forma de equilíbrio de tensões.

Santos (2014), cita que algumas das medidas preventivas podem estar relacionadas com o cuidado e com a vegetação através do controle de espécies agressivas e substituição das árvores que podem causar problemas nas edificações, pavimentos, redes de águas e esgotos, por meio de técnicas como a poda contínua das árvores para manter a folhagem num tamanho adequado ao espaço disponível, o corte moderado das raízes das árvores que invadem os pavimentos, redes de águas e esgotos e da distribuição moderada de água, especialmente em estações mais secas, de forma a não criar desequilíbrios no sistema solo-vegetação.

Leal (2018) inclui que deve ser observado a compatibilidade existente entre o concreto novo e o concreto original para que não haja problemas na interface dos sistemas. Em casos que essa verificação não ocorra, o desempenho das fundações é comprometido, favorecendo o surgimento das patologias e requerendo medidas de recuperação. Nesse caso é necessário o emprego de ferragens para a transmissão de esforços.

A falta de medidas de prevenção conduz a necessidade de técnicas de recuperação que garantam o comportamento adequado da estrutura. O projeto de reforço é um exemplo de procedimento a ser feito para reparo em fundações. Esse projeto passa a ser necessário quando se pretende alterar o uso da edificação, gerando acréscimos de solicitações, ou pelo mau desempenho das fundações caracterizado pelo aparecimento de danos estéticos, funcionais ou estruturais (KOGA; MIRANDA; BERTERQUINI, 2017).

Os reforços em uma fundação dependem principalmente das propriedades mecânicas dos solos, das condições das fundações ou da estrutura e das condições impostas durante a execução. Por esse motivo, o reconhecimento da necessidade de tal intervenção na fundação é extremamente importante, pois a falta desse discernimento ou avaliação inadequada da real necessidade, pode resultar em danos de grandes proporções para a estrutura como, por exemplo, o desabamento de um edifício.

De acordo com a atuação das cargas, o reforço pode ser classificado como provisório ou permanente. O reforço provisório ocorre quando houver uma sobrecarga de curta duração e é feito para a fundação resistir por um período de tempo determinado. Um reforço provisório é necessário também nos casos em que irá ser feito um reforço permanente, visando a segurança durante o período em que o reforço permanente esteja sendo executado. Um reforço permanente é, portanto, aquele que irá fazer parte da fundação original, sendo necessário quando a fundação não suporta mais as cargas atuantes nela ou quando se sabe previamente que haverá um aumento no carregamento da edificação de tal forma que a fundação original não suportaria sem uma intervenção (FALEIROS, 2018).

De um modo mais específico, é imprescindível incluir ainda como metodologia relacionada a mitigação das patologias nas fundações, as técnicas de investigação geológico – geotécnica, cujo objetivo é exatamente o de determinar, tanto quanto possível sob fundamentação científica, a interação entre terreno, fundação e estrutura a fim de promover o conhecimento prévio necessário à execução de fundações mais adequadas.

2.5 Investigações geológico-geotécnicas

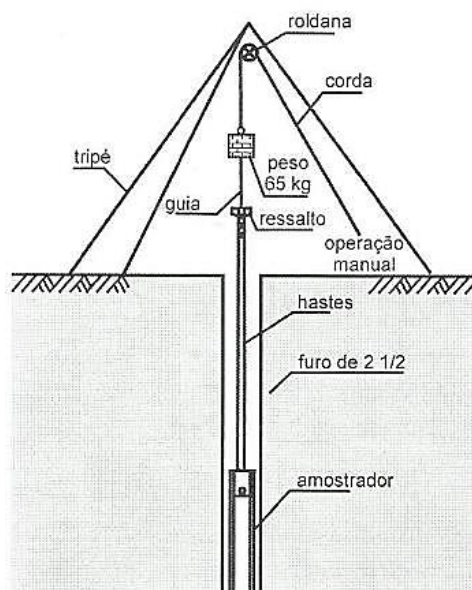
A necessidade de investigações geológicas e geotécnicas ocorre em virtude da importância do conhecimento prévio do solo, como já discutido anteriormente no presente estudo. A NBR 6122 especifica que para qualquer edificação deve ser feita uma investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT – *Standard Penetration Test*) (Figura 4) e, em função dos resultados obtidos, pode ser necessária uma investigação complementar, como sondagens mistas, rotativas, com medidas de torque ou ensaios de cone e de adensamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Segundo Santos (2014), a sondagem de simples reconhecimento à percussão envolve o denominado ensaio de penetração normal ou SPT que, apesar de não ser o mais perfeito processo de sondagem, é o mais usado mundialmente. A sondagem permite conhecer o tipo de solo através da retirada de uma amostra deformada a cada metro perfurado, a resistência oferecida pelo solo e a posição do nível d'água. No Brasil, o ensaio é regulamentado pela norma NBR 6484 em auxílio da NBR 8036, que juntas determinam a quantidade e sondagens que devem ser realizadas em função da área de projeção em planta.

