

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

BRUNO DANTAS ALMEIDA

PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES

Paracatu

2019

BRUNO DANTAS ALMEIDA

PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa. Msc. Hellen Conceição Cardoso Soares

Paracatu

2019

BRUNO DANTAS ALMEIDA

PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof^a. Msc. Hellen Conceição Cardoso Soares

Banca Examinadora:

Paracatu – MG, _____ de _____ de 2019.

Prof^a. Msc. Hellen Conceição Cardoso Soares
Centro Universitário Atenas

Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo
Centro Universitário Atenas

Prof. Msc. Willian Soares Damasceno
Centro Universitário Atenas

Dedico este trabalho,
primeiramente a Deus, que me deu forças
para vencer todas as dificuldades e a minha
família, por todo o apoio, incentivo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por nunca me abandonar nos momentos mais difíceis.

À minha mãe Maria, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, sempre me apoiando e incentivando com muito amor e carinho. Por sempre lutar junto comigo não medindo esforços para que eu pudesse chegar até aqui e realizar mais um de meus sonhos. Meu amor e eterna gratidão.

Agradeço a todos meus colegas de graduação que estiveram comigo durante essa jornada e por todos momentos compartilhados.

Aos bons e velhos amigos que mesmo distante torceram para que eu finalizasse minha graduação.

A todos os mestres que tive ao longo da graduação por todo conhecimento passado.

E por fim agradeço a minha orientadora prof^a. Msc. Hellen Conceição Cardoso Soares, pois sem suas orientações esse trabalho não seria possível de ser realizado.

Muito obrigado a todos!!!

É necessário sempre acreditar que o sonho é possível, que o céu é o limite e você truta, é imbatível.

Racionais MC's

RESUMO

Encontrar indícios de patologias em edificações está cada vez mais comum, e a necessidade de conhecimento sobre este assunto tornam-se cada vez mais necessário, já que o processo de crescimento das cidades acontece em ritmo cada vez acelerado. As fundações também sofrem com a presença de patologias, diante disso, por ser de difícil acesso saber como as patologias podem se manifestar da edificação quando provindas da fundação é de extrema importância. Sendo assim, o seguinte trabalho tem por objetivo listar as possíveis causas (erros) que podem levar a ocorrência de patologias na fundação, bem com os tipos mais comuns de patologias e algumas formas de correção que podem ser utilizadas em algumas das patologias citadas. Por fim, obtém-se a conclusão de que o conhecimento acerca das patologias das fundações, proporciona ao profissional responsável pelo projeto e aos usuários da edificação, mais segurança quando evitadas e mais agilidade de correção tendo em vista que ao saber qual a origem da patologia mais rápido será a escolha dos métodos de correção.

Palavras-chave: Patologia das fundações. Tipos de patologias. Recalque

ABSTRACT

Finding evidence of pathologies in buildings is increasingly common, and the need for knowledge on this subject becomes increasingly necessary, since the process of growth of cities happens at an increasingly accelerated pace. The foundations also suffer from the presence of pathologies, therefore, because it is difficult to know how pathologies can manifest themselves from building when coming from the foundation is extremely important. Thus, the following work aims to list the possible causes (errors) that can lead to the occurrence of pathologies in the foundation, as well as with the most common types of pathologies and some forms of correction that can be used in some of the pathologies cited. Finally, it is obtained the conclusion that the knowledge about the pathologies of the foundations, provides the professional responsible for the project and to the users of the building, more safety when avoided and more agility of correction, considering that when knowing which origin of the fastest pathology will be the choice of correction methods.

Keywords: *Pathologie of foundations. Types of pathologies. Recal.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Recalque presente na Torre de Pisa	16
FIGURA 2 - Fissuras inclinadas com origem de recalques diferenciais	17
FIGURA 3 - Investigação do solo mal interpretada	18
FIGURA 4 - Fissuras, trincas e rachaduras	20
FIGURA 5 - Patologias causadas por recalque diferencial	22
FIGURA 6 - Fissuras inclinadas com origem de recalques diferenciais	23
FIGURA 7 - Erosão em estrada em São Luís - MA	24
FIGURA 8 - Fundação sobre aterro	26
FIGURA 9 - Execução de Jet Grouting: colunas sendo executadas	28
FIGURA 10 - Reforço a cisalhamento, flexão e punção	30
FIGURA 11 - Aumento da área de contato das sapatas	30
FIGURA 12 - Bloco estaqueado sobre sapata existente	31
FIGURA 13 - Reforço de blocos por encamisamento – sem e com novas estacas	3032

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Aplicações da técnica de Jet Grouting

236

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA	11
1.2 HIPÓTESES	11
1.3 OBJETIVO	12
1.3.1 OBJETIVO GERAL	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 METODOLOGIA	13
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 PATOLOGIAS NAS FUNDAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
2.1 DESEMPENHO, VIDA ÚTIL E DURABILIDADE	18
3 CARACTERÍSTICAS E POSSÍVEIS PROBLEMAS QUE PODEM SURTIR NAS FUNDAÇÕES.	20
3.1 RECALQUE	21
3.2 EROSÕES	24
3.3 ESCAVAÇÕES NAS PROXIMIDADES	25
3.4 FUNDAÇÕES SOBRE ATERROS	25
4 CORREÇÃO DAS PATOLOGIAS APRESENTADAS NAS FUNDAÇÕES	27
4.1 JET GROUTING	27
4.2 AUMENTO DA SEÇÃO DO CONCRETO EM SAPATA	29
4.3 AUMENTO DA CAPACIDADE DE CARGA DE SAPATAS	31
4.4 REFORÇO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33

1 INTRODUÇÃO

A fundação é um dos elementos mais importantes de uma edificação, pois tem a finalidade de transmitir as cargas das demais estruturas para o solo. Estudos apontam que muitos problemas em construções são oriundos das fundações fazendo com que a mesma possa sofrer com interferências que resultam no mal funcionamento da estrutura.

