

FACULDADE DOCTUM
Gustavo de Jesus Medeiros
Matheus Rezende Savino

ANÁLISE DE PATOLOGIAS DE RECALQUE EM FUNDAÇÕES
SUPERFICIAIS E PROFUNDAS

Juiz de Fora
2019

**Gustavo de Jesus Medeiros
Matheus Rezende Savino**

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS DE RECALQUE EM FUNDAÇÕES
SUPERFICIAIS E PROFUNDAS**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Me. Wellington Coutinho da Silva

Juiz de Fora
2019

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF

MEDEIROS, Gustavo de Jesus; SAVINO, Matheus
Rezende

Análise de patologias de recalque em fundações
superficiais e profundas/ Gustavo de Jesus Medeiros, Matheus
Rezende Savino - 2019.

Nº folhas: 62

Monografia (Curso de Engenharia Civil) –
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Patologia. 2. Recalque. 3. Reforço de
fundação.

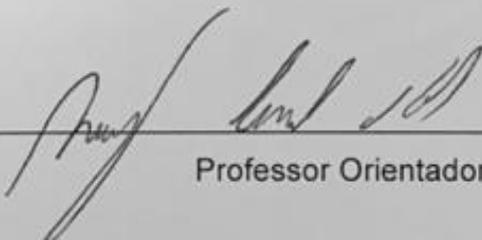
I. Análise de patologias de recalque em fundações
superficiais e profundas. II Faculdade Doctum Juiz de

	FACULDADE DOCTUM DE JUIZ DE FORA	FORMULÁRIO 9
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TERMO DE APROVAÇÃO		

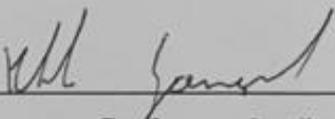
FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado ANÁLISE DE PATOLOGIAS DE RELAXADOR EM FUNÇÕES SUPERFICIAIS E PROFUNDAS, elaborado pelos alunos GUSTAVO DE JESUS MENDONÇA E MATHEUS RIBEIRO SAUINO foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de ENGENHARIA CIVIL, como requisito parcial da obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA CIVIL.

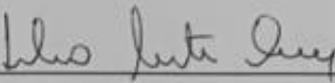
Juiz de Fora, 09 de dezembro de 2019.



 Professor Orientador



 Professor Avaliador 1



 Professor Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me capacitar e me abençoar todos os dias durante toda jornada.

Aos meus amados pais Reinaldo e Maria Helena, que me deram todo apoio necessário para que eu pudesse concluir mais essa etapa em minha vida.

A minha irmã Hellen que sempre me apoiou e acreditou no meu sonho.

Aos meus tios, primos, avós que contribuíram de muitas formas me ajudando a seguir em frente.

Aos meus amigos que adquiri durante a graduação, que juntos passamos por dificuldades, mas também momentos de felicidade.

Um agradecimento especial ao Prof. Me. Wellington Coutinho da Silva, pelo tempo dedicado a nossa orientação e a disponibilidade para nos auxiliar nesse trabalho.

A todos os professores que dedicaram seu tempo para me transmitir todo conhecimento e experiência.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até a conclusão do meu sonho, a graduação de Engenharia Civil, o meu muito obrigado.

Gustavo de Jesus Medeiros.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por sempre me dar saúde, força e me conduzir em minhas conquistas.

Aos meus pais, Sandra e Sandro, que sempre estiveram do meu lado e me proporcionaram a oportunidade de uma tão sonhada graduação.

A minha irmã Paula, por me apoiar em minhas decisões e me dar forças para conseguir alcançar meus objetivos.

Agradeço a minha namorada Marina, por estar comigo durante esse processo de crescimento intelectual, me dando toda força e incentivo necessário.

Agradeço ao Prof. Me. Wellington Coutinho da Silva, por gentilmente ter ajudado e dedicado seu tempo no decorrer deste trabalho, dando todo o suporte necessário.

Aos amigos e familiares que contribuíram, de alguma forma, com minha caminhada na graduação.

A esta universidade e seu corpo docente por me ensinarem sobre a profissão que escolhi para minha vida.

Matheus Rezende Savino.

RESUMO

MEDEIROS, Gustavo de Jesus; SAVINO, Matheus Rezende. **ANÁLISE DE PATOLOGIAS DE RECALQUE EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS E PROFUNDAS.** Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

A não execução ou a má interpretação da sondagem do solo são as causas mais frequentes de problemas ocasionados nas fundações, pois o solo é o elemento que tem a função de suporte da estrutura.

Este trabalho apresenta manifestações patológicas nas edificações com enfoque em recalque de fundações, seguido por possíveis medidas tratativas para que a estrutura não entre em colapso. A possibilidade de ruína devido às patologias torna o estudo desta área muito importante, pois além do prejuízo financeiro, vidas são colocadas em risco. Sendo assim, quanto antes a patologia for identificada e tratada, melhor para todo o sistema.

O presente trabalho tem o objetivo de abordar formas de ocorrência do recalque, que surgem a partir do momento em que o solo é carregado com as cargas da estrutura, podendo ser imediato ou ao decorrer do tempo. Diante das possíveis maneiras de manifestação do recalque, são apresentadas tratativas para reforço de fundações, que podem ser provisórias ou permanentes.

A metodologia utilizada abordou um ponto de vista explicativo, que proporciona ao leitor informações sobre o tema abordado diante de uma pesquisa bibliográfica qualitativa.

São elaborados quadros para auxiliar na solução das patologias causadas pelo recalque, como proposta de auxiliar a escolha da técnica a ser usada para o reforço da fundação, sendo imprescindível a contratação de um profissional para avaliar minuciosamente e encontrar a solução adequada.

Palavras-chave: Patologia; Recalque; Reforço de fundação.

ABSTRACT

The non-execution or misinterpretation of the soil are the most frequent causes of problems caused in the foundations, because the soil is the supporting element of the structure.

This work presents pathological manifestations in buildings with a focus on the repression of foundations, followed by possible treatment measures so that the structure doesn't collapse. The possibility of ruin due to pathologies makes the study of this area very important, because besides the financial loss, lives are put at risk. Thus, the sooner the condition is identified and treated, the better for the whole system.

The present work has the objective to approach forms of repression occurrence that arise from the moment the soil is loaded with the structure's loads, which may be immediate or over time. Given the possible ways of manifestation of the repression, foundations are presented to reinforce foundations, which may be provisional or permanent.

The methodology used approached an explanatory point of view, which provides the reader with information on the topic addressed in the face of a qualitative bibliographic research.

Tables are prepared to help solve the pathologies caused by repression, as a proposal to help choose the technique to be used for reinforcement of the foundation, and it is essential to hire a professional to thoroughly evaluate and find the appropriate solution.

KEYWORDS: Pathology; Repression; Reinforcement of foundation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sapatas isoladas	19
Figura 2 – Sapata corrida	20
Figura 3 – Sapata associada	21
Figura 4 – Sapata alavancada	21
Figura 5 – Bloco de concreto ciclópico	22
Figura 6 – Radier	23
Figura 7 – Viga de fundação	23
Figura 8 – Tubulão a céu aberto	24
Figura 9 – Tubulão a ar comprimido.....	25
Figura 10 – Estaca de madeira	26
Figura 11 – Estaca metálica	27
Figura 12 – Estaca pré-moldada de concreto.....	28
Figura 13 – Estaca hélice contínua	29
Figura 14 – Estaca raiz	29
Figura 15 – Estaca tipo Franki.....	30
Figura 16 – Estaca tipo Strauss	31
Figura 17 – Superposição de pressões	36
Figura 18 – Superposição de pressões	37
Figura 19 – Deficiência na investigação do solo	37
Figura 20 – Fundação sobre aterro	38
Figura 21 – Recalque devido ao rebaixamento do lençol freático	39
Figura 22 – Recalque devido a influência da vegetação	40
Figura 23 – Alargamento de base	42

Figura 24 – Estaca mega	43
Figura 25 – Jet Grouting	45
Figura 26 – Estaca Raiz	46
Figura 27 – Microestacas	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Problemas típicos decorrentes em fundações superficiais e profundas.....	33
Quadro 2 - Alargamento de base para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclóricos.....	49
Quadro 3 - Estaca raiz para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclóricos.....	50
Quadro 4 - Estaca mega para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclóricos.....	50
Quadro 5 - Microestaca para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclóricos.....	50
Quadro 6 - Congelamento de solo para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclóricos.....	51
Quadro 7 - Jet Grouting para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclóricos.....	51
Quadro 8 - Alargamento de base para reforço de tubulão.....	52
Quadro 9 - Estaca raiz para reforço de tubulão.....	52
Quadro 10 - Microestaca para reforço de tubulão.....	53
Quadro 11 - Congelamento de solo para reforço de tubulão.....	53
Quadro 12 - Jet Grouting para reforço de tubulão.....	53
Quadro 13 - Estaca raiz para reforço de estacas.....	54
Quadro 14 - Congelamento de solo para reforço de estacas.....	54
Quadro 15 - Jet Grouting para reforço de estacas.....	55
Quadro 16 – Resumo das tratativas.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ELS: Estado Limite de Serviço

NBR: Norma Brasileira Regulamentadora

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 METODOLOGIA	17
2 FUNDAÇÕES	19
2.1 FUNDAÇÕES DIRETAS RASAS	19
2.1.1 Sapata isolada	19
2.1.2 Sapata corrida	20
2.1.3 Sapata associada	20
2.1.4 Sapata alavancada	21
2.1.5 Bloco de concreto ciclópico	22
2.1.6 Radier	22
2.1.7 Viga de fundação	23
2.2 FUNDAÇÕES DIRETAS PROFUNDAS	24
2.2.1 Tubulão a céu aberto	24
2.2.2 Tubulão a ar comprimido	25
2.3 FUNDAÇÕES INDIRETAS PROFUNDAS	25
2.3.1 Estaca de madeira	26
2.3.2 Estacas pré-moldadas	27
Estaca metálica	27
Estacas pré-moldada de concreto	27
2.3.3 Estacas moldadas in loco	28
Hélice contínua	28
Estaca raiz	29
Estaca tipo Franki	30
Estaca tipo Strauss	30
3 PATOLOGIA E RECALQUE	32
3.1 PATOLOGIA	32
3.1.1 Patologias gerais	32
3.1.2 Responsabilidades Técnicas quanto aos Problemas Patológicos ...	34
3.2 RECALQUE	35
3.2.1 Recalques de fundações	36
Recalque por superposição de pressões	36
Deficiência na investigação do solo	37

Fundação sobre aterro	37
Recalque devido ao rebaixamento do lençol freático	38
Recalque devido a influência da vegetação	39
4 BOAS PRÁTICAS E SOLUÇÕES PARA SE EVITAR PATOLOGIAS DE RECALQUES	41
4.1 REFORÇO DE FUNDAÇÕES	41
4.1.1 Alargamento de base	41
4.1.2 Estaca Mega	42
4.1.3 Jet Grouting.....	43
4.1.4 Estaca Raiz	45
4.1.5 Congelamento de solo	47
4.1.6 Microestacas	47
4.2 QUADROS PARA TRATATIVAS DE RECALQUE EM FUNDAÇÕES ESPECÍFICAS.	48
4.2.1 Tratativas para sapatas e blocos ciclópicos	49
4.2.2 Tratativas para tubulão a céu aberto e a ar comprimido	51
4.2.3 Tratativa para estacas.....	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Uma fundação é necessária para que as cargas de uma edificação sejam transmitidas para o solo, podendo, com o passar do tempo, ter seu desempenho alterado, diminuindo sua eficiência devido a vários fatores.

Quando uma fundação ao ser carregada sofre recalques devido às cargas que foi submetida, podendo ser imediato, quando o recalque acontece assim que a fundação é carregada, ou o que se processa com o tempo, devido ao adensamento do solo.

Segundo a NBR 6122 (2010), recalque é entendido como a movimentação vertical descendente de um elemento estrutural e a relação entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a distância entre eles denomina-se recalque diferencial, considerado a patologia mais significativa.

O estudo do recalque nas fundações é de extrema importância para que as patologias apresentadas sejam reparadas o quanto antes afim de não sejam agravadas, comprometendo a estrutura e, para que isto não ocorra é necessário realizar métodos de reforço em fundações, que serão abordados ao decorrer deste trabalho.