O procedimento do ensaio consiste basicamente na cravação de um amostrador padrão no solo através da queda livre de um peso de 65 kg, caindo de uma altura de 75 cm. Inicialmente é feito um furo de sondagem manualmente, com o auxílio de um trado cavadeira até a profundidade de um metro e, em seguida é recolhida uma amostra do trado, denominada amostra zero.

A retirada das amostras é feita com o amostrador padrão acoplado a uma haste e apoiado no fundo do furo. Na outra extremidade da haste é apoiado o peso de 65 kg (martelo) que cai sobre a haste e faz com que o amostrador acoplado seja cravado no solo. Cada movimento de queda do martelo é contado até que seja cravado 15 cm no solo. Em seguida, o número de quedas do martelo necessário para cravar 15 cm no solo é anotado. Esse processo é repetido mais duas vezes, somando 45 cm cravado no solo. Após essa fase, o amostrador é retirado, aberto e então é retirada a amostra de solo retida dentro do amostrador. Em seguida a perfuração é avançada por meio do trado manual até atingir a próxima cota. Por fim, o resultado é registrado pelo número de golpes necessário para cravar os 30 cm finais. O esquema desse ensaio é mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Ensaio SPT (Dimensões do furo em mm)



Fonte: (CAVA, 2018)

Em casos que no decorrer da sondagem é encontrado o nível d'água, a NBR 6484 determina que seja interrompida a perfuração e passa-se a observar a elevação do nível d'água efetuando-se leituras a cada 5 minutos durante, no mínimo, 15 minutos. Depois de encontrado o nível d'água ou quando a perfuração com o trado for inferior a 50 mm após 10 minutos de operação, o avanço da perfuração passa a ser realizado por lavagem e não mais pelo trado.

A NBR 6484 acrescenta também que o processo de perfuração deve ser utilizado até que sejam obtidos 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais em 3 metros sucessivos ou 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais em 4 metros sucessivos ou ainda 50 golpes para penetração dos 45 cm em 5 metros sucessivos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001).

Diante do que foi apresentado até então, é possível afirmar que as patologias em fundações é um tema de grande importância para a construção civil, ao passo que o reconhecimento das suas causas e suas manifestações, mediante a execução da manutenção periódica, conduz a escolha de técnicas de prevenção ou de recuperação capazes de aumentar a vida útil da estrutura ou garantir o seu desempenho estabelecido em projetos. Assim, a condução desse trabalho será realizada em virtude de fomentar os estudos e aplicações práticas, através de estudos de casos, acerca do referido tema.

3 METODOLOGIA

Em função dos objetivos propostos, a metodologia desse trabalho consiste no estudo da literatura técnica referente as patologias em fundações como forma de exemplificar por meio de um estudo de caso a identificação de patologias, o tratamento das evidências patológicas e, por fim, propor medidas adequadas de mitigação, embasadas em referenciais teóricos consistentes, de forma semelhante ao que foi realizado por Santos (2014).

No presente trabalho será analisado de forma adaptada o caso proposto do estudo de Calisto e Koswoski (2015), o qual trata de patologias identificadas na edificação originárias de problemas com fundação. Assim, acreditando-se na veracidade das informações trazidas nesta referência publicada em fonte científica segura e em coerência com o tema abordado neste trabalho, foi dado segmento ao estudo proposto como forma de contribuir com estudo de patologias oriundas de problemas em fundações. As manifestações patológicas identificadas serão tratadas separadamente como forma de realizar estudo específico do comportamento das falhas e propor medidas assertivas para o reparo.

3.1 Estudo de caso

O estudo de caso refere-se a uma residência familiar de 120,75 m² de área construída, cuja a utilização corresponde àquela projetada. A edificação situa-se em Campina Grande do Sul, região metropolitana de Curitiba-PR (Figura 5) de onde foram extraídas as principais evidências patológicas sob a forma trincas ou fissuras. Essas falhas tiveram suas aberturas medidas (em mm) em três dias diferentes, conforme mostra a Tabela 1.

