

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**ENGENHARIA CIVIL**



**FELIPE JOSÉ REIS CALIXTO**

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS CAUSADAS POR RECALQUES  
DIFERENCIAIS EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM SÃO PAULO/SP**

**LAVRAS-MG**

**2021**

**FELIPE JOSÉ REIS CALIXTO**

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS CAUSADAS POR RECALQUES  
DIFERENCIAIS EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM SÃO PAULO/SP**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Maykmiller Carvalho Rodrigues

Orientador

Profa. Dra. Raquel Mariano Linhares

Coorientadora

**LAVRAS - MG**

**2021**

**FELIPE JOSÉ REIS CALIXTO**

**ANALYSIS OF PATHOLOGY CAUSED BY DIFFERENTIAL  
SETTLEMENTS IN COMMERCIAL BUILDING IN SÃO PAULO/SP**

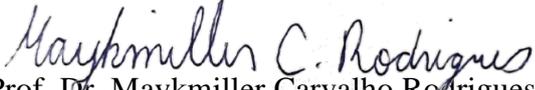
Monografia apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Civil,  
para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 30 de novembro de 2021

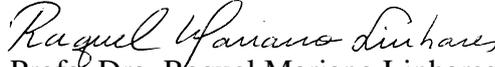
Dr. Maykmiller Carvalho Rodrigues - UFLA

Dra. Raquel Mariano Linhares - UFLA

Me. Cauê Antônio Barreto da Rosa dos Santos - STATUM Geotecnia

  
Prof. Dr. Maykmiller Carvalho Rodrigues

Orientador

  
Profª. Dra. Raquel Mariano Linhares

Coorientadora

**LAVRAS - MG**

**2021**

À minha mãe Rosa e minha irmã pelo apoio e carinho em todas as etapas e por serem o meu maior exemplo de vida.

Aos meus avós com muito carinho pelo exemplo de amor.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de engenharia civil, ao meu orientador Prof. Dr. Maykmiller Carvalho Rodrigues e minha coorientadora Profa. Dra. Raquel Mariano Linhares, por toda ajuda, ensinamentos e dedicação ao me orientarem durante disciplinas ao longo de todo o curso e atualmente durante ao trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a minha mãe Rosa Maria Reis Calixto e minha irmã Natália Reis Calixto por me darem suporte durante toda jornada acadêmica, meu enorme agradecimento por tudo. Ao meu Avô José Victor dos Reis pelas palavras de motivação e pela sabedoria que me passara, e em especial a minha avó Gledes Ferreira dos Reis que hoje não está mais entre nós, agradeço por ter sido o meu anjo presente sempre em minha vida, sem a senhora jamais teria conseguido. Com muito carinho agradeço a vocês por tudo.

## RESUMO

As patologias na construção civil são os defeitos apresentados no decorrer da construção da obra, ou ainda adquiridas com o passar do tempo, as quais venham a prejudicar o desempenho esperado de uma edificação e das suas partes. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi analisar as patologias geradas por recalque diferencial bem como apresentar soluções técnicas para minimizar ou até mesmo eliminar essas anomalias. A metodologia usada foi de revisão bibliográfica fundamentada num estudo de caso, considerando alguns problemas patológicos detectados na edificação estudada e com estudos teóricos buscados comumente baseados em normas técnicas da ABNT, normas regulamentadoras, abordagem teórico-experimental baseada em artigos e livros, além de boas práticas aplicáveis na construção. O estudo realizado apresentou as anomalias patológicas oriundas da movimentação estrutural de uma edificação, por meio dos recalques diferenciais e propôs possíveis soluções. Além disso, verificou-se a importância de estudo das características dos maciços do solo, pois a interação solo-estrutura pode acometer o desempenho útil das edificações, a segurança estrutural, e a estética. É de suma importância a realização de ensaios no solo para a verificação dos tipos de materiais presentes e as suas características, para que uma fundação mais apropriada seja executada. Desta forma, evita-se que essas edificações sofram determinados danos oriundos dos recalques futuramente. Em razão do aparecimento dessas manifestações patológicas, faz-se necessário acompanhar constantemente seu desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Patologias construtivas. Anomalias patológicas, Recalque diferencial.

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	2
2.1.	As fundações .....	2
2.1.1.	Fundações Superficiais.....	2
2.1.2.	Fundações profundas.....	3
2.2.	Recalques em fundações.....	4
2.3.	Principais causas de recalques .....	8
2.4.	Patologias devidas a recalques.....	10
2.4.1.	Fissuras, trincas e rachaduras .....	10
2.4.2.	Deslocamento do revestimento.....	14
2.4.3.	Infiltração.....	15
2.4.4.	Corrosão das armaduras .....	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1.	Fundação e superestrutura da edificação.....	18
3.2.	Estrutura de identificação de patologias .....	20
3.2.1.	Levantamento de subsídios .....	20
3.2.2.	Diagnóstico da situação.....	21
3.2.3.	Definição de conduta.....	22
3.3.	Vistorias .....	22
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5.	CONCLUSÃO.....	32
6.	REFERÊNCIAS .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Furlan (2015), o termo patologia é derivado do grego (*pathos* - doença, e *logia*- ciência, estudo), ou seja, está interligado diretamente ao significado do estudo das doenças. O considerável avanço na área de engenharia dedicada à patologia da construção levou a um acúmulo de informações sobre o tema. O contínuo desenvolvimento nesta área se deu em relação ao diagnóstico e às formas de prevenção, parte do conhecimento adquirido durante décadas com o avanço tecnológico no setor de técnicas e materiais de construção. Contudo, anomalias na construção ainda são registradas e observa-se um elevado número de edificações relativamente novas apresentando diversos tipos de patologias mesmo diante desses avanços tecnológicos.

A ausência de um planejamento adequado da obra e o uso inadequado de materiais, aliados à falta de cuidados na execução e à carência de manutenção, podem ser possíveis geradores dessas anomalias patológicas. Um fator de extrema importância durante a execução de uma edificação, são os cuidados adequados pelo profissional competente durante a fase de projeto, execução e especificação dos materiais, que, se não bem desenvolvidas, comprometem a qualidade da obra.

Em se tratando de patologias associadas às fundações, Velloso e Lopes (2010) destacam que toda fundação sofre deslocamentos verticais, além de movimentos horizontais ou rotacionais, conforme solicitações as quais está submetida. Os valores relacionados a esses deslocamentos, quando ultrapassam determinados limites, podem danificar e até levar a estrutura suportada ao colapso, em razão do surgimento de esforços para os quais a fundação não foi dimensionada. Diante dos fatos apresentados, se faz importante o conhecimento das características do maciço do subsolo, pois a interação solo-estrutura pode comprometer o desempenho útil, a estética e a segurança da edificação.

O presente trabalho tem como finalidade analisar as anomalias patológicas geradas por recalque diferencial de uma edificação na cidade de São Paulo/SP, com o auxílio de relatórios fotográficos e sondagens, visando apurar as prováveis causas e propor soluções.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. As fundações

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), a fundação é um elemento estrutural de transição entre a superestrutura e o solo capaz de resistir às cargas da edificação acima, distribuindo-as para o solo numa tensão menor que sua capacidade de resistência, servindo assim de interface entre o solo e a edificação, mantendo-a estável. Seu comportamento está intimamente ligado ao que acontece com o solo quando submetido a carregamento através dos elementos estruturais das fundações. Assim, uma fundação adequada é aquela que apresenta conveniente fator de segurança à ruptura (da estrutura que a compõe e do solo afetado pela transmissão das cargas) e recalques (deslocamentos verticais do terreno) compatíveis com o funcionamento do elemento suportado.

#### 2.1.1. Fundações Superficiais

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), fundações superficiais são aquelas em que a carga é transmitida ao terreno predominantemente pelas pressões distribuídas sob sua base, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação as sapatas, os blocos, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas, brevemente descritos a seguir:

**Bloco** – elemento de fundação de concreto simples. Dimensionado de maneira que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura;

**Sapata** – elemento de fundação de concreto armado, de altura menor que o bloco, utilizando armadura para resistir aos esforços de tração;

**Viga de fundação** – elemento de fundação que recebe pilares alinhados, geralmente de concreto armado; pode ter seção transversal tipo bloco (sem armadura transversal), quando são frequentemente chamadas de baldrames, ou tipo sapata armadas;

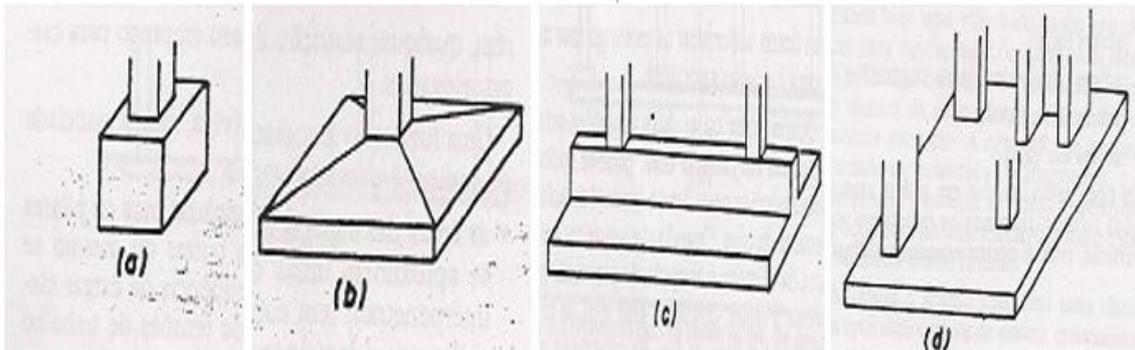
**Grelha** – elemento de fundação construído por um conjunto de vigas que se cruzam nos pilares;

**Sapata associada** – elemento de fundação que recebe parte dos pilares da obra, o que a difere do radier, sendo que estes pilares não são alinhados, o que a difere da viga de fundação;

**Radier** – elemento de fundação que recebe todos os pilares da obra.

Na Figura 1 são apresentados alguns dos tipos de fundação citados anteriormente: (a) Bloco de fundação, (b) Sapata de fundação, (c) Viga de fundação, (d) Sapata associada.

Figura 1: Exemplos de tipo de fundações superficiais.



Fonte: Fundações – Teoria e Prática (2002).

### 2.1.2. Fundações profundas

Segundo Cintra e Aoki (2010), fundações profundas são aquelas que transmitem 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 metros, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões, brevemente descritos a seguir:

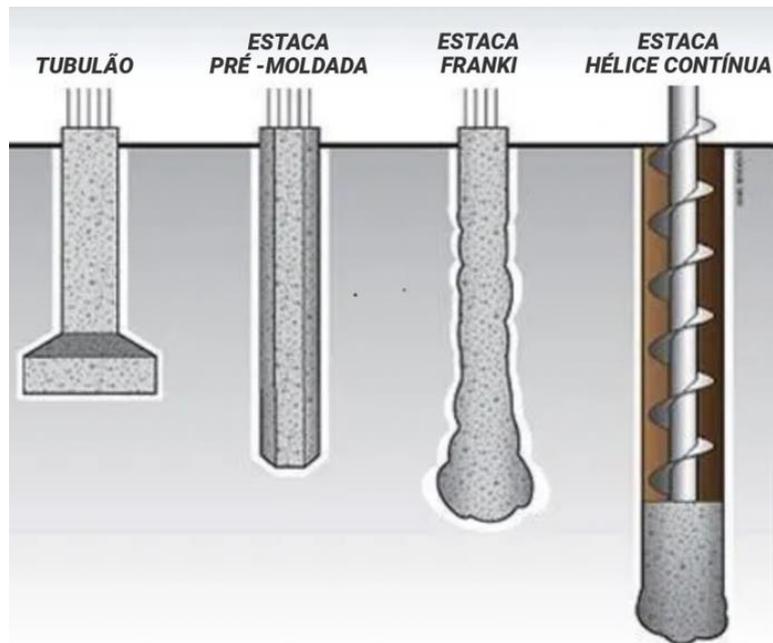
**Estacas** – elemento de fundação profunda executada com auxílio de ferramentas ou equipamentos, execução esta que pode ser por cravação a percussão, prensagem, vibração ou por escavação, ou, ainda, de forma mista, envolvendo mais de um destes processos;

**Tubulões** – elemento de fundação profunda de forma cilíndrica, em que, pelo menos na sua fase final de execução, há a descida de operário (o tubulão não difere da estaca por suas dimensões, mas pelo processo executivo, que envolve a descida de operário);

**Caixão** – elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna.

Na Figura 2 são apresentados alguns exemplos de fundações profundas:

Figura 2: Exemplo de fundações profundas.



