

# **ANÁLISE DE REFOÇO DE FUNDAÇÃO COM ESTACA MEGA METÁLICA<sup>1</sup>**

André Tavares Teixeira – andre.t.teixeira@hotmail.com

Leonardo Freitas Rocha de Jesus – leonardo\_frj@hotmail.com

Ricardo Gabriel Silva – riicardoporto96@gmail.com

Rodrigo Couto Rolim Lopes – r.rolimlopes@gmail.com

Alberto Alonso Lazaro (orientador) – alberto.alonso@mackenzie.br

## **RESUMO**

Este trabalho é um estudo de caso de reforço de fundação de uma edificação localizada na Vila Mariana, São Paulo. A edificação é uma casa geminada construída entre 1940 e 1950, com fundação rasa do tipo sapata corrida feita por blocos cerâmicos e apoiada em uma camada de argila muito mole. Durante a construção de um novo empreendimento no terreno adjacente ao do objeto de estudo, mais especificamente na fase de corte do terreno, e na cravação de perfis metálicos, ocorreram recalques na edificação em questão, sendo necessário a mobilização imediata dos moradores da edificação e a realização de reforços de fundação. Para os reforços foram adotadas estacas tipo mega metálicas e tubulões escavados a céu aberto.

Palavras-chave: Estudo de caso. Reforço de fundação. Estaca mega metálica.

## **ANALYSIS OF FOUNDATION REINFORCEMENT UTILIZING MEGA METALIC PILE**

### **ABSTRACT**

This paper is a study case of a reinforcement of the foundation of a building located in Vila Mariana, São Paulo. The building is a house built between 1940 and 1950, with continuous footing foundations made of ceramic bricks that is supported by a layer of very soft clay. During the construction of a new venture adjacent to the study subject, the soil under the building repressed, requiring the immediate mobilization of the residents and to perform reinforcements to the structure. For this particular job, mega metallic piles and open caisson were chosen as the methods to be executed.

Keywords: Study case. Foundation reinforcement. Mega metalic pile.

<sup>1</sup> Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, EE, UPM, São Paulo, 2020.

# 1 INTRODUÇÃO

Fundação é o elemento responsável pela transmissão das cargas de uma edificação para o solo. Essa transferência deve ser feita de modo a atender as condicionantes do projeto como orçamento, cronograma, sistema construtivo e principalmente as condicionantes impostas pelo próprio solo. Porém, podem ocorrer problemas na sua execução, causando um mau desempenho na transmissão dos esforços para o solo, que são manifestados pelo surgimento de trincas, fissuras e recalques excessivos.

Essas fundações, portanto, passam a necessitar de reforço, um elemento que interage com o sistema solo-fundação-estrutura existente e será responsável por uma melhor distribuição das tensões e/ou transferi-las a camadas mais competentes do solo. Entretanto, assim como Donadon (2009) afirma, observa-se um déficit em pesquisas e artigos sobre a aplicação de reforços de fundação, seja por se tratar de uma área relativamente nova da engenharia como também por conta de incorporadoras e construtoras não disponibilizarem documentações de empreendimentos que tiveram que realizar reforços, por considerar prejudicial a imagem tanto da empresa quanto do empreendimento. Isso faz com que o processo de execução de reforços, assim como afirma Neves (2010), dependa mais da experiência do engenheiro/projetista em identificar as possíveis causas do mau funcionamento da estrutura de fundação para assim, a aplicação de uma solução, do que a aplicação de normas ou padrões de pré-estabelecidos.

Cada vez mais a utilização de reforços de fundação se tornará presente na construção civil, não apenas no âmbito de correção de patologias, mas também em processos de *retrofit*, como afirma Neves (2010). Isso se mostra uma grande oportunidade para a criação e desenvolvimento de um novo mercado e empresas especializadas com reforços de fundação, que serão responsáveis por uma nova forma de sustentabilidade na construção civil, que não será apenas no reaproveitamento de materiais como também de estruturas.

Este trabalho aborda um estudo de caso de reforço de fundação por estaca mega metálica e tubulões a céu aberto em uma casa. O objetivo desse trabalho é analisar a fundo o caso de reforço de fundação, identificar o tipo de solo, o tipo de fundação da casa objeto de estudo e as condicionantes e acontecimentos ocorridos que culminaram no mau desempenho da estrutura de fundação. E por fim, entender melhor a tomada de decisão da utilização de estacas mega metálica e tubulões a céu aberto como solução para o reforço. Também se espera através desse estudo de caso, difundir e fomentar o conhecimento sobre reforços de fundações, suas causas e soluções.