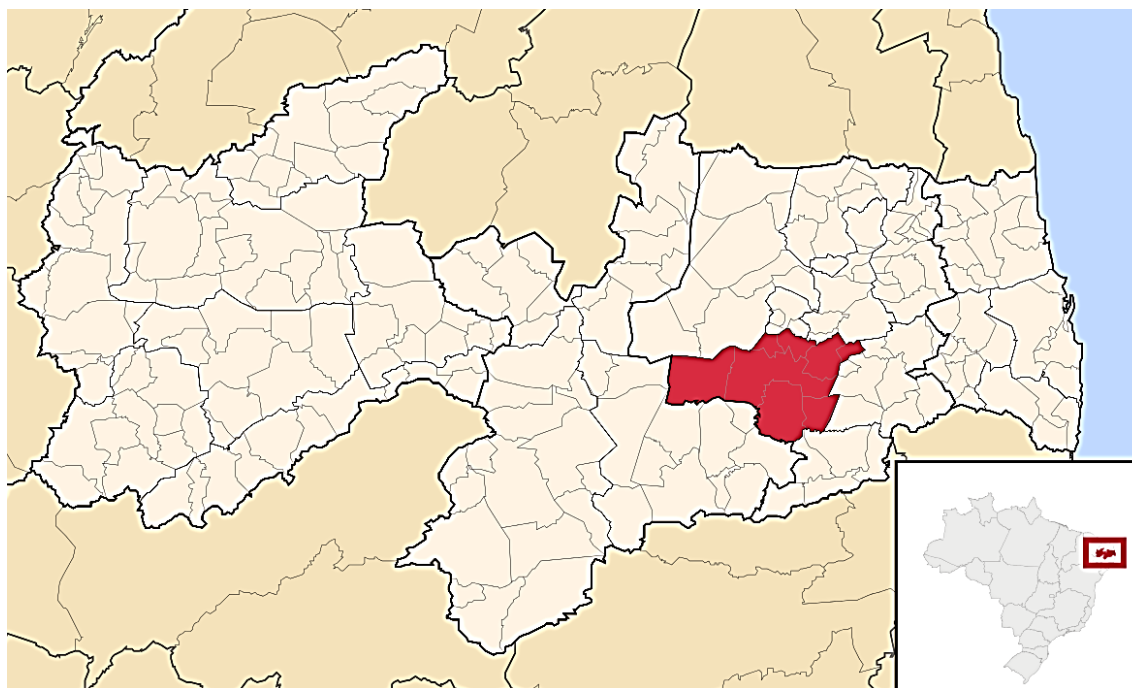
Na Tabela 1 é descrito o tipo de falha, o local de ocorrência e o valor da abertura, medido em mm, nas três observações correspondentes. Cabe ressaltar que as observações foram feitas em meses diferentes. As observações denominadas como V1, V2 e V3 foram, respectivamente, realizadas nos meses de março de 2014, setembro de 2014 e janeiro de 2015, segundo os dados fornecidos por Calisto e Koswoski (2015). A partir dos valores registrados das medidas das aberturas, determinou-se também o aumento da abertura, em mm, através da diferença entre a última e a primeira medida realizada no período descrito.

Estudo sobre patologias da construção civil

Ressalta-se ainda que na referência utilizada para extração do presente estudo de caso não foi relatado o método de medição das aberturas e não há informações auxiliares como fotografias das patologias ou planta baixa da edificação. No entanto, a natureza do estudo e os dados fornecidos constituem um material útil para estudo, podendo ser desenvolvido no presente trabalho.

Assim, os dados observados na Tabela 1 serão posteriormente analisados com o auxílio de ferramentas computacionais para elaboração de gráficos e análises de dados para que dessa forma possam auxiliar na compreensão do comportamento das patologias apresentadas em conjunto com os conceitos estabelecidos na literatura técnica comum e/ou trabalhos acadêmicos semelhantes.

Figura 5 - Localização geográfica da cidade de Campina Grande do Sul, Paraná



Fonte: (GOOGLE, 2018)

Tabela 1 - Características das trincas: estudo de caso

Patologia	Descrição	Local de ocorrência	Número da observação	Abertura (mm)	Aumento da abertura (mm)
1	Trinca inclinada no canto superior da janela inferior	Fachada	V1	0,60	0,50
			V2	0,90	
			V3	1,10	
2	Trinca horizontal ao lado da porta de entrada	Hall de entrada	V1	0,10	0,90
			V2	0,50	
			V3	1,00	
3	Trinca inclinada ao lado da janela inferior	Fachada dos fundos	V1	0,40	0,30
			V2	0,50	
			V3	0,70	
4	Trinca inclinada abaixo da janela do lavabo	Hall de serviço	V1	0,40	0,20
			V2	0,50	
			V3	0,60	
5	Trinca inclinada na parede atrás da porta de acesso	Cozinha	V1	0,30	0,30
			V2	0,50	
			V3	0,60	
6	Trinca inclinada na parede abaixo do balcão	Sala	V1	0,80	0,30
			V2	0,90	
			V3	1,10	
7	Trinca inclinada na parede de divisa com cozinha	Sala	V1	0,30	0,00
			V2	0,30	
			V3	0,30	
8	Trinca horizontal na parede esquerda	Escada	V1	0,40	0,20
			V2	0,50	
			V3	0,60	
9	Trinca inclinada ao lado da porta de entrada	Quarto	V1	0,70	0,80
			V2	1,10	
			V3	1,50	

10	Trinca inclinada no canto inferior da esquadria	Suíte	V1	0,50	0,60
			V2	0,90	
			V3	1,10	

Fonte: (CALISTO; KOSWOSKI, 2015 – Modificado)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para esse estudo são oriundos das observações registradas na Tabela 1. Para uma compreensão mais completa da evolução das trincas, identificadas no estudo de caso, os dados registrados foram analisados por meio de gráficos, feitos com o auxílio do programa Statistica®, que mostram a evolução de cada trinca observada na edificação. Para cada uma delas foi realizada uma análise baseada nos dados da norma ABNT NBR 6118 que prevê uma abertura máxima de 0,2 a 0,4 mm para locais onde a corrosão da armadura não exerce uma importância significativa. Ainda de acordo com Santos (2014) as fissuras puderam ser classificadas em relação aos danos que podem causar a edificação em função da sua abertura, conforme mostra a Tabela 2. Nessa tabela são mostradas as intensidades dos danos e seus efeitos para o caso de edificações residenciais em correspondência ao estudo de caso proposto neste trabalho.