Assim observa-se a importância de aprender sobre as patologias ou doenças na estrutura que podem vir a acontecer, saber quais os tipos de análises mais comuns a se fazer, o que causou o aparecimento dessa patologia e quais as medidas podem ser tomadas para minimizar ou corrigir seus efeitos, além de saber qual o risco que ela representa para os moradores.

Problemas com estruturas de fundação podem causar inúmeras complicações aos envolvidos, que vão desde interdição parcial ou total da edificação ou até mesmo causar desmoronamento de toda a estrutura (quando em estado avançado).

Portanto o objetivo da pesquisa é conhecer as patologias decorrentes das fundações para escolher a melhor forma de recuperar e de obter novas formas de evitar seus aparecimentos, trazendo assim mais segurança aos usuários da edificação.

1.1 PROBLEMA

Todas as partes de uma construção podem sofrer interferências que atrapalham de forma significativa o seu funcionamento, causando danos a estrutura também chamadas de patologias construtivas que podem acarretar em riscos para os seus usuários. Nesses aspectos, tem-se como problema:

Qual a importância de conhecer as características e problemas das patologias das fundações?

1.2 HIPÓTESES

Patologias em construções podem trazer grande risco aos usuários de

uma edificação e grande parte desses riscos são decorridos da falta de conhecimento sobre cada tipo de patologia e os riscos que cada um pode trazer.

Torna-se imprescindível o conhecimento acerca das características e problemas das patologias das fundações para:

- a) o engenheiro civil conhecer o grau de risco e encontrar assim, possíveis correções que possam ser feitas nas edificações;
- b) o conhecimento quanto aos métodos corretivos de cada patologia apresentada.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Aprimorar o conhecimento acerca das características e problemas das patologias das fundações.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conceituar e identificar os tipos das “patologias” nas fundações da construção civil;
- b) reconhecer as características e possíveis problemas que podem surgir nas fundações;
- c) apontar as formas de correção das patologias apresentadas nas fundações.

1.4 JUSTIFICATIVA

Existem vários problemas nas fundações que podem ser detectados de forma simples e fácil, muitos deles, seja ela no piso, nas paredes ou até mesmo nos arredores da casa.

Geralmente as patologias ou doenças nas edificações aparecem como rachaduras, trincas ou recalques do piso.

Sendo assim é importante conhecer as características e possíveis problemas que podem surgir nas fundações, para assim poder escolher o melhor método para correção da estrutura, e assim trazer novamente a segurança para os moradores.

Portanto, a pesquisa em questão, se faz necessária para que acadêmicos do curso de Engenharia Civil possam ter conhecimento acerca do assunto para sua atuação.

1.5 METODOLOGIA

Segundo Gil (2008) a pesquisa bibliográfica consiste principalmente na utilização de artigos, livros já publicados sobre o assunto. Assim, a consulta deste assunto será realizada a partir de artigos científicos, livros e sites buscando entender a problemática que envolve o tema.

Quem faz uma pesquisa bibliográfica procura por dados já estudados e publicados por outros autores para assim aprender mais sobre o tema e assim poder justificá-lo por apresenta-se o seu entendimento sobre as pesquisas realizadas.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo, encontra-se a introdução do tema, assim como o problema de pesquisa, a hipótese do estudo, o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa, a metodologia utilizada e por fim a organização da estrutura da monografia.

No segundo capítulo, foram apresentadas características das patologias e das fundações, mostrando também alguns dos erros que podem originar essas patologias.

Já o terceiro capítulo encontra-se alguns dos tipos de patologia que mais ocorrem nas edificações, juntamente com suas características e alguns dos seus motivos de ocorrência, nesse capítulo também foi apresentada também a forma na qual

se manifestam algumas dessas patologias.

No quarto capítulo são apresentadas algumas formas de correção, bem como, as suas características de execução e o tipo de patologia na qual servirá como correção.

E para finalizar será apresentada as Considerações Finais envolvendo o tema estudado e apresentando os resultados obtidos.

2 PATOLOGIAS NAS FUNDAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para Helene (1992), na engenharia civil patologia é a parte cuja função é identificar as causas, as origens e os sintomas das anomalias encontradas na edificação, pois só assim será possível tomar as devidas precauções para corrigir ou evitar que essas patologias se desenvolvam ainda mais. Contudo Azeredo (1998), complementa que as fundações são elementos estruturais responsáveis por transmitir as cargas oriundas da edificação para o solo. Como as fundações se encontram abaixo das demais estruturas e as cargas que se originam em uma edificação, devido a gravidade tendem a descer, as fundações recebem a função de distribuir as cargas que recebe para o solo.