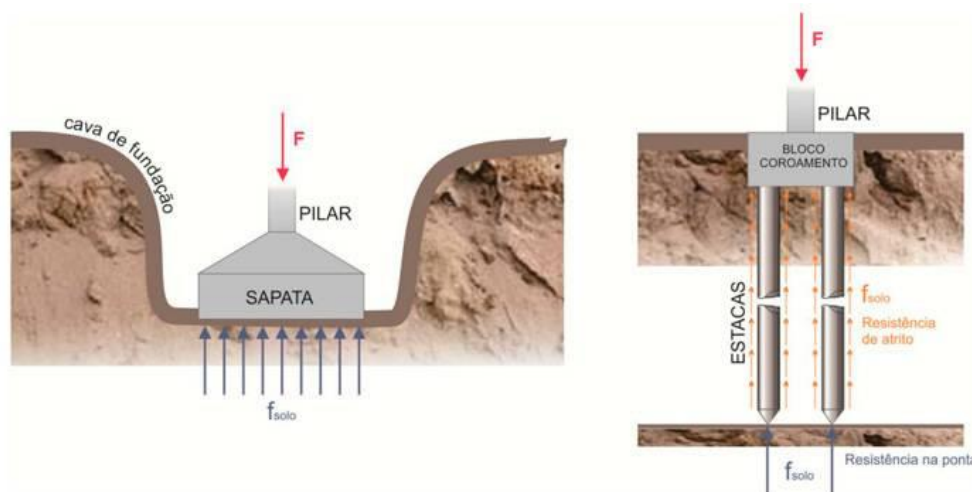
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

No intuito de entender melhor as características e particularidades envolvidas nos processos de reforço e manutenção de fundações torna-se necessário entender o porquê tais processos são tão importantes. Serão abordados conceitos de fundações, patologias associadas a cada fase do processo construtivo e como podem ser corrigidas e seus danos mitigados.

### 2.1 FUNDAÇÕES

A fundação é a estrutura responsável pela transmissão de cargas atuantes em uma edificação para o solo, sendo subdividida em rasas ou diretas e profundas. Nas fundações rasas, as tensões são transmitidas para o solo através da área de contato da base de sapatas, blocos de fundação ou radier, dependendo das especificações de projeto. Nas fundações profundas, as tensões que atuam na edificação são repassadas ao solo através da resistência de atrito lateral e da resistência de ponta de estacas ou tubulões. Na Figura 01 ilustra as formas de transmissão de tensões citadas acima.

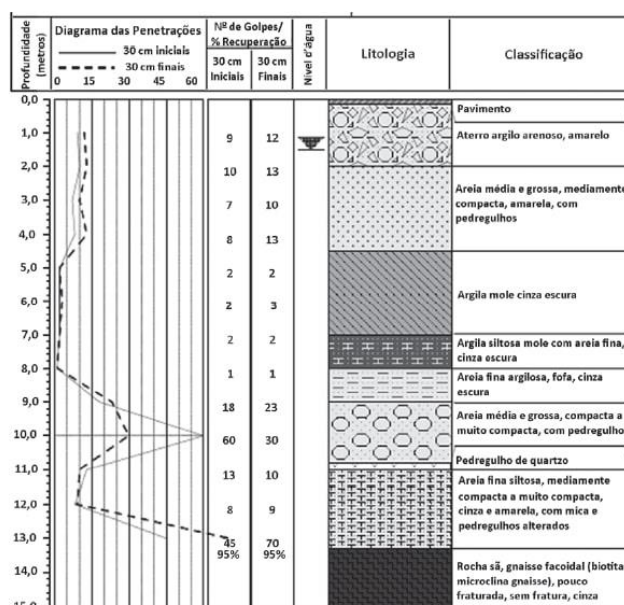
Figura 01 – Transmissão de cargas para o solo de fundações rasas (esquerda) e profundas (direita).



Fonte: Barros (2011).

Para a escolha do tipo de fundação a ser adotado no projeto, é imprescindível realizar a investigação de subsolos. No Brasil, o método usual é a sondagem com SPT conforme a norma NBR 6484:2020 (ABNT,2020). A partir do relatório de sondagem, é possível reconhecer o tipo de solo e suas respectivas espessuras de camadas, as condições de compactidade (grau de compactação de um material), consistência (grau de trabalhabilidade de um material) e capacidade de carga, assim como o nível do lençol freático (ABNT, 2020). No Quadro 01 é apresentado um exemplo de relatório de sondagem.

Quadro 01 – Exemplo de relatório de sondagem.



Fonte: Pereira (2018).

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2005) o comportamento a longo prazo das estruturas de fundação pode ser afetado por inúmeros fatores relacionados com o solo, os procedimentos construtivos e os efeitos pós-implantação. Neves (2010) complementa afirmando que todas as estruturas estão sujeitas a movimentos/assentamentos não só durante a sua construção, mas também posteriormente, quando entram em serviço e que esses movimentos podem ser consequentes de carregamentos, variações de temperatura ou alteração do comportamento dos terrenos de fundação.