Tabela 2 - Relação entre abertura de fissuras e os danos em edificações

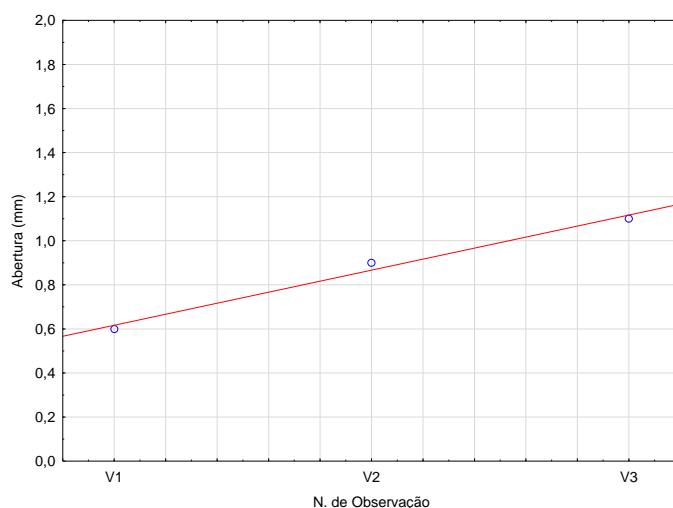
Abertura da fissura (mm)	Intensidade do dano	Efeito no uso da edificação
Menor que 0,1	Insignificante	Nenhum
0,1 a 0,3	Muito leve	Nenhum
0,3 a 1	Leve	Apenas estética; deterioração
1 a 2	Leve a moderado	acelerada do aspecto externo
2 a 5	Moderado	Utilização da edificação será
5 a 15	Moderado a severo	afetada e, no limite superior, a
15 a 25	Severo a muito severo	estabilidade pode estar em risco
Maior que 25	Severo a perigoso	Comprometimento da estrutura

Fonte: (SANTOS, 2014 – Modificado)

4.1 Análise da evolução das patologias observadas no estudo de caso

A Figura 6 mostra a evolução da trinca observada no canto superior da janela inferior da fachada. Conforme observado, o aumento da abertura total dessa trinca é de 0,50 mm. Ainda os valores de abertura observados ultrapassam os limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 6118, mas que apresenta intensidade leve a moderada e não causa nenhum efeito significativo à edificação, exceto aqueles de origem estética.

Figura 6 - Evolução da trinca do canto superior da janela inferior da fachada

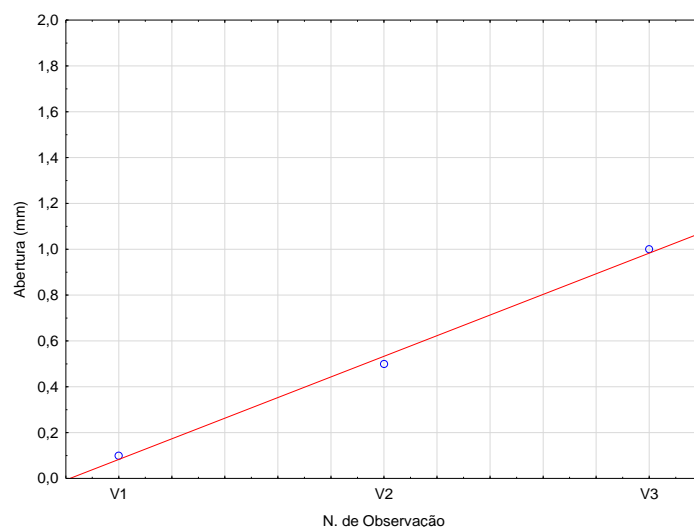


Fonte: (AUTOR, 2018)

A segunda patologia corresponde a trinca horizontal ao lado da porta de entrada do hall de entrada, cuja evolução gráfica é mostrada na Figura 7. Essa trinca, apesar de ter se iniciada com uma abertura menor, apresenta uma grande evolução evidenciada pela inclinação da reta e um aumento total de abertura de 0,90 mm. Os valores registrados também ultrapassam os valores estipulados na norma, mas não compromete a estrutura por apresentar intensidade leve.