Conforme Milititsky (2008), pode-se citar as falhas de investigação e o recalque diferencial como possíveis causas para ocorrência de patologias nas fundações. As falhas na investigação podem acarretar na interpretação errada do problema e pode causar mais transtornos para os usuários da edificação sendo assim o Prof. Francisco Romeu Landi afirma no livro de Thomaz (2002), que talvez a causa das patologias podem não estar vindo do local onde as mesmas estão se manifestando e para tomar a decisão correta quanto as formas de correção é preciso olhar o problema como um todo. Assim sendo observar todas as manifestações bem como alterações realizadas no projeto inicial e fazer uso de uma investigação do solo bem-feita será de grande ajuda na hora de verificar qual o real problema presente na edificação.

Segundo Milititsky (2015), todo projeto bem feito começa-se pela investigação do solo, pois este será uma das etapas mais importantes afim de evitar as temidas patologias e ainda cita que o problema é que essa investigação pode apresentar falhas, sendo que dentre elas pode ser citado a falta de investigação ou investigação insuficiente, investigação com falhas ou até mesmo a mal interpretação dos dados obtidos durante essas investigações.

Segundo Milititsky *et al.* (2015), falta de investigação é a ausência de investigação do solo, sendo mais comum em obras de pequeno porte, mais também pode ser encontrado nas de médio porte já que também não existe tanta fiscalização para não haver soluções inadequadas para suprir os problemas em fundações, a

utilização das normas ABNT NBR 6122/2010 (projetos e execução de fundações) e ABNT NBR 8036/1983 (programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios) juntas com um bom senso dos responsáveis serviriam para nortear quanto ao tipo de investigação, a quantidade e número de furos de sondagem a serem realizados. Sendo assim Logeais, (1982), justifica que em ocorrências de mal funcionamento das fundações em obras de pequeno e médio porte, mais de 80% tem como motivo a falta de investigação do solo, o que leva a soluções inadequadas para este problema. Tendo a torre de Pisa como grande exemplo a ser citado, como mostra a Figura 1.

FIGURA 1 – Recalque presente na Torre de Pisa.

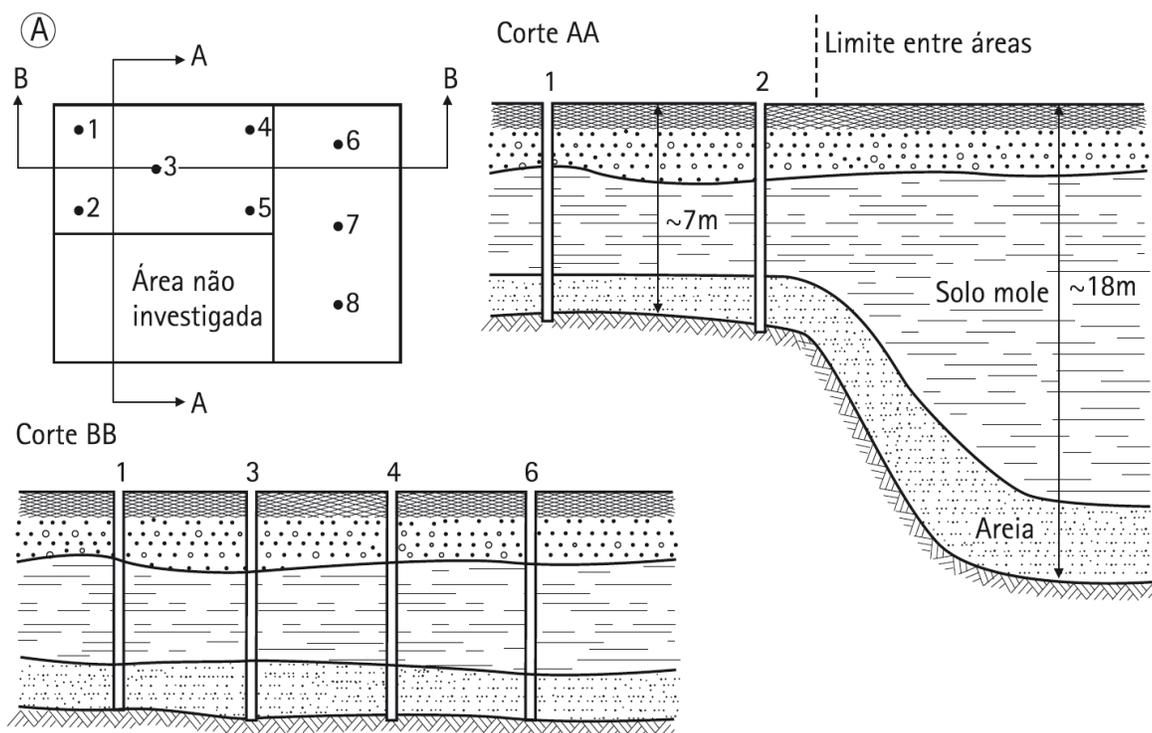


Fonte: Milititsky, 2015.