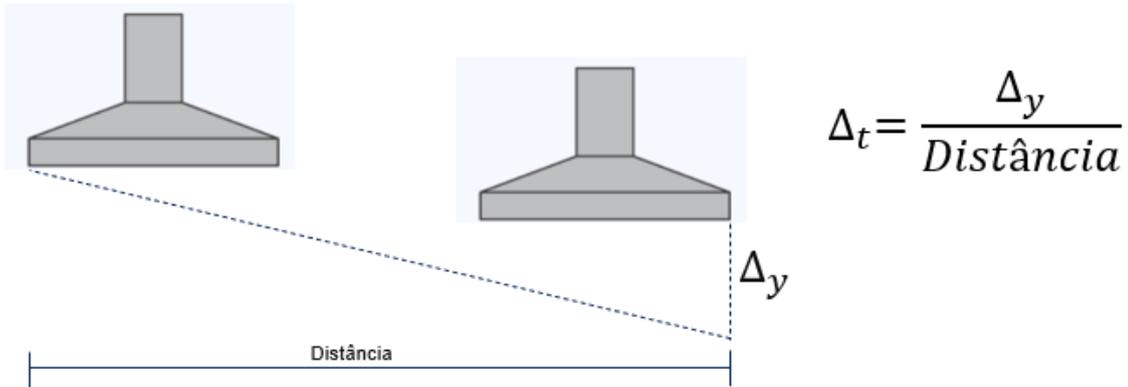
Fonte: Toca Obra (2020).

## 2.2. Recalques em fundações

Segundo a ABNT NBR 6122/2019: Projeto e execução de fundações, o fenômeno recalque se define pelo movimento vertical descendente do elemento estrutural. Quando seu movimento for ascendente, denomina-se levantamento. Quando dois ou mais sistemas de fundação sofrem recalque, a diferença de nível sofrida entre as fundações é chamada de recalque diferencial. O ângulo formado pelos recalques diferenciais é chamado de distorção angular. Quanto maior a distância entre as fundações, menor é a distorção angular como mostra a Figura 3. Assim o recalque diferencial com distorção angular, é o causador das anomalias patológicas. Como podemos ver o recalque diferencial com distorção angular sendo a relação entre o desnível entre os apoios, pela distância que eles se encontram. Assim como o recalque diferencial com distorção angular é inversamente proporcional a distância entre os apoios, quanto menor foi a

distância, maior será o recalque e conseqüentemente maiores serão as anomalias patológicas geradas.

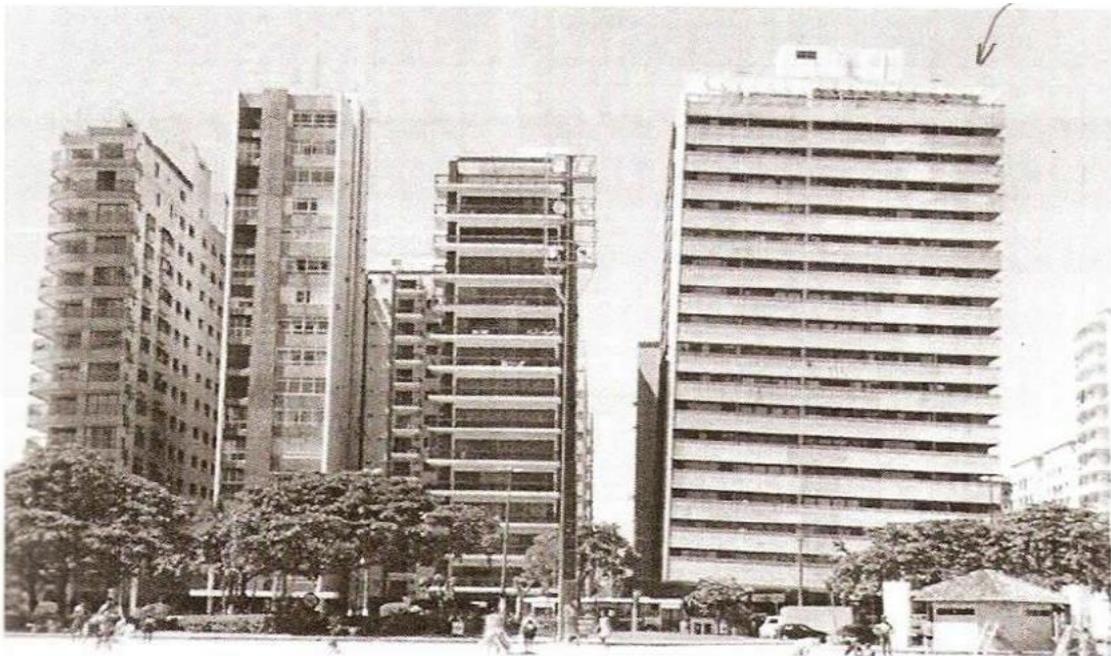
Figura 3: Recalque distorcional.



Fonte: Do autor.

A Figura 4, Figura 5 e Figura 6 mostram edifícios que sofreram recalques diferenciais.

Figura 4: Ocorrência de recalque diferencial em edifício.



Fonte: Cardoso (2002).

Figura 5: Ocorrência de recalque diferencial em edifício



Fonte: Cardoso (2002).

Figura 6: Ocorrência de recalque diferencial em edifício

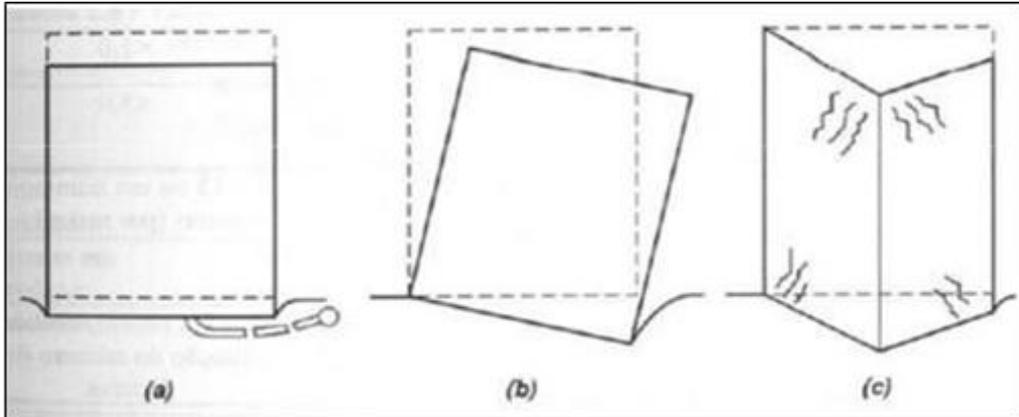


Fonte: Unicamp (2015).

Fatores como estudo do solo de fundação são de extrema importância para se prevenir recalques diferenciais e, assim, evitar grandes transtornos. Segundo Sumensse e Sanders (2016), a principal anomalia que a edificação apresenta quando existe um

recalque diferencial são as fissuras, rachaduras ou trincas a 45° nas paredes, além do desaprumo da edificação. A Figura 7, mostra os principais modos de deformação.

Figura 7: Principais modos de deformações: (a) Recalques uniformes, (b) Recalques desuniformes sem distorção e (c) Recalques desuniformes com distorção.

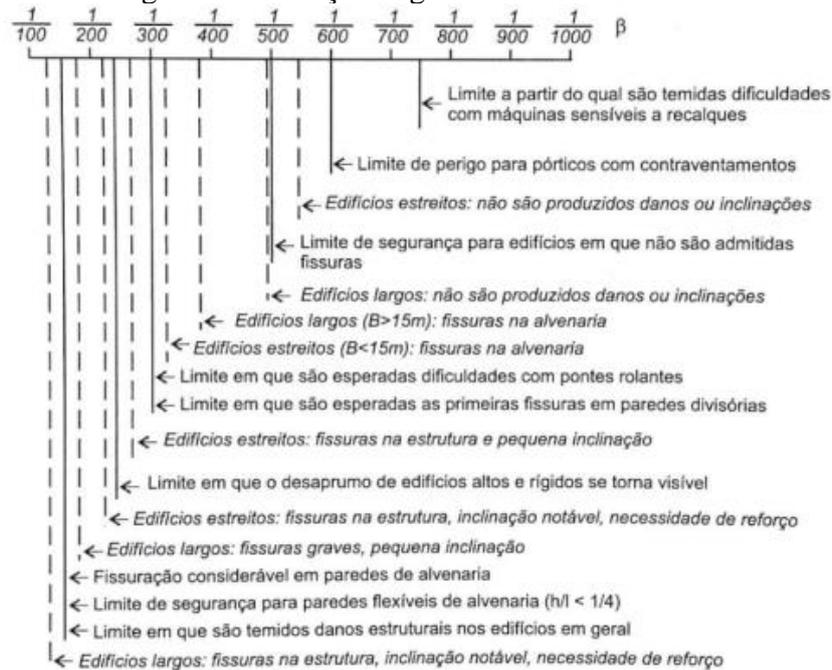


Fonte: Velloso e Lopes (2010).

Segundo Alonso (1991), os valores admissíveis são fixados pelos especialistas envolvidos com o projeto. A execução e o acompanhamento do desempenho da obra são decorrentes da experiência local ao longo do tempo que permite concluir que, para o tipo de estrutura, carregamento e solo, tais valores de recalque podem ser considerados aceitáveis, ou seja, admissíveis.

Na Figura 8, é apresentado os valores da distorção angular ( $\beta$ ) e os danos associados sugeridos por Bjerrum (1963) e complementadas por Vargas e Silva (1973), conforme citam Hachich et al. (1998).

Figura 8: Distorção angular e danos associados.



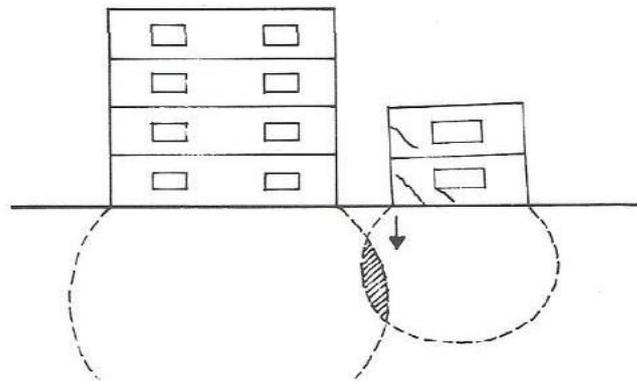
Fonte: Bjerrum (1963) adaptado por Vargas e Silva (1973) apud Hachich et al. (1998).

### 2.3. Principais causas de recalques

Segundo Fernandes (2016), devido à incorporação de edifícios cada vez mais altos, maiores serão as cargas atuantes no solo e, conseqüentemente, maiores os recalques observados. Desta forma, para os edifícios de grande porte, torna-se mandatória a previsão de recalques para os projetos que não consideram a insuficiência de levantamento topográfico, sondagens ou ensaios, a falta de homogeneidade do terreno, presença de aterro ou entulho, fossas e/ou flutuações de Nível d'Água (NA). A ocorrência de crateras ou vazios em solos calcários e a lixiviação de solos em virtude da presença forçada de rompimento de tubulações podem acarretar recalques acentuados.

A Figura 9 apresenta uma situação que normalmente ocorre quando são realizadas construções de grande carga junto a edificações com fundações diretas leves, ocasionando superposição do bulbo de tensões e recalques adicionais em edificações antigas.

Figura 9: Bulbo de tensões.



Fonte: Thomaz (1949).

Geralmente, em virtude da construção de anexos ou de acréscimos em épocas diferentes daquela em que foi construído o primeiro prédio; pode haver movimento de corpo rígido em parte da estrutura com aparecimento de fissura na justaposição entre prédios construídos com o objetivo de formarem um mesmo corpo.

Segundo Pinto (2006) recalques em fundações profundas com estacas de grandes diâmetros podem ocorrer em função da presença de terra solta ou lama bentonítica na base da estaca, desvio da ponta da estaca metálica ou pré-fabricada de concreto devido a presença de matacões. Já recalques diferenciais por falta de homogeneidade do solo podem acontecer entre elementos verticais como pilares, tubulões e estacas, solicitando as alvenarias com tensões incompatíveis com sua capacidade de absorver tais deformações. Ainda segundo o autor recalques de sapatas assentadas sobre areia podem acontecer devidos a vibrações de estacas cravadas nas vizinhanças, tais como estacas metálicas, pré-fabricadas de concreto e tipo Franki.