Figura 7 - Evolução da trinca horizontal ao lado da porta de entrada do hall de entrada

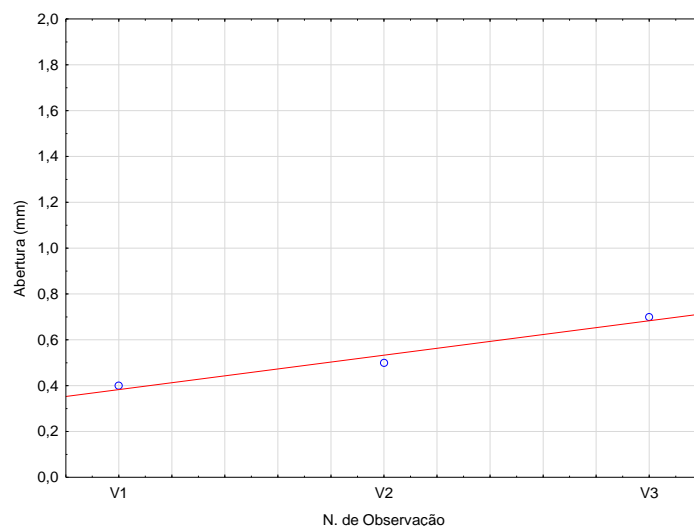
Estudo sobre patologias da construção civil



Fonte: (AUTOR, 2018)

Quanto a patologia de numero 3, referente a trinca inclinada ao lado da janela inferior da fachada dos fundos, a sua representação gráfica (Figura 8), revela que sua evolução foi menor que as trincas anteriores, registrando um aumento de abertura de 0,30 mm, embora os valores registrados não se enquadrem naquele previstos pela norma de referência, a trinca apresenta intensidade de dano leve, comprometendo apenas a estética da estrutura.

Figura 8 - Evolução da trinca inclinada ao lado da janela inferior na fachada dos fundos



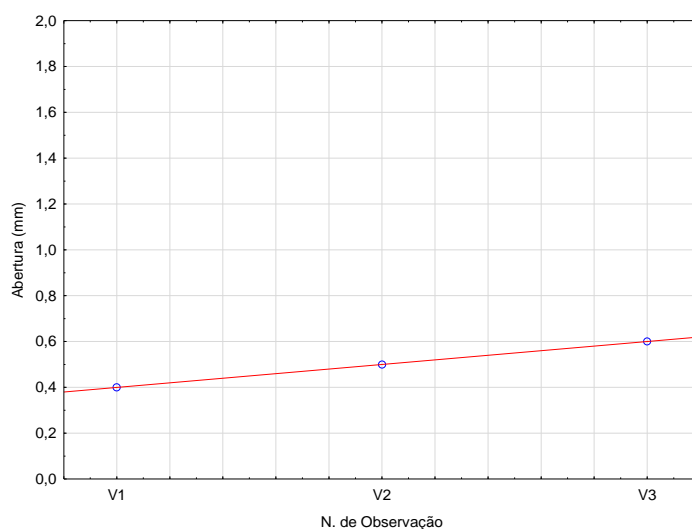
Fonte: (AUTOR, 2018)

A evolução da trinca inclinada abaixo da janela do lavabo no hall de serviço (Figura 9) apresenta evolução ainda menor que a trinca anterior. O seu aumento de abertura foi registrado em 0,20 mm, oriundo de valores que ultrapassam os limites

recomendados. Essa trinca oferece intensidade de dano leve, causando efeitos apenas estéticos à edificação.

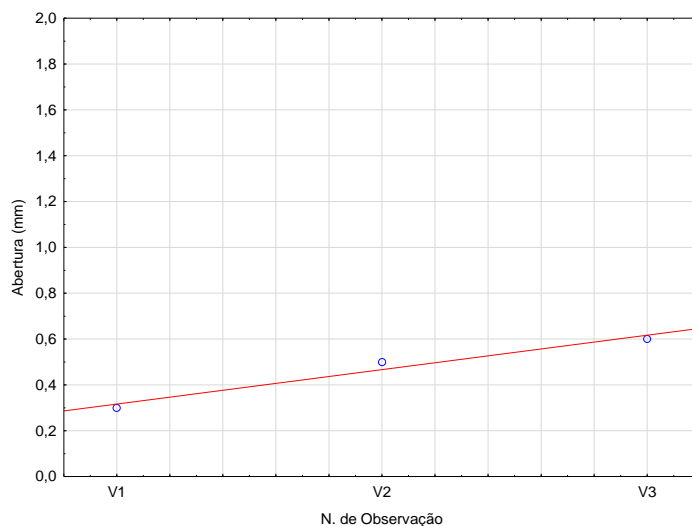
O gráfico representado na Figura 10, demonstra a evolução de abertura de trinca inclinada na parede atrás da porta de acesso a cozinha. Percebe-se que os valores observados também não crescem de forma exagerada, mas são superiores aos padrões estabelecidos por norma a partir da segunda observação, chegando no seu valor máximo em 0,60 mm, extraíndo-se um aumento de abertura de 0,30 mm. Os valores observados, portanto, permitem classificar essa patologia como sendo de intensidade leve, capaz de causar danos apenas de natureza estética.