Para Carvalho (2010), investigação insuficiente é quando pode haver erros na investigação quando a mesma não é suficiente para obter todas as características do subsolo, é importante verificar se o ensaio realizado é adequado para a identificação dos aspectos de cada tipo de solo. Schnaid *et al* (2005) complementa que alguns dos motivos que podem levar a ocorrer esse tipo de falha pode ser: a profundidade da investigação (que pode não detectar outros tipos de solo que talvez não suporte as cargas impostas nos solos acima), pode haver situações em que haja grande variação

das propriedades do solo não identificada pelo ensaio, a não utilização de ensaios especiais (colapsibilidade, expansibilidade, etc.) para obtenção das propriedades de comportamento do solo ou número insuficiente de furos de sondagens quando realizados em áreas muito extensas ou com subsolo variado, pode acontecer de algumas partes do terreno sem investigação, tais falhas são apresentadas na Figura 2.

FIGURA 2 - Fissuras inclinadas com origem de recalques diferenciais.



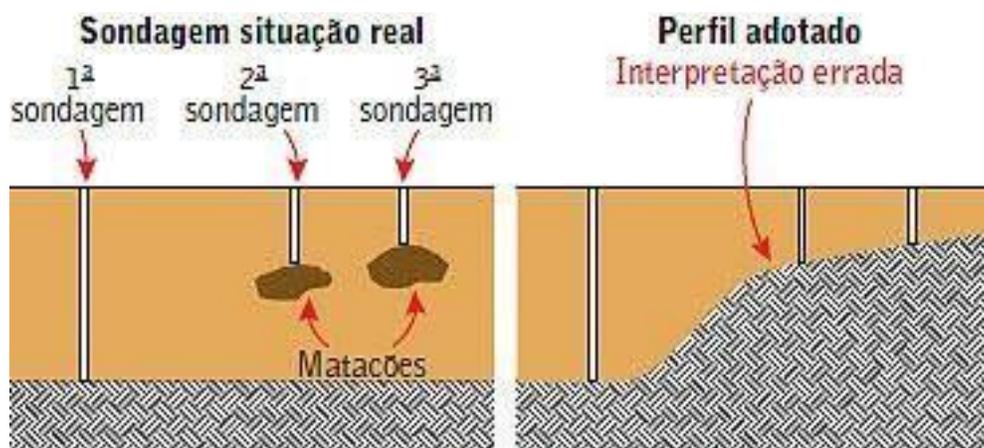
Fonte: Milititsky, 2015.

Pode ocorrer também as falhas na investigação, que ocorre sempre quando as investigações não apresentam as características reais do solo, levando a utilização de dados não coerentes com as especificações de projeto, o que pode acarretar em falhas durante a execução. Para Schwirch (2005), diversos fatores podem levar a haver falha na investigação do solo dentre elas podemos citar: a utilização de equipamentos com defeito ou não apropriados para determinada atividade, aparelhos desregulados, investigação realizada em local incorreto, falta de padronização do ensaio, descrição mal feita do tipo de solo, pode haver também dados fraudulentos (podendo ser a

alteração dos resultados obtidos ou até mesmo o aumento do número de furos de sondagem sem que os mesmos tenham sido realizados), dentre outros;

Segundo Milititsky *et al.* (2015), para evitar uma interpretação malfeita dos dados, todos esses dados devem ser repassados de forma clara para que não haja interpretações diferentes. Para obtenção correta das características do subsolo é importante que o projetista saiba interpretar os dados obtidos durante a investigação. Para o mesmo autor um exemplo a ser citado pode ser a presença de pedregulhos no subsolo, pois os mesmos aumentam os valores de penetração em ensaios com o SPT (standard penetration test) já que poderá haver alteração na quantidade de golpes para penetração dessa camada o que não necessariamente resulta em aumento da resistência e rigidez do solo estudado, assim como exemplificado na figura 3.

FIGURA 3 - Investigação do solo mal interpretada.



Fonte: Milititsky, 2015.

2.1 DESEMPENHO, VIDA ÚTIL E DURABILIDADE

Segundo Custódio e Ripper (2009), entende-se como desempenho quando a estrutura atende as funções na qual foi projetada, suportando as cargas solicitadas, as ações do tempo e de agentes químicos que podem afetar a estrutura sem que a mesma venha a se romper.

Para Custódio e Ripper (2009), uma investigação bem-feita é muito

importante a respeito desse assunto, afinal se uma estrutura não atender suas características de desempenho não necessariamente ele estará condenada, talvez um pequeno reforço seja o suficiente para que ela volte a suprir as necessidades da edificação, tornando-se assim imprescindível o conhecimento desse assunto para o estudo de patologias.

Para Henrique *et al.* (2011), vida útil da estrutura pode se compreender como o tempo em que ela irá resistir aos esforços sem apresentar falhas, e durabilidade como a capacidade da estrutura em preservar suas características mesmo sobre a ação de intemperes sem que haja a necessidade de manutenção.

Após o término da obra o engenheiro torna-se responsável pela edificação por um período de tempo, Custódio e Ripper (2009), ressaltam que o conhecimento da vida útil e da durabilidade tornam-se imprescindíveis para obtenção deste tempo, sem contar que para o estudo de patologias o conhecimento da vida útil e da durabilidade da estrutura é de extrema importância, partindo-se do princípio de que quanto menor for a vida útil e a durabilidade bem como o seu desempenho maiores serão as chances de que ocorram patologias.