## 2.2 PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES

Como dito por Neves (2010), a estrutura de uma edificação está sujeita a movimentações durante todo seu período de vida. Porém como afirmam Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), o momento que essas movimentações geram tensões que ultrapassam os limites de resistência dos componentes da edificação pré-estabelecidos em projeto, ocorrerão patologias nos elementos estruturais, sendo manifestados em forma de trincas e fissuras.

Muitas das patologias de fundações estão relacionados com a quantidade insuficiente ou até mesmo ausência de ensaios de sondagem e/ou análise incorreta dos dados, não levando em conta o real comportamento do solo e a interação desse com a estrutura. Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), em mais de 80% dos casos de mau desempenho de fundações de obras pequenas e médias, a ausência completa de investigação é o motivo de adoção de soluções inadequadas. No Quadro 02, Milititsky, Consoli e Schnaid (2005) correlacionam problemas típicos ocasionados pela ausência de investigação correta do solo com o tipo de fundação.

Quadro 02 – Problemas típicos ocasionado pela ausência de investigação correta do solo.

Tipo de Fundação	Problemas Típicos Decorrentes
Fundações Diretas	Tensões de contato excessivas, incompatíveis com as reais características do solo, resultando em recalques inadmissíveis ou ruptura
	Fundações em solos/aterros heterogêneos, provocando recalques diferenciais
	Fundações sobre solos compressíveis sem estudos de recalques, resultando grandes deformações
	Fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta, ocasionando o aparecimento de recalques diferenciais
	Fundações apoiadas em crosta dura sobre solos moles, sem análise de recalques, ocasionando a ruptura ou grandes deslocamentos da fundação
Fundações Profundas	Estacas de tipo inadequado ao subsolo, resultando mau comportamento
	Geometria inadequada, comprimento ou diâmetro inferiores aos necessários
	Estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles, com recalques incompatíveis com a obra
	Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível nominal adotada para a estaca

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2005, p. 29).

Os problemas de fundação associados aos processos construtivos adotados, estão intrinsicamente correlacionados a falta de dados sobre o solo. Sem a caracterização adequada de todas as situações representativas do terreno, é comum a adoção de um comportamento, uma carga, uma fundação que não condizem com a realidade da obra. Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), parte da culpa também se dá por parte dos projetistas de fundações, pela falta de conhecimento e/ou experiência sobre as peculiaridades do solo e a sua interação com os diferentes tipos de estruturas e também por não acompanharem todos os eventos que dão origem as fundações, tais como investigação, escavação e execução.

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), podem ser citados como exemplos de problema dessa etapa de fundação:

- Projeto de fundações próximas que não levam em consideração a sobreposição de tensões. O novo bulbo de tensões causados por essa sobreposição pode influenciar outras camadas do solo, menos resistentes, que não foram levadas em conta durante o projeto, como o caso de estacas apoiadas sobre camadas resistentes sobrepostas a camadas argilosas moles.
- Desconsideração da ocorrência de atrito negativo em estacas. Esse fenômeno ocorre principalmente por conta de aterros sobre solos moles, rebaixamento do lençol freático ou em solos moles sensíveis a cravação, onde uma parcela do solo confinado ao redor das estacas transfere parte do seu peso para a estaca, apresentando assim um acréscimo de cargas para o qual elas não foram dimensionadas.
- Fundações próximas ou apoiadas em aterros. As principais formas de problemas relacionados a eles são decorrentes de recalques gerados por deformações do próprio, por conta do seu peso ou por deformações das camadas abaixo dele (principalmente em camadas de solos moles).

Sendo o segundo maior causador de falhas nas fundações segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), os problemas relacionados a execução das fundações são em sua maioria causados pela desatenção e até mesmo descaso não apenas por parte da empresa contratada para a execução das fundações como também do engenheiro responsável. É imprescindível a fiscalização durante o processo de execução de fundação e o registro de todos os dados e problemas ocorridos no processo, para que seja repassado ao projetista para eventuais verificações e mudanças. Pode – se citar como exemplos comuns de erros durante essa fase:

- Qualidade inadequada do concreto, seja durante o processo de concretagem das peças ou no concreto magro lançado no fundo da cava, causando problemas de contaminação de concreto, acarretando degradações a médio e longo prazo.
- Execução de elementos de fundação com dimensão e geometria incorretas e fora da locação, seja por erros de leitura do projeto, seja como uma “solução” frente a empecilhos e obstruções ocorridos na obra. Isso provoca diferentes transferências de tensões para o solo e gera novas solicitações para os elementos de fundação, para o qual não foram dimensionados.
- Cota de arrasamento diferentes da de projeto e falta de limpeza adequada da cabeça de estaca para vinculação ao bloco, criando um ponto crítico na peça.