Figura 9 - Evolução da trinca inclinada abaixo da janela do lavado no hall de serviço



Fonte: (AUTOR, 2018)

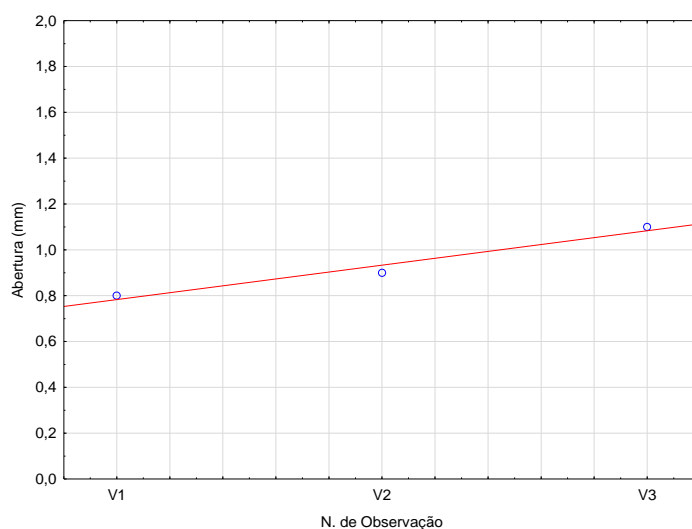
Figura 10 - Evolução da trinca inclinada na parede atrás da porta de acesso da cozinha



Fonte: (AUTOR, 2018)

Ao analisar a propagação da trinca inclinada na parede de baixo do balcão da sala, graficamente ilustrada na Figura 11, verifica-se um aumento de abertura igual àquele identificada na trinca anterior, como pode ser também observado pela semelhança entre as retas destes dois gráficos. No entanto, as dimensões observadas em todas as verificações são maiores e excedem em mais de duas vezes o limite superior máximo estipulado pela norma. A intensidade do dano para a referida trinca passa a ser, portanto, de leve a moderada, mas ainda assim continua a comprometer apenas a estética da edificação.

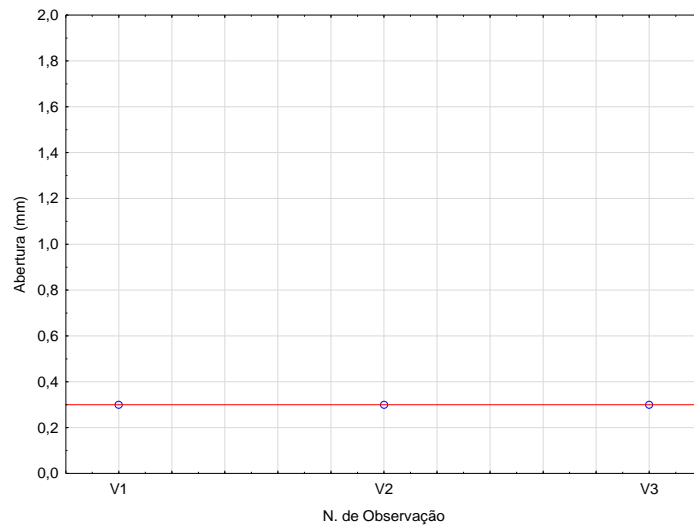
Figura 11 - Evolução da trinca inclinada na parede de baixo do balcão da sala



Fonte: (AUTOR, 2018)

Na Figura 12, está representada o desempenho da trinca inclinada na parede da divisa da cozinha com a sala. Esta trinca se manteve constante, apresentando valor de abertura de 0,30 mm e aumento de abertura igual a zero. Este valor enquadra-se dentro da faixa de valores registradas na norma e permite classificar a intensidade do dano como muito leve, o qual não acarreta nenhum efeito à edificação. De acordo com os estudos de Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), essa trinca pode ser ainda classificada como uma trinca morta ou inativa.

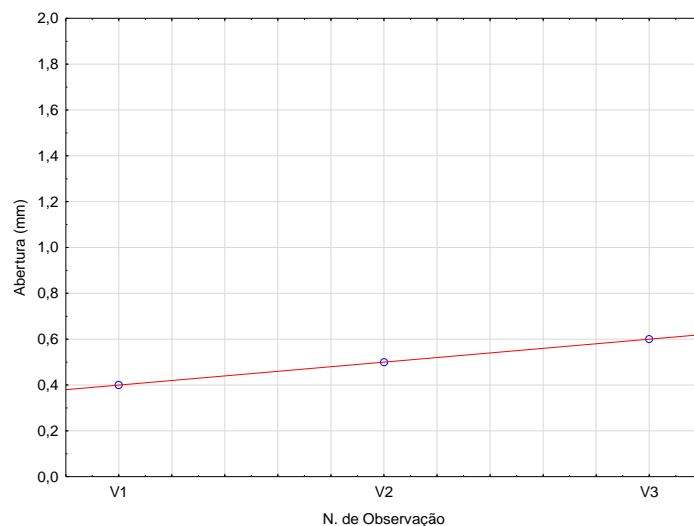
Figura 12 - Evolução da trinca inclinada na parede de divisa da cozinha com a sala



Fonte: (AUTOR, 2018)

A patologia representada na Figura 13, revela um aumento de abertura para a trinca horizontal na parede esquerda da escada de 0,20 mm. Apesar de não ser verificada um aumento expressivo no tamanho da abertura, essa patologia ultrapassa os limites referidos pela norma desde a segunda observação. Os valores das observações enquadram a intensidade do dano causado por essa trinca como leve, incapaz de comprometer a estrutura da edificação, salvo para fins estéticos.