Os materiais utilizados para construção da estrutura também podem afetar no seu desempenho. A escolha do material também será muito importante para evitar o aparecimento das patologias. Schwirck (2005), explica que é importante verificar se a agentes químicos que possam degradar o material usado na fundação, pois, sempre que haver materiais enterrados agentes naturais do solo poderão afetar a estrutura.

A economia de materiais é muito comum de se ver na maioria das obras atuais, o que é uma prática muito arriscada que pode levar a riscos e gastos desnecessários. Um grande exemplo a ser citado em que houve economia de material foi o caso do desabamento do viaduto batalha dos Guararapes localizada em Belo Horizonte em que segundo o laudo da polícia civil dentre os erros encontrados um deles é a redução de material na construção das estruturas de sustentação e houve a utilização de materiais com baixa resistência durante a construção do viaduto sem contar outros fatores como o dimensionamento indevido dos blocos de sustentação dos pilares.

3 CARACTERÍSTICAS E POSSÍVEIS PROBLEMAS QUE PODEM SURTIR NAS FUNDAÇÕES.

As patologias nas fundações correspondem a um número de ocorrências bem considerável o que ressalta ainda mais a importância de sua fiscalização e correção. Elas podem ocorrer por diversos motivos podendo ser por causas naturais ou por negligência (falta de cuidado e desleixo proposital em determinada situação), muitas falhas em edificações são provenientes de economias, erros de cálculos ou má execução. (CUSTÓDIO E RIPPER 2009).

Almeida e Nascimento (2007), cita que patologias nas fundações podem ser divididas em danos arquitetônicos, funcionais e estruturais, definindo cada um deles como sendo: danos arquitetônicos os que apresentam pouco risco a edificação e geralmente aparecem em forma de trincas ou desaprumo da edificação ou das estruturas de contenção, as funcionais afetam o funcionamento correto de instalações hidro sanitárias e desgaste dos trilhos de elevador, já as estruturais são as que mais apresentam risco pois afetam a funcionalidade das estruturas de sustentação da edificação podendo leva-las a ruína, assim como mostrado na figura 4.

FIGURA 4 – Fissuras, trincas e rachaduras.



Fonte: bombeirosaldo.blogspot.com

Esses danos além de afetar a aparência estética das edificações podem acarretar em problemas maiores, portanto saber também as suas origens. Vitório (2003), destaca que dentre os problemas mais encontrados nas fundações tem sua origem dos recalques, carga excessiva nos elementos estruturais, erosões, por agentes agressivos e pela escolha errada na solução adotada, assim:

Em geral, patologias das fundações ocasionam trincas, fissuras, desalinhamento ou até mesmo desaprumo na edificação. Quando apenas surgem as trincas e fissuras, as patologias acabam sendo tratadas de forma bastante superficial por algumas empresas da construção civil, porém quando realmente percebem que houve um recalque que pode comprometer a segurança da estrutura, a preocupação aumenta e começam a tomar as medidas necessárias. (PEREIRA, 2017, p.02)

Alguns tipos de patologias podem ser detectados ainda no início, pois apresentam sintomas de fácil percepção, mais geralmente se espera que aconteça algum problema maior para que se comece a pensar nos métodos de corrigir o problema.

Para Vitório (2003), sendo sintomas bem comuns de aparecerem as fissuras, as trincas, as rachaduras e as fendas se distinguem pelo tamanho da abertura que apresentam sendo as fissuras até 0,5mm, as trincas entre 0,5 e 1,0mm, as rachaduras entre 1,0 e 1,5mm e as fendas maiores que 1,5mm.

3.1 RECALQUE

Rebello (2008), diz que quando um solo é submetido as cargas da estrutura a deformação sofrida é denominada recalque. Contudo, Colares (2006) complementa que a estrutura deve ser projetada fornecendo segurança quando houver recalques e contra ruptura.

Em outros aspectos Silva (2008), destaca o comportamento anômalo da fundação pode ocasionar o surgimento de fissuras o que faz com que a funcionalidade da edificação seja comprometida.

Qualquer erro no projeto da estrutura pode fazer com que haja perda de qualidade da edificação, e prever como o solo poderá se comportar quando for

adicionado as cargas das estruturas se torna fundamental para diminuir os efeitos ou evitar futuros recalques, sendo assim Calisto e Koswoski (2015) dizem que:

O recalque é a principal causa de trincas e rachaduras em edificações, principalmente quando ocorre o recalque diferencial, ou seja, uma parte da obra rebaixa mais que a outra gerando esforços estruturais não previstos e podendo até levar a obra à ruína. (CALISTO E KOSWOSKI, 2015, p..08)

Sendo um dos tipos de patologias mais presentes reforça ainda mais os motivos ao qual deva ser evitado, principalmente quando se trata do recalque diferencial, já que o mesmo pode sobrecarregar alguns elementos da fundação, ao contrário do recalque total em que toda a estrutura sofre rebaixamento de forma linear. Os efeitos do recalque diferencial já em fase desenvolvida pode ser mostrado na Figura 5.