As causas mais recorrentes de transtornos nas fundações são a não realização ou a deficiência da investigação do solo, geralmente devido ao número insuficiente de sondagens e interpretação errônea do ensaio, pois este é o componente que suporta as cargas da estrutura.

Com o intuito de entender os transtornos nas fundações, tem-se que patologia no âmbito da engenharia civil, pode ser denominado como o “estudo dos danos provocados pelos movimentos da fundação” (JÚNIOR et al., 2017).

O conhecimento das patologias, suas formas de aparição e métodos para tratá-las é necessário para evitar danos estruturais que possam comprometer a estrutura e colocar vidas em risco. Diante disso, o estudo dos tipos de recalque é fundamental para que estes tenham sua aparição interpretada da maneira correta, assim sendo possível realizar tratativas para que esta patologia seja solucionada.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar, de forma clara, patologias recorrentes, com ênfase em recalque de fundações e métodos de soluções destas para que a superestrutura não seja comprometida.

1.1.2 Objetivos específicos

- . Apresentar as patologias decorrentes de recalque em fundações;
- . Abordar métodos de soluções para os tipos de recalque nas fundações apresentadas;
- . Elaborar um quadro para auxiliar na escolha da melhor solução em cada tipo de fundação.

1.2 Justificativa

A palavra patologia é derivada do idioma grego, em que “Phatos” significa “doença”, e “Logos”, estudo. A patologia, ou “estudo da doença”, é um termo empregado também no cotidiano da Construção Civil, na qual estudam-se os defeitos ocorridos em edificações, como recalques, trincas e fissuras como exemplo. Afinal, toda anomalia em uma edificação deve ser estudada, para que seja reparada (Júnior et al., 2017).

O estudo das patologias em fundações é de grande importância, pois quando não identificadas ou se identificadas tardiamente pode levar uma estrutura ao colapso. Além do prejuízo financeiro, sonhos, objetivos e vidas são colocados em risco. Não há nada mais valioso do que a vida de um ser, não tem preço que pague. Por isso, é de muita importância a identificação da patologia e estudo da mesma, para que seja sanado o problema o quanto antes.

Essas patologias podem ser identificadas no dia a dia ou nas manutenções preventivas que devem ser feitas em todos os tipos de estruturas. O quanto antes identificadas e sanadas melhor para todo o sistema, além do estrutural.

De acordo com Gazeta (2019), um prédio desabou na cidade de Vila Velha. O ocorrido aconteceu por volta das 5:30h da madrugada do dia 24 de maio de 2019. O edifício desabitado de quatro andares teve como laudo, de acordo com a Defesa Civil, rachaduras e uma leve inclinação devido ao recalque diferencial. O proprietário do edifício foi notificado em 2005 a contratar um engenheiro civil para analisar a estrutura, e encontrar a melhor solução para sanar os problemas causados pelas patologias, mas o mesmo não o fez. Com isso, a estrutura entrou em colapso depois de 14 anos. Mesmo não tendo vítimas, o ocorrido abalou e impactou a vida dos vizinhos, colocando os mesmos em risco.

O fato descrito acima, ressalta a importância de existir uma preocupação em entender como funcionam os recalques e como pode-se controlar e evitar danos de grandes proporções.

1.3 Metodologia

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica, buscando através de vários autores, conteúdos para embasar o referencial teórico. Foram apresentados os tipos de fundações superficiais e profundas, assim como suas características, seguido do conceito de patologias e os inconvenientes causados por elas, enfatizando o recalque, que é o tipo de patologia mais recorrente das fundações. Por fim, foi elaborado quadros com métodos possíveis para tratar os recalques nas fundações apresentadas.

Este trabalho tem ponto de vista explicativo, buscando proporcionar ao leitor maiores informações sobre o assunto, sendo uma pesquisa bibliográfica qualitativa, elaborada a partir de livros, monografias, artigos científicos e teses para colocar o leitor em contato direto com todo material já escrito sobre este tema.

A pesquisa explicativa preocupa-se com a identificação dos fatores que estabelecem ou colaboram para a incidência de fenômenos. Essa pesquisa tem por característica explicitar, ao máximo, a realidade apresentando as causas e os motivos (Gerhardt e Silveira, 2009).

As ideias centrais de uma pesquisa qualitativa, consistem em alguns aspectos como a adoção de métodos e teorias apropriados, na aprovação e investigação de diversas perspectivas, na análise dos autores em seus conteúdos sendo parte da elaboração do material e na diversidade de abordagens e recursos (Flick, 2009).

2 FUNDAÇÕES

2.1 Fundações diretas rasas

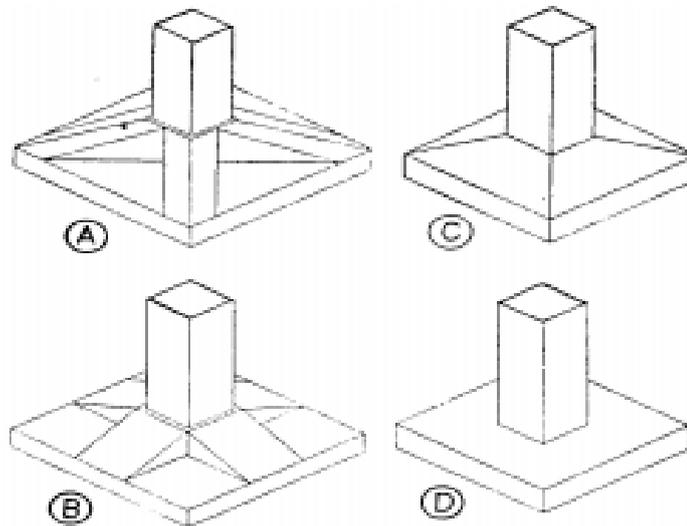
Segundo a NBR 6122 (2010), fundações diretas rasas são elementos estruturais de fundação, onde as cargas da edificação são distribuídas ao solo predominantemente através de sua base. Onde sua profundidade não pode ultrapassar em duas vezes a menor dimensão da mesma.

As fundações diretas rasas são: sapatas, blocos, radier e vigas de fundações.

2.1.1 Sapata isolada

As sapatas, diferentemente dos blocos, são dimensionadas de modo que as tensões de tração sejam resistidas pela armadura (VELLOSO e LOPES, 2011). A figura 1 apresenta possíveis formatos de sapata isolada.

Figura 1 – Sapatas isoladas.



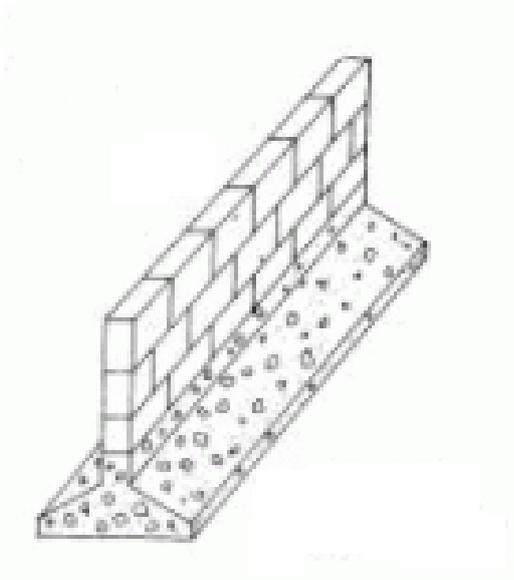
Fonte: CASTRO, (2018).

2.1.2 Sapata corrida

Conforme Bastos (2012), a sapata corrida (Figura 2), caracteriza-se por estar sujeita a receber uma carga distribuída, ou seja, linearmente.

Por se tratar de uma fundação direta, as cargas por ela resistidas são transmitidas ao solo através da sua base (Rebello, 2008).

Figura 2 – Sapata corrida.



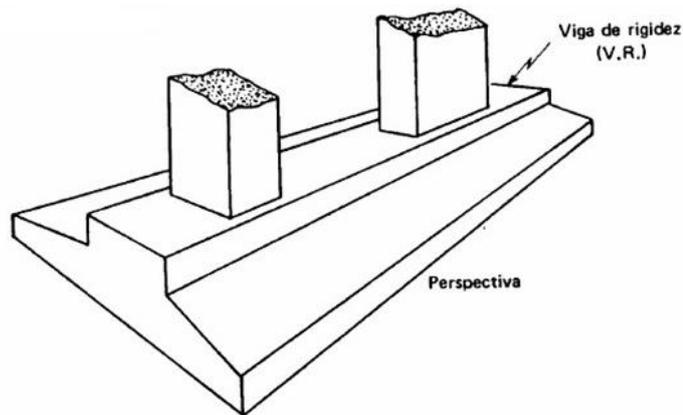
Fonte: ACHAR IMÓVEIS, (2011).

2.1.3 Sapata associada

Segundo a NBR 6122 (2010), sapata associada, também conhecida como radier parcial, é aquela que tem vários pilares em comum.

Sapata que recebe esforços distribuídos linearmente ou de pilares alinhados (VELLOSO e LOPES, 2011). A figura 3 exemplifica uma sapata associada.

Figura 3 – Sapata associada.

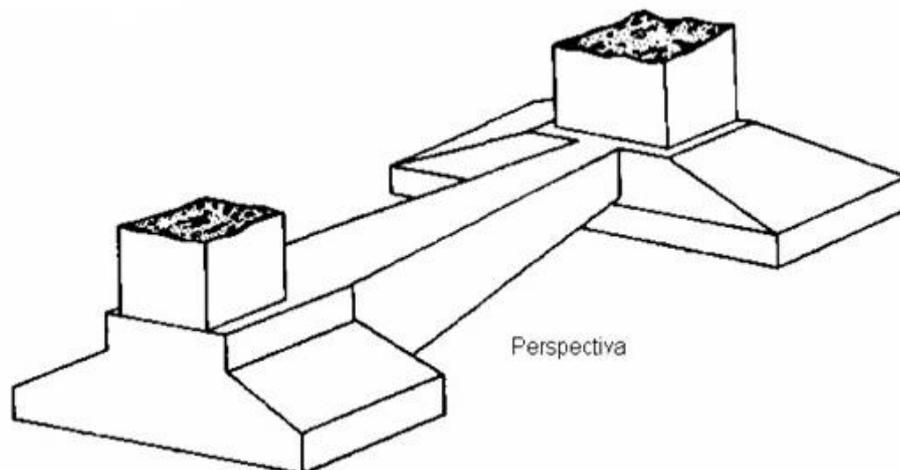


Fonte: CASTRO, (2018).

2.1.4 Sapata alavancada

A sapata alavancada (figura 4) é comum em pilares de divisa, onde ocorre uma excentricidade devido ao fato do centro de carga do pilar não coincidir com o centro de carga da sapata. Essa diferença faz com que se origine um momento fletor, que é resistido pela viga alavanca que é ligada a outra sapata (BASTOS, 2012).

Figura 4 – Sapata alavancada.



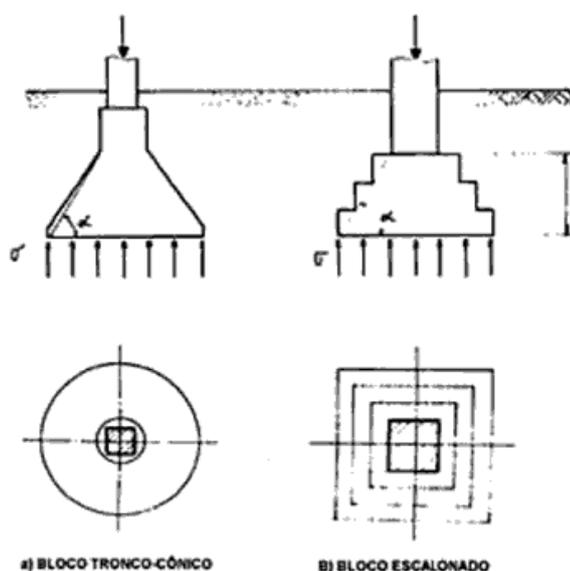
Fonte: CASTRO, (2018).

2.1.5 Bloco de concreto ciclópico

É um elemento de fundação rasa direta, no qual seu dimensionamento é feito para que o concreto resista aos esforços de tração, sendo assim, elimina-se a necessidade da utilização de aço. Quanto ao seu formato, pode apresentar faces verticais, inclinadas ou escalonadas (NBR 6122, 2010).