Segundo Rabello (2008) no caso de consolidação distinta de um aterro carregado (alturas de aterro diferenciais), as camadas mais altas de aterro recalcam mais que as mais baixas. O mesmo pode ocorrer devido a carregamentos desbalanceados, com parte da estrutura sendo mais carregada do que outra. O efeito se repete no caso de rebaixamento do NA, o lado da edificação onde houver maior rebaixamento do lençol sofre maiores danos.

Segundo Thomaz (1989) fundações assentes entre aterro e corte tendem a apresentar trincas em alvenarias. Na maioria das vezes, uma grande trinca vertical onde a seção muda de aterro para corte pode ser observada, sugerindo a separação da edificação em dois corpos.

A ascensão do nível do lençol freático é um caso raro, mas que pode colocar em risco uma vila ou cidade inteira com o enchimento de lagos formados a partir de barragens. Com a ascensão do NA, a presença de água nas fundações aumenta a deformabilidade em solos argilosos, acentuando os recalques.

Segundo Rabello (2008) o desconfinamento de fundações rasas também pode causar recalques nas sapatas, diminuindo a capacidade resistente do solo de suporte. Em perfis de terreno onde hajam camadas subjacentes com SPT menor que na camada sobrejacente, pode haver recalques. Portanto, caso existam solos de menor valor do SPT adotado abaixo da cota de apoio da fundação, uma análise de recalques pelo processo teórico é indispensável.

## **2.4. Patologias devidas a recalques**

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2008) a manifestação reconhecível de ocorrência de movimento das fundações é o aparecimento de fissuras nos elementos estruturais. Toda vez que a resistência dos componentes da edificação ou conexão entre elementos for superada pelas tensões geradas por movimentação, ocorrem fissuras.

Os movimentos das fundações afetam a aparência visual, a função e a utilização, mas é essencial reconhecer que prejuízos de natureza puramente estética são menos importantes, e essa importância depende do tipo e da utilização da obra.

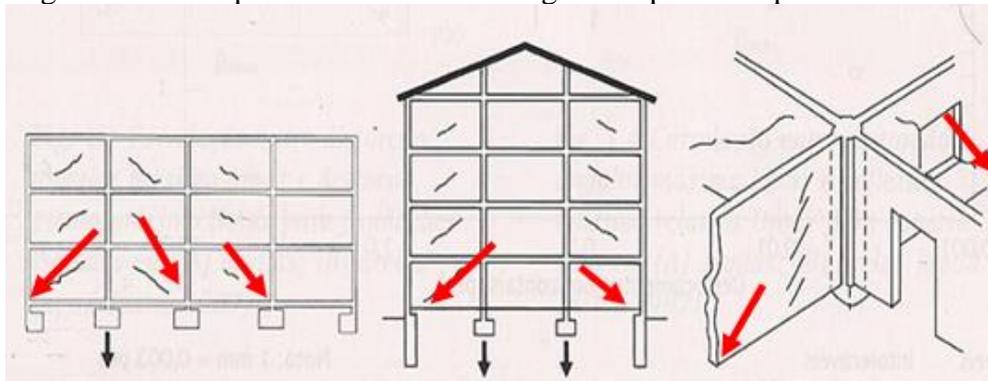
### **2.4.1. Fissuras, trincas e rachaduras**

Segundo Corsine (2010) o aparecimento de fissuras pode ser indício de que algo está acontecendo, embora elas nem sempre decorram de deslocamentos da estrutura. De qualquer forma, é aconselhável acompanhar sua evolução, medindo-se periodicamente as diagonais de um retângulo traçado de sorte a ser cortado pela fissura, ou por meio de um fissurômetro ou qualquer outro instrumento de medida de precisão.

A Figura 10 apresenta padrões típicos de deslocamentos correspondentes às fissuras. É importante mencionar que detalhes construtivos específicos de vinculação dos diferentes elementos que normalmente compõem uma edificação, além de efeitos combinados de movimentos causados por outra origem que não deslocamentos, tornam

a definição e identificação dos movimentos a partir apenas da fissuração apresentada bastante complexas nos casos reais. É necessária a realização de acompanhamento ou controle de recalques para identificação precisa do comportamento real das fundações.

Figura 10: Exemplo de fissuras comuns geradas por recalques diferenciais.



Fonte: Patologia das Fundações (2008).

Segundo a ABNT NBR 6118/2014, (Projeto de estrutura de concreto), a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável em virtude da grande variabilidade e da baixa resistência do concreto à tração, mesmo sob as ações de serviço (utilização), onde valores críticos de tensões de tração são atingidos. A norma referida prevê aberturas máximas de fissuras da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm como mostra a (Tabela 1), entretanto havendo divergências nas demais literaturas sobre a definição de fissuras.

Tabela 1: Classificação das fissuras.

<b>ANOMALIAS</b>	<b>ABERTURAS (mm)</b>
Fissura	Até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira (2012).

Segundo Antunes (2010), as fissuras são classificadas de acordo com seu comportamento em ativas ou vivas, quando aumentam ao longo do tempo, e inativas ou mortas, quando a fissura se encontra estabilizada, não se desenvolve. Dessa forma, procede-se à avaliação da gravidade do problema. Em razão da complexidade e particularidade de cada caso, o tratamento e o acompanhamento da fissura devem ser realizados com a participação de um profissional especializado.

As Tabela 2 e Tabela 3 mostram uma relação entre abertura de fissuras e danos gerados e uma classificação de danos visíveis respectivamente. Estas classificações podem ajudar em análises, conclusões e recomendações quanto às manifestações relacionadas aos recalques ditos diferenciais que, por sua vez, impõem deformações e tensões nas estruturas e, conseqüentemente, nos demais elementos ligados, como paredes e esquadrias.

Tabela 2: Relação entre abertura de fissuras e danos em edifícios.

Abertura da fissura (mm)	Intensidade dos danos			Efeito na estrutura e no uso do edifício
	Residencial	Comercial ou público	Industrial	
< 0,1	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Nenhum
0,1 a 0,3	Muito leve	Muito leve	Insignificante	Nenhum
0,3 a 1	Leve	Leve	Muito leve	Apenas estética; deterioração
1 a 2	Leve a moderada	Leve a moderada	Muito leve	acelerada do aspecto externo
2 a 5	Moderada	Moderada	Leve	Utilização do edifício será afetada e, no limite superior, a estabilidade também pode estar em risco
5 a 15	Moderada a severa	Moderada a severa	Moderada	
15 a 25	Severa a muito severa	Severa a muito severa	Moderada a severa	
> 25	Muita severa a perigosa	Severa a perigosa	Severa a perigosa	Cresce o risco de a estrutura se tornar perigosa

Fonte: Thornburn e Hutchinson, (1985).

Tabela 3: Classificação de danos visíveis em paredes conforme a facilidade de reparação.

<b>Categoria do dano</b>	<b>Danos típicos</b>	<b>Largura aproximada da fissura (mm)</b>
	Fissuras capilares com largura menor que 0,1 mm são classificadas como desprezíveis	< 0,1
1	Fissuras finas que podem ser tratadas facilmente durante o acabamento normal	> 1,0
2	Fissuras facilmente preenchidas. Um novo acabamento provavelmente é necessário. Externamente, pode haver infiltrações. Portas e janelas podem empenar ligeiramente	< 5,0
3	As fissuras podem ser reparadas por um pedreiro. Fissuras que reabrem podem ser mascaradas por um revestimento adequado. Portas e janelas podem empenar. Tubulações podem quebrar. A estanqueidade é frequentemente prejudicada	5 a 15 ou um número de fissuras (por metro) > 3
4	Trabalho de reparação extensivo, envolvendo a substituição de panos de parede, especialmente sobre portas e janelas. Esquadrias de portas e janelas distorcidas; pisos e paredes inclinados visivelmente. Tubulações rompidas.	15 a 25, mas também função do número de fissuras
5	Essa categoria requer um serviço de reparação mais importante, envolvendo reconstrução parcial ou completa. Vigas perdem suporte, paredes inclinam perigosamente e exigem escoramento. Janelas quebram com distorção. Perigo de instabilidade.	Usualmente > 25, mas também função do número de fissuras

Fonte: I.S.E. (1989).

As fissuras, são um dos tipos mais comuns de patologias encontradas. Elas podem surgir durante a execução do projeto arquitetônico. Mesmo sendo comum, em alguns casos, sua aparição pode interferir na durabilidade e características estruturais das edificações e também na estética.

Segundo Corsine (2010), fissuras mais aparentes com espessuras maiores, podem ser indicativas de algum problema estrutural mais sério. A Figura 11 apresenta exemplos de fissuras.

Figura 11: Fissura mapeada causada por retração de secagem da argamassa.



Fonte: Corsine (2010).

As trincas geralmente podem ultrapassar a camada do revestimento e podem afetar diretamente a estrutura interna como as armaduras. Elas representam a ruptura dos elementos e é uma patologia mais grave, pois pode afetar a segurança de componentes estruturais de uma edificação. Segundo Ceotto (2005), as trincas podem ser definidas como o estado em que um determinado objeto ou parte dele se apresenta partido, separado em partes. Nesse contexto, mesmo as trincas pequenas ou quase imperceptíveis devem ter a causa ou as causas minuciosamente pesquisadas.

Já as rachaduras são um agravamento das aberturas das trincas, variando sua abertura entre 1,5 mm à 5,0 mm. Assim podendo gerar graves problemas no elemento estrutural, até mesmo chegando ao seu colápsio.

#### **2.4.2. Deslocamento do revestimento**

Segundo Corsine (2010), o deslocamento do revestimento geralmente pode ser observado quando a adesão entre os elementos do sistema não ocorre como o necessário. Assim, as possíveis causas são: a especificação incorreta do material de assentamento ou de rejuntamento, a utilização da argamassa após vencido o tempo em aberto, a exposição a altas temperaturas ou à umidade, deficiência no preparo da base e recalques

diferenciais. Por meio de teste a percussão, pode-se prever a ocorrência dessa patologia ao se detectar som cavo.

A Figura 12 mostra um deslocamento de revestimento cerâmico.

Figura 12: Deslocamento do revestimento cerâmico em fachada.



Fonte: Do autor.

### **2.4.3. Infiltração**

Segundo Sabino (2016), na construção civil, a água pode causar danos inconvenientes às estruturas das edificações. Grandes problemas relacionados na função e no uso das edificações podem ser ocasionados pela infiltração e umidade. O mofo é uma patologia decorrente da infiltração, além de causar danos estéticos à estrutura, pode causar problemas alérgicos aos ocupantes da edificação.

A infiltração externa é a passagem de umidade da parte externa para a interna, por meio de trincas ou da própria capacidade de absorção do material, e pode se dar por diferentes mecanismos:

- Umidade ascensional, que é a umidade originada do solo, e sua presença pode ser notada em paredes e solos;
- Umidade por condensação, que é consequência do encontro do ar com alta umidade com superfícies apresentando baixas temperaturas, o que causa a precipitação da umidade;
- Umidade de obra, que é basicamente a umidade presente na execução da obra, como em argamassas e concreto;

- Umidade accidental, que é o fluido gerado por falhas nos sistemas de tubulações, e que acabam ocasionando infiltração.

A Figura 13 mostra o aparecimento de mofo e bolor causado pela infiltração de água.

Figura 13: Manchas de bolor e mofo geradas por infiltração.



Fonte: Schönardie (2009).

#### 2.4.4. Corrosão das armaduras

A corrosão, também conhecida como oxidação da armadura de concreto, é a transformação lenta de um metal em seus óxidos. A umidade desempenha um fator muito importante no processo de oxidação das armaduras.

Segundo Weimer (2018), as armaduras estão sujeitas a degradação quando sua camada de proteção é destruída. O meio aquoso dentro do concreto é alcalino – ou seja, possui pH elevado, e sempre que isso acontece as barras de aço são protegidas por uma película passiva de óxido de ferro produzida pela própria ferrugem. Quando esta camada protetora de óxido de ferro é destruída, gera-se então a corrosão. No caso de estruturas de concreto armado, uma forma de corrosão é devida à presença de íons corrosivos no concreto, cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).

