

GUSTAVO REIS CAMPOS

**FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS ESTRUTURIAIS APLICADOS A
PERÍCIAS EM EDIFICAÇÕES**

Trabalho de Perícia

Goiânia/GO
2021

RESUMO

O presente trabalho, buscou relacionar os conhecimentos fundamentais sobre os sistemas estruturais, como complemento às Ferramentas da Engenharia Diagnostica tradicionais. A aplicação da análise estrutural em elementos planejados e isolados como ferramenta investigativa, na busca de esclarecer a realidade dos fatos, através de conteúdo amplamente tratado na formação técnica básica dos engenheiros e arquitetos, e que poderiam ser utilizados normalmente em perícias de imóveis urbanos, porém estes conceitos não são abordados tendo como foco as edificações em situação de perícia, em especial nas ocorrências mais comuns que acontecem em edificações de pequeno porte construídas de forma vernacular. Para a melhor compreensão do que está sendo proposto foi apresentado um estudo de caso em que inicialmente buscou-se constatar os danos causados por uma obra vizinha, gerando o mapeamento das principais ocorrências, porém em função do agravamento vertiginoso destas, surgiu a necessidade de se aplicar os conceitos fundamentais dos sistemas estruturais, para demonstrar que tais anomalias tinham relação direta com a obra vizinha, e que já estavam em níveis irreversíveis e poderiam ser majoradas caso não fosse tomada as devidas providencias.

Palavras-chaves: Fundamentos; Sistemas Estruturais; Análise Estrutural; Ferramenta Investigativa; Perícia.

EXPOSIÇÃO

Dentre as anomalias recorrentes provocadas por eventos externos nas edificações de pequeno, médio e grande porte estão as trincas, fissuras, rachaduras e fendas, em especial as causadas por obras vizinhas. Conforme Thomaz (2020):

“Por diversas vezes tenho sido questionado sobre a diferença entre fissura, trinca e rachaduras. Não existem valores que definam precisamente as ocorrências, admitindo-se em geral que fissuras são aqueles com aberturas desde capilares até da ordem de 0,5 mm, trincas com aberturas da ordem de 2 mm ou 3 mm, e rachaduras daí para cima.”

Diante do exposto, no presente trabalho não teve como objetivo avaliar os valores das aberturas encontradas no estudo de caso e sim os mecanismos que geraram as anomalias cuja dimensões estão descritas no parágrafo citado.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a importância do conhecimento dos fundamentos dos sistemas estruturais aplicados nas perícias em edificações.

Apesar dos conceitos e definições relacionados ao comportamento das estruturas ser assunto abordado de forma exaustiva nas graduações dos engenheiros e arquitetos de uma maneira geral. Estes não são relacionados as edificações em condição de perícia, ou seja, normalmente se analisa as estruturas durante a sua elaboração e/ou concepção em fases preliminares como as de projeto e execução das obras. Se parte do pressuposto de que os novos engenheiros e arquitetos serão responsáveis pelas novas edificações e esquecem que eles também serão responsáveis por cuidar (manter) as edificações.

Ressalta-se que as edificações em situação de perícia, são aquelas em que se busca a verdade ou realidade dos fatos, através de pessoas com habilidades reconhecidas ou expertise na matéria a ser tratada.

Tendo a condição acima elencada, este trabalho vem suscitar uma necessidade de se abordar os fundamentos dos sistemas estruturais tendo como foco as edificações em situação de perícia, apresentando os conceitos e definições ligados

ao tema correlacionando-os como o processo investigativo em que as perícias demandam. Para ilustrar a aplicação destes será apresentado um estudo de caso em que estes conhecimentos foram utilizados para analisar, demonstrar e comprovar um dano causado a uma edificação periciada.

Apesar de ser um tema corriqueiro e essencial na formação técnica dos peritos em edificações, buscou-se inicialmente apresentar de forma simplificada os conceitos e definições relacionados, concatenando-os ao trabalho diagnóstico dos peritos e a posterior o seu emprego.

Como toda investigação técnica passa por um processo progressivo, partindo de uma simples constatação até chegar em um diagnóstico capaz de determinar as origens, as causas e os mecanismos de ação. Sugere-se que a aplicação dos fundamentos dos sistemas estruturais em edificações, em situação de perícia, siga a progressividade e a cumulatividade das Ferramentas da Engenharia Diagnóstica, como podemos observar na ilustração adaptada (Engenharia Diagnóstica em Edificações, 2015, p24) apresentada a seguir.



Figura 1 - Progressividade Diagnóstica Adaptada.

Fonte: P24, Engenharia Diagnóstica em Edificações. São Paulo, PINI, 2015.

Sendo assim, ao vistoriar um imóvel em situação de perícia, pode-se dar início ao processo de constatação das condições em que se encontra o sistema estrutural como um todo e seus elementos.

Em primeiro ponto é importante ressaltar que se trata de matéria extremamente técnica o que exige dos profissionais uma visão apurada do contexto em que a edificação está inserida. Por tanto, a vistoria passa ser o alicerce de todo o processo investigativo, é a partir dela que se pode identificar todos os requisitos estruturais tais como:

- Carregamentos;
- Forma de Estabilização;
- Equilíbrio;
- Materiais;
- Configuração Geral da Estrutura.