## 2.3 TIPOS DE REFORÇO

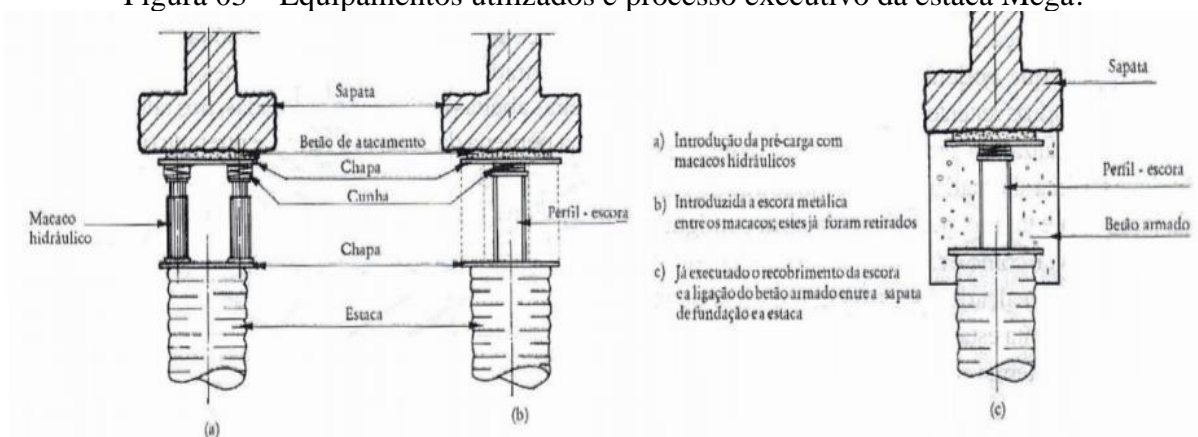
Como afirma Neves (2010), quando uma fundação apresenta mau desempenho em transmitir as tensões atuantes para solo, seja por alterações das condições do terreno, um acréscimo de cargas ou ambas as situações, é necessário efetuar reforços. Os reforços de fundação são elementos acrescentados a estrutura resistente original que tem a função de atender as novas condições de contorno e aos critérios de segurança pré-estabelecidos, suportando total ou parcialmente cargas adicionais e atuantes na edificação e/ou transmiti-las a camadas mais competentes do solo. Este trabalho dá enfoque aos reforços de fundação executado por estacas Mega, mas é importante lembrar que há outras formas de se efetuar reforços, como por exemplo a utilização de estacas raiz, estacas convencionais, *jet-grouting*, entre outros.

### 2.3.1 ESTACA MEGA

Estaca Mega é caracterizada pela cravação de segmentos superpostos de estacas. Tais segmentos podem ser compostos por seções vazadas ou maciças, quadradas ou circulares e de concreto armado ou metálicas. Segundo Donadon (2009), o segmento de estaca mais utilizado é o de seção circular de diâmetro 0,2 e 0,25 m e 0,5 m de comprimento.

A estaca Mega se diferencia das demais estacas cravadas pela sua cravação estática através da energia de reação que um macaco hidráulico exerce contra uma cargueira ou a própria estrutura existente, caso essa resista aos esforços aplicados. Seu procedimento executivo é regido pela norma ABNT NBR 6.122:2019 (ABNT, 2019), que identifica as características gerais da estaca, o método e a carga de cravação, assim como o controle de qualidade a ser seguido. A Figura 03 ilustra os equipamentos utilizados e o processo executivo da estaca Mega.

Figura 03 – Equipamentos utilizados e processo executivo da estaca Mega.



Fonte: Neves (2010).

Como a ABNT NBR 6.122:2019 (ABNT, 2019) estipula que a carga de cravação das estacas deve ser 1,5 vezes a carga admissível das estacas, é possível considerar a própria execução da estaca Mega como uma prova de carga, pois através das leituras dos manômetros acoplados ao macaco hidráulico pode-se saber a carga real que está sendo aplicada às fundações.

Outra vantagem das estacas Mega é que propiciam a execução em região com limitado espaço, pois são equipamentos muito menores do que uma máquina perfuratriz aplicando menor esforço no solo próximo à fundação que será reforçada, tornando desnecessária a utilização de água para a refrigeração do equipamento e aumento da produtividade, como afirma Oliveira (a) (2016), em entrevista à Revista Fundações & Obras Geotécnicas.

### **2.3.1.1 ESTACA MEGA PRÉ MOLDADA**

A estaca Mega pré-moldada consiste em diversos segmentos de concreto cravados através de macacos hidráulicos. Os segmentos apresentam as seguintes dimensões: 50 cm de comprimento por 25 cm de diâmetro com um furo de 8 cm no meio devido o método de centrifugação na fabricação, como evidenciado na Figura 4 abaixo.

Figura 4 – Segmentos para estaca Mega de Concreto



Fonte: Faraggi (2016).

O método de cravação da estaca Mega pré-moldada é feita através de expulsão própria, isto causa um efeito de aumento da pressão neutra no interior do solo criando um relaxamento da cravação posteriormente. Esta é uma importante característica do reforço que deve ser considerado pelo projetista que queira aplicar este tipo de reforço (OLIVEIRA (a), 2016).