Como conhecido, a reação do cimento com a água resulta em compostos hidratados, como o hidróxido de cálcio, que em combinação com os hidróxidos ferrosos do aço formam uma capa protetora para a armadura. A carbonatação do concreto, que ocorre em concretos porosos ou com baixo cobrimento das armaduras reduz a alcalinidade do concreto, tendo como consequência a destruição da capa da armadura, permitindo o início do processo de corrosão.

A Figura 14, mostra uma armadura oxidada gerada pelo processo de infiltração.

Figura 14: Corrosão da armadura ocasionada pela ausência de proteção.



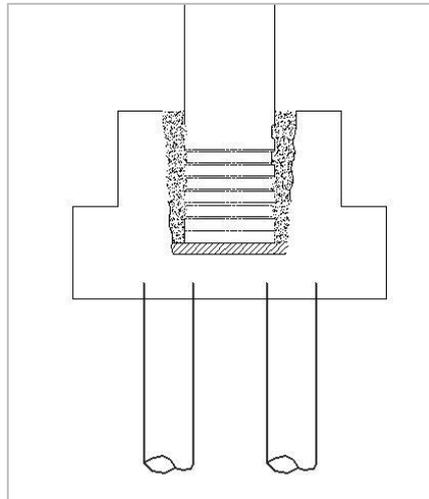
Fonte: Andrade (2016).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Fundação e superestrutura da edificação

O estudo foi realizado em uma edificação comercial localizada na cidade de São Paulo/SP, (Não havendo autorização para se divulgar o nome e localização específica do empreendimento), tratando-se de uma construção de alvenaria com 6 pavimentos. A sua fundação é composta por blocos de fundação sobre estacas pré-moldadas de concreto de diversos tamanhos como mostra a Figura 15. Embora a maioria das estacas sejam de 31 metros de comprimento, os tamanhos e diâmetros das demais são variados. Eles foram assentados em solo de silte argiloso a 1,70 m de profundidade e  $N_{SP}$  igual a 8 golpes. Grande parte da fundação foi executada sobre aterro, o qual provavelmente não foi adequadamente compactado, pois não há registros de ensaio de Proctor. Os blocos de coroamento são pré-moldados, assim como as estacas, estando assente em duas estacas como mostra a Figura 15 e possuem ranhuras no cálice para que possam receber os pilares também pré-moldados para, então, solidarizá-los nos elementos de fundação após o preenchimento de graute no entorno do pilar.

Figura 15: Detalhe extraído do projeto de fundação da edificação. Blocos sobre estacas pré-moldadas de diversos diâmetros.



Fonte: Do autor.

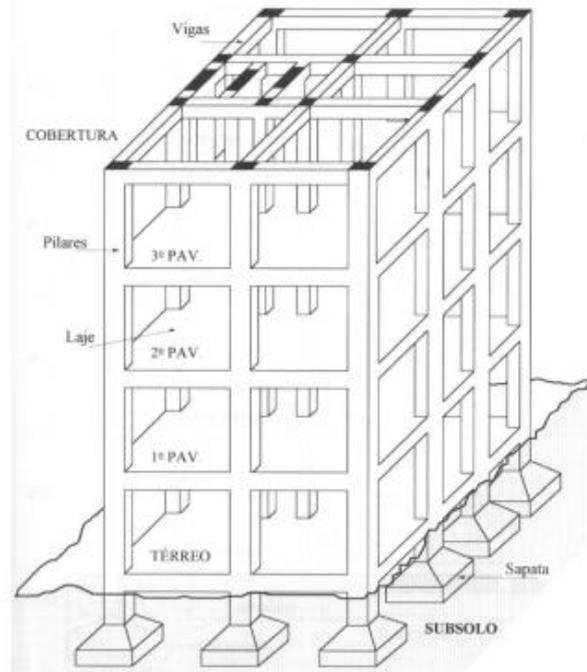
Figura 16: Posição do furo SP-01.



Fonte: Do autor.

A estrutura da edificação é pré-moldada de concreto armado em modelo tridimensional de barras, também chamado de “reticulado”, ou seja, é composta por lajes, vigas e pilares. Estes últimos elementos descarregam em blocos de fundação rígidos que transferem as tensões para as estacas dispostas imediatamente abaixo do bloco. O solo no fuste e na base de estacas e tubulões deve resistir a todas as tensões oriundas do carregamento permanente e variável da edificação, tanto na fase de construção quanto na utilização pós-obra. O processo executivo da estrutura, portanto, consiste em elementos estruturais pré-moldados sobrepostos e içados por guindastes ou guias. Segundo Carvalho e Filho (2014), este sistema construtivo de encaixe das peças estruturais prontas elimina algumas restrições quanto ao deslocamento relativo entre elas, cuja consequência é uma movimentação maior quando comparada a uma edificação de mesmas dimensões em planta e elementos estruturais, porém, moldada no local, no qual há um grau maior de hiperstaticidade da estrutura como um todo. As vigas servem como um bom exemplo, pois em situações de sobreposição elas permitem a rotação em seu apoio diferentemente quando estão “engastadas” nos pilares como mostra a Figura 17.

Figura 17: Representação tridimensional da composição da Estrutura pré-moldada da edificação.



Fonte: Botelho e Marchetti (2014).

### 3.2. Estrutura de identificação de patologias

De modo a cumprir o objetivo proposto no trabalho, de identificar as patologias provenientes de recalques diferenciais de fundação na edificação, utilizou-se a estrutura básica proposta por Lichtenstein (1986). Nesta metodologia, o autor divide a forma de atuação prática em 3 etapas, levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta.

#### 3.2.1. Levantamento de subsídios

Nesta etapa, reuniu-se informações para o entendimento dos problemas encontrados. Desta forma, primeiramente foi realizada uma vistoria *in loco* onde foi feito um registro fotográfico com as configurações típicas das manifestações patológicas e adicionadas informações que pudessem corroborar com a confecção de um mapeamento das anomalias patológicas. Assim, foi possível visualizar os ambientes mais críticos atingidos pelo recalque. Ao efetuar o registro fotográfico, foi instalado um fissurômetro ao lado de cada abertura como um parâmetro de referência, a fim de estimar com maior precisão os tamanhos das fissuras, trincas e rachaduras. Além da

identificação das fissuras, foram identificadas no local outras anomalias que poderiam ser decorrentes do recalque diferencial.

Foi realizado também um reconhecimento das condições gerais da localização do terreno da edificação e de seus arredores através de uma inspeção visual preliminar. Com isso, foram definidos os pontos mais críticos, onde haveria a necessidade de maior severidade na análise das patologias.

### **3.2.2. Diagnóstico da situação**

Para o presente trabalho foram realizados relatório técnico de sondagem a percussão com ensaio SPT (ANEXO 1), mapeamento das anomalias oriundas do recalque diferencial (ANEXO 2) e relatório técnico fotográfico das anomalias (ANEXO 3).

Após a inspeção visual e levantamento dos subsídios, foi feito um estudo para identificar como o recalque causou manifestações patológicas na residência. Nesta etapa, por meio do que foi obtido como base para análise na etapa anterior, foram analisadas as configurações das fissuras e suas características, observando-se a espessura, grau de inclinação, processo de evolução e a direção em que a fissura apontava.

Fatores importantes, como a inclinação do terreno, foram levados em consideração para definição de que as patologias analisadas eram provindas do recalque diferencial. Assim, para o presente trabalho foram realizados estudos da literatura técnica relativa ao assunto de problemas patológicos, especialmente aqueles originados em problemas de solo e fundações, relatório técnico de sondagem a percussão com ensaio SPT, normas e demais materiais técnicos pertinentes, o que é possível graças ao fato de manifestações patológicas apresentarem características comuns que possibilitam sua identificação.

Foi executado SPT (Anexo 1) de um ponto localizado conforme a Figura 18. O solo é composto preponderantemente por silte argiloso, cujo começo de crescimento de resistência à cravação se dá a 25 metros de profundidade, este provavelmente no término do aterro. A Figura 18 mostra um trecho extraído do relatório de sondagem a percussão – furo SP-01, (ANEXO 1)



Gerber, distorções na esquadria da fachada e guias do elevador, bem como fissuras com aberturas entre 0,1 mm a 0,4 mm em pisos e, principalmente, na alvenaria da caixa de escada na região conforme mostra a Figura 19. A equipe de vistoria percebeu também recalque localizado do piso de 3 cm na área próxima aos banheiros e a sala de faturamento Figura 20.

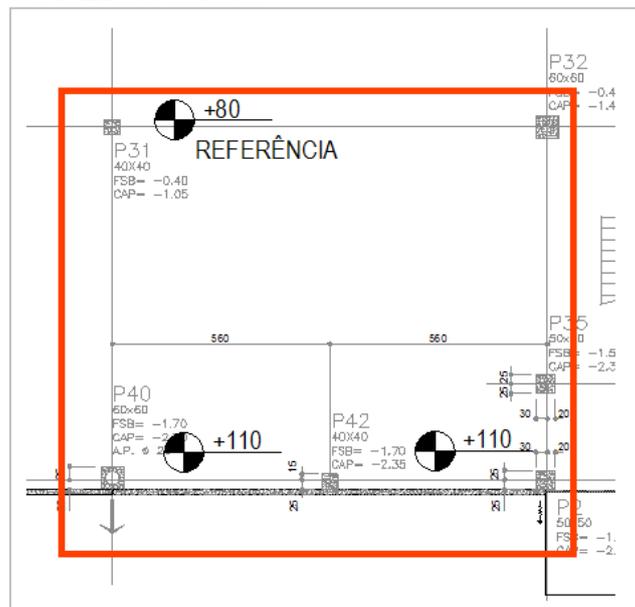
Figura 19: Fissuras e movimentação vertical no piso da fachada.





Fonte: Do autor.

Figura 20: Recalque do piso na região da sala de faturamento próxima aos banheiros e ao lado da caixa de escada.



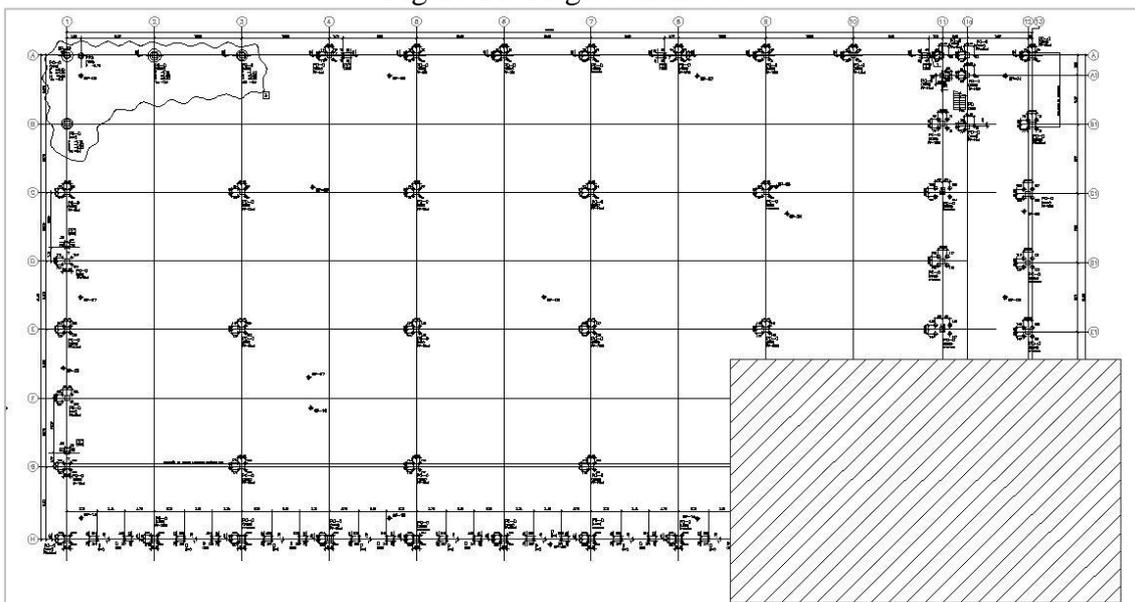
Fonte: Do autor.

Em visitas posteriores, após indícios evidentes de recalque de piso, a equipe técnica considerou prudente escavar alguns pontos, principalmente próximo ao recalque do piso, para constatar ou eliminar possível recalque de viga baldrame. Foram instalados também selos de monitoramento para acompanhar a evolução de fissuras nas alvenarias.