O segundo ponto é identificar que tipo de sistema estrutural que está sendo analisado, se são constituídos de lajes, vigas, pilares, treliças, paredes diafragmas (alvenarias estruturais) e/ou até mesmo de estruturas tensionadas ou suspensas. Cada tipo de sistema estrutural tem uma forma de absorver e encaminhar os esforços que são solicitados.

Outro ponto importante, são as propriedades dos materiais utilizados nos elementos estruturais e não estruturais que segundo Silva, (2017):

“As propriedades dos materiais estruturais influenciam de maneira significativa a forma e o planejamento arquitetônico dos sistemas estruturais nas edificações. E para determinar qual material é recomendado para um determinado sistema estrutural, um estudo individual e detalhado de cada um deles, levando em consideração sua propriedade física e método de fabricação, se faz necessário.”

Observa-se que o engenheiro e professor Mauro César de Brito e Silva (2017), trata do assunto em fase de planejamento arquitetônico, ou seja, antes mesmo da

edificação ser concebida, mas essa mesma abordagem pode ser utilizada durante os processos investigativos das perícias.

O que se observa é que neste processo o que se busca é determinar se o material utilizado na edificação periciada cumpre a sua função dentro do sistema estrutural ou se ele segue as premissas estabelecidas em projetos, caso exista.

Neste ponto no Brasil muitas edificações ou boa parte delas foram e ainda são concebidas de maneira instintiva, normalmente influenciados pela cultura local fato que dificulta bastante o processo investigativo tendo em vista a falta de responsável técnico, dos registros de como foi construído e conseqüentemente o uso de técnicas não consagradas o que torna bem mais complicado os diagnósticos.

Sendo assim enquanto as propriedades dos materiais expressão dados como a resistência, outro requisito a ser observado é a forma e a configuração geral da estrutura, estes dados vão exprimir sobre a sua estabilidade, rigidez e eficiência. Dimensões inadequadas e/ou configurações inconsistentes geram anomalias de todas as ordens.

Vale ressaltar que os sistemas estruturais são responsáveis por dar forma e integridade as edificações, se autossustentado, dando suporte aos demais sistemas e as solicitações advindas do uso e da exposição ao tempo.

No entanto quando as perícias em edificações são relacionadas a problemas estruturais boa parte destas demandas são provenientes das ações, cargas ou carregamentos que podem não ter sido considerados e/ou até mesmo mudanças de uso, que acabam gerando situações não planejadas em sua fase de concepção. A ausência de projetos e a prática ostensiva de construções vernaculares, isto é, feita de forma empírica, também agravam e dificultam alguns processos investigativos.

Diante do exposto, o espírito investigativo e a capacidade de percepção de um perito devem estar sempre apurados, observando os requisitos que são fundamentais para um bom funcionamento do sistema estrutural e igualmente para diagnósticos mais assertivos.

Neste sentido, se propõe o uso da análise estrutural como ferramenta investigativa complementando as ferramentas diagnósticas tradicionais, tendo os

fundamentos do equilíbrio dos corpos rígidos, a natureza de seus vínculos e a tipologia de suas estruturas, como referência para o bom entendimento do comportamento estrutural das edificações em situação de perícia.

Segundo o Prof. Dr. Moacir Kripka (2020):

“O objetivo da análise consiste em conhecer os efeitos de um sistema de forças sobre a estrutura (isto é, a forma como a estrutura “reage” às ações que incidem sobre ela), tanto com relação a esforços como a deformações.”

“Subindo nos degraus” das Ferramentas da Engenharia Diagnóstica, ao analisar tecnicamente a condição de uma edificação, se extrapola os registros que comprovam o estado geral da edificação e as anomalias encontradas no momento da vistoria e evolui-se para o processo de investigação mais aprofundado avaliando as condições técnicas em que a edificação e seus sistemas e subsistemas construtivo se encontram, além de avaliar o contexto em que ela está inserida tais como: topografia, edificações confrontantes, infraestruturas urbanas etc.

A seguir apresenta-se uma aplicação prática através de um estudo de caso em que inicialmente buscou-se constatar os danos ocorridos em uma residência em função do aterro/contenção executados de forma precária em um imóvel confrontante, porém pouco tempo depois das constatações os danos seguiram evoluindo vertiginosamente. Para comprovar essa evolução e demonstrar que os danos tinham origem nas obras executadas pelo confrontantes utilizou-se da análise estrutural como ferramenta.

ESTUDO DE CASO

Para ilustrar o que está sendo proposto, apresenta-se a seguir procedimentos utilizados na elaboração de um laudo técnico, a fim de se demonstrar a origem, a causa e o mecanismo de ação que geraram os danos na edificação periciada.

Inicialmente o trabalho pericial buscou constatar as fissuras, trincas, rachaduras e fendas além de outras anomalias existentes em vários pontos da edificação que foram observadas pelos moradores somente após o início de um aterro/contenção executados no imóvel confrontante posterior.

Na fase de anamnese, foi questionado se o confrontante responsável pela obra vizinha havia elaborado o laudo de vistoria cautelar de vizinhança, documento que poderia demonstrar se aquelas manifestações já existiam ou se realmente surgiram após o início das obras vizinhas e este não havia sido elaborado.