A figura 5 apresenta o bloco de concreto ciclópico em formato cônico e escalonado.

Figura 5 – Bloco de concreto ciclópico.



Fonte: CONSTRUÇÃO CIVIL, (2012).

2.1.6 Radier

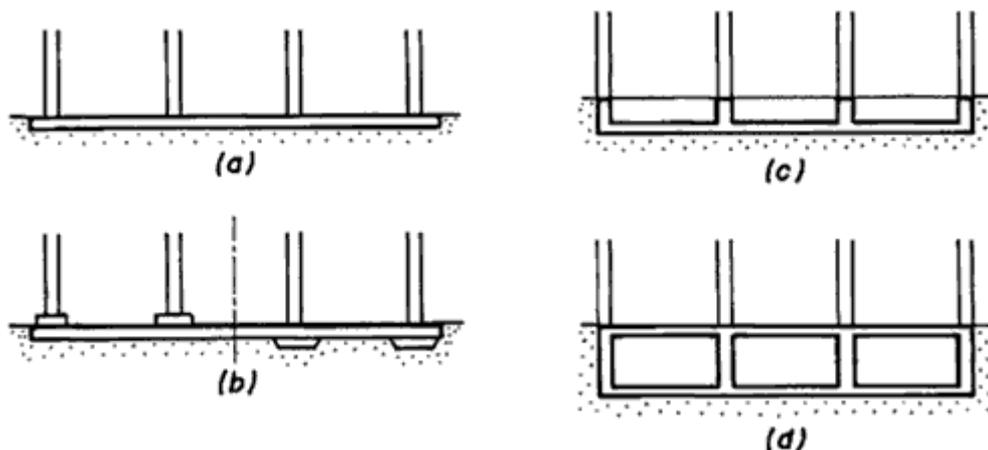
O radier recebe parte ou todos pilares de uma edificação. É adotado quando as sapatas são próximas ou se sobrepõem devido ao fato de alta carga dos pilares (VELLOSO e LOPES, 2011).

Em outros casos são utilizados quando é desejado uniformizar os recalques.

Pode se apresentar nas formas: radier liso, radier com pedestais ou cogumelos, radier nervurado e radier em caixão (VELLOSO e LOPES, 2011).

A figura 6 apresenta os principais tipos de radier: (a) liso, (b) com pedestais ou cogumelos, (c) com vigamento e (d) em caixão.

Figura 6 – Radier.



Fonte: CONSTRUÇÃO CIVIL, (2012).

2.1.7 Viga de fundação

De acordo com a NBR 6122 (2010), viga de fundação (Figura 7) é o elemento de fundação superficial comum a vários pilares, cujos centros, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento.

Figura 7 – Viga de Fundação.



Fonte: JACOFER, (2018).

2.2 Fundações diretas profundas

O tubulão é uma fundação direta profunda, de formato cilíndrico. Há duas maneiras de ser executado, a céu aberto ou sob ar comprimido, podendo ter ou não revestimento, este pode ser de concreto ou aço (NBR 6122, 2010).

O Tubulão é o elemento estrutural caracterizado por possuir um fuste e base, no qual se difere das estacas, geralmente, por ter diâmetro superior e base alargada (BOTELHO e MARCHETTI, 2015).

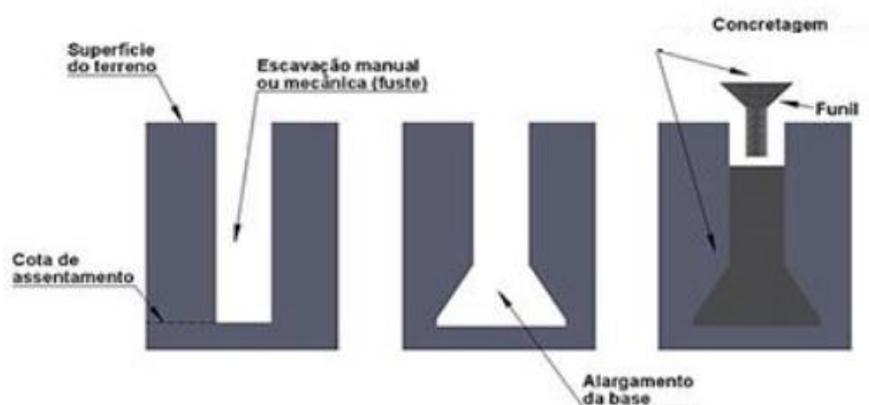
Ainda sobre sua base, Costa (2015) afirma que é necessária a descida de um operário pelo fuste para executar a limpeza do fundo e o alargamento da base.

As fundações compostas por tubulões não apresentam atrito lateral, no caso do tubulão a ar comprimido (pneumático), isso ocorre pela maneira que é executado, já os tubulões a céu aberto este atrito é desconsiderado na fase de projeto. Sendo assim, é considerada apenas a resistência da base, o que leva os tubulões a serem classificados como fundação direta (COSTA, 2016).

2.2.1 Tubulão a céu aberto

O tubulão a céu aberto (figura 8) pode ser executado de duas formas, manualmente e mecanicamente. Quando elaborado tanto manualmente quanto mecanicamente, sua base deve estar acima do nível d'água para que não haja erosão do solo, ocorrendo desmoronamento (CAMPOS, 2015).

Figura 8 – Tubulão a céu aberto.



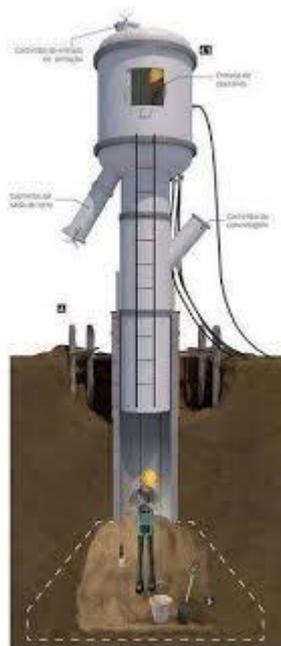
Fonte: PAULA et al., (2018).

2.2.2 Tubulão a ar comprimido

O tubulão a ar comprimido é utilizado quando solicitado por grandes cargas ou quando há água devido à presença do lençol freático, ocasionando risco de desmoronamento das paredes. É necessário o uso de revestimento, seja ele de aço ou concreto para a segurança do operário durante a escavação e também para o apoio da campanula utilizada para a compressão e descompressão do ar. A inserção de ar no tubulão impossibilita a entrada de água no mesmo, permitindo que seja executada a escavação (SANTOS, 2019).

A figura 9 representa um esquema de tubulão a ar comprimido.

Figura 9 – Tubulão a ar comprimido.



Fonte: LAN GEOTECNIA E FUNDAÇÃO, (2017).

2.3 Fundações indiretas profundas

Segundo a NBR 6122 (2010), as fundações indiretas profundas são caracterizadas por transmitirem a carga ao solo através da sua ponta, sua superfície lateral (fuste) ou compatibilidade das duas. Sua profundidade deve ser superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e de, no mínimo 3 metros.

As estacas são elementos de fundação profunda no qual seu processo executivo é feito completamente por equipamentos e, diferentemente dos tubulões, não há necessidade da descida de um operário. As mesmas se diferem devido ao seu material, que podem ser em madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in loco ou mistos (NBR 6122, 2010).

2.3.1 Estaca de madeira

A estaca de madeira no Brasil é usada em sua grande maioria como um elemento estrutural momentâneo, mas em algumas regiões são feitas como elementos definitivos, como em cais e ancoradouros (MILITITSKY et al., 2015).

Seu uso não é muito difundido pelo fato da madeira sofrer por agressão biológica e também de insetos. E quando são submetidas a trabalharem abaixo do nível do lençol freático sofrem por ações físicas e químicas, levando ao seu apodrecimento (MILITITSKY et al., 2015).

Na figura 10 é exemplificada uma estaca de madeira.

Figura 10 – Estaca de madeira.



Fonte: DIRECTIVA ENGENHARIA, (2016).

2.3.2 Estacas pré-moldadas

De acordo com Castro (2018) as estacas pré-moldadas são cravejadas ao solo por percussão. Essa cravação pode ser feita através de pilões de queda livre ou automático, prensagem com macacos hidráulicos ou por vibração utilizando martelo com garras de fixação das estacas. Os tipos mais usuais são as de perfil metálico e as de concreto.

Estaca metálica

Segundo Pereira (2018) as estacas metálicas (figura 11) são empregadas em fundações profundas, as mesmas são confeccionadas industrialmente, com uma gama de perfis que podem ser laminados ou soldados, chapa simples ou dobradas, tubos com costura ou sem e trilhos. Os perfis mais usuais são os laminados e soldados na forma de H ou I.

Figura 11 – Estaca metálica.



Fonte: AUSTRAL – FUNDAÇÕES E SONDAÇÕES, (2017).

Estacas pré-moldada de concreto

A estaca pré-moldada de concreto (figura 12) também conhecida como pré-fabricada é cravada no solo através de ferramentas, como pilão por gravidade ou mecanizado, por meio do macaco hidráulico e também por vibração utilizando o martelo com garras (SOUZA et al., 2017).

Figura 12 – Estaca pré-moldada de concreto.



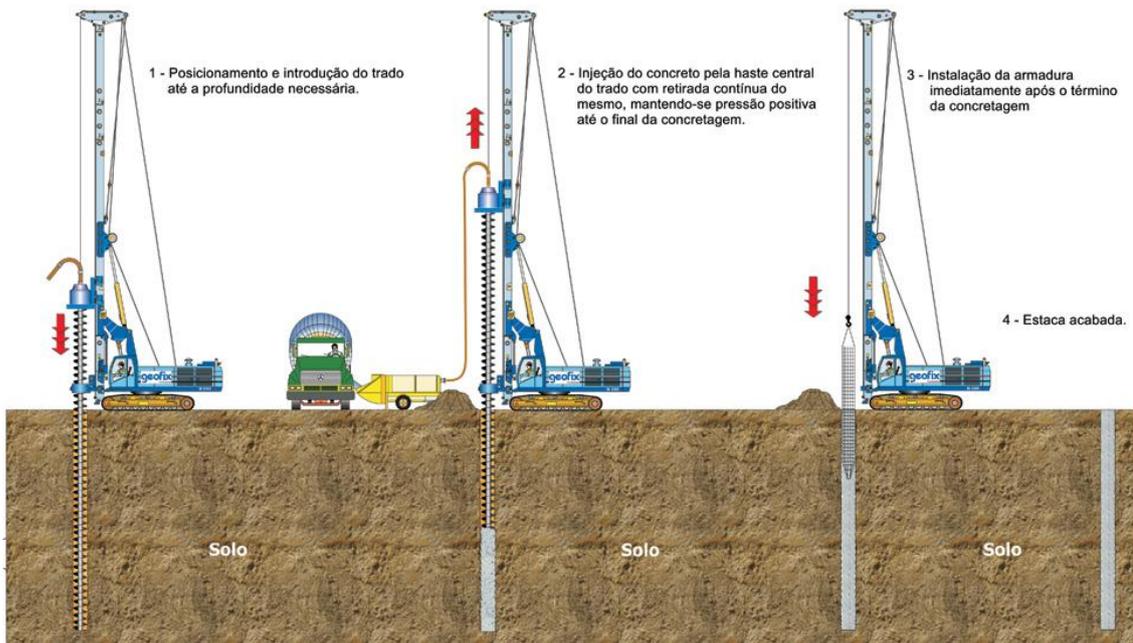
Fonte: DIRECTIVA ENGENHARIA, (2016).

2.3.3 Estacas moldadas in loco

Hélice contínua

A estaca hélice contínua (figura 13) monitorada é denominada como moldada in loco, isso se deve por que sua execução é feita na obra. Ela é executada através de um trado helicoidal, que é penetrado no solo por movimento de rotação e a introdução de concreto é feito simultaneamente com a retirada do trado pela haste central. Logo após a retirada do trado e a incorporação do concreto que ocorrem juntamente é coloca a armadura manualmente (SOUZA et al., 2017).

Figura 13 – Estaca hélice contínua.