A viga estava apoiada na base do pilar pré-moldado imediatamente acima do bloco de fundação para apoiar as paredes hidráulicas do banheiro. Com o exposto, foram detectados outros pontos problemáticos em vigas baldrame existentes nos projetos.

A Figura 21 mostra a região analisada sendo a área hachurada que sofreu recalque e os pilares P20, P5, P36 e P33 que sofreram desaprumos e deslocamento vertical.

Figura 21: Região analisada.



Fonte: Do autor.

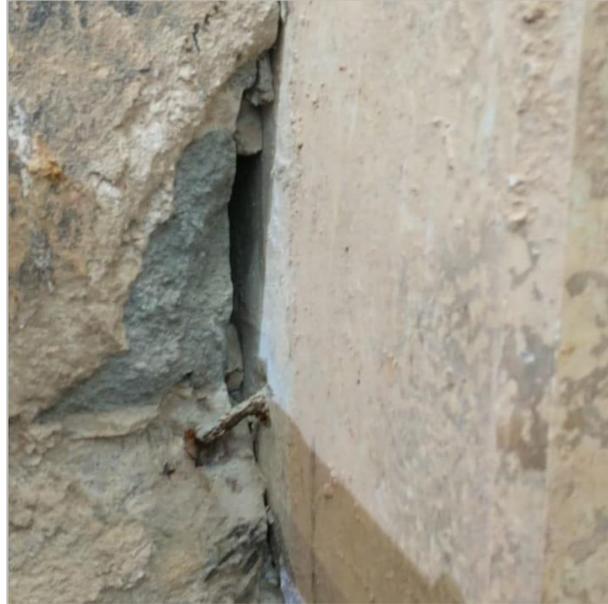
Além do exposto, houve inspeção de vigas baldrame na área dos banheiros e sala de faturamento com verificação de ruptura na ligação entre a viga e o seu ponto de apoio (base do pilar pré-moldado). Fato este, que redireciona o foco principal para o aparecimento de fissuras em alvenarias e distorções em esquadrias, ambos, devido aos deslocamentos verticais de viga baldrame utilizada como suporte de alvenarias e esquadrias.

Há, portanto, três problemas evidentes: (i) parte da edificação que sofreu recalque foi construída em aterro; (ii) ruptura de apoio das vigas baldrame e (iii) recalque do piso (laje) de concreto na sala de faturamento.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após vistorias in loco foi possível constatar a existência de viga baldrame, sem registro em projetos, e com ruptura em um dos apoios na região dos banheiros (feminino e masculino) e sala de faturamento como mostra a Figura 22.

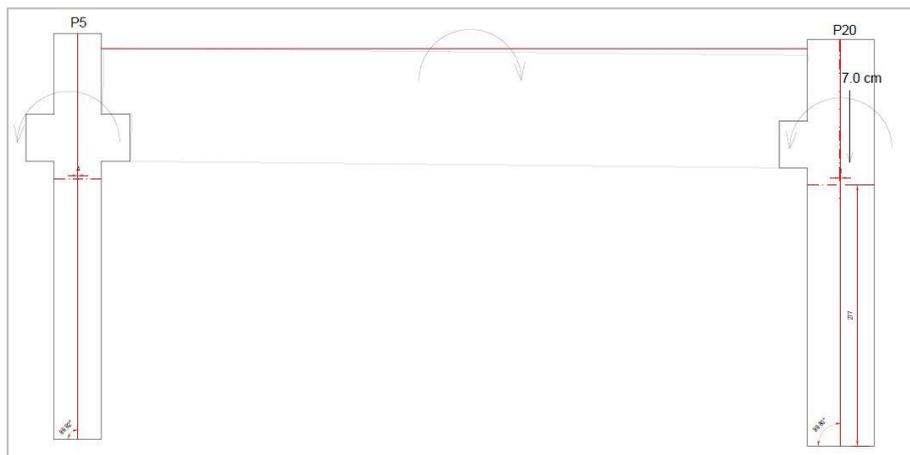
Figura 22: Viga baldrame na região dos banheiros e ruptura do ponto de apoio no pilar pré-moldado.



Fonte: Do autor.

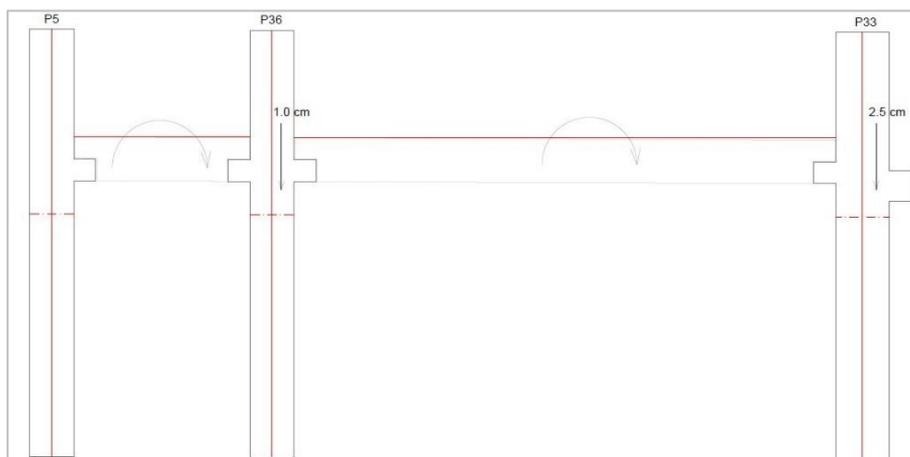
A Figura 23 e a Figura 24 mostram os deslocamentos e rotações entre os pilares situados na região que sofreu recalque. A Tabela 4 e a Tabela 5 mostram os desaprumos dos pilares e os deslocamentos verticais respectivamente, e a Tabela 6 mostra os valores obtidos de recalques distorcionalis.

Figura 23: Deslocamentos e rotações entre os pilares P5 e P20.



Fonte: Do autor.

Figura 24: Deslocamentos e rotações entre os pilares P5, P36 e P33.



Fonte: Do autor.

Tabela 4: Desaprumos de pilar medidos com nível laser e trena.

<b>PILAR</b>	<b>DESAPRUMO EM <math>\Delta X</math>/</b>	<b>DESAPRUMO EM <math>\Delta Y</math></b>
P20	0 mm	7 mm
P5	0 mm	0 mm
P33	4 mm	0 mm

Fonte: Do autor.

Tabela 5: Deslocamento vertical (recalques) medidos com nível laser e trena.

<b>PILAR REF (P5)</b>	<b>DESNÍVEL EM RELAÇÃO AO PILAR P5 (cm)</b>
P05	0
P20	7
P36	2
P33	3,5

Fonte: Do autor.

Tabela 6: Valores de recalques distorcionais.

<b>PILARES</b>	<b>DESLOCAMENTO VERTICAL (cm)</b>	<b>DISTÂNCIA ENTRE OS PILARES (cm)</b>	<b>RECALQUE DISTORCIONAL</b>
P05 – P20	7	700	$\frac{1}{100}$
P05 – P36	2	1000	$\frac{1}{500}$
P05 – P33	3,5	1220	$\frac{1}{350}$

Fonte: Do autor.

Através das medidas coletadas de deslocamentos verticais dos pilares analisados medidos com nível laser e trena, resultaram em percepção de recalque diferencial entre pilares, e da laje de piso na sala de faturamento.

Tal fato se dá pois não há evidências de compactação adequada pela ausência de dados sobre os ensaios de Proctor na época da preparação do aterro. Os aterros por conterem índices de vazios elevados, faz se necessário uma compactação adequada, assim, tendo em vista o aumento considerável do  $N_{SPT}$  a partir de, aproximadamente 25 m, de profundidade, é razoável admitir a existência de uma camada de aterro da superfície até esta profundidade. Grande parte das estacas pré-moldadas constituintes da estrutura da edificação possui 31 m de comprimento, estando apenas 6 metros assentes em solo competente, razoável para uma edificação baixa.

O deslocamento vertical ocorrido na laje de piso na sala de faturamento trata-se de um fenômeno associado ao processo de adensamento do aterro por baixo da laje de piso, a qual se apoia totalmente. Para solução, sugere-se elevar o piso com aplicação de resina de geopolímero expansivo, para que não gere um aumento no carregamento do aterro, condição que poderia conduzir a novos recalques.

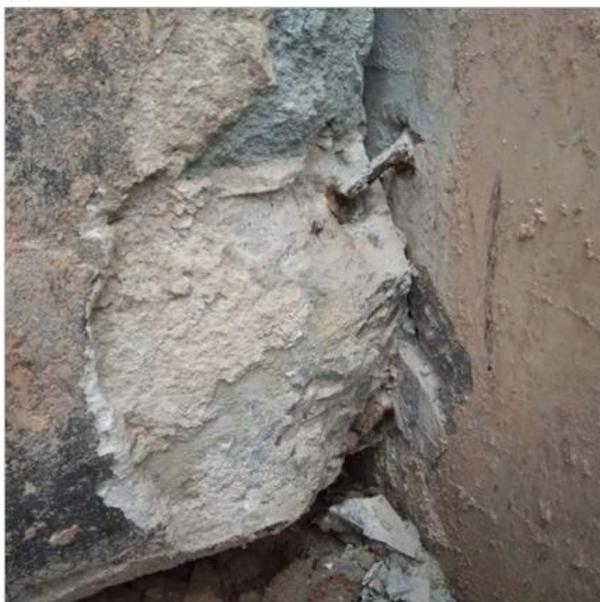
Quando comparamos os valores de recalque distorcional (Tabela 6) com os valores da distorção angular e os danos associados sugeridos por Bjerrum (1963) e complementadas por Vargas e Silva (1973), conforme citam Hachich et al. (1998), podemos observar que para o recalque distorcional 1/100, Bjerrum nos mostra alguns dados como trincas consideráveis em paredes de alvenaria de tijolos, patologias observadas na Figura 19.

Ao analisarmos o recalque distorcional entre os pilares P05 - P36,  $\frac{1}{500}$ , Bjerrum nos fala sendo um limite seguro para edifícios, e o recalque distorcional entre os pilares P05 - P33  $\frac{1}{350}$ , sendo o limite onde deve-se esperar a primeira trinca em parede de alvenaria.

Muitas manifestações patológicas são originárias da movimentação das vigas baldrames, ditas como rompidas no apoio, como, por exemplo, as trincas e fissuras nas alvenarias dos banheiros e áreas próximas à sala de faturamento como mostra o relatório fotográfico (ANEXO 3).

As barras de ligação da viga baldrame romperam devido ao deslocamento vertical ocorrido na sala de faturamento, como mostra a Figura 25, acarretando fissuras na alvenaria do banheiro como mostra o relatório fotográfico (ANEXO 3).

Figura 25: Ruptura da ligação entre a viga baldrame dos banheiros e a base do pilar pré-moldado.



Fonte: Do autor.

Não há fortes indícios para reforçar a fundação profunda sem comprovação de evolução dos deslocamentos da estrutura no tempo, visto que os deslocamentos ocorridos não comprometeram a utilização da edificação e não há presença de fissuras e deformações excessivas em elementos estruturais. Entretanto, há necessidade de reforço estrutural nas vigas baldrames, inspecionadas durante as campanhas, que apresentam rompimento de ligações e deformações excessivas devido ao deslocamento vertical do elemento de fundação.

Sugere-se reforço nas vigas baldrame danificadas para que boa parte das manifestações observadas na edificação estudada, principalmente as trincas e fissuras em alvenarias e até mesmo algumas distorções em esquadrias próximas aos elementos estruturais comprometidos sejam solucionadas. Não há necessidade de reforçar todas elas, mas sim aquelas que apoiam alvenarias danificadas (fissuradas) ou que apresentam distorções em esquadrias.

Por fim, considerando que as vigas baldrames foram inspecionadas de maneira amostral, se faz necessária a ampliação das inspeções e prospecções, para todas as vigas baldrames que eventualmente apoiem alvenarias com presença de danos aparentes (fissuras, destacamentos, etc.) e/ou distorções em esquadrias, com objetivo de avaliar as condições de suas ligações no apoio.

A Tabela 7 mostra uma compilação das observações e recomendações, conforme os problemas discutidos e abordados

Tabela 7: Observações e recomendações, conforme os problemas discutidos (Parte 1).