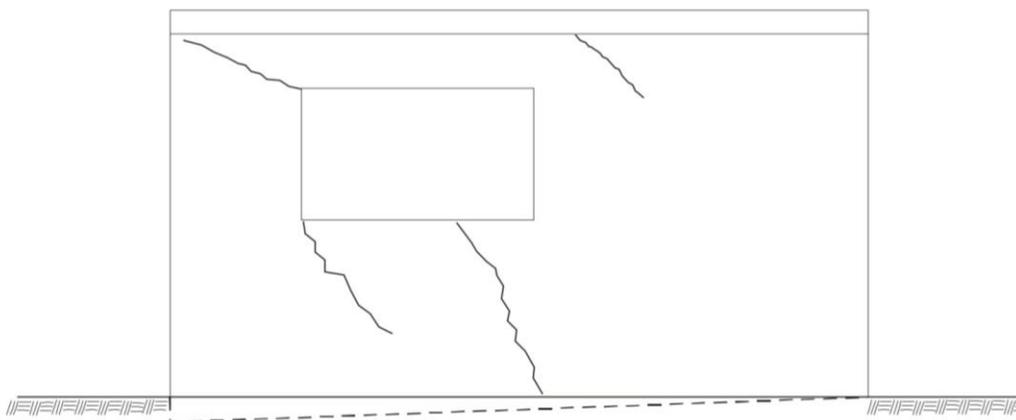
FIGURA 5 – Patologias causadas por recalque diferencial.



Fonte: www.correiodocariri.com.br

Para Milititsky, (2005), é importante saber que quando um solo recebe a ação de cargas, ele conseqüentemente sofrerá recalque, tanto de grau maior quanto menor e que com o tempo o recalque tende a se estabilizar, ambos dependeram da carga aplicada e das propriedades do solo. Contudo Vitorio (2003) complementa que as fissuras desse tipo de patologia aparecem na alvenaria, geralmente de forma inclinada (diagonal), e elas se inclinam na direção de ocorrência do maior recalque, como mostra a Figura 6.

FIGURA 6 - Fissuras inclinadas com origem de recalques diferenciais.



Fonte: Vitorio, 2003.

Para Caputo (2012), quando acontecem a partir de cargas consideradas estáticas, os recalques podem ser divididos em três: escoamento lateral, imediato e por adensamento. Cada um desses três tipos de recalque tem características diferentes o que faz com que as formas de correção também variem de acordo com o tipo de recalque sofrido.

Para Silva (2008), escoamento lateral acontece quando as partículas do solo se deslocam de áreas muito carregadas para áreas com menores solicitações. Já o recalque imediato foi definido por Vargas (1978), como sendo o que ocorre quando assim que recebe a ação de cargas, tem como principal mecanismo os grãos se deslocando relativamente com o rearranjo de partículas sólidas oriundas do maciço. Por fim Silva (2008), conclui que os recalques por adensamento estão presentes

geralmente em solos coesivos (argilosos), acontecem quando os vazios largados pela água são fechados e que como esse tipo de solo apresentam baixo grau de permeabilidade esse tipo de recalque acontece de forma lenta.

3.2 EROSÕES

De acordo com Carvalho (2010), o acúmulo de água em um determinado local do solo, em que antes das estruturas serem implantadas não existiam, pode fazer com que haja perda da segurança e da estabilidade da fundação. Schnaid *et al.* (2005), complementa citando que pode haver erosão no solo quando uma canalização enterrada se romper, porque após o rompimento ela irá aumentar o número de vazios o que vai originar em assentamentos estruturais. As consequências desse tipo de patologia podem apresentar como na Figura 7.

FIGURA 7 – Erosão em estrada em São Luís - MA.



Fonte: g1.globo.com/ma/maranhão.

As erosões são bem observadas em épocas chuvosas, devido o aumento da saturação do solo, mas esse não é o único fator que pode causar erosões no solo,

quando uma tubulação se rompe ela também faz com que o solo fique bastante saturado, sendo assim:

Casos em que há derrame contínuo de água de um reservatório ou vazamento de grandes tanques ou grandes coberturas que não tem um sistema de recolha de águas, podem provocar a saturação do solo, erosão e nos solos mais frágeis pode provocar movimentações de massa que origina assentamentos nas estruturas, especialmente em fundações superficiais. (CARVALHO, 2003, p. 100)

O vazamento contínuo de água no solo pode provocar inúmeros efeitos indesejáveis, através desse vazamento poderão ser formadas poças que afetam a vida útil da estrutura e que podem diminuir a resistência do solo.

Carvalho (2003), ressalta que também é possível detectar erosões próximas ao leito de rios, onde o material presente no rio é arrastado pela correnteza, deixando a fundação descoberta aumentando assim a sua instabilidade sem contar que aumenta a possibilidade de a estrutura entrar em colapso, já que aumenta a possibilidade de flexão da estrutura.