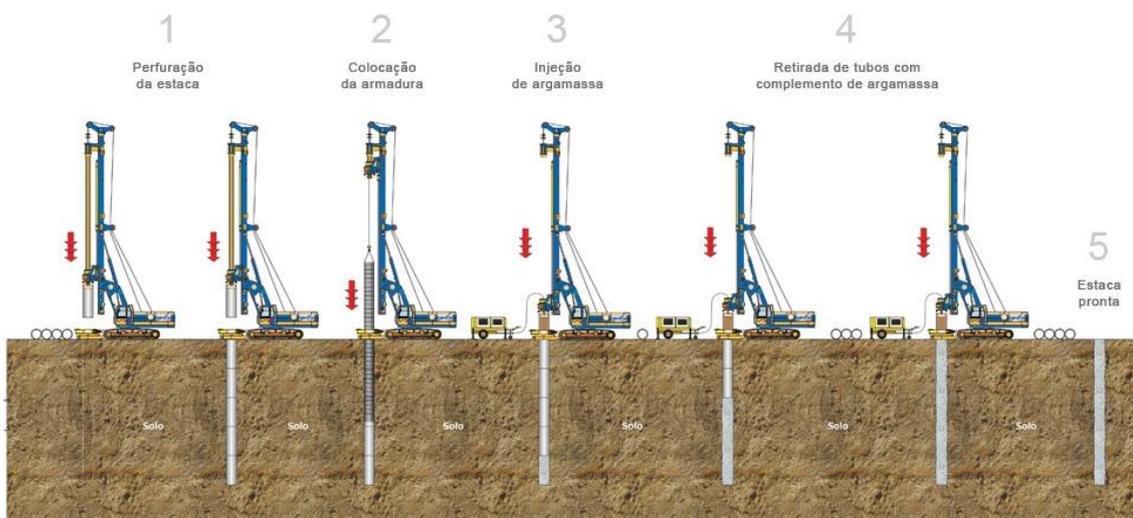


Fonte: GEOFIX, (2019).

Estaca raiz

A estaca raiz é feita com auxílio de uma perfuratriz através do movimento de rotação, no qual envolve lama bentonítica, água ou ar comprimido. A mesma é indicada para solos rochosos ou com matacões, ela também pode ser elaborada de forma inclinada (CASTRO, 2018). A figura 14 apresenta a estaca raiz.

Figura 14 – Estaca raiz.

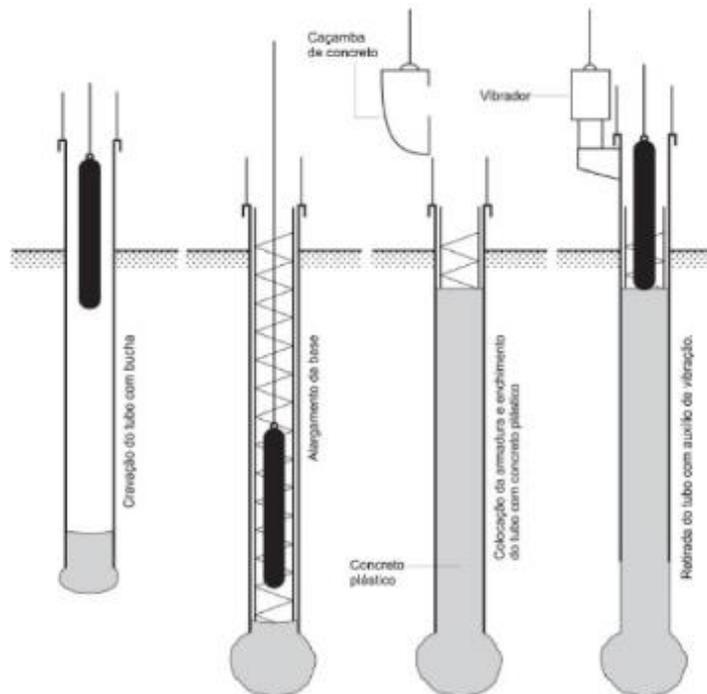


Fonte: GEOFIX, (2019).

Estaca tipo Franki

A estaca tipo franki (figura 15) é uma fundação profunda que tem sua base alargada, que é feita através da inserção de material granular ou concreto, com golpes de pilão. Seu fuste pode ser esculpido com revestimento que pode ser recuperado ou também por concreto pré-moldado (NBR 6122, 2010).

Figura 15 – Estaca tipo Franki.

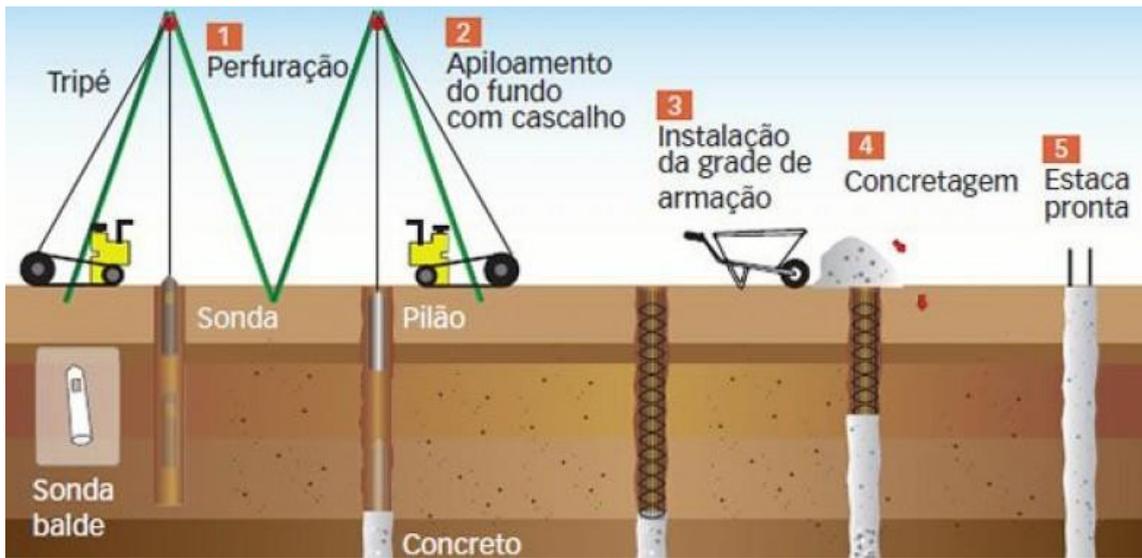


Fonte: VELOSO E LOPES, (2011).

Estaca tipo Strauss

A estaca tipo Strauss (figura 16) é uma fundação profunda, no qual sua elaboração é feita através de um balde sonda também denominado como piteira. Seu revestimento pode ser recuperado ou não anteriormente a etapa de concretagem (NBR 6122, 2010).

Figura 16 – Estaca tipo Strauss.



Fonte: VWF FUNDAÇÕES, (2019).

3 PATOLOGIA E RECALQUE

3.1 Patologia

A patologia nas construções é definida como o estudo que visa, de forma sistemática, compreender as imperfeições dos elementos como um todo da edificação, identificando suas causas, formas de aparição e meios de precaução e reabilitação (Júnior et al., 2017).

As imperfeições citadas acima são denominadas problemas patológicos, que interferem no desempenho da edificação e de seus componentes (Júnior et al., 2017).

Segundo Pelicani (2010), deve-se fazer “Vistoria Cautelar” previamente à construção. Esta vistoria baseia-se em um laudo técnico categórico contendo fotografias, com o intuito de uma melhor análise de um todo para evitar futuros inconvenientes.

3.1.1 Patologias gerais

O custo de uma fundação é variável, pois está diretamente ligado às características do solo e às cargas atuantes, sendo assim, seu valor situa-se entre 3 a 6% do custo da obra. Em alguns casos, conforme o tipo de estrutura a ser suportada e as condições adversas do solo, o custo da fundação pode atingir de 10 a 15% do custo global da obra (MILITITSKY et al., 2015).

Pelo fato do solo ser onde se apoiam as fundações e receber as cargas atuantes da edificação, sua investigação é essencial e é a causa mais frequente com relação a problemas na fundação. Por isso a investigação do mesmo é indispensável para se evitar patologia nas fundações (MILITITSKY et al., 2015).

No quadro 1 são apresentados problemas típicos devido à falta de investigação do solo em fundações superficiais.

Quadro 1 – Problemas típicos decorrentes em fundações superficiais e profundas.

Tipo de fundação	Problemas Típicos Recorrentes
Fundações Superficiais	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: Adaptado de MILITITSKY et al., (2005).

Tendo em vista os incômodos causados pelo surgimento de patologias ou mau desempenho das fundações, fica evidente a importância de serem evitadas, nas etapas da vida de uma fundação, circunstâncias que levam a este fato (MILITITSKY et al., 2015).

Na fase de construção de um empreendimento, o surgimento de patologias pode ocorrer no início, no andamento da obra e até após o término da mesma. Sendo assim, podendo originar de simples a sérios problemas.

Com o aparecimento e percepção de tais anomalias, que abrangem fissuras, trincas e desaprumo, faz-se necessário uma análise minuciosa para diagnosticar a origem e encontrar possíveis soluções (MONTEIRO, 2018).

De acordo com Vidal (2012), de maneira geral, o termo patologia é usado de modo a mencionar e estabelecer relações entre os transtornos e os erros que acontecem nas diversas fases de execução de um edifício, ocasionando assim vários fatores para o aparecimento de anomalias, apresentadas a seguir:

Anomalia Congênita: Na fase de elaboração de um projeto, seja ele arquitetônico, estrutural, elétrico ou hidráulico, é possível o aparecimento de uma

doença denominada anomalia congênita, pois surge na fase de concepção, decorrente da não utilização de normas técnicas ou de omissões do profissional. A criação inadequada de uma estrutura poderá resultar na imperfeição da peça estrutural, assim como um erro de cálculo responderá pelo aparecimento de maiores tensões que as previstas no concreto. Com isso, pode-se ter um concreto com ninhos de pedra, surgimento de fissuras, trincas, rachaduras ou até mesmo o colapso. Aproximadamente 40% dos casos de anomalias em edificações são consequências de uma má concepção de projeto.

Anomalia Executiva: Na etapa de execução, a utilização de mão-de-obra desqualificada ou de materiais e de recursos inadequados contribuem para o surgimento de problemas ou patologias na construção. Estes efeitos causados podem ser resumidos em formação de ninhos-de-pedra, retração excessiva do concreto, baixa resistência, correntemente seguida de deformações em peças estruturais, cobrimentos deficientes entre outros. Com isso as consequências podem atingir grandes proporções, como concentrações de tensões, rupturas, porosidade e desgaste do concreto até corrosão das armaduras. Em torno de 25% das anomalias em edificações são decorrentes de má execução.

Anomalia Acidental: Esta anomalia é causada acidentalmente ou de uma solicitação anômala. Geralmente causadas pela ação de ventos superior à de norma, terremotos, recalques e incêndios. Seus impactos na construção são esforços de natureza excepcional, em que os profissionais envolvidos, mesmo seguindo as normas, não preveem estas possíveis situações para edificação enfrentar tais esforços. As consequências vão de depara-se com movimentos consideráveis das peças estruturais, lascamento e rupturas localizadas.

Anomalia Adquirida: São aquelas que geralmente aparecem com o tempo da edificação, devido a sua exposição ao meio, podendo ser basicamente de vários tipos, fenômeno térmico, deformações diferidas, ataques por agentes agressivos entre outros.

3.1.2 Responsabilidades Técnicas quanto aos Problemas Patológicos

Particularmente no Brasil, a NBR 15575/13 referente ao desempenho de edificações habitacionais, busca um embasamento para delimitar as responsabilidades técnicas dos integrantes. No que se referem a edificações habitacionais, as obras devem ter no mínimo 50 anos de vida útil (NBR 15575, 2013).

No âmbito jurídico, as responsabilidades pelas patologias estão previstas no Código Civil brasileiro - Lei 10406 (BRASIL, 2002) e no Código de Defesa do Consumidor – Lei 8078 (Brasil 1990) (Júnior et al., 2017).

O não cumprimento das obrigações contratuais são as principais raízes da responsabilidade civil e constituem as medidas obrigatórias ao agente causador a reparar o dano moral e material causado a terceiros, por pessoas por quem ele responde ou de fato ou coisa sob a sua guarda que é chamada responsabilidade subjetiva, ou ainda, em razão de simples imposição legal que é a chamada responsabilidade objetiva (ALVES, 2009).