ITEM	RECOMENDAÇÃO
<p data-bbox="496 1048 663 1079" style="text-align: center;"><b>EDIFICAÇÃO</b></p> 	<p data-bbox="943 1115 1394 1512">Monitorar os recalques (deflexões e deslocamentos) nos pilares da zona de aterro antes de qualquer intervenção nos elementos de fundação o que seria de grande impacto na operação e utilização da edificação. Coletar as informações mensalmente por um período mínimo de 6 meses.</p>

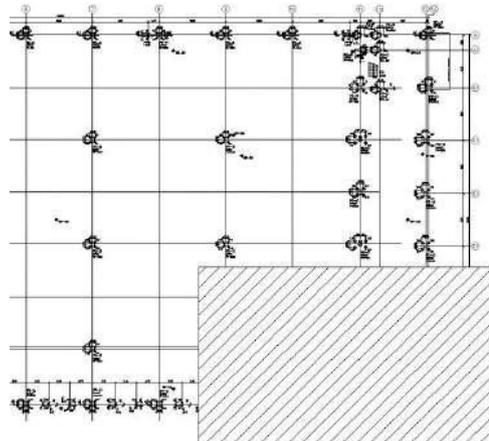
(continua)

Tabela 7: Observações e recomendações, conforme os problemas discutidos (Parte 2).

**REFORÇO ESTRUTURAL EM VIGAS DO BALDRAME**

Inserir reforço estrutural em vigas do baldrame que apoiam alvenarias fissuradas ou esquadrias distorcidas, além das existentes e comprometidas na área dos banheiros.

Inspeccionar todas as vigas baldrames que apoiam alvenarias danificadas (fissuradas) ou que apresentem distorções em esquadrias, priorizando os locais de maiores danos.

**PISO –SALA DE FATURAMENTO**

**CANTONEIRA METÁLICA DE FIXAÇÃO DA PLACA DE FECHAMENTO PRÉ-MOLDADA - CONTATO COM SOLO (recomendável)**



Injeção de resina a base de geopolímero expansivo, por baixo do piso na sala de faturamento. Solução a ser estudada por uma empresa especializada neste serviço.

Inserir novas cantoneiras de fixação de 1/2" aço A572 com chumbadores WQA tipo ampola 3/8" (2 por aba). As peças metálicas deverão ser submetidas à limpeza com jateamento de granalha de aço, respondendo aos padrões visuais de preparação, sa 2.1/2. (metal quase branco). Deverão ser eliminadas quaisquer rebarbas ocasionadas por corte, maçarico, respingos de solda etc. O sistema de pintura a ser utilizado é: aplicação de 01 demão de primer epóxi (fundo) e acabamento de película seca cor branca. Sugestão: inserir por baixo da cantoneira existente.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo realizado apresentou as anomalias patológicas oriundas da movimentação estrutural de uma edificação, por meio dos recalques diferenciais e propor possíveis soluções. Além disso, verificou-se a importância de estudo das características dos maciços do solo, pois a interação solo-estrutura pode acometer o desempenho útil das edificações, a segurança estrutural, a estética e o bem-estar dos moradores.

A ruptura da viga baldrame proveniente de uma carga excessiva de punção foi o principal causador das tricas na alvenaria. Para resolver este problema recomenda-se: (i) inserir reforço estrutural para evitar novas fissuradas ou esquadrias distorcidas, além das existentes e comprometidas na área dos banheiros e (ii) inspecionar todas as vigas baldrames que apoiem alvenarias danificadas (fissuradas) ou que apresentem distorções em esquadrias, priorizando os locais de maiores danos. Cabe ressaltar que o surgimento dessas anomalias não é gerado por um único fator, mas é resultante da combinação de múltiplos fatores desfavoráveis.

É de suma importância a realização de ensaios no solo para a verificação dos tipos de materiais presentes e as suas características, para que uma fundação mais apropriada seja executada. Desta forma, evita-se que essas edificações sofram determinados danos oriundos dos recalques futuramente. Em razão do aparecimento dessas manifestações patológicas, faz-se necessário acompanhar constantemente seu desenvolvimento.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. **Previsão e Controle das Fundações**. São Paulo: Edgar Blucher, 1991.
- ANDRADE, Erika Bressan Botelho De. **PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS EM EDIFICAÇÕES**, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Católica de Pernambuco, 2006. Acesso em: 9 set. 2021.
- ANTUNES, G. R. **Estudo das Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília** – Sistematização da Incidência de Casos. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- BJERRUM, L. **Interaction between structure and soil**. EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING. Anais...Wiesbaden: 1963
- BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O.: **Concreto armado eu te amo**, vol 2. São Paulo. 2014.
- CARRARO, C. L.; DIAS, J. F. **Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social**. Ambiente Construído, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 125-139, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000200009>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212014000200009](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000200009). Acesso em: 05 set. 2021.
- CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. Universidade Federal de São Carlos.
- CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de Argamassas: boas Práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre: Prolivros, 2005. (Recomendações Técnicas HABITARE, 1).

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?**. São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 2010.  
Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em 06 nov. 2016.

FERNANDES, M. M.: **Mecânica dos solos: conceitos e princípios fundamentais**. São Paulo. 2016.

FURLAN, C. C.: **Patologia das Anomalias em Alvenarias e Revestimentos Argamassados**. São Paulo: Pini. 2015. Pág. 49

LERSCH, I. M. **Contribuição Para a Identificação dos Principais Fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Porto Alegre. 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. Disponível em:  
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3674/000391182.pdf?...1>. Acesso em: 9 set. 2021.

LUDUVICO, T. S. **Desempenho a estanqueidade à água: interface janela e parede**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7928>. Acesso em: 05 set. 2021.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHINAID, F. **Patologias das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

NAZARIO, D.; ZANCAN, E. C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. Santa Catarina, 2011. Disponível em:  
<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/151/1/Daniel%20Nazario.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, Trinças e Rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 54 f. Monografia (Especialização em Gestão de Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 4. ed. São Paulo: Ziguarte, 2008.

SABINO, R. **Patologias causadas por infiltrações em edificações**. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1775>. Acesso em: 9 set. 2021.

SCHÖNARDIE, Clayton Eduardo, **ANÁLISE E TRATAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR INFILTRAÇÃO EM EDIFICAÇÕES**, 84p, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). UNIJUÍ/DeTec. Ijuí/RS,2009. Acesso em: 9 set. 2021.

SUMENSSE, K. C. A; SANDERS, C. **Patologia de Fundações**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Edificações) – Instituto Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, 2016.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

WEIMER, BF; THOMAS, M .; DRESCH, F. **Patologia das estruturas** . Grupo A, 2018. 9788595023970. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023970/>. Acesso em: Acesso em: 9 set. 2021.

ANEXO 1

# **RELATÓRIO TÉCNICO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO COM ENSAIO SPT**

**OBRA: EDIFICAÇÃO**

São Paulo  
junho /2021

Prezado (a),

Atendendo solicitação de V.S.as., estamos apresentando o resultado das sondagens a percussão de simples reconhecimento.

O relatório com resultados é apresentado em formas de perfis geológicos-geotécnicos individuais, indicando a classificação táctil-visual, o nível d'água (quando encontrado) e a resistência do ponto de sondagem, totalizando **35,45** metros de perfuração.

Sem mais para o momento, colocamo-nos ao inteiro dispor de V.Sas., para os esclarecimentos que se façam necessários e subscrevemo-nos.

Atenciosamente,

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. METODOLOGIA .....	4
3. CROQUI DE LOCAÇÃO DOS FUROS DE SONDAGEM.....	5
4. PERFIL GEOTÉCNICO.....	6
5. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO.....	8

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias 24 de junho de 2021, foi realizado um furo de sondagem de simples reconhecimento com ensaio SPT, A área de interesse está situada na cidade de São Paulo/SP

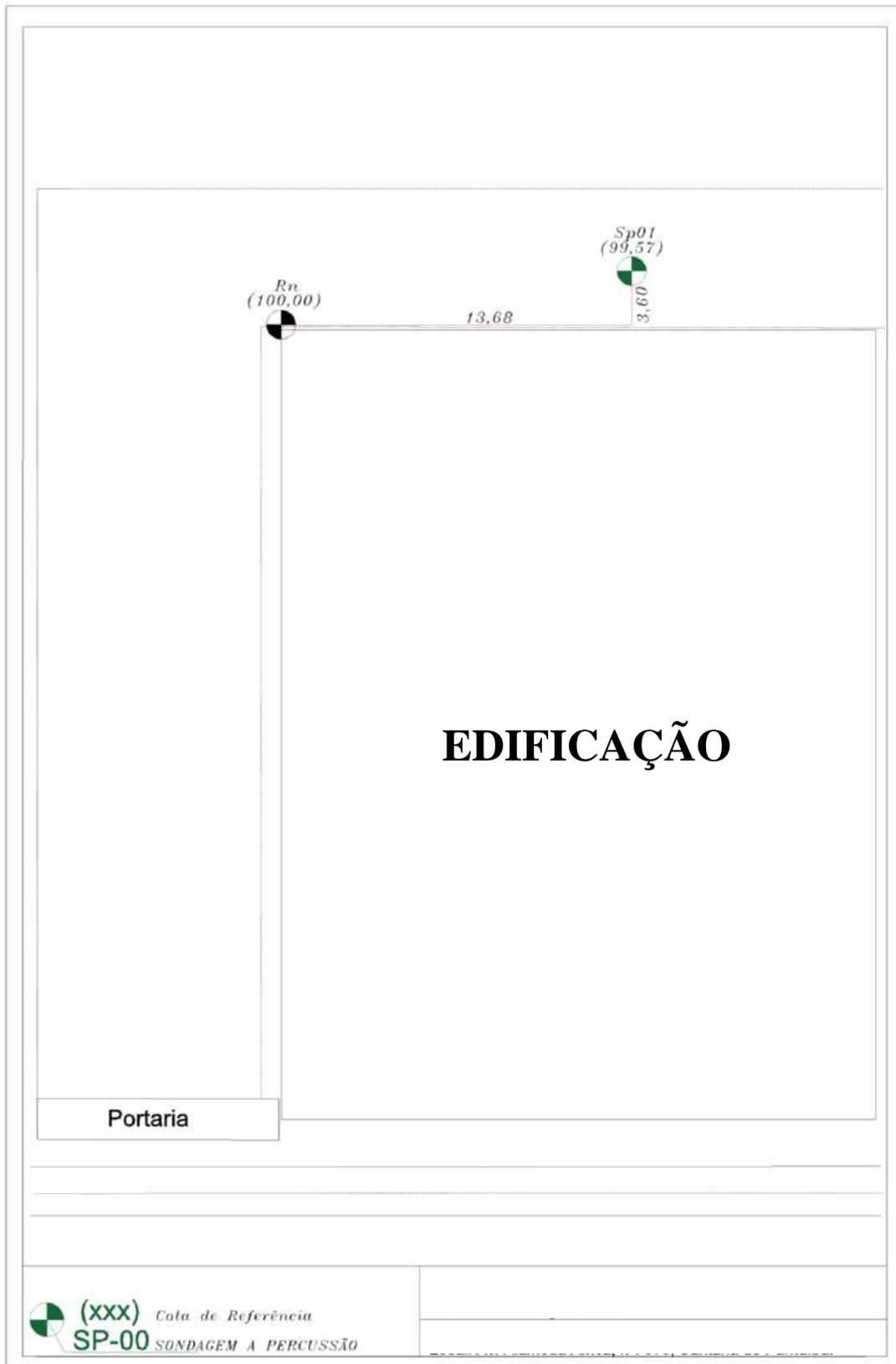
## 2. METODOLOGIA

O ensaio SPT consiste na coleta de amostras representativas das várias camadas de solo atravessadas, pôr meio de um barrilete amostrador, aproveitando-se esta operação para medir a resistência oferecida pelos substratos do solo a sua penetração. Para isto, é registrado o número de golpes de um peso batente de 65 Kg caindo de uma altura de 75 cm, necessário para cravar o amostrador cerca de 45 cm (operação está realizada a cada metro perfurado), em três etapas de 15 cm, sendo computados para efeito de resistência do solo, somente o número de golpes dos últimos 30 cm.

As resistências assim medidas, e expressas em números de golpes para os 30 cm finais do ensaio à penetração, nos dão uma ideia da consistência ou compacidade relativas às várias camadas atravessadas, aparecendo em gráficos ao lado do perfil de cada sondagem realizada, juntamente com os valores que indicam a resistência à penetração decorrente em centímetros representada pelo denominador.