3.3 ESCAVAÇÕES NAS PROXIMIDADES

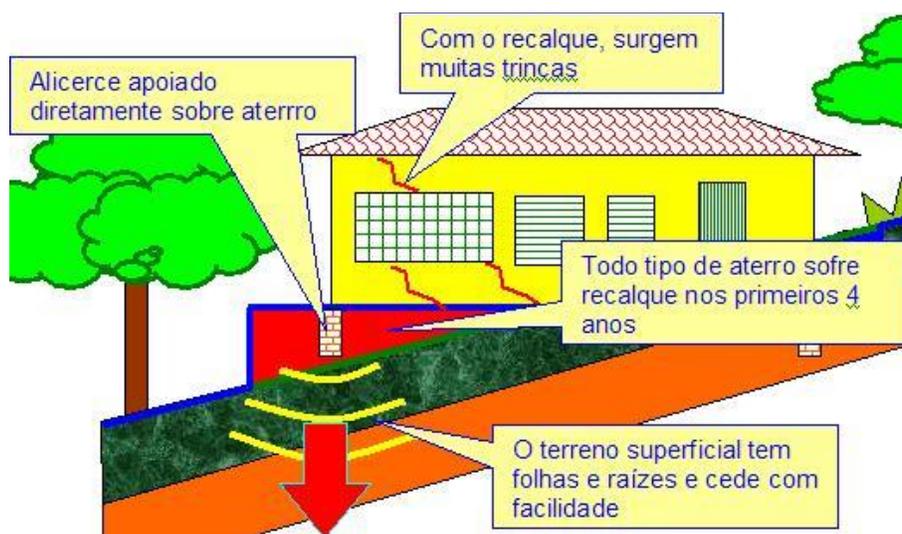
Escavações feitas nas proximidades da obra também podem causar danos a estrutura como o descalçamento dos elementos estruturais. Acontecem quando são feitas escavações nas proximidades, essas escavações alteram as tensões que haviam no solo o que causa instabilidade no terreno. Quando a alteração da massa do solo tanto em fundações profundas quanto as superficiais sofreram impactos, apesar das superficiais sofrerem mais impacto por terem menos apoio do que as fundações profundas, (SCHNAID *et al.*, 2005).

3.4 FUNDAÇÕES SOBRE ATERROS

Milititsky *et al.*, (2008) destaca que uma das fontes mais significativas de problemas são as fundações realizadas sobre aterros. Esse tipo de fundação apresenta características particulares referentes aos recalques podendo ser deformações causadas pelo peso próprio do aterro; o solo natural localizado abaixo do aterro

também poderá sofrer deformações devido ao peso próprio do aterro; poderá sofrer com a presença de agentes químicos quando haver decomposição de matéria orgânica misturadas no aterro (exemplo a ser citado são os aterros sanitários já desativados). Esse tipo de construção pode acarretar no surgimento de patologias como mostra a Figura 8.

FIGURA 8 – Fundação sobre aterro.



Fonte: www.ebanataw.com.br/roberto/fundacoes.

4 CORREÇÃO DAS PATOLOGIAS APRESENTADAS NAS FUNDAÇÕES

Segundo Pereira (2016), sempre que a fundação não atender as características mínimas de segurança, o mesmo deverá receber um reforço estrutural, os casos em que geralmente esse reforço se faz necessário são em casos como o aumento de carga devido a alterações no projeto, presença de riscos (como recalques ou erosões) que afetam a funcionalidade da estrutura.

Procurar a melhor forma de resolver o problema pode se tornar menos complicado quando já se sabe as propriedades do solo, pois cada solução pode servir para tipos específicos e tipos de patologias diferentes. Sendo assim um dos tipos de correção pode ser a injeção de calda de cimento e Pereira (2017) a indicada para:

A injeção de calda de cimento é indicada para estabilizar solos pouco coesivos e com baixa resistência, sendo bastante utilizada para estabilizar solos em recalque, pois preenche os vazios dos solos, melhorando suas propriedades, entretanto, este procedimento exige alguns requisitos de permeabilidade. (PEREIRA, 2017, pag.3)

Nesse tipo de problema as medidas a serem tomadas devem ser as que preencham a fim de diminuir o índice de vazios, mas solos pouco permeáveis dificultam a “infiltração” dessa calda. Para Neves (2010), a pressão da injeção deve ser controlada para que não haja levantamentos maiores do que o desejável. Ao injetar essa calda pode fazer com que o piso da edificação fique mais alto do que deveria, afim de evitar que esse problema ocorra, o indicado é fazer o controle da pressão para não injetar mais calda do que o necessário.