3.2 Recalque

Uma fundação ao ser carregada sofre recalques devido às cargas que foi submetida, podendo ser imediato, quando o recalque acontece assim que a fundação é carregada, ou o que se processa com o tempo devido ao adensamento do solo (VELLOSO e LOPES, 2011).

Tendo conhecimento desse simples conceito de recalque, podem-se apresentar algumas causas para os tipos de recalques (MILITITSKY et al., 2015).

Segundo Morcelli (2015), ao se construir uma edificação, o recalque do mesmo deve ser o menor possível. Entretanto diante de uma análise geotécnica do solo realizada de maneira ineficiente ou mal interpretada e até mesmo o tipo de fundação adotada for errada, pode ocorrer o aparecimento de fissuras na parede e na estrutura.

De acordo com o estudo da resistência dos materiais, diante de uma estrutura de concreto armado e parede de alvenaria, é comprovado que a alvenaria sofre os primeiros efeitos quando o sistema estrutura-parede recalca, sendo assim, as patologias se originam primeiramente na parede e posteriormente na estrutura.

Ainda de acordo com Morcelli (2015), quando uma estrutura sofre recalque, a mesma está sendo submetida a três tensões, que são elas: tensão de compressão, tração e cisalhamento. Por isso, grande parte dessas fissuras que são acarretadas pelo recalque da fundação, tem formato inclinado.

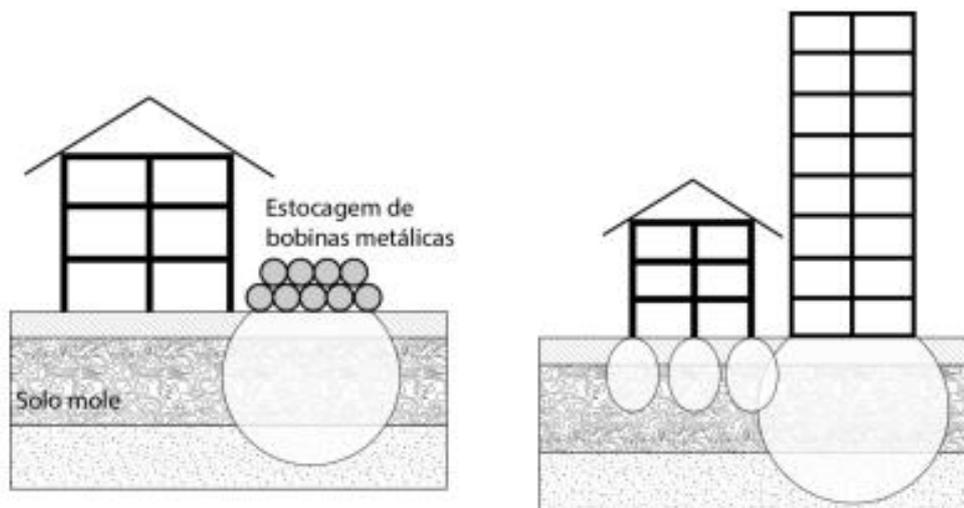
3.2.1 Recalques de fundações

Recalque por superposição de pressões

Este efeito acontece quando um solo que já possui um carregamento é carregado por uma nova estrutura, sendo assim ocasionando diferentes tensões no solo originando recalque (MILITITSKY et al., 2015).

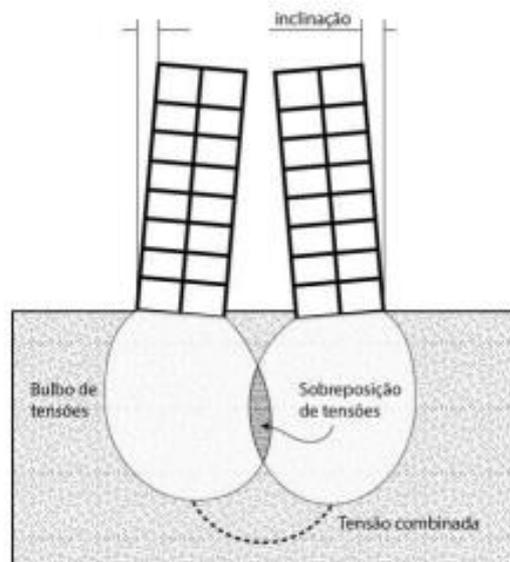
As figuras 17 e 18 apresentam a superposição de pressões:

Figura 17 – Superposição de pressões.



Fonte: MILITITSKY et al., (2008).

Figura 18 – Superposição de pressões.

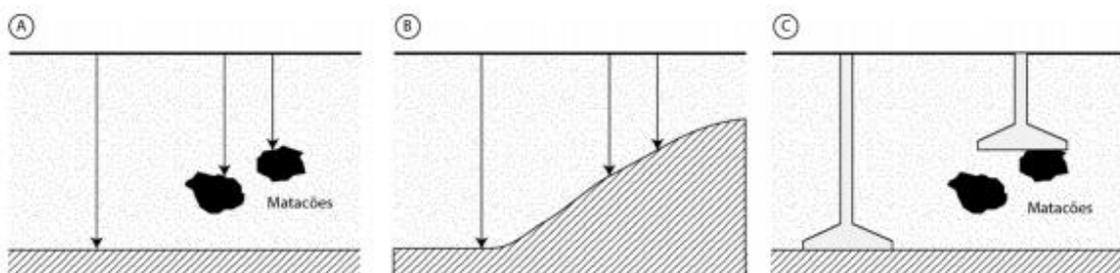


Fonte: MILITITSKY et al., (2008).

Deficiência na investigação do solo

Grandes partes das ocorrências de inconvenientes em fundações resultam em obras de pequeno e médio porte, seja por falta de recursos, questões econômicas ou estudo incompleto do solo a ser explorado. Com isso adota-se um tipo de fundação inadequada. A figura 19 apresenta a deficiência no estudo do solo: a) Perfil, b) Perfil erroneamente adotado, c) Apoio inadequado da fundação (MILITITSKY et al., 2015).

Figura 19 – Deficiência na investigação do solo.



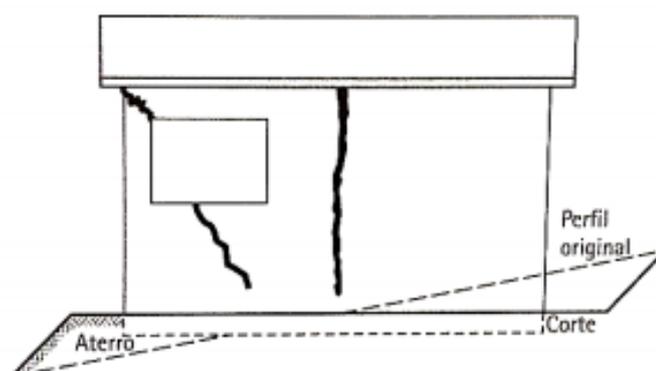
Fonte: Adaptado MILITITSKY et al., (2008).

Fundação sobre aterro

As fundações feitas sobre aterro sofrem recalque devido a alteração sofrida no corpo do mesmo pela carga acionada e também por alteração no corpo do solo natural localizado na parte inferior ao aterro (MILITITSKY et al., 2015).

A figura 20 apresenta uma provável patologia de execução de fundação sobre aterro.

Figura 20 – Fundação sobre aterro.



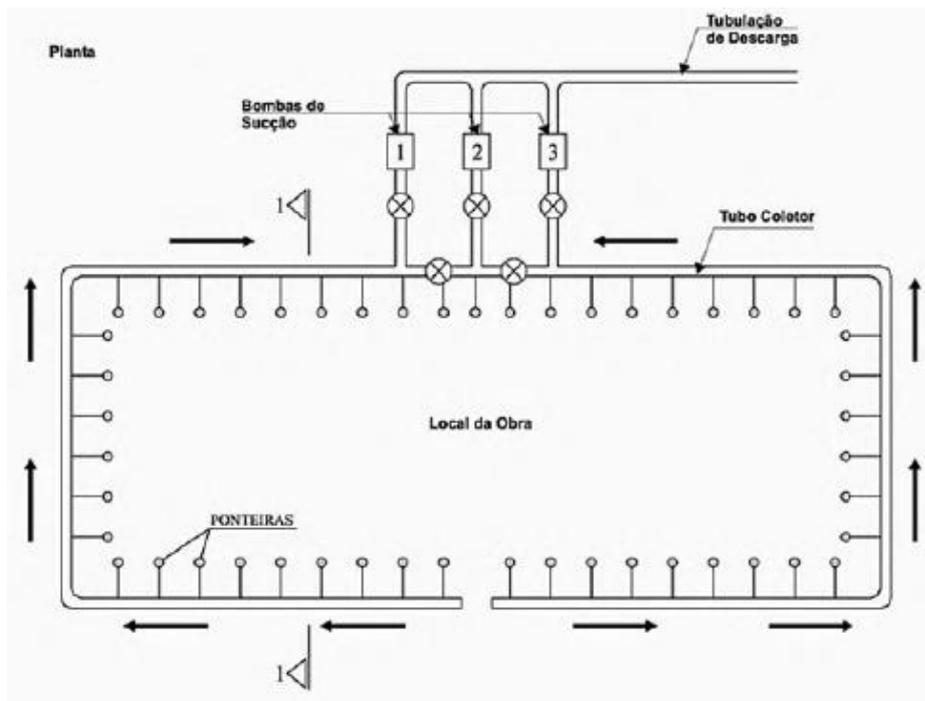
Fonte: MILITITSKY et al., (2008).

Recalque devido ao rebaixamento do lençol freático

O recalque devido ao rebaixamento do lençol freático acontece quando o solo onde se apoia a fundação sofrer um acréscimo de carga resultante devido à diminuição da pressão neutra. Em contrapartida, as fundações afastadas da área de drenagem do rebaixamento sofrem menos os efeitos recalcando menos, ocasionando assim um contraste entre as áreas drenadas e não drenadas, gerando recalque diferencial na estrutura como um todo (MARCELLI, 2010).

O rebaixamento do lençol freático, apresentado na figura 21, é realizado por meio da cravação de hastas metálicas no entorno da obra e conectadas por um tubo coletor a uma bomba de vácuo. O objetivo é criar uma sucção da água através dos tubos e com isso rebaixar o nível do lençol freático (MARCELLI, 2010).

Figura 21 – Recalque devido ao rebaixamento do lençol freático.



Fonte: MARCELLI, (2010).

Recalque devido a influência da vegetação

Caso uma construção tenha sua fundação executada em solo argiloso, manifestará um possível recalque devido a oscilação de umidade estimulado pela variação volumétrica (SILVA et al., 2018).

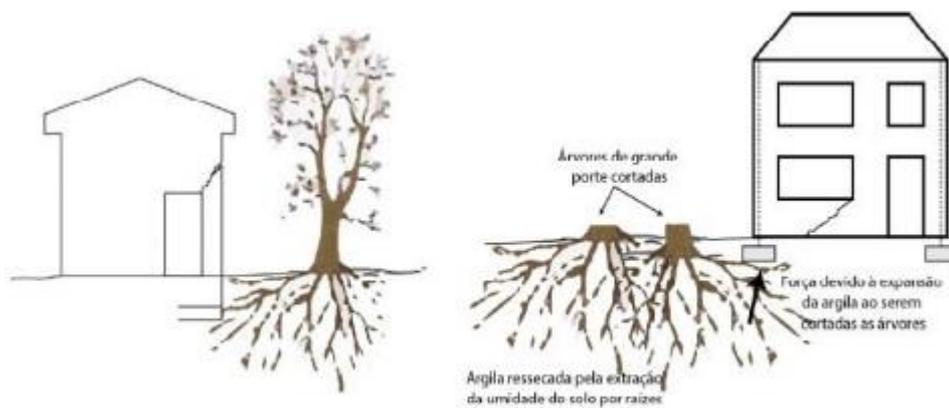
A influência física das raízes das vegetações adjacente a uma edificação (figura 22) interfere diretamente na umidade do solo, pois para assegurar seu desenvolvimento, as raízes sugam água do solo, sendo assim, a umidade da área onde há raízes passa a ser menor se comparado às áreas onde não há vegetação (SILVA et al., 2018).

O tipo de vegetação, o tipo de solo, a distância entre a vegetação e a fundação, o clima e o nível do lençol freático são aspectos que podem influenciar ocasionando recalque (SILVA et al., 2018).