Como não havia registros anteriores, inicialmente verificou-se o estado geral da edificação através de vistoria de todos os locais visíveis de de fácil acesso, com o objetivo de caracterizar o imóvel e identificar as anomalias existentes.

Ressalta-se que se tratava de uma edificação construída de forma vernacular, executada em alvenaria de tijolos cerâmicos sem acompanhamento técnico o que por se só a torna mais suscetível a formação de trincas, fissuras, rachaduras e fendas, principalmente na ocorrência de eventos externos.

A seguir uma pequena amostra dos registros fotográficos feitos durante a vistoria:



Foto 1 - Vista geral do aterro executado no lote 17 e do muro de divisa com os lotes 05 e 06;



Foto 2 – Vista geral da parte superior da abertura que dá acesso a suíte;

Após os registros fotográficos, foi necessário a confecção de um croqui da edificação por se tratar de uma construção vernacular e por essa condição ela não possuía projetos da época de sua concepção. A seguir apresenta-se o croqui da edificação periciada:

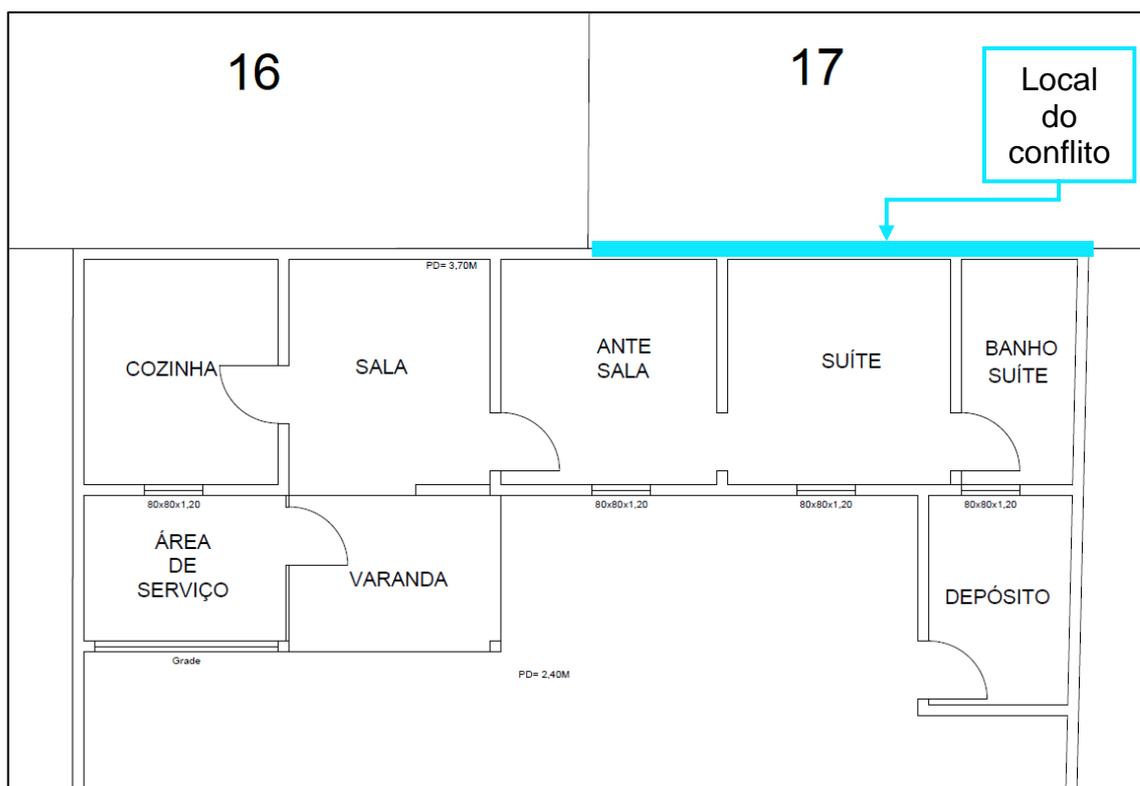


Figura 2 - Croqui da construção edificada na parte posterior do lote 06 da quadra 100, confrontante com os lotes 05, 07, 16 e 17.

Fonte: Autor.

Para ilustrar e demonstrar a condição topográfica da quadra 100, tendo em vista a sua declividade para a Rua C, logradouro na parte frontal da edificação danificada, foi apresentado um esquema desta condição, também buscou demonstrar o aterro executado no lote 17 e o local onde se encontra a edificação do lote 06 como pode-se ver a seguir:

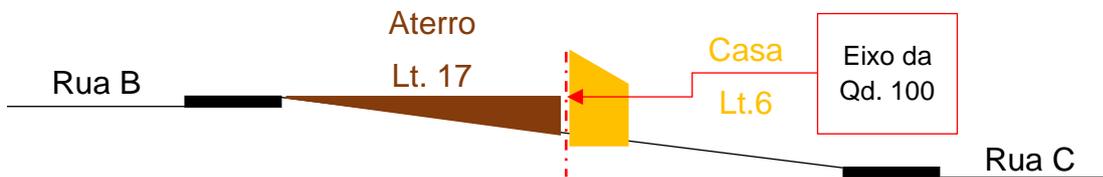


Figura 3 – Configuração topográfica da quadra 100.