- relatório final apresentado conforme a norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6484/2020

### 3. CROQUI DE LOCAÇÃO DOS FUROS DE SONDAGEM



### 4. PERFIL GEOTÉCNICO

Obra: Investigação do Subsolo				SONDAGEM A PERCUSSÃO (NBR 6484/2020)				Sp-01	
				Data inicial: 24/06/2021		Coordenada -----			
				Data final: 24/06/2021		Cota: 99,57			
Profund. (m)	Perfil Geológico	Mudança de Camada	Descrição do Material	Classificação Geológica	Número de golpes pela penetração (cm)	Índice N <sub>SPT</sub> 30 cm finais	Penetração (golpes / 30cm) SPT Inicial      SPT Final		Nível d'água (m)
0		0,10	Piso de Concreto						
1			Silte argiloso pouco arenoso, mole a médio, marrom claro.	Aterro	1	4	6		
2		2,00			15	15	15	8	
3			Silte argiloso, médio, vermelho claro.	Aterro	3	5	7		
4					15	15	15	7	
5		5,00	Silte argiloso pouco arenoso, mole a média, marrom claro.	Aterro	2	3	4		
6					15	15	15	7	
7			Silte argiloso pouco arenoso, mole a média, marrom claro.	Aterro	3	4	5		
8					15	15	15	9	
9			Silte argiloso pouco arenoso, mole a média, marrom claro.	Aterro	3	4	5		
10					15	15	15	11	
11			Silte argiloso pouco arenoso, mole a média, marrom claro.	Aterro	3	4	5		
12					15	15	15	10	
13		12,00	Silte argiloso, média, marrom avermelhado.	Aterro	1	2	3/45		
14					30	15	xx	5	
15			Silte argiloso, média, marrom avermelhado.	Aterro	2	3	2		
16					15	15	15	8	
17		16,30	Silte argiloso, média, marrom avermelhado.	Aterro	2	4	4		
18					15	15	15	5	
19			Silte argiloso, média, marrom avermelhado.	Aterro	2	2	3		
20					15	15	15	7	
21		20,45	Solo de Alteração	Solo de Alteração	2	3	3		
					15	15	15	6	
			*continua na página seguinte...						
<b>Profundidade do Nível D'água (m)</b> Esgotado: 18,61 m      Data: 24/06/2021 Após 10 min.: Fechado      Data: 24/06/2021				<b>Avanço:</b> { Trado Concha (m): 0 a 10 Lavagem: 10,45 a 35 Profundidade do Revestimento (m): 11		<b>Lavagem por Tempo</b> 1° 10 min: -- a -- 2° 10 min: -- a -- 3° 10 min: -- a --			
						Data: 28/06/2021	Folha: 01/02		

Obra: Investigação do Subsolo				SONDAGEM A PERCUSSÃO (NBR 6484/2020)				Sp-01		
				Data inicial: 24/06/2021		Coordenada -----				
				Data final: 24/06/2021		Cota: 99,57				
Profund. (m)	Perfil Geológico	Mudança de Camada	Descrição do Material	Classificação Geológica	Número de golpes pela penetração (cm)	Índice N <sub>SPT</sub> 30 cm finais	Penetração (golpes / 30cm) SPT Inicial SPT Final		Nível d'água (m)	
20			Silte argiloso, médio, variegado (marrom, amarelo e vermelho).	Solo de Alteração	2	5	7		Furo fechado aos 16,79	
21					15	15	7			
22					3	4	7			
23					15	15	7			
24		24,65			3	4	7			
25					15	15	7			
26					3	4	7			
27					15	15	7			
28					3	4	7			
29					15	15	7			
30			Silte argiloso pouco arenoso, rijo a duro, marrom e amarelo variegado.	Solo de Alteração	2	4	8			
31		31,00			15	15	8			
32					4	6	10			
33					15	15	10			
34					4	5	12			
35					15	15	12			
36					4	7	16			
37					15	15	15			
38					4	7	15			
39					15	15	15			
40			Silte argiloso pouco arenoso, duro, vermelho claro.	Solo de Alteração	5	8	20			
41					15	15	15			
42					7	10	25			
43					15	15	15			
44					7	10	20			
45					15	15	15			
46					6	12	25			
47					15	15	15			
48					7	10	26			
49					15	15	15			
50			*Furo finalizado a critério do contratante.	Solo de Alteração	8	14	32			
51					15	15	15			

<b>Profundidade do Nível D'água (m)</b>		<b>Avanço:</b> { Trado Concha (m): 0 a 10 Lavagem: 10,45 a 35 Profundidade do Revestimento (m): 11	<b>Lavagem por Tempo</b>	
Esgotado: 18,61 m	Data: 24/06/2021		1° 10 min: -- a --	
Após 10 min.: Fechado	Data: 24/06/2021		2° 10 min: -- a --	
			3° 10 min: -- a --	
			Data: 28/06/2021	Folha: 01/02

## 5. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO





ANEXO 2

OBSERVAÇÕES/LEGENDA	
○ →	LOCALIZAÇÃO DE OCORRÊNCIA DA ANOMALIA/FALHA EM PROJETO
×	NÚMERO DA FOTO - VERIFICAR RELATÓRIO TÉCNICO FOTOGRÁFICO COM IMAGEM DA ANOMALIA/FALHA.
EDIFICAÇÃO ESTUDADA	
MAPEAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS - PAVIMENTO TÉRREO	
001	
FELIPE CALIXTO	
1:125	

ANEXO 3

**RELATÓRIO TÉCNICO FOTOGRÁFICO  
ANOMALIAS**

**EDIFICAÇÃO ESTUDADA**

São Paulo

2021

## 1. ANOMALIAS NO PAVIMENTO TÉRREO



*Foto1: Deformação do pavimento intertravado, possivelmente gerada devido ao recalque do solo.*



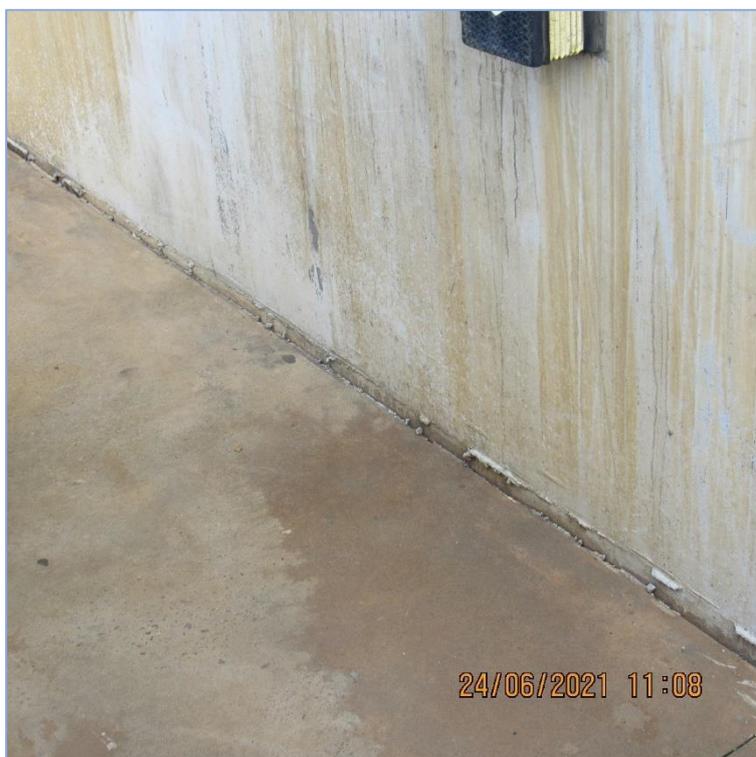
*Foto 2: Movimentação do passeio, possivelmente gerada devido ao recalque do solo.*



*Foto 3: Movimentação do passeio, possivelmente gerada devido ao recalque do solo.*



*Foto 4: Movimentação do passeio, possivelmente gerada devido ao recalque do solo.*



*Foto 5: Movimentação do passeio, possivelmente gerada devido ao recalque do solo.*



Foto 6: Presença de trincas na doca, localizadas na fachada posterior.

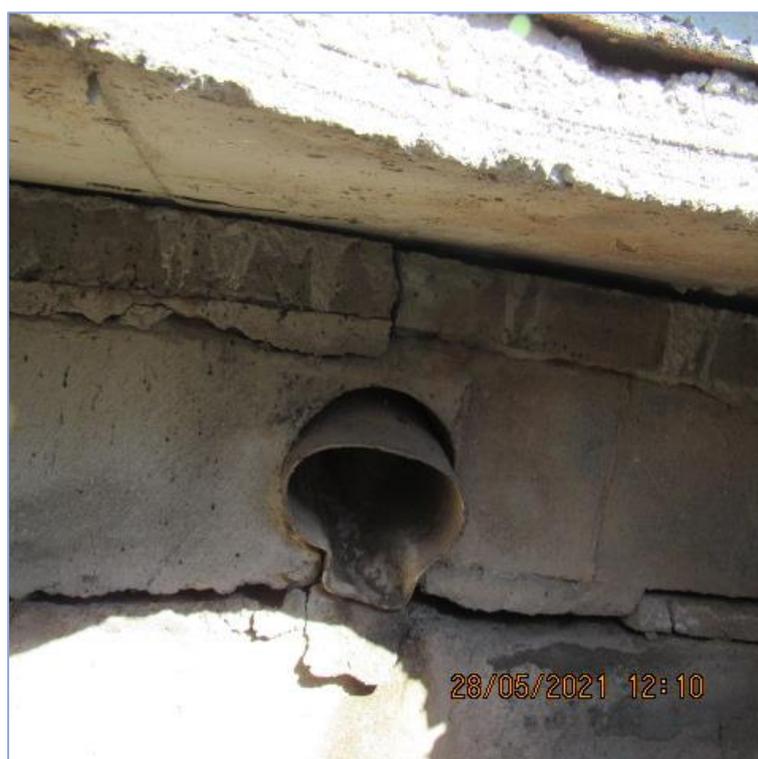


Foto 7: Presença de trincas localizadas na região interna da caixa de coleta de águas pluviais.



*Foto 8: Presença de trincas na tubulação interna da caixa de coleta de águas pluviais.*



*Foto 9: Presença de trincas na tubulação interna da caixa de coleta de águas pluviais.*



*Foto 10: Abertura do piso do passeio, possivelmente gerada devido ao recalque localizado.*



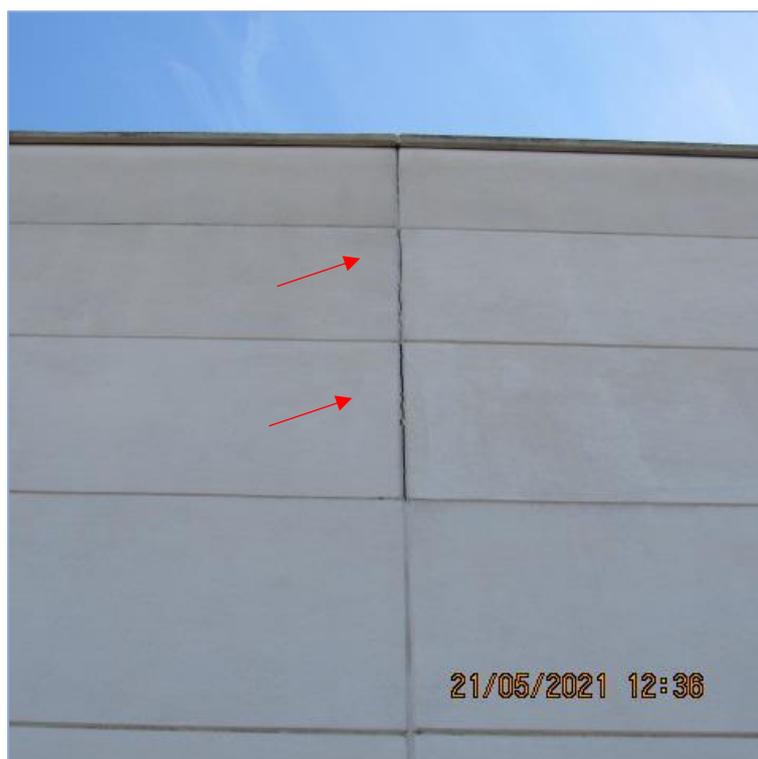
*Foto 11: Acúmulo de água gerado por ausência de declividade adequada no piso.*