Se o solo onde estiver apoiada a fundação for de característica expansiva e a vegetação for cortada ou podada, isso contribuirá para a expansão do mesmo,

causando um deslocamento vertical podendo suspender a fundação (SILVA et al., 2018).

Figura 22 – Recalque devido a influência da vegetação.



Fonte: MILITISKY et. al., (2005).

4 BOAS PRÁTICAS E SOLUÇÕES PARA SE EVITAR PATOLOGIAS DE RECALQUES

4.1 Reforço de fundações

O reforço de fundação é uma solução no sistema solo-estrutura, buscando a melhora da funcionalidade. Existem vários fatores que, de forma negativa, interferem na fundação, sendo eles: erros na concepção e análise de projetos, erros na execução, ampliações indevidas e influências externas. Cada caso necessita de um tipo de solução devido as diferentes características geológicas, cargas empregadas ao solo, urgência, entre outros (CALISTO e KOSWOSKI, 2015).

De acordo com Silva (2019), os reforços são caracterizados como provisórios e permanentes. Os provisórios são utilizados com intuito de possibilitar a execução dos reforços permanentes, que se integram à antiga fundação aumentando sua capacidade de carga para estabilizar o recalque.

Desta forma, os métodos de reforço dependem essencialmente da característica do solo, do estado limite de serviço (ELS) da estrutura, da situação das fundações e da limitação atribuída pelo modo de execução (MOREIRA, 2018).

Dentre os tipos mais recorrentes de reforço de fundação, são:

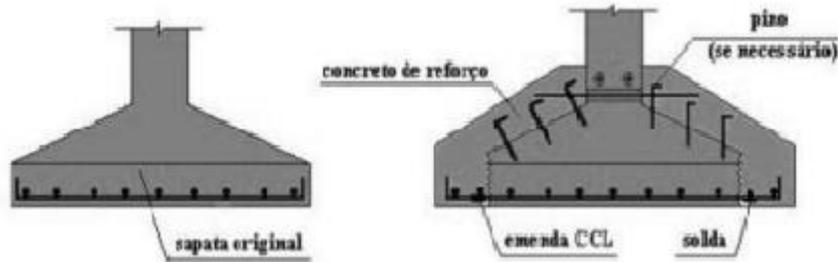
4.1.1 Alargamento de base

O reforço de fundações pode ser feito por meio do alargamento de sua base, essa técnica é utilizada quando o solo onde está apoiada a fundação não atende às cargas solicitadas pela construção e também quando há um aumento não projetado inicialmente, originando assim, adição de cargas solicitantes (NEVES, 2010).

Segundo Calisto e Koswoski (2015), o alargamento de base somente é possível em fundações com base alargada, sapata e tubulão. Tal artifício baseia-se na ampliação da área de apoio e no aumento da área de aço, pois a mesma não é dimensionada conforme a nova solicitação devido a nova área de concreto. Este processo consiste na fixação de aço com a utilização de resinas colantes para que haja adesividade entre o novo e o antigo concreto.

A figura 23 ilustra o método de alargamento da base de uma fundação direta.

Figura 23 – Alargamento de base.



Fonte: NEVES, (2010).

4.1.2 Estaca Mega

A estaca mega (figura 24), também conhecida como estaca prensada, é utilizada em reforços de fundações onde faz-se o uso de pequenos elementos de estacas de concreto ou estacas metálicas, estas com dimensões entre 0,5 a 1,5 metro. O processo de cravação é executado através da utilização do macaco hidráulico que deve ser escolhido criteriosamente de acordo com o tipo e dimensão da estaca, característica do solo, carga específica do projeto e particularidades do local (CURTI, 2018).

Segundo Calisto e Koswoski (2015), o macaco hidráulico utilizado nesse sistema apoia-se à própria base da fundação, sendo assim, o cilindro metálico ou de concreto é introduzido ao solo com o auxílio do mesmo aproveitando o peso da edificação, posteriormente transferido para a estaca.

De acordo com Silva (2015), as estacas de concreto empregadas nesse sistema normalmente são cilíndricas e vazadas, desta maneira, ao fim do processo de cravação das estacas, são adicionadas barras de aço no interior da parte vazada ou faz-se a concretagem.

Este método de reforço possui a vantagem de não transmitir vibrações ao solo e a estrutura. Portanto, é indispensável a criação de uma extensão da fundação

quando a execução do reforço for fora da projeção da estrutura, para apoiar o macaco hidráulico (CALISTO e KOSWOSKI, 2015).

Para Silva (2015), as vantagens da execução das estacas mega, são ainda maiores como: realização em áreas de difícil acesso, fácil uso dos equipamentos necessários assim como dos materiais, demanda de pouca mão de obra e pode ser realizada em conjunto com a obra em andamento.

Figura 24 – Estaca Mega.



Fonte: SILVA, (2018).

4.1.3 Jet Grouting

Esta técnica consiste na injeção de cimento no solo em altas velocidades, através de bicos de 2 a 4 mm, na superfície lateral estruturação das hastes. Estas realizam movimentos rotacionais com velocidades constantes, sendo extraídas do solo aos poucos, formando as colunas de *Jet Grouting* (SILVA, 2019).

Segundo Silva (2015), o desenvolvimento do *Jet Grouting* consiste em três etapas:

- Corte: nesta etapa, é realizada a quebra da estrutura do solo através de jatos horizontais em alta velocidade;
- Mistura e substituição parcial: após a quebra da estrutura do solo, uma fração é substituída, em contrapartida, a outra é misturada com a calda de cimento;

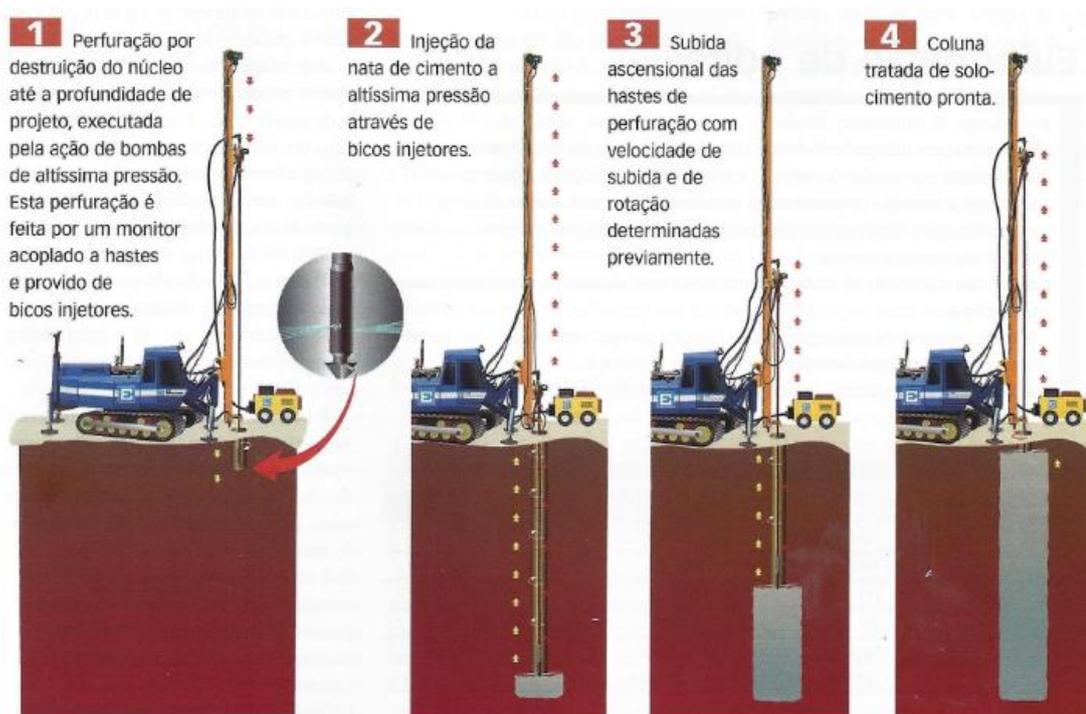
- Cimentação: é a etapa final, onde acontece o agrupamento do solo à calda de cimento injetada devido ao seu endurecimento, formando assim, um corpo mais resistente.

De acordo com Silva (2017), a classificação deste método pode ser feita conforme o número de fluidos injetados no subsolo, podendo ser:

- Fluido único: no qual consiste na mistura de água e cimento para a quebra e, posteriormente, mistura do solo. O diâmetro da injeção pode variar de 0,40 a 1,00 metro;
- Fluido duplo: diferencia-se do fluido único pois há a inserção de ar na mistura água e cimento e também no seu diâmetro que varia de 0,80 a 2,50 metros;
- Fluido triplo: uma combinação de jato de ar e água é utilizada para a quebra e remoção parcial do terreno, sendo assim, faz-se necessário uma menor utilização de água e cimento na mistura com o solo.

A figura 25 apresenta as etapas de execução do Jet Grouting.

Figura 25 – Jet Grouting.



Fonte: INFRAESTRUTURA URBANA, (2012).

4.1.4 Estaca Raiz

Estaca raiz é moldada in situ, realizada por meio de perfuração rotativa. Esta é integralmente revestida por tubo metálico para assegurar a estabilidade da perfuração. Esta técnica pode ser utilizada como método de fundação ou reforço (PEREIRA, 2018).

Segundo Silva (2015), no momento da perfuração é utilizado água, para lavar o solo no tubo metálico. Quando a cota determinada por projeto é atingida, inicia-se a colocação da armação e depois é adicionado argamassa de cimento e areia através de um tubo de injeção. Este processo pode ser executado tanto vertical como inclinado, necessitando dos seguintes equipamentos:

- Perfuratriz rotativa hidráulica, mecânica ou a ar comprimido;
- Conjunto misturador de argamassa, com motor elétrico ou à explosão;
- Bomba de injeção de argamassa, com motor elétrico ou a explosão;
- Compressor de ar, eventualmente utilizado;

- Bomba d'água, para limpeza dos detritos da perfuração do interior do tubo de revestimento;
- Bomba d'água, para limpeza dos detritos da perfuração do interior do tubo de revestimento;
- Conjunto extrator, dotado de macaco e conjunto de acionamento hidráulico, para extrair o tubo de revestimento do furo, após preenchido com argamassa.

Diante da existência de rochas ou matacões, a perfuração é executada dentro do tubo, sendo assim, ocasionando a diminuição do diâmetro neste trecho, utilizando junto aos equipamentos listados, o martelo de superfície e compressor de ar (SILVA, 2015).

O processo de execução da estaca raiz está apresentado na figura 26.

Figura 26 – Estaca Raiz.



Fonte: ENGESOL, (2019).

4.1.5 Congelamento de solo

Segundo Caputo (2012), congelamento de solo é uma técnica de reforço utilizada apenas em casos de fundações apoiadas em solo mole e saturados. É um método no qual seu processo de execução consiste na instalação de tubos no solo por onde passa um líquido refrigerante, como nitrogênio, ou salmoura. Após a injeção do líquido refrigerante, o solo alcança o ponto de congelamento da água, estabilizando o recalque momentaneamente, enquanto durar o processo de reforço permanente.

Apesar de ser uma técnica relativamente onerosa, o congelamento de solo é um tipo de reforço eficiente para retardar o recalque quando não há outra solução possível. Geralmente é usada em fundações rasas, onde o acesso é feito pela superfície, podendo também ser utilizado em fundações profundas (GUIMARÃES, 2018).

Santos (2015) cita como exemplo o caso do edifício da Companhia Paulista de Seguros, em São Paulo, no qual era recalcado cerca de 2 mm por dia. Foram colocados 130 congeladores a uma profundidade de 13 metros. Ao atingir a temperatura de -13 °C em cerca de 80 dias, o recalque estabilizou, dando início ao processo de reforço permanente.

Ainda segundo Guimarães (2018), esse método é conveniente para projetos com extrema emergência.

4.1.6 Microestacas

Elementos estruturais de diâmetro menor a 300 mm são classificados como microestacas. Seu modo de execução é feito através da injeção de calda de cimento sob pressão no solo, reforçados através de tubos, perfis metálicos ou varões em aço, afim de transferir as cargas para camadas mais profundas, limitando deformações (PEREIRA, 2013).

As microestacas apresentam resistência à compressão igual à tração, sendo assim, viabilizando seu uso como tirantes, estabilização de taludes e também muros de arrimo (SILVA, 2015).