Este tipo de estaca Mega, para estacas até 10m, tem uma capacidade de suporte de 45 tf, porém caso sejam utilizadas estacas com comprimento acima de 10m ou caso atinja camadas de solo de argilas muito moles, a capacidade de carga apresentada pelo reforço cairá devido ao efeito de flambagem (2° ordem). Na Figura 05 é possível observar a estaca Mega de concreto instalada:

Figura 05 – Estaca Mega de concreto instalada.



Fonte: Lima (a) (2020).

Em entrevista com o Engenheiro João Armando, foram explicitadas algumas características que devem ser levadas em consideração:

- O efeito de grupo da fundação: onde a diferença de comprimento entre as estacas que estão sendo utilizadas pode prejudicar o comportamento do grupo de estacas.
- A capacidade de ruptura, após um período de tempo, pode ser menor do que o anotado no dia da execução.
- O custo deste tipo de reforço é um grande atrativo, tendo custo total aproximadamente 50% menor do que outras opções, como a estaca Mega metálica, metálica injetada e estaca raiz.

### **2.3.1.2 ESTACA MEGA METÁLICA**

Estacas Mega metálicas constituem-se de tubos metálicos de diâmetro de 75cm, tendo suas ligações entre tubos feita através de roscas e luvas que são instaladas para a consolidação da estrutura da estaca, como é possível observar na Figura 6.

Figura 6 – Segmentos da composição da estaca Mega metálica.



Fonte: Lima (b) (2020).

O método de instalação desse tipo de estaca é a cravação por cisalhamento do solo. Após feita a cravação, a estaca é preenchida com concreto armado com fibras, aumentando assim a resistência, estabilidade e o coeficiente de segurança da estrutura do reforço. Em seguida deve ser feito o encunhamento do topo da estaca e para preencher os vazios deixados entre o encunhamento e o corpo da estaca é feita a concretagem da cabeça (OLIVEIRA (a), 2016). Na Figura 07 é possível observar a estaca Mega metálica instalada:

Figura 07 – Estaca Mega metálica instalada.



Fonte: Fonseca (2020).

### 3 METODOLOGIA

Em primeira instância foi contatado Eng<sup>o</sup> João Armando de Oliveira (OLIVEIRA (b), 2020), sócio diretor da empresa Mega Reforça, com o objetivo de ter um melhor panorama sobre reforços de fundação no Brasil, conhecer os motivos mais comuns de ocorrência de reforço, identificar as principais técnicas utilizadas, e por fim, identificar um possível projeto que pudesse ser realizado um estudo de caso e que também apresentasse particularidades interessantes a serem discutidas.

Após escolhida a obra para a realização do estudo de caso, contatou-se a empresa incorporadora responsável pela construção afim de obter as documentações técnicas, como projeto de fundações e contenções e relatórios de sondagens e também com o intuito de obter depoimentos acerca dos acontecimentos e processos realizados na obra.

Após conversa com a empresa incorporadora foi permitido entrar em contato com a empresa responsável pelo projeto do reforço de fundação afim de obter por meio de documentos técnicos e entrevistas a justificativa da escolha dos tipos de reforços de fundação adotados.

Através dos documentos e depoimentos disponibilizados por ambas as empresas foi possível analisar do ponto de vista geotécnico e estrutural o reforço de fundação utilizado e traçar uma linha do tempo das patologias ocorridas e correlacionar com os procedimentos construtivos adotados pela obra, podendo assim ter uma visão completas dos acontecimentos que levaram a necessitar de um reforço de fundação.

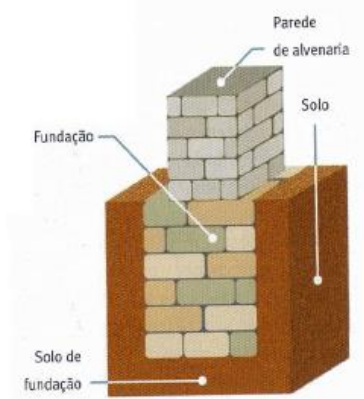
## 4 RESULTADOS

Nessa seção será apresentado o objeto de estudo, suas características e condicionantes, assim como os eventos que culminaram na necessidade de reforço de fundação e as tomadas de decisões para o tipo de reforço utilizado.

### 4.1 DESCRIÇÃO

A edificação em estudo é uma casa geminada de 2 pavimentos e 50 m<sup>2</sup> de implantação, construída por volta da década de 1940 e 1950, na qual um dos tipos mais usuais de fundação para esse porte de construção na época era por sapatas corridas feitas com tijolos baianos, esquematizado na Figura 08.

Figura 08 – Esquema de sapata corrida.



Fonte: Neves (2010).

Por volta do ano de 2014, foi iniciada a demolição e limpeza do terreno vizinho à edificação em estudo para a construção de um empreendimento residencial. Nas figuras 09 e 10 pode ser evidenciado o início deste processo.

Figura 09 – Foto tirada antes do processo de demolição e limpeza.