Fonte Autor.

Nesta parte do processo investigativo pode-se destacar que através da vistoria e dos registros do local foi possível identificar os materiais que compunham o sistema estrutural, no caso as paredes eram em alvenaria e a cobertura era em madeira, outro requisito que também pode ser observado são as cargas ou carregamentos que a edificação estava sendo submetida, no caso além do peso próprio das paredes e a cobertura existia uma solicitação externa que era proveniente do carregamento do aterro e pôr fim a configuração geral da estrutura, que pode ser observado através do croqui em escala dos ambientes que compunham a edificação.

A partir dos registros feitos durante a vistoria e o croqui da edificação, elaborou-se o mapeamento dos principais danos encontrados, localizando-os em planta e para a classificação quanto ao grau de risco ou intensidade de cada um foi criada uma legenda relacionando as cores dos apontamentos ao grau de comprometimento, de tal forma que fosse possível ter uma visão global dos danos, a suas localizações, o nível de criticidade e o contexto em que a edificação periciada estava inserida.

A fim de demonstrar de forma ilustrativa o que está sendo proposto no parágrafo anterior, a seguir apresenta-se o mapeamento dos principais danos encontrados durante vistoria e análise in loco:

Mapeamento dos principais danos:

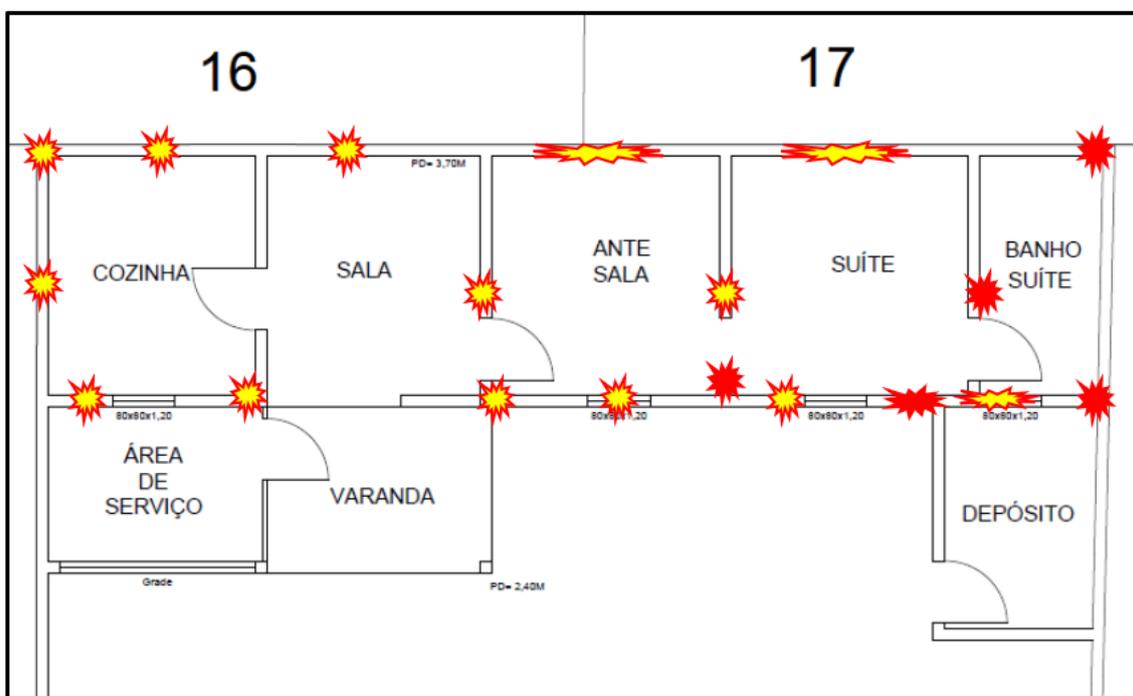


Figura 4 - Croqui de localização dos principais danos a construção edificada na parte posterior do lote 06 da quadra 100.

Fonte: Autor.

Legenda:

-  - Grau de Risco Mínimo;
-  - Grau de Risco Regular;
-  - Grau de Risco Crítico.

Tendo em vista que a grande parte das pessoas são leigas e conseguem compreender na maioria das vezes mais facilmente, quando associamos ao relatório que está sendo descrito com ilustrações, também foi apresentado juntamente com o mapa de danos uma parte dos registros fotográficos, sendo apontado os respectivos locais, como pode-se observar a seguir:

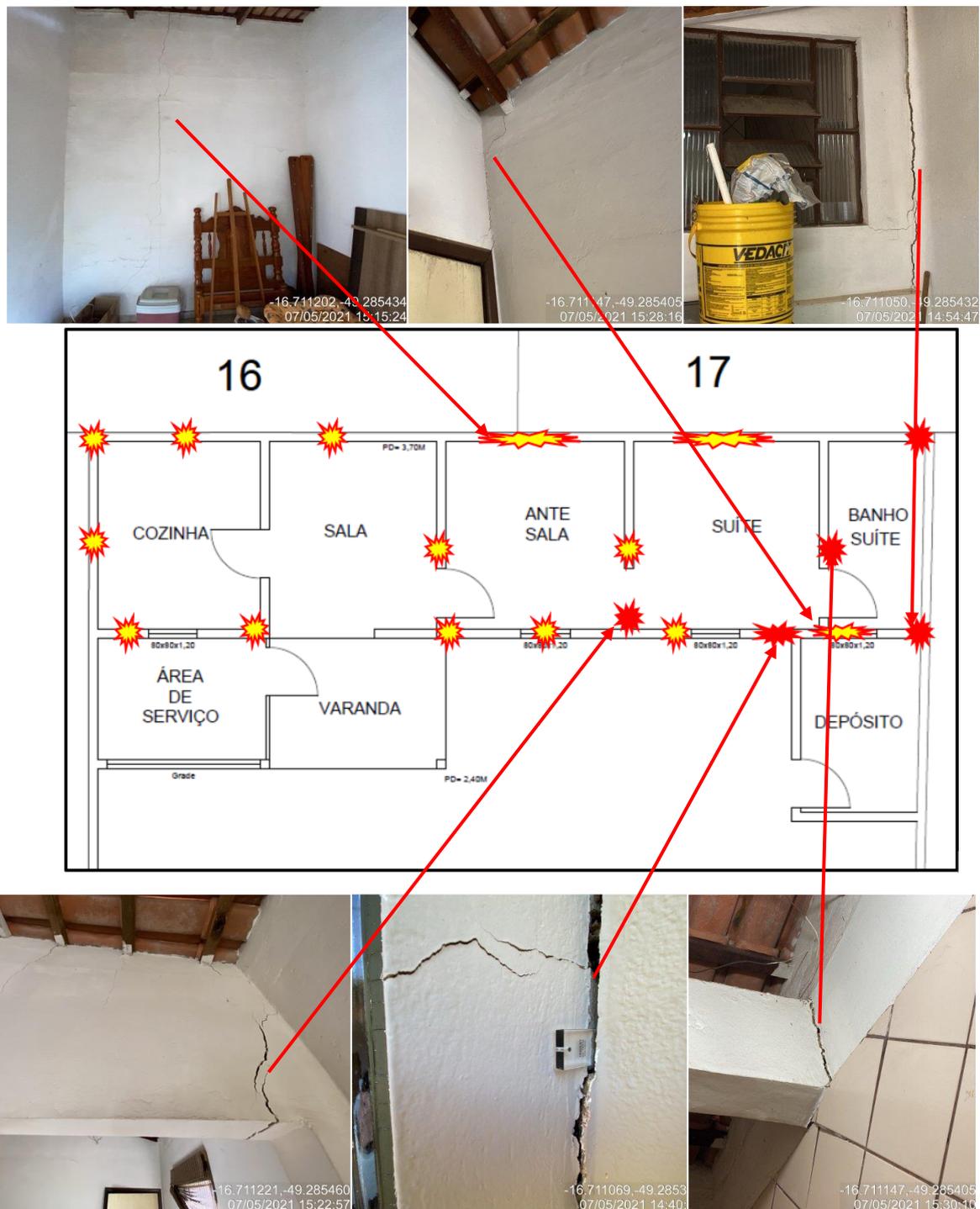


Figura 5 – Principais danos encontrado durante a vistoria.

Fonte: Autor.

Isto posto a etapa inicial tinha como objetivo constatar, identificar e classificar as condições físicas em que se encontrava o imóvel periciado foi finalizada, porém

após 4 (quatro) meses foi solicitado uma nova vistoria tendo em vista o agravamento das anomalias identificadas e apontadas no laudo inicial e a possibilidade de um acréscimo de carga no aterro devido à proximidade do período chuvoso o que poderia levar a edificação a ruína.

Neste sentido buscou-se a aplicação da análise estrutural como ferramenta investigativa para demonstrar que o que estava ocorrendo naquela edificação não estava mais em estágio inicial e concluir qual era a origem dos danos conforme demonstrado a seguir.

Ressalta-se que foram feitas simulações:

- No plano horizontal das alvenarias, considerando que elas formavam um arranjo de barras interligadas entre se pelas suas amarrações;
- No plano vertical de uma das paredes.

A fim de se demonstrar que as solicitações, devidas à carga do aterro, alteravam o comportamento das alvenarias nos dois planos.

Para a simulação foi adotado o FTOOL, que é um programa de acesso livre idealizado pelo professor Luiz Fernando Martha do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio e é utilizado para a análise estrutural de pórticos planos.

No caso em questão buscou-se montar o modelo estrutural a partir das dimensões levantadas em croqui, sendo que as paredes em planta foram transformadas em barras, alguns pontos mais rígidos da edificação como os muros de divisa se tornaram apoios articulados fixos e foi adotada um carregamento linear hipotético ao longo de todo o muro de divisa do lote onde foi executado o aterro. A partir deste arranjo foi analisado somente o digrama de deformação das barras a fim de demonstrar que a carga do aterro é que gerou as fissuras, trincas, rachaduras e fendas no imóvel periciado.

A seguir demonstramos os resultados destas simulações.

Simulação computacional através do Programa FTOOL e sua análise

Simulação de comportamento das alvenarias da edificação construída no fundo do lote 06 em função do carregamento do aterro executado no lote 17.