De acordo com Costa (2015), sua utilização em reforço de fundações é corriqueira, pois sua elaboração é possível em locais de espaço reduzido provocando pequenos ruídos e vibrações devido às furações serem de pequenos diâmetros.

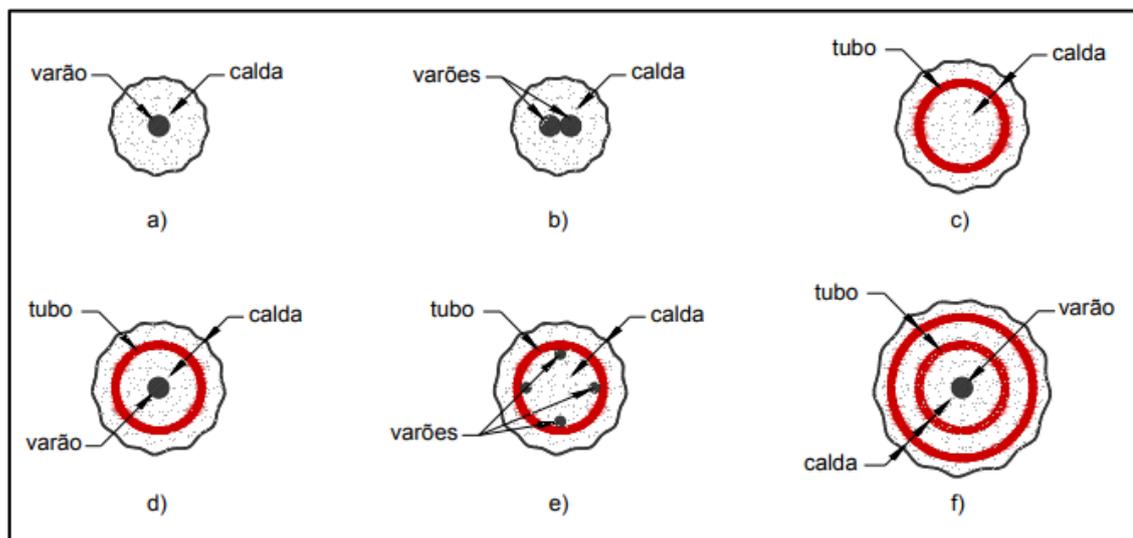
A interligação entre a superestrutura existente e as microestacas recém elaboradas é de extrema importância, pois é, através desta, que a carga da construção é transmitida para o reforço (microestaca).

Silva (2015) apresenta como vantagens das microestacas:

- Uso de equipamentos que apresentam médio porte;
- Execução em espaços de difícil acesso;
- Baixo índice de vibrações;
- Pequena perturbação ao ambiente.

A figura 27 apresenta as seções tipo de microestacas.

Figura 27 – Microestacas.



Fonte: PEREIRA, (2013).

4.2 Quadros para tratativas de recalque em fundações específicas.

Diante do que foi apresentado como métodos de reforços para fundações, foram elaborados quadros com possíveis técnicas de reforço para as patologias em determinados tipos de fundações.

Estes quadros foram criados com o intuito de instruir, de maneira superficial, desde pessoas leigas no assunto abordado até profissionais da área, para que as mesmas tenham um norte nas medidas a serem adotadas diante do transtorno gerado através da patologia de recalque. Sendo assim, utilizadas tanto em escritórios como também em canteiro de obra.

4.2.1 Tratativas para sapatas e blocos ciclópicos

Os quadros de 2 a 7 foram elaborados a fim de colaborar na construção civil trazendo possíveis métodos de reforço em sapatas e blocos de concreto ciclópico.

Quadro 2 - Alargamento de base para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclópicos.

PATOLOGIAS	TRATATIVAS
<p>Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO</p>	<p>Alargamento de base:</p>
	<p>Este método é possível em fundações com base alargada, como sapatas e blocos de concreto ciclópico. Geralmente seu uso é atribuído quando o solo não atende às cargas solicitadas pela construção e também quando há uma modificação no projeto inicial, aumentando as cargas a serem resistidas pelo solo.</p> <p>O alargamento de base consiste no aumento da área de apoio com o solo como também no aumento da área de aço, pois o mesmo não foi projetado para resistir às cargas solicitadas sejam elas por deficiência na estrutura do solo ou por aumento das cargas na edificação.</p> <p>Para que seja feito o alargamento de base é realizado o chumbamento de ferragens com o emprego de resinas colantes para a aderência entre o concreto original e o novo.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 3 - Estaca raiz para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclópicos.

<p>Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO</p>	<p>Estaca raiz:</p>
	<p>Este método de estaca é moldado in loco, no qual sua execução é feita através de perfuração rotativa ou roto-percussiva, revestida integralmente no trecho em solo por meio de tubo metálico que garante a estabilidade da perfuração. Em trechos rochosos é executada a partir da perfuração interna ao tubo de revestimento.</p> <p>No momento da execução do furo é utilizado água para lavar o solo no tubo metálico.</p> <p>Logo após o fim da perfuração é colocada a armação e posteriormente é inserido argamassa de cimento e areia através do tubo de injeção.</p> <p>A execução da estaca raiz pode ser realizada verticalmente como também inclinadamente.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 4 - Estaca mega para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclópicos.

<p>Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO</p>	<p>Estaca mega:</p>
	<p>Este método de reforço de fundação pode ser realizado com estaca de concreto ou estaca metálica, no qual suas dimensões variam de 0,5m a 1,5m abaixo da cota da fundação. As estacas de concreto geralmente são cilíndricas e vazadas, para que, ao fim do processo de cravação, seja adicionado aço em seu interior ou até mesmo concreto.</p> <p>A cravação da estaca mega é feita através do uso do macaco hidráulico, que auxilia a introdução das estacas de metal ou concreto sob a fundação existente.</p> <p>Este sistema tem a vantagem de não provocar vibrações no conjunto solo/estrutura, porém o método tem difícil aplicação quando fora da projeção existente. Neste caso seria necessário, e extensão da estrutura para apoio.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 5 - Microestaca para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclópicos.

<p>Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS</p>	<p>Microestaca:</p>
	<p>Este método consiste em elementos estruturais de diâmetro menores que 30cm.</p> <p>Seu modo de execução é semelhante ao da estaca raiz, podendo ser feito por roto-perfuração ou por bate-estacas. Posteriormente à perfuração é realizada a injeção de calda de cimento no solo, que são reforçados com tubos, perfis metálicos ou varões de aço.</p> <p>Sua resistência possibilita que a estaca seja executada inclinada, pois a mesma resiste igualmente à compressão e a tração.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 6 - Congelamento de solo para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclópicos.

<p>Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO</p>	<p>Congelamento de solo:</p>
	<p>Este método de reforço é caracterizado por ser preventivo, pois sua utilização é feita para estabilizar o recalque momentaneamente até que seja concluído o reforço definitivo.</p> <p>Seu modo de execução é relativamente simples, baseia-se na introdução de tubos no solo para passagem de um líquido refrigerante capaz de congelar as partículas de água presente no solo. Sendo assim, o recalque é estabilizado até que seja feito o reforço permanente da estrutura.</p> <p>Essa técnica é considerada de alto custo se comparada a outras técnicas e geralmente é realizada em fundações rasa, devido ao fácil acesso pela superfície, o que não impede seu uso também em fundações profundas.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 7 - *Jet Grouting* para reforço de sapatas e blocos de concreto ciclópicos.

<p>Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO</p>	<p>Jet Grouting:</p>
	<p>Este método fundamenta-se na inserção de calda de cimento no solo através de furos laterais nas hastes, esta perfuração é feita em alta e constante velocidade por meio de movimentos rotacionais. Quando retiradas do solo, lentamente, são formadas as colunas de jet grouting.</p> <p>O desenvolvimento desta técnica consiste em três etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte: onde ocorre a quebra da estrutura do solo; • Mistura: onde uma parte do solo é retirada e a outra misturada a calda; • Cimentação: onde acontece a coesão do solo a calda de cimento, tornando-se um corpo consolidado.

Fonte: AUTORES, (2019).

4.2.2 Tratativas para tubulão a céu aberto e a ar comprimido

Os quadros de 8 a 12 foram elaborados a fim de colaborar na construção civil trazendo possíveis métodos de reforço em tubulão a céu aberto e a ar comprimido.

Quadro 8 - Alargamento de base para reforço de tubulão.

PATOLOGIAS	TRATATIVAS
Recalque de fundações profundas diretas - TUBULÃO	Alargamento de base:
	<p>Este método somente é possível em fundações com base alargada, como sapatas e tubulões. Geralmente seu uso é atribuído quando o solo não atende às cargas solicitadas pela construção e também quando há uma modificação no projeto inicial, aumentando as cargas a serem resistidas pelo solo.</p> <p>O alargamento de base consiste no aumento da área de apoio com o solo como também no aumento da área de aço, pois o mesmo não foi projetado para resistir às cargas solicitadas sejam elas por deficiência na estrutura do solo ou por aumento das cargas na edificação.</p> <p>Para que seja feito o alargamento de base é realizado o chumbamento de ferragens com o emprego de resinas colantes para a aderência entre o concreto original e o novo.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 9 - Estaca raiz para reforço de tubulão.

	Estaca raiz:
Recalque de fundações profundas diretas - TUBULÃO	<p>Este método de estaca é moldado in loco, no qual sua execução é feita através de perfuração rotativa ou roto-percussiva, revestida integralmente no trecho em solo por meio de tubo metálico que garante a estabilidade da perfuração. Em trechos rochosos é executada a partir da perfuração interna ao tubo de revestimento.</p> <p>No momento da execução do furo é utilizado água para lavar o solo no tubo metálico.</p> <p>Logo após o fim da perfuração é colocada a armação e posteriormente é inserido argamassa de cimento e areia através do tubo de injeção.</p> <p>A execução da estaca raiz pode ser realizada verticalmente como também inclinadamente.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 10 - Microestaca para reforço de tubulão.

<p>Recalque de fundações profundas diretas - TUBULÃO</p>	<p>Microestaca:</p>
	<p>Este método consiste em elementos estruturais de diâmetro menores que 30cm.</p> <p>Seu modo de execução é semelhante ao da estaca raiz, podendo ser feito por roto-perfuração ou por bate-estacas. Posteriormente à perfuração é realizada a injeção de calda de cimento no solo, que são reforçados com tubos, perfis metálicos ou varões de aço.</p> <p>Sua resistência possibilita que a estaca seja executada inclinada, pois a mesma resiste igualmente à compressão e a tração.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 11 - Congelamento de solo para reforço de tubulão.

<p>Recalque de fundações profundas diretas - TUBULÃO</p>	<p>Congelamento de solo:</p>
	<p>Este método de reforço é caracterizado por ser preventivo, pois sua utilização é feita para estabilizar o recalque momentaneamente até que seja concluído o reforço definitivo.</p> <p>Seu modo de execução é relativamente simples, baseia-se na introdução de tubos no solo para passagem de um líquido refrigerante capaz de congelar as partículas de água presente no solo. Sendo assim, o recalque é estabilizado até que seja feito o reforço permanente da estrutura.</p> <p>Essa técnica é considerada de alto custo se comparada a outras técnicas e geralmente é realizada em fundações rasa, devido ao fácil acesso pela superfície, o que não impede seu uso também em fundações profundas.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 12 - *Jet Grouting* para reforço de tubulão.

<p>Recalque de fundações profundas diretas - TUBULÃO</p>	<p>Jet Grouting:</p>
	<p>Este método fundamenta-se na inserção de calda de cimento no solo através de furos laterais nas hastes, esta perfuração é feita em alta e constante velocidade por meio de movimentos rotacionais. Quando retiradas do solo, lentamente, são formadas as colunas de jet grouting.</p> <p>O desenvolvimento desta técnica consiste em três etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte: onde ocorre a quebra da estrutura do solo; • Mistura: onde uma parte do solo é retirada e a outra misturada a calda; • Cimentação: onde acontece a coesão do solo a calda de cimento, tornando-se um corpo consolidado.

Fonte: AUTORES, (2019).

4.2.3 Tratativa para estacas

Os quadros de 13 a 15 foram elaborados a fim de colaborar na construção civil trazendo possíveis métodos de reforço em estacas.

Quadro 13 - Estaca raiz para reforço de estacas.