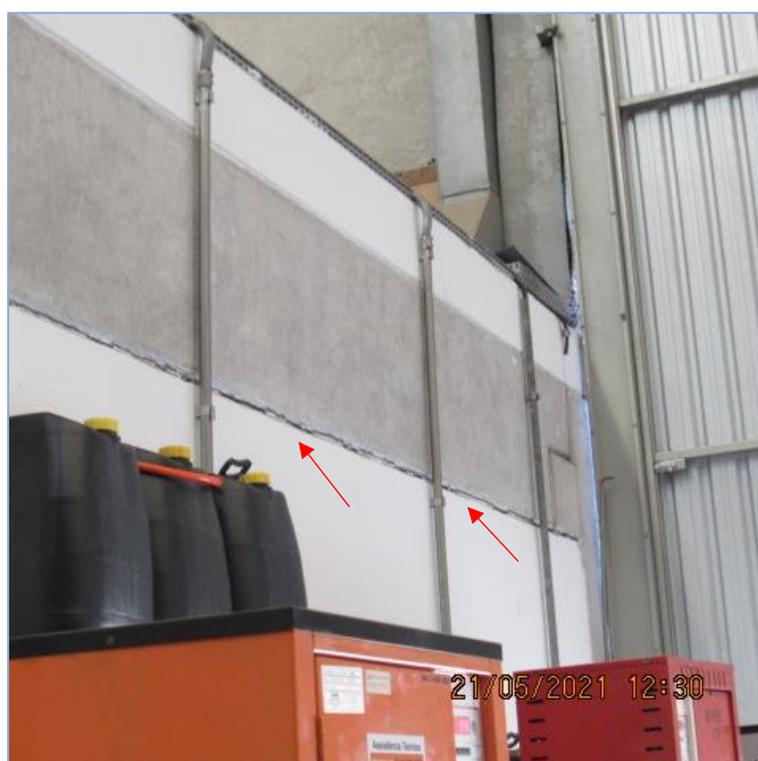
*Foto 12: Acúmulo de água gerado por ausência de declividade adequada no piso.*



*Foto 13: Movimentação do passeio, possivelmente gerada devido ao recalque do solo.*



*Foto 14: Presença de abertura entre placas de painéis pré-moldados de concreto, localizadas na fachada posterior.*



*Foto 15: Presença de esborcinamento no encontro da alvenaria com as estruturas de concreto pré-moldadas, visualizadas pela sala de baterias.*



*Foto 16: Desaprumo de pilar pré-moldado de concreto, localizado no pavimento térreo, acesso ao elevador.*



*Foto 17: Movimentação do piso da sala de faturamento, possivelmente gerada pelo recalque.*



*Foto 18: Movimentação do piso da sala de faturamento, possivelmente gerada pelo recalque.*



*Foto 19: Movimentação do piso da sala de faturamento, possivelmente gerada pelo recalque.*



*Foto 20: Movimentação do piso da sala de faturamento, possivelmente gerada pelo recalque.*



*Foto 1: Movimentação do piso da sala de faturamento, possivelmente gerada pelo recalque.*



*Foto 22: Esborcinamento de juntas e destacamento entre os elementos de alvenaria e vigas ou pilares de concreto, localizado fechamento da escada / elevador acima da laje do mezanino*



*Foto 23: Esborcinamento de juntas e destacamento entre os elementos de alvenaria e vigas ou pilares de concreto, localizado fechamento da escada / elevador acima da laje do mezanino*



*Foto 24: Esborcinamento de juntas e destacamento entre os elementos de alvenaria e vigas ou pilares de concreto, localizado fechamento da escada / elevador acima da laje do mezanino*



*Foto 25: Presença de trincas inclinadas, possivelmente geradas devido ao recalque diferencial, localizada na região internas do banheiro feminino no pavimento térreo.*



*Foto 26: Presença de trincas inclinadas em revestimento cerâmico, localizadas nas paredes internas do banheiro no pavimento térreo.*



*Foto 27: Presença de destacamento entre alvenaria/acabamento metálico e pilar pré-moldado, localizada no banheiro do térreo.*



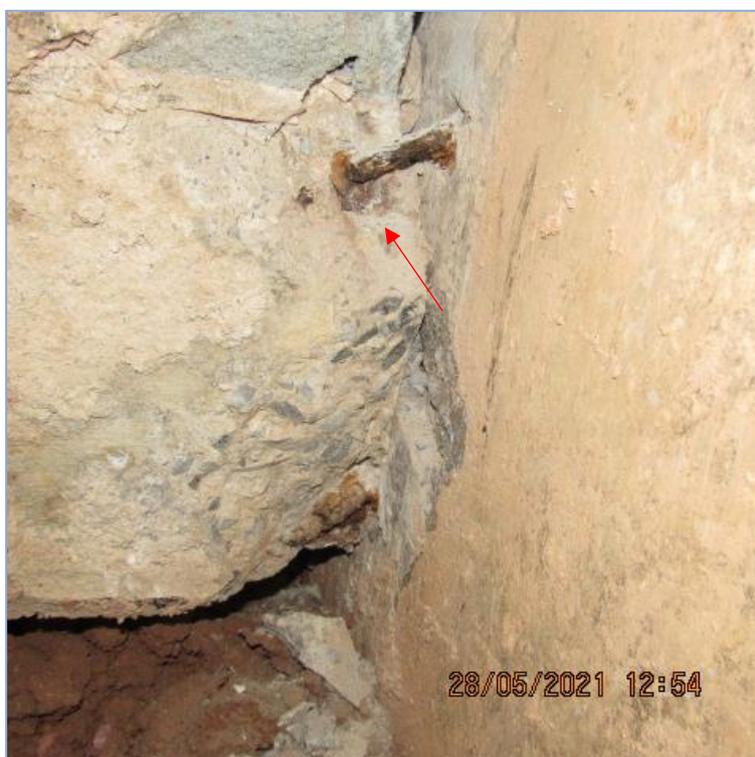
*Foto 28: Rompimento da armadura de ligação entre viga baldrame e pilar pré-moldado de concreto, localizado abaixo do nível do piso no banheiro masculino.*



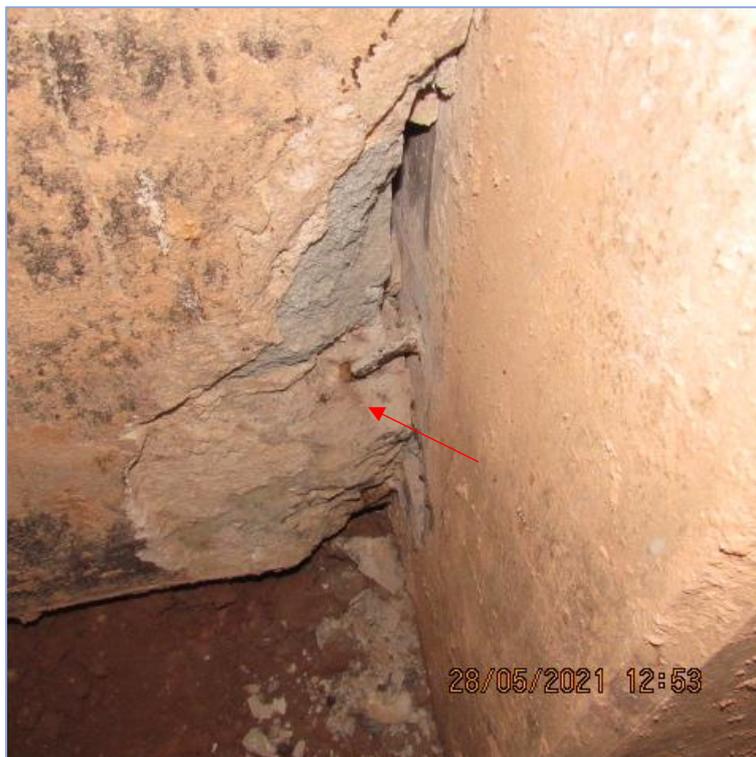
*Foto 29: Vista superior do pilar e bloco de fundação após escavação banheiro masculino, (sem danos aparentes).*



*Foto 30: Vista superior do bloco e pilarete após escavação no banheiro feminino, (sem danos aparentes).*



*Foto 31: Rompimento da armadura de ligação entre viga baldrame e pilar pré-moldado de concreto, localizado abaixo do piso no banheiro masculino.*



*Foto 32: Rompimento da armadura de ligação entre viga baldrame e pilar pré-moldado de concreto, localizado no nível abaixo do piso do banheiro.*

## 2. ANOMALIAS NO PAVIMENTO 1



*Foto 33: Presença de destacamento entre elemento de alvenaria e pilar pré-moldado, presente no pavimento 1.*



Foto 34: Presença de destacamento no piso localizado no pavimento 1, próximo ao acesso do elevador.



Foto 35: Presença de fissuras no encontro entre alvenarias internas localizada no pavimento 1.



Foto 36: Presença de trinca horizontal na viga de acesso ao elevador, localizada no pavimento 1.

### 3. ANOMALIAS NO PAVIMENTO 2



*Foto 37: Desplacamento do revestimento de cerâmica do rodapé, localizado no pavimento 2, ao lado da saída de emergência.*



*Foto 38: Desplacamento do revestimento de cerâmica no rodapé, localizado no pavimento 2.*

#### **4. ANOMALIAS NO PAVIMENTO 3**

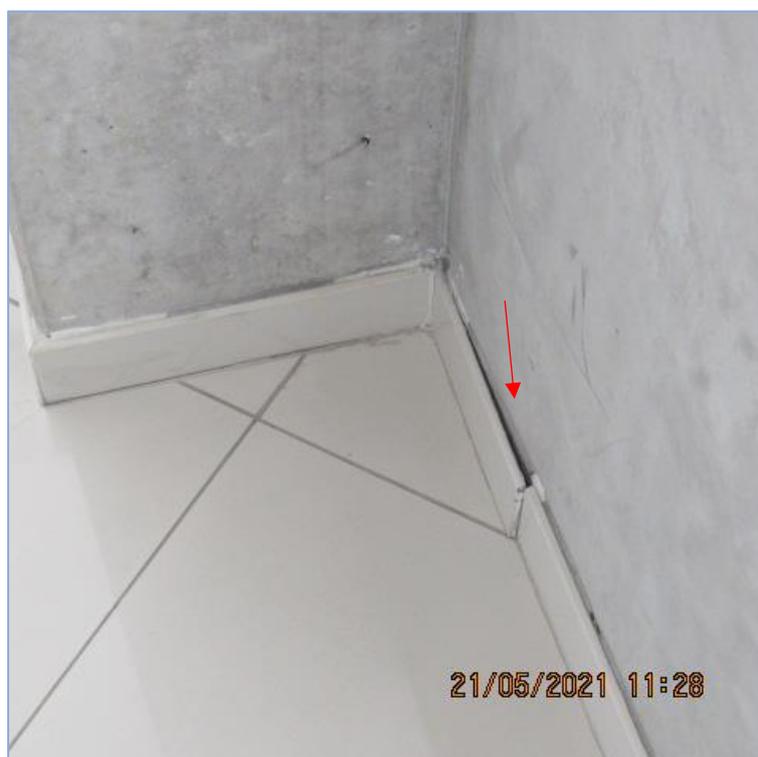


Foto 39: Desplacamento do revestimento de cerâmica no rodapé, localizado no pavimento 3.



Foto 40: Presença de fissuras de descolamento no encontro do dente gerber - acesso ao elevador.

## 5. ANOMALIAS NO PAVIMENTO 4



Foto 41: Presença de trincas no encontro do revestimento do piso e laje.



Foto 42: Presença de trincas de destacamento entre alvenaria e esquadria, localizada na porta de saída de emergência.



Foto 43: Presença de trincas na alvenaria, forro e pilar de concreto pré-moldado, próximo a saída de emergência.



*Foto 2: Presença de fissuras no revestimento aplicado sobre a junta de apoio da viga e pilar pré-moldado acesso ao elevador.*



*Foto 45: Presença de trincas de destacamento entre alvenaria e pilar de concreto pré-moldado.*

## 6. ANOMALIAS NO PAVIMENTO 5



Foto 46: Presença de trincas no revestimento aplicado sobre junta de localizada no banheiro do pavimento 5.



Foto 47: Presença de destacamento entre alvenaria e elemento metálico, localizada no banheiro.



*Foto 48: Presença de destacamento entre elementos do montante e acabamento do peitoril.*