Esta simulação tem por objetivo demonstrar que o comprometimento das alvenarias da edificação construída no fundo do lote 06, tem relação direta com o aterro concebido no lote 17, como podemos ver a seguir demonstrado de forma ilustrativa, todos os pontos que seriam deslocados pelo carregamento do aterro já apresentam trincas ou rachaduras.

O valor do carregamento utilizado para a simulação é hipotético, porém bastante aproximando, tendo em vista que o mesmo só pode ser determinado com informações mais precisas dos trabalhos executados no lote 17.

Deslocamentos das alvenarias em planta (plano horizontal)

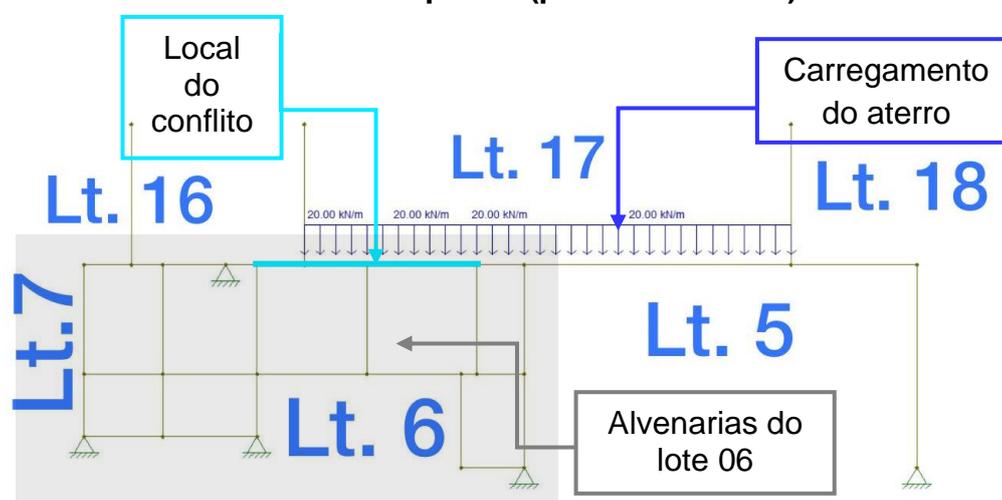


Figura 6 – Representação em planta dos eixos das alvenarias do lote 6 e os muros de divisa com o lote 17 no aplicativo FTOOL. Fonte: Autor.

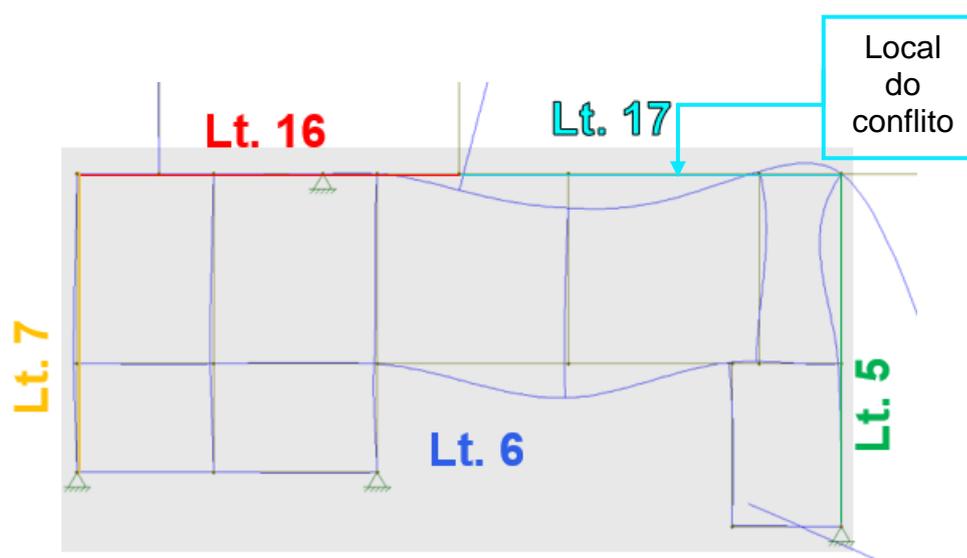


Figura 7 – Diagrama de deslocamentos dos eixos das alvenarias do lote 06 em função do aterro do lote 17 no aplicativo FTOOL. Fonte: Autor.