Figura 13 - Evolução da trinca horizontal na parede esquerda da escada



Fonte: (AUTOR, 2018)

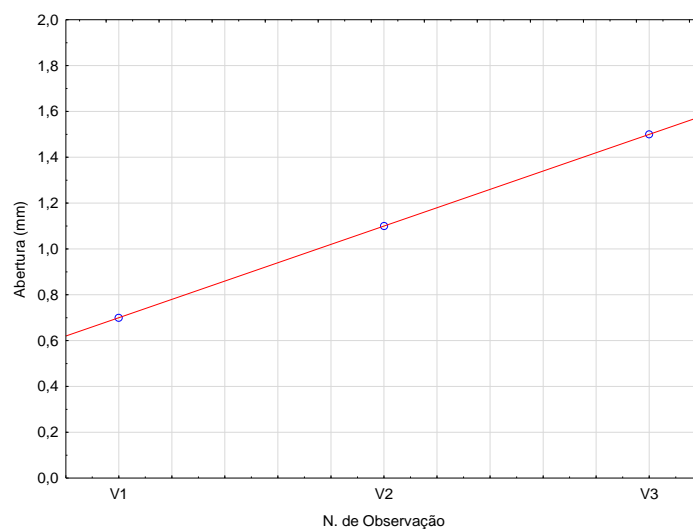
Na Figura 14 já se observa, com base nos valores registrados e na inclinação da reta ajustada, uma evolução de abertura mais intensa para a trinca inclinada localizada ao

Estudo sobre patologias da construção civil

lado da porta de entrada do quarto. O aumento de abertura calculado é de 0,80 mm a partir de valores superiores aos limites registrados na norma e que classificam essa patologia como sendo de intensidade leve a moderada, responsável apenas pelo comprometimento estético da edificação residencial.

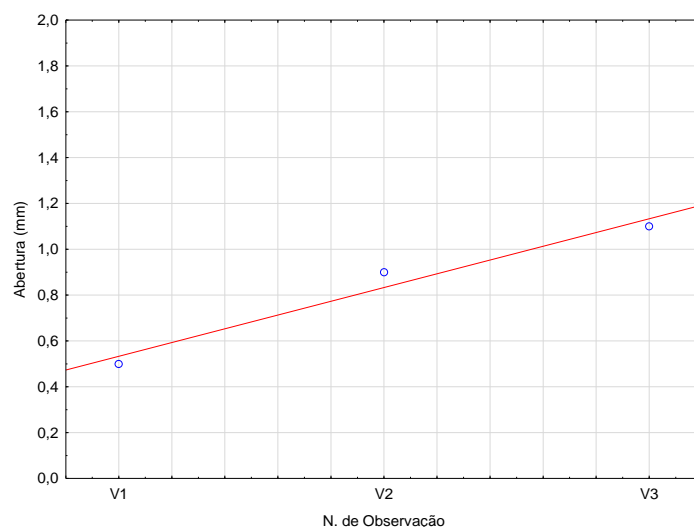
Por fim, a última patologia registrada na edificação corresponde a trinca inclinada no canto inferior da esquadria na suíte (Figura 15). O aumento de abertura registrado para essa trinca é equivalente a 0,60 mm e os valores registrados excedem àqueles recomendados pela norma desde sua primeira observação. Quanto a intensidade dos danos causados por essa avaria, os valores obtidos o classificam como leve a moderado, comprometendo apenas esteticamente a residência analisada.

Figura 14 - Evolução da trinca inclinada ao lado da porta de entrada do quarto



Fonte: (AUTOR, 2018)

Figura 15 - Evolução da trinca inclinada no canto inferior da esquadria na suíte



Fonte: (AUTOR, 2018)

Em linhas gerais, foi discutido até então a evolução das patologias registradas no estudo de caso presente nesse trabalho. Tal discussão revela que as avarias apresentadas não são capazes de comprometer severamente o uso da edificação até o momento das observações. Cabe ressaltar que, com exceção da trinca inclinada na parede de divisa da cozinha com a sala que apresenta-se estabilizada e com tamanho incapaz de representar dano à edificação, as demais trincas apresentam aumento de tamanho no decorrer do tempo. Sendo assim, é possível antecipar-se aos possíveis prejuízos que podem ser ocasionados pela evolução dessas patologias com o decorrer do tempo. Nesse sentido, propõe-se algumas ações de controle para que situações de grave comprometimento do uso da edificação não sejam alcançadas.

4.2 Recomendações para o controle das patologias observadas no estudo de caso

Para o controle das fissuras, recomenda-se que a observação da evolução das aberturas seja contínua. Para tanto, pode ser instalada uma placa de vidro ou gesso sobre a fissura e registrada as condições da placa por, no mínimo, três meses. Em caso do rompimento do selo, este deve ser substituído e anotada a data dessa substituição. Se o rompimento do selo ocorrer antes do período previsto para a primeira ruptura, há indícios de falta de estabilidade do recalque, que pode estar acelerando. Esse procedimento deve ser repetido, sempre observando o intervalo de tempo entre as rupturas dos selos e dessa forma obter conclusões sobre a estabilidade do recalque.