Fonte: Imagem da residência em abril de 2014 (MAPS, 2020).



Figura 10 – Foto tirada durante o processo de demolição e limpeza.



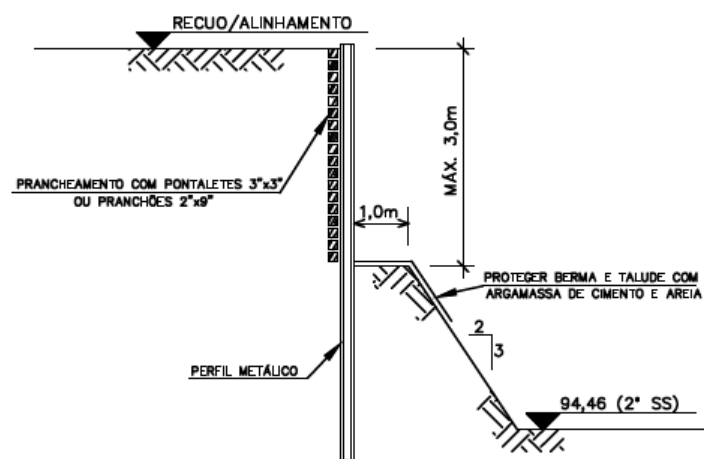
Fonte: Imagem da residência em julho de 2014 (MAPS, 2020).

Tal empreendimento residencial possui 3472 m<sup>2</sup> de terreno, 1 torre de 27 pavimentos (26 pavimentos tipo e um térreo) e 2 subsolos. De acordo com o projeto de fundações e contenções fornecido pela incorporadora, foram empregadas 99 estacas escavadas do tipo hélice contínua e 36 tubulões escavados a céu aberto para a fundação

Através do contato com o engenheiro responsável pela construção vizinha ao sobrado, foi possível ter acesso ao projeto de fundação, com as especificações de cada tipo de estaca e tubulão. A partir disso, foi possível obter informações sobre a fundação da construção, entrando em mais detalhes acerca das contenções feitas no entorno da obra, realizadas em perfis metálicos com pontaletes de 3 polegadas por 3 polegadas e pranchões de 2 polegadas por 9 polegadas.

O detalhe da contenção adotada representa o sobrado, tendo como base a cota do piso do vizinho 98,75m e a cota do pé do talude criado em 94,46m, tendo um desnível máximo de 3m. Foi considerada uma contenção de altura máxima de 3m com um ângulo aproximado de 33°41' no talude, como pode ser observado na Figura 11, abaixo.

Figura 11 – Esquema de pranchamento com perfil metálico e talude.



Fonte: Solosfera (a) (2017).

## 4.2 DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

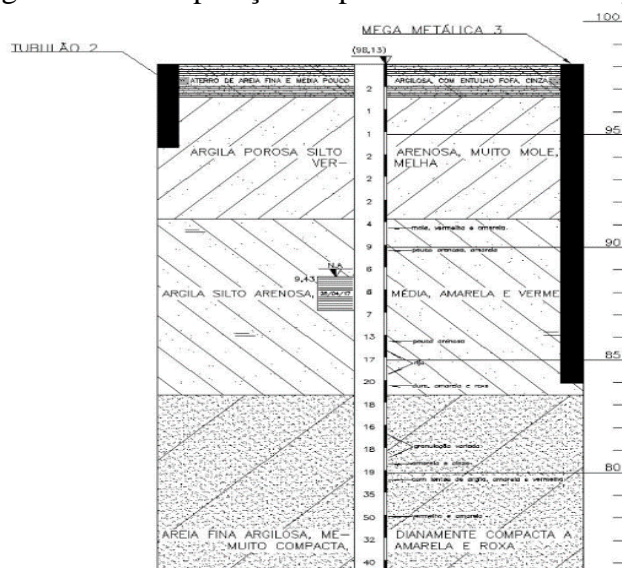
Dando continuidade à obra do empreendimento adjacente a casa objeto de estudo, em 2019 foi realizado o corte do terreno e a execução de um talude para que fosse possível chegar à cota de projeto estabelecida para o 2º subsolo (94,46 m). Foi durante essa etapa de construção que a fundação da edificação em estudo cedeu.

Segundo ainda o engenheiro responsável pela obra, o fato de a estrutura de fundação da casa ter cedido não foi por um erro de projeto e execução do corte do terreno ou por uma ineficácia dos sistemas de contenção, que tem por objetivo salvaguardar as estruturas das construções vizinhas, porém como o sobrado era pré-existente a responsabilidade continua sendo do empreendimento adjacente. O principal fator que comprometeu o desempenho das estruturas de fundação foi um problema de vazamento. Uma das tubulações de esgoto que estava criando um processo de enfraquecimento e amolecimento do solo, pois o encanamento estava liberando um líquido e passando pelo solo, fazendo assim com que parte do material fosse levado com o fluxo e o solo perdesse estabilidade.