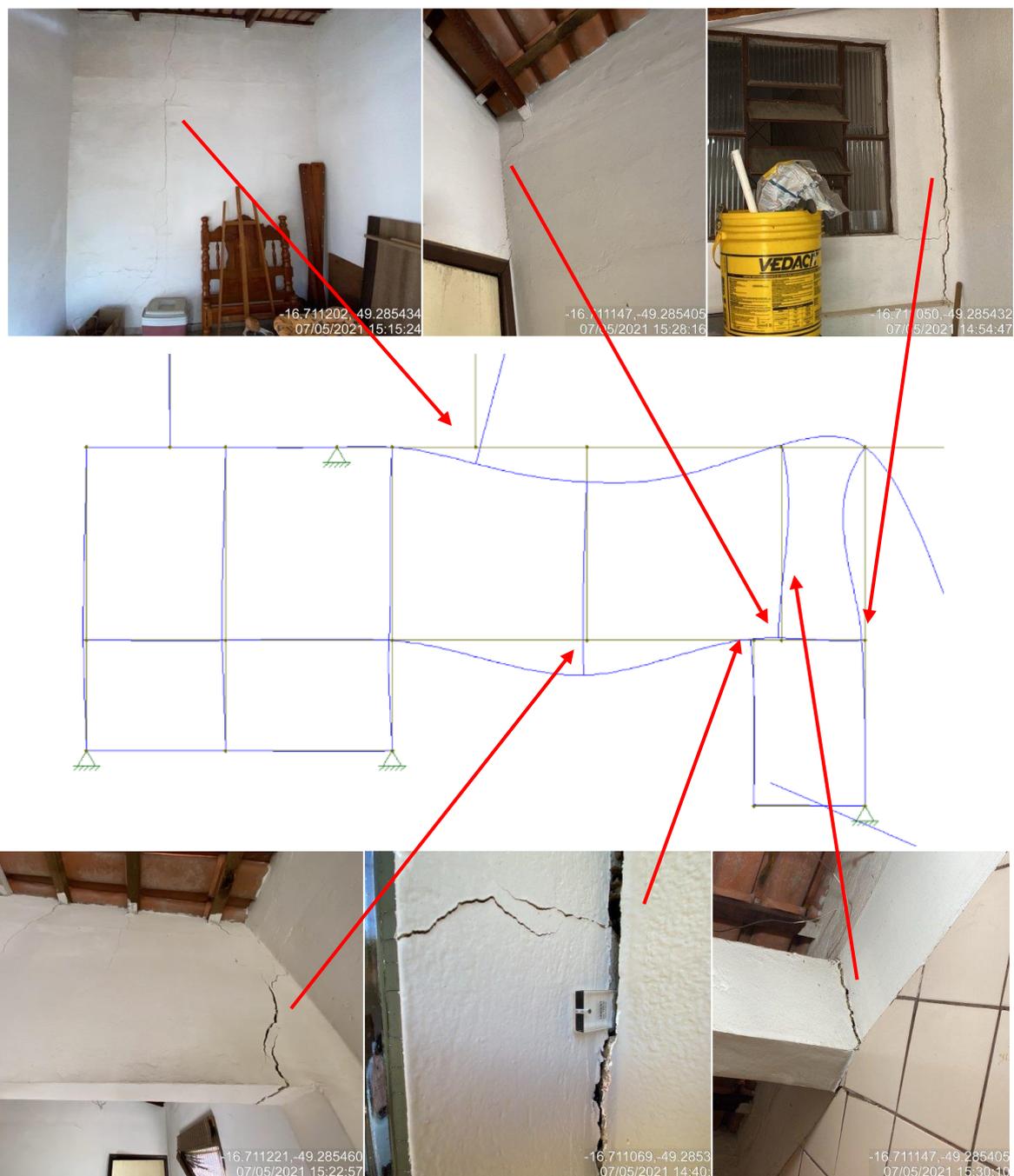


Figura 8 – Pontos afetados pelos deslocamentos gerados pelo aterro do lote 17.

Fonte Autor.

Como podemos ver na simulação dos deslocamentos das alvenarias do lote 06 em função do carregamento do aterro do lote 17, todos os pontos deslocados apresentam anomalias que estão em plena evolução.

Mapeamento dos principais danos + Diagrama de deslocamentos dos eixos das paredes

A seguir podemos visualizar a sobreposição do mapeamento dos principais danos levantado durante a vistoria mais o diagrama de deslocamentos dos eixos das paredes, o que reforça as situações constadas inicialmente.