Estudo sobre patologias da construção civil

O tratamento específico das patologias apresentadas no estudo de caso requer informações mais detalhadas do tipo de fundação utilizada. Na ausência de tais informações supõe-se algumas possíveis causas dessas avarias e algumas medidas que podem ser adotadas para o controle da evolução dessas patologias. A primeira delas corresponde a verificação do tipo de solo e das atividades realizadas na vizinhança da edificação para que sejam identificadas se alguma dessas atividades pode comprometer a edificação no sentido de contribuir com o desbalanceamento de cargas na estrutura.

Uma das soluções corresponde a incorporação de reforços e adaptações ao sistema de fundação já existente, visto a sua importância no processo de recuperação de uma obra. A inclusão desses reforços deve ser realizada de modo que os recalques sejam os mesmos em todos os pontos da fundação. A execução deste reforço deve-se assegurar que ele tenha resistência suficiente para resistir às solicitações produzidas pelos desnivelamentos. Cabe ressaltar a abertura de poços de inspeção, necessária a execução de tais reforços, deve ser feita cuidadosamente sem que seja comprometida a estabilidade da edificação.

No caso de os reforços não serem adequados, recomenda-se um novo estudo geológico para execução de novas fundações, desprezando as existentes como elementos resistentes. Por se tratar de uma edificação construída, as intervenções serão realizadas dentro da edificação, impossibilitando o emprego de estacas executadas por cravação de grandes elementos na massa de solo ou estacas escavadas como a hélice contínua. Recomenda-se, portanto, a utilização de estacas destinadas ao uso em espaços reduzidos ou confinados (SAMPAIO, 2017).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma contribuição ao estudo sobre patologias em fundações a medida que o cumprimento das propostas resultou na análise detalhada de um estudo de caso da literatura, carente de informações mais precisas acerca das avarias encontradas na edificação. Assim, sobre o estudo em questão, identificou-se que as patologias encontradas eram trincas de diferentes dimensões, cuja evolução não representa nenhum risco à edificação, salvo aqueles de origem estética.

No entanto, ainda que as trincas não comprometam seriamente a estrutura da edificação, medidas de controle foram determinadas para que o acompanhamento seja realizado de modo a evitar possíveis danos mais sérios à edificação. Ainda foram sugeridas medidas de reparo e mitigação dessas patologias no sentido de evitar danos mais catastróficos ou que sejam difíceis de serem mitigados.

SILVEIRA, C. R.

Assim, é possível afirmar ainda que a realização de estudos acerca de patologias em fundações é de fundamental importância para a formação de um engenheiro civil, visto que o entendimento desse tema possibilita a execução de obras capazes de atender aos requisitos estabelecidos em projetos sem comprometer o uso da edificação no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. *Recuperação de Fundações*. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

BAUER, L.A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CALISTO, A.; KOSWOSKI, R. **Efeito do Recalque Diferencial de Fundações em Estruturas de Concreto Armado e Alvenaria de Vedação. Estudo de Caso**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

CARVALHO, D. M. C. **Patologias das Fundações: Fundações em Depósitos de Vertente na Cidade de Machico**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da Madeira, Funchal.

CAVA, F. *Fundações – A sondagem SPT*. Disponível em <http://alemdainercia.wordpress.com/>. Acesso em: 02 out. 2018.

FALEIROS, L. *Reforço de Fundações*. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

FRANCO, V. N. C.; NIEDERMEYER, F. M. Manifestações Patológicas Geradas por Recalque de Fundações. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 1, p. 194-214, 2017.

KOGA, L. M.; MIRANDA, M. O.; BERTERQUINI, A. B. T. Patologias das Fundações. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 16-31, 2017.

LEAL, U. *Recuperação por Baixo*. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

Estudo sobre patologias da construção civil

LOCALIZAÇÃO geográfica da cidade de Campina Grande do Sul, Paraná. Disponível em: <<https://www.google.com.br/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

MARINHO, R. P. Patologia das Fundações: Estudos de Caso. **Revista Especialize On Line**, Goiânia, v. 1, n. 12, p. 1-22, 2017.

MICHAELIS. *Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa*. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. 1. ed. São Paulo: Ziguarte, 2008.

SAMPAIO, G. Análise das Patologias nas Fundações Oriundas de Recalque Diferencial Através de um Estudo de Caso. **Revista Construindo**, v. 9, n. 2, p. 16 – 26, 2017.

SANTOS, G. V. **Patologias Devido ao Recalque Diferencial em Fundações**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília.

SCHNAID F.; MILITITSKY J.; CONSOLI, N. C. **Patologia das Fundações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

SCHWIRCK, I. A. **Patologia das Fundações**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e Qualificação das Patologias das Alvenarias de Vedação nas Edificações**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: Critérios de Projeto: Investigação do Subsolo**. 1. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004.