Esse processo de carreamento do solo ocorreu durante um longo período de tempo, porém devido ao desconfinamento gerado pela escavação, ocorreu uma movimentação de solo e criou uma desestabilização e o recalque da fundação da lateral oposta do sobrado em estudo.

Através das sondagens disponibilizadas pela empresa responsável pelo projeto dos reforços de fundação foi feita uma análise do solo que está sustentando a fundação rasa original e os reforços adotados. Como é possível ver na Figura 12 abaixo o solo o qual estava sustentando a fundação original é um aterro de areia fina e média, pouco argilosa com entulho fofa, tornando assim um substrato muito instável.

Figura 12 – Comparação de profundidade de reforços.



Fonte: Engesolos (2017)

Após ter sido identificado o recalque da estrutura, foi feita a retirada dos proprietários do sobrado por segurança e entrou em contato com empresa especializada para a execução emergencial de reforços de fundação, As Figuras 13, 14 e 15 apresentam as fissuras e trincas ocorridas após o incidente e Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2005) esse padrão de fissura é recorrente em edificações onde houve o movimento das fundações.

Figuras 13, 14 e 15 – Fissuras e trincas na edificação objeto de estudo.



Figura 13.



Figura 14.



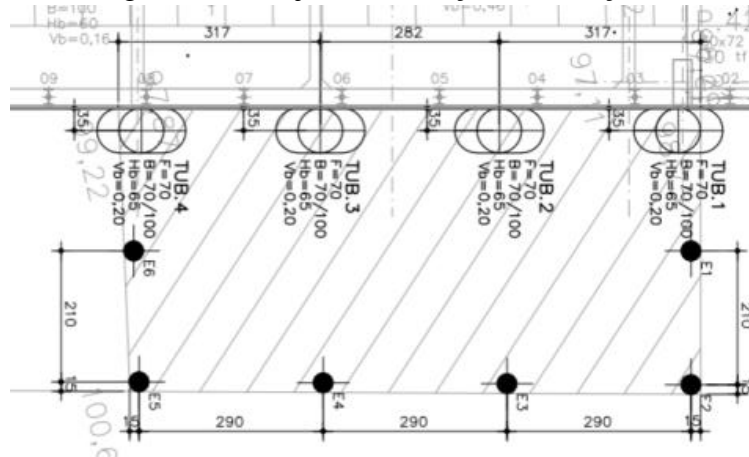
Figura 15.

Fonte: Solosfera (b) (2019)

### 4.3 SOLUÇÃO

De modo a reparar os danos causados, a empresa responsável pela obra entrou em contato com o projetista de fundações e propôs um reforço envolvendo 6 estacas mega metálicas e 4 tubulões de base em falsa elipse como demonstrado na Figura 16 abaixo.

Figura 16 – Projeto de reforço de fundações.



Fonte: Solosfera (a) (2017).

Foram utilizados dois tipos de reforço de fundação, como já dito anteriormente, parte em estaca Mega metálica e parte em tubulões. A decisão de utilizar tubulões como reforço foi tomada pelo projetista, por receio de que a cravação e posição das estacas Mega na divisa do terreno influenciariam negativamente no arranjo do solo em que o pranchamento da obra vizinha já estava executada, devido à pouca distância entre a contenção do local de aplicação das estacas, podendo assim criar uma instabilidade devido ao pouco empuxo de terra, portanto o método de escavação manual dos tubulões satisfaz mais os cálculos do projetista.

Neste caso as estacas Mega foram utilizadas como reforço de fundação na região interna da construção, como observado na figura 17 abaixo, pois não teria espaço o suficiente para que pudesse ser utilizado maquinário pesado como estacas raiz ou hélice contínua, portanto o uso de equipamentos de pequeno porte como o macaco hidráulico seria de extrema necessidade e teria uma dificuldade maior de construir com tubulões pois o acesso as fundações teve de ser feita pelo interior do sobrado, pois a residência sendo geminada não permitiria acesso externo a fundação como no caso lado direito da construção, além de termos técnicos à estaca Mega neste caso sairia mais econômica por não precisar alugar máquinas e o custo de concreto para a construção dos tubulões diminuído por se tratar de peças metálicas pré-fabricadas.

Figura 17 – Execução de estacas Mega metálicas na casa objeto de estudo



Fonte: Solosfera (b) (2019)

Segundo entrevista com engenheira Karine Lanko da Mega Reforça (LANKO, 2020), o tipo mais frequente de estaca Mega para utilização em reforço de fundação é a Mega Metálica por dois



motivos, a capacidade de carga da estrutura deste tipo de estaca é mais resistente e a possibilidade de chegar em profundidades maiores com solos mais resistentes em comparação à estaca Mega de concreto, tornando mais segura e mais eficaz na solução de reforço.