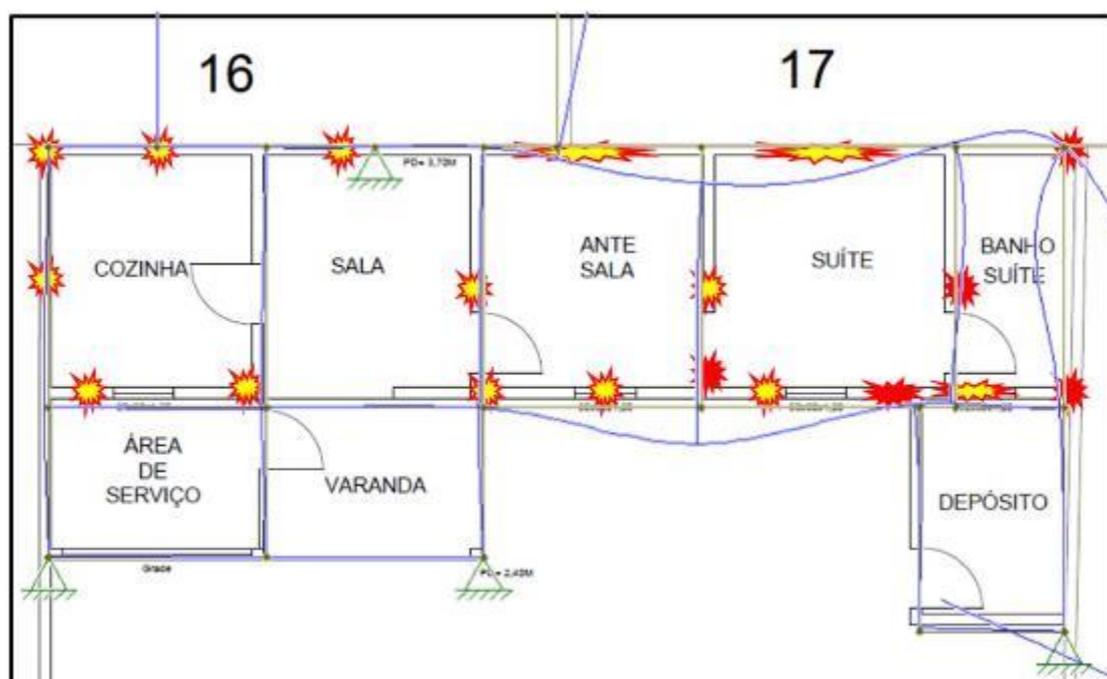


Figura 9 – Sobreposição do Croqui de localização dos principais danos + Diagrama de deslocamentos;

Fonte: Autor.

Legenda:

-  - Grau de Risco Mínimo;
-  - Grau de Risco Regular;
-  - Grau de Risco Crítico.

Deslocamento das alvenarias em vista (plano vertical)

A seguir simulamos o comportamento da parede que divide a suíte e a antessala com o objetivo de **demonstrar que os deslocamentos gerados na edificação do lote 06 não estão mais em estágio inicial** e para ilustrar isso de forma cristalina e didática, será comprovado qual seria o comportamento desta parede em uma situação normal e o mesmo com o acréscimo do aterro executado no lote 17.



Figura 10 – A imagem acima ilustra somente o carregamento da cobertura simplesmente apoiada nas alvenarias. Fonte: Autor.



Deslocamento em função da carga da cobertura

Figura 11 – A imagem acima ilustra os deslocamentos das alvenarias em função do carregamento da cobertura. Fonte: Autor.



Figura 12 – A imagem acima ilustra a condição esboçada na “Figura 10” acrescida do carregamento do aterro executado no lote 17. Fonte: Autor.



Figura 13 – A imagem acima ilustra o deslocamento gerado pelo acréscimo do carregamento do aterro executado no lote 17. Fonte: Autor.

Obs.: Todas as cargas utilizadas nestas simulações são hipotéticas.

Tendo como referência a análise apresentada de forma ilustrativa e didática, podemos constatar, mais uma vez que as anomalias existentes na edificação do lote 06 têm origem no aterro executado no lote 17 e que estas estão evoluindo de forma vertiginosa, fato que pode ser intensificado caso ocorra um acréscimo no carregamento do aterro como por exemplo as águas das chuvas que estão por vir.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, ao simular o comportamento das alvenarias da edificação do lote 06, objetivamos demonstrar a fragilidade em que se encontra, visto os serviços de aterro executados de forma precária e aparentemente sem os devidos acompanhamentos técnicos feitos por profissionais legalmente habilitados e a configuração natural do lote 17 que tende a acumular água junto a divisa aos lotes 05 e 06, confrontantes posteriores, que estão na parte mais baixa da quadra 100 e que nesta condição a situação do imóvel do lote 06 demonstrada de forma clara e cristalina pode agravar podendo chegar a ruína.

Isto posto, podemos concluir que a análise estrutural pode ser uma ferramenta investigativa poderosa dentro dos processos investigativos das perícias em edificações, podendo simular situações encontradas em diligências de pequeno e de até médio porte, onde não se conhece o projeto ou as reais condições do sistema estrutural, simulando e verificando de forma planejada e isolada para subsidiar determinados pareceres.

Ressalta-se que para esse tipo de trabalho os conceitos fundamentais dos sistemas estruturais precisam estar bem claros para quem está se apoiando neste tipo de argumentação, sendo necessário estudos mais aprofundados não só do comportamento isolado de um elemento estrutural, mas também do seu comportamento global.

Este trabalho também vem provocar uma necessidade de se abordar este tipo de conteúdo de uma maneira mais ostensiva, talvez nas formações dos peritos tendo em vista a necessidade de uma certa maturidade no assunto.

Por fim, fica aqui também um apelo ao tema do COBREAP XXI, a vistoria e a boa técnica são os alicerces de todos os processos periciais garantindo a segurança dos profissionais e da sociedade.

BIBLIOGRAFIAS

Thomaz, Ercio. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação / Ercio Thomaz. --2. ed. rev. e ampl. -- São Paulo: Oficina de Textos. 2020.

Silva, Mauro César de Brito e. Estrutura e arquitetura: Fundamentos / Mauro César de Brito e Silva -- 3ª ed. rev. ampl. -- Goiânia: Ed. Da PUC Goiás, 2017.

Gomide, Tito Lívio Ferreira Engenharia diagnóstica em edificações / Tito Lívio Ferreira, Jerônimo Cabral P. Fagundes Neto, Marco Antonio Gullo, -- 2. Ed. São Paulo: Pini, 2015.

Kripka, Moacir Análise estrutural para engenharia civil e arquitetura: estruturas isostáticas / Moacir Kripka. -- 3. ed. -- São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

FTOOL, programa Gráfico-interativo para Ensino de Comportamento de estruturas - <https://www.ftool.com.br/Ftool/> - Acesso em: 19/09/2021