PATOLOGIAS	TRATATIVAS
Recalque de fundações profundas indiretas - ESTACAS	Estaca raiz:
	<p>Este método de estaca é moldado in loco, no qual sua execução é feita através de perfuração rotativa ou roto-percussiva, revestida integralmente no trecho em solo por meio de tubo metálico que garante a estabilidade da perfuração. Em trechos rochosos é executada a partir da perfuração interna ao tubo de revestimento.</p> <p>No momento da execução do furo é utilizado água para lavar o solo no tubo metálico.</p> <p>Logo após o fim da perfuração é colocada a armação e posteriormente é inserido argamassa de cimento e areia através do tubo de injeção.</p> <p>A execução da estaca raiz pode ser realizada verticalmente como também inclinadamente.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 14 - Congelamento de solo para reforço de estacas.

	Congelamento de solo:
Recalque de fundações profundas indiretas - ESTACAS	
	<p>Este método de reforço é caracterizado por ser preventivo, pois sua utilização é feita para estabilizar o recalque momentaneamente até que seja concluído o reforço definitivo.</p> <p>Seu modo de execução é relativamente simples, baseia-se na introdução de tubos no solo para passagem de um líquido refrigerante capaz de congelar as partículas de água presente no solo. Sendo assim, o recalque é estabilizado até que seja feito o reforço permanente da estrutura.</p> <p>Essa técnica é considerada de alto custo se comparada a outras técnicas e geralmente é realizada em fundações rasa, devido ao fácil acesso pela superfície, o que não impede seu uso também em fundações profundas.</p>

Fonte: AUTORES, (2019).

Quadro 15 - *Jet Grouting* para reforço de estacas.

	Jet Grouting:
Recalque de fundações profundas indiretas - ESTACAS	<p>Este método fundamenta-se na inserção de calda de cimento no solo através de furos laterais nas hastes, esta perfuração é feita em alta e constante velocidade por meio de movimentos rotacionais. Quando retiradas do solo, lentamente, são formadas as colunas de jet grouting.</p> <p>O desenvolvimento desta técnica consiste em três etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte: onde ocorre a quebra da estrutura do solo; • Mistura: onde uma parte do solo é retirada e a outra misturada a calda; • Cimentação: onde acontece a coesão do solo a calda de cimento, tornando-se um corpo consolidado.

Fonte: AUTORES, (2019).

O quadro 16 apresenta um resumo de todos os ritos para as tratativas de recalque explicitadas.

Quadro 16 – Resumo das tratativas.

PATOLOGIAS	TRATATIVAS
Recalque de fundações superficiais - SAPATAS e BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO	Alargamento de base Estaca raiz Estaca mega Microestaca Congelamento de solo Jet grouting
Recalque de fundações profundas diretas - TUBULÃO	Alargamento de base Estaca raiz Microestaca Congelamento de solo Jet grouting
Recalque de fundações profundas indiretas - ESTACAS	Estaca raiz Congelamento de solo Jet grouting

Fonte: AUTORES, (2019).

O objetivo dos quadros 2 a 16 não é dar soluções genéricas para os problemas de recalque, apenas dar um direcionamento para tratativas das patologias. Reforçando que para identificar as patologias e seus respectivos métodos de tratamento abordados anteriormente é impreterível a contratação de um profissional especializado na área para elaborar um laudo ou parecer, para então determinar qual a melhor solução a ser adotada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta o recalque nas fundações superficiais e profundas, podendo acarretar manifestações patológicas, desde trincas e fissuras ao colapso da estrutura.

As patologias ocorrem não somente devido aos erros nas fases da construção da fundação, como na análise do solo, erros de projeto e execução, mas também por degradação dos materiais utilizados na elaboração da mesma.

Sendo assim, para evitar patologias, o conhecimento das características do solo são de extrema importância, uma vez que uma investigação do solo feita de maneira incorreta ou interpretada erroneamente são os maiores causadores de patologias. Além disso, os projetos e a execução devem ser realizados por profissionais competentes, com mão-de-obra qualificada para que os projetos sejam executados de acordo com as normas brasileiras, a fim de evitar possíveis problemas na edificação, garantindo assim o bom desempenho e durabilidade da fundação.

São abordadas e apresentadas possíveis maneiras de manifestação do recalque, que ocorre devido às cargas atuantes da estrutura em interação com o solo, o mesmo pode ser imediato ou ao longo do tempo. De forma que para o bom funcionamento da estrutura, o recalque deve ser o mínimo possível.

Diante das possíveis maneiras de manifestação do recalque são demonstradas boas práticas de reforços de fundação. Estas técnicas se dividem entre provisórias e permanentes. Esses métodos possuem características diferentes no qual torna possível o uso de recursos diferentes para tratativa de uma única patologia.

Desta forma, visando facilitar a escolha do método a ser utilizado como reforço de fundação, são elaborados quadros para auxiliar os envolvidos na solução do inconveniente provocado pelo recalque.

Vale salientar que os quadros apresentados são apenas para auxílio, pois é necessária uma perícia de um profissional especializado na área para que a patologia

manifestada seja interpretada de maneira correta, sendo assim, encontrando a solução adequada.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122** – Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** – Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Achar Imóveis. Fundações, 2011. Disponível em: <http://www.acharimoveis.com/blog_imobiliario/?p=15>. Acesso em: 15 maio 2019.

ALVES, Jader Rodrigues. Levantamento das manifestações patológicas em fundações e estruturas nas edificações, com até dez anos de idade, executadas no estado de Goiás, 2009.

Austral – Fundações e Sondagens. Cravação de estacas metálicas, 2017. Disponível em: <<https://austral.eng.br/servicos>>. Acesso em: 17 setembro 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Sapatas de fundação. Bauru, UNESP, (Notas de aula), 2012.

CALISTO, Aline; Regiane KOSWOSKI. Efeito do recalque diferencial de fundações em estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação. Estudo de caso: Trabalho de Conclusão de Curso–Departamento Acadêmico de Construção Civil–Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CAMPOS, João Carlos de. **Elementos de Fundações em Concreto**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2012.

CASTRO, Ricardo Caetano. Estudo de caso entre relação do solo e a escolha do tipo de fundação no município de Formiga - MG. 2018.

Construção Civil. Bloco de Fundação, 2012. Disponível em: <<https://construcaociviltips.blogspot.com/2012/11/blocos-de-fundacao.html>>. Acesso em: 15 maio 2019.

Construção Civil. Fundações Superficiais: Alternativas para fundação, principais tipos de radier, 2012. Disponível em: <<https://construcaociviltips.blogspot.com/2012/09/fundacoes-superficiais-alternativas.html>>. Acesso em: 15 maio 2019.

Costa, Inês Isabel Mendes. Consequências de deficientes sistemas de fundação em edifícios, 2015.

CURTI, Renata Miranda. Recalque em fundações: origens, consequências para a edificação, possíveis soluções e comparativo de métodos de cálculo. 2018.

Directiva Engenharia. Estaca de madeira, 2016. Disponível em: <<http://directiva.eng.br/servico/estaca-de-moldada-de-madeira/>>. Acesso em: 12 setembro 2019.

Directiva Engenharia. Estaca pré-moldada de concreto, 2016. Disponível em: <<http://directiva.eng.br/servico/estaca-pre-moldada-de-concreto/>>. Acesso em: 17 setembro 2019.

Engesol. Estaca Raiz, 2019. Disponível em: <<http://www.engesol.eng.br/index.php/empresa>>. Acessado em: 08 outubro 2019

FLICK, Uwe. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. 3ª ed. São Paulo: ARTMED EDITORA, 2009.

Gazeta. Prédio desaba em Itapoã, Vila Velha, 2019. Disponível em: <<https://www.gazetaonline.com.br/noticias/cidades/2019/05/predio-desaba-em-itapoa-vila-velha-1014182343.html>>. Acesso em: 05 setembro 2019.

Geofix. Estaca Hélice Contínua, 2019. Disponível em : <<http://www.geofix.com.br/servico-ehc.php>>. Acesso em: 17 setembro 2019.

Geofix. Estaca Raiz, 2019. Disponível em: <<http://www.geofix.com.br/servico-er.php>>. Acesso em: 13 setembro 2019.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GUIMARÃES, José Marcos Faccin. Túneis de seção variável: contribuições à análise de tensões e deformações. 2018

INFRAESTRUTURA URBANA, Reforço por injeção de cimento, 2012. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/lanjconsultoria/79-reportagem-sobre-reforco-por-injecao-de-cimento>>. Acesso em: 23 outubro 2019.

JACOFER. Fundação e Concreto armado, 2018. Disponível em: <<https://jacoferguara.com.br/armado/>>. Acesso em: 15 maio 2019.

JÚNIOR, Alberto Casado Lordsleem; GUSMÃO, Alexandre Duarte; SILVA, Arthur José da; ALVES, Bruno Carlos de Araújo; VIÉGAS, Diego José Araújo; MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto; ROCHA, Eudes de Arimatéa; BERNHOEFT, Luiz Fernando; PÓVOAS, Yêda Vieira. **Patologia das construções de edifícios**, Recife, EDUPE, 2017.

Lan Geotecnia e Fundação. Tubulão a ar comprimido com camisa de concreto armado, 2017. Disponível em:

<https://sites.google.com/site/langeotecniaefundacao/contato/produtos>. Acesso em: 17 setembro 2019.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Editora PINI, 2010.

MARCHETTI, Osvaldemar; BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Concreto armado – Eu te amo**. Editora Blucher, 2015.

MILITISKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MONTEIRO, Otacyano Roney Rodrigues et al. Caracterização das manifestações patológicas em prédios históricos no município de Baturité-Ce. 2018.

MORCELLI, Carolina Itália Cargnin. Análise numérica de fissuração em alvenarias produzida por recalques de fundações em edifícios, 2015.

MOREIRA, Carla Mesquita. Análise e proposta de reforço de fundação devido às patologias apresentadas em um edifício residencial. 2018.

NEVES. M. J. N. Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações: Metodologias, Dimensionamento e Verificações de Segurança. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Superior Técnico: Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2010.

PAULA, Charles Feliciano de Charles Feliciano de et al. Estudo comparativo dos riscos na execução de fundações profundas: tubulões, estacas cravadas e estacas escavadas. 2018.

PELACANI, Valmir Luiz. Responsabilidade na construção civil. Curitiba, n. 7, 2010.

PEREIRA, C. Estaca Raiz: Características, Processo Executivo, Vantagens e Desvantagens. Escola Engenharia, 2018.

PEREIRA, João Paulo Veludo Vieira. Reforço de fundações com micro-estacas: ligação aço-calda-betão. Dissertação, 2013.

PEREIRA, Juliana Martins et al. Análise de recalques de estacas metálicas submetidas a esforços de compressão, 2018.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Fundações: Guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. -São Paulo: Zigurate Editora, 2008.

SANTOS, Guilherme Veloso dos. Patologia devido ao recalque diferencial em fundação, 2015.

SANTOS, Marco Aurélio Castro dos. Fundações por tubulão a ar comprimido: um estudo sobre o trabalho executado, 2019.

SILVA, Alex Sales; SILVA, Wesley Henrique da; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. Patologias e reforço de fundações com estudo de caso utilizando o método de estacas mega, 2018.

SILVA, Caroliny Azevedo Gonçalo. Soluções geotécnicas adotadas para o reforço de aterros sobre solos moles: revisão da literatura. BS thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

SILVA, Natalia Machado Moura. Patologias das fundações: estudo de recalque, 2019.

SILVA, Vinícius de Carvalho. Análise do uso de estacas mega como reforço de fundações superficiais: estudo de caso no município de arcos/mg, 2015.

SOUZA, Alexsandro do A.; MOREIRA, Axl Davidson Sousa; SILVA, Carlos Adriano Rufino da. Estudo de viabilidade na escolha de fundação do tipo estaca hélice-contínua ou estaca pré-moldada de concreto em edificação multifamiliar, 2017.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Resende. **Fundações: Critério de projetos – Investigação de subsolo – Fundações superficiais**. Rio de Janeiro, v. 1: Oficina de Textos, 2011.

VIDAL, Érico Cristiano. Avaliação de Patologias em conjuntos Habitacionais de Bauru, com enfoque em Anomalias de Fundações e de Coberturas, 2012.

VWF Fundações. Estaca tipo Strauss, 2019. Disponível em: <<https://www.vwffundacoes.com.br/estaca-tipo-strauss>>. Acesso em: 17 setembro 2019.