Tendo sido definidos os parâmetros para a utilização das estacas, foi calculada a carga de trabalho da estrutura original para cada uma. Em seguida foram definidos os coeficientes de segurança e deformação, levando ao subsequente cálculo da carga de cravação necessária juntamente a definição do comprimento e quantidade de tubos de cada elemento como demonstrado na Tabela 01 abaixo:

Tabela 01 – Ficha técnica das estacas Mega metálicas.

Nº da Estaca	Quantidade de Tubos	Carga de Cravação (tf)	Comprimento da Estaca (m)	Data
E04	16	28,41	14,11	21/11/2019
E03	16	24,19	14,16	22/11/2019
E05	16	26,56	14,04	25/11/2019
E01	9	12,95	9,19	26/11/2019
E06	9	13,98	9,11	26/11/2019
E02	14	24,54	12,94	28/11/2019

Fonte: Mega Reforça (2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi necessário reforço na fundação da edificação em questão, devido a movimentação do solo, após um processo fragilização do solo abaixo do sobrado, como consequência de uma falha no sistema de esgoto no entorno.

Após realizado o reforço, não foi observada a reincidência de recalque ou problemas estruturais na edificação e a edificação atualmente é utilizada como estabelecimento comercial e de moradia, podendo assim demonstrar o desempenho satisfatório proporcionado pela solução do emprego de estacas mega metálicas.

Em pesquisas futuras deve-se aprofundar em diferentes métodos de reforços de fundação, como estudos de caso com a utilização de outros tipos de estaca Mega como a pré-moldada de concreto, uso de estaca raiz como método de reforço e a possibilidade e quais vantagens da reutilização de fundações pré-existentes após demolição de edifícios.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6.122:2019**: Projeto e execução de fundações. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BARROS, Carolina. **Apostila de Fundações: técnicas construtivas**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, 2011. Disponível em: <https://edificacoes.files.wordpress.com/2011/04/apo-fundac3a7c3b5es-completa.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2020.

DONADON, Emanuelle Fazendeiro. **Comportamento de estacas Mega de concreto, implantadas em solo colapsível**. 2009. 147 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258206>>. Acesso em: 14 de junho de 2020.

ENGESOLO. **Relatório de perfis individuais do subsolo – SP 2017/0034**. Engesolos Engenharia de Solos e Fundações Ltda, 2017.

FARAGGI, Ivo. **Estaconsolida**, Estaconsolida Engenharia de Consolidações Ltda, 2016. Disponível em: <http://www.estaconsolida.com.br/estaca-mega-concreto/>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

FONSECA, Fabio. **Estaca Mega Metálica**. FUNDACON. 2020. Disponível em: <https://www.fundacon.com/servicos/estaca-mega-metalica/>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

LANKO, Karine. **Entrevista feita com Eng. Karine Lanko**, engenheira da Mega Reforça – Estacas Mega e Solo Grampeado, em 16 de setembro de 2020, São Paulo, 2020.

LIMA (a), Dieres. **Estaca Mega Concreto**. JJ Lima – Empreiteira e Estaqueamento Ltda, 2020. Disponível em: <https://www.jjlimaempreiteira.com.br/estaca-mega-concreto>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

LIMA (b), Dieres. **Estaca Mega Metálica**. JJ Lima – Empreiteira e Estaqueamento Ltda, 2020. Disponível em: <https://www.jjlimaempreiteira.com.br/estaca-mega-metalica>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

MAPS, Google, **Acervo de domínio público**, 2020 Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-23.5818475,-46.6428463,3a,75y,74.31h,81.44t/data=!3m6!1e1!3m4!1sutGgwIMEvs7cvaDPXMrKMw!2e0!7i16384!8i8192>. Acesso em: 12 de setembro de 2020.

MEGA REFORÇA. **Reforço de fundações**. Relatório: RRF-7340-B-11-19. Mega Reforça – Estacas Mega e Solo Grampeado, 2019.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo César; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

NEVES, Manuel João Niza das. **Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações: metodologias, dimensionamento e verificações de segurança**. 2010. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142103007/Tese%2056426.pdf>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

OLIVEIRA (a), Armando. **Entrevista à revista Fundações e Obras Geotécnicas no site da Mega Reforça**. 2016. Disponível em: <http://reforca.com.br/novo/caracteristicas-das-estacas-mega/> Acesso em: 03 de abril de 2020.

OLIVEIRA (b), João Armando. **Entrevista feita com Eng. João Armando Oliveira**, diretor da Mega Reforça – Estacas Mega e Solo Grampeado, em 10/04/2020. São Paulo, 2020.

PEREIRA, Caio. **Sondagem SPT: O que é e como é feito esse ensaio.** Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sondagem-spt/>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

SOLOSFERA (a). **Planta geotécnica das fundações e contenções - Código: SF 1339.** Solosfera Consultoria em Geotecnia e Fundações S/S Ltda, 2019.

SOLOSFERA (b). **Acervo de fotografias da empresa.** Solosfera Consultoria em Geotecnia e Fundações S/S Ltda, 2019.