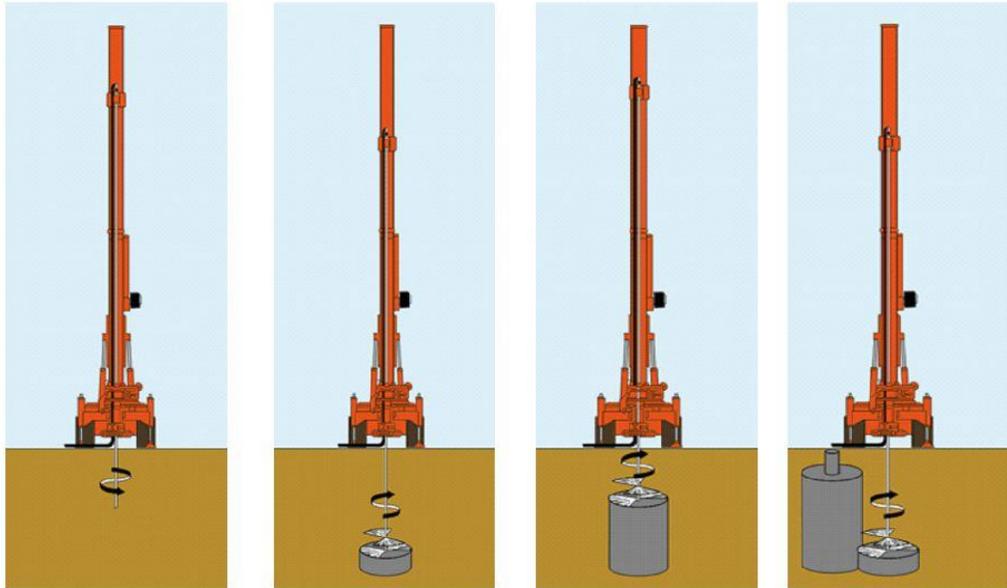
4.1 JET GROUTING

Sendo a que se destaca mais dentre as formas de injetar a calda de cimento, de acordo com Carletto (2009), é realizado o jateamento a velocidades elevadas da calda de cimento.

Para Ribeiro (2010), essa injeção são três etapas na qual se desenvolve essa aplicação, sendo elas: corte que é quando os jatos horizontais com altas velocidades desagregam as partículas presentes no solo; substituição parcial e mistura

do solo que é quando uma parte do material do solo é misturado na calda e a outra parte é substituída e por fim tem-se a cimentação que é quando ocorre a consolidação da calda com o solo misturado, como mostra a Figura 9.

FIGURA 9 - Execução de Jet Grouting: colunas sendo executadas.



Fonte: Modini, 2006.

Essa não é a forma de tratamento ou recuperação do solo mais barata então é geralmente indicada como solução quando se tem casos extremos, ou seja, em casos onde as patologias já estejam em estado avançado e métodos mais simples e baratos não sejam capazes corrigi-las.

De acordo com Ribeiro (2010), a utilização do jet grouting é indicada quando o solo apresentar baixa capacidade de suporte e houver a necessidade de acrescentar cargas no solo ou quando se tratar de solos com alto grau de permeabilidade. As aplicações de jet grouting em reforço de fundação podem ser realizados dos seguintes tipos apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - Aplicações da técnica de Jet Grouting.

	Aplicações da técnica Jet Grouting para Reforços de Fundações
1	Reforços de qualquer tipo de fundações exceto aquelas que têm elevada sensibilidade a recalques e cuja carga é transmitida às colunas antes destas atingirem a resistência de projeto.
2	Reforço de fundações a partir do interior da própria estrutura
3	Reforço de fundações constituídas por estacas de madeira deterioradas

Fonte: Carreto, 2000.

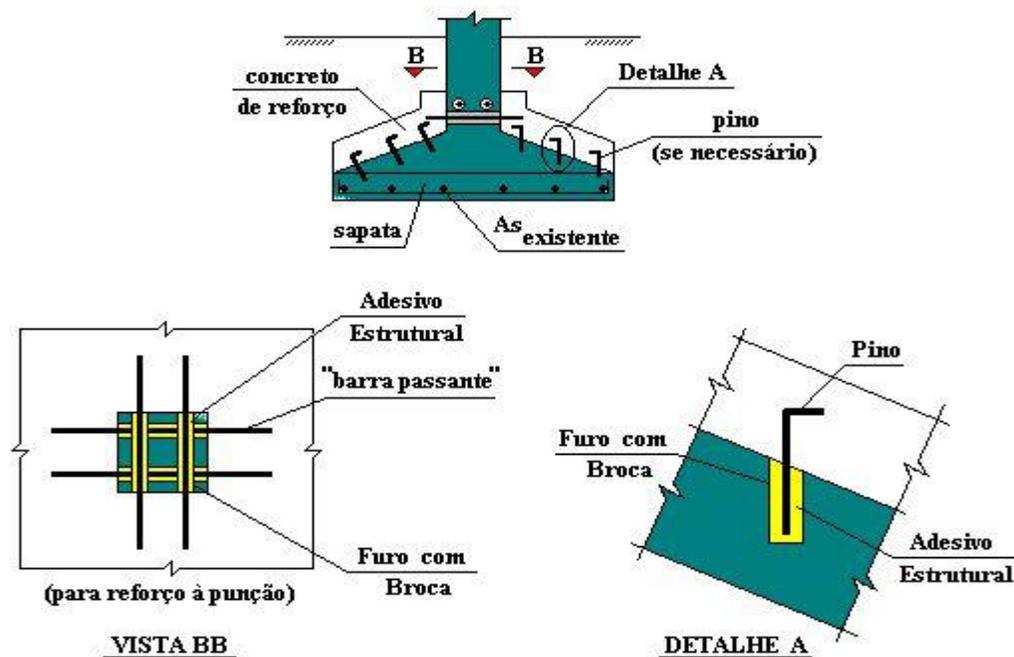
4.2 AUMENTO DA SEÇÃO DO CONCRETO EM SAPATA

Se houver um mau funcionamento da peça estrutural que exijam reforços de cisalhamento e punção, de flexão ou relação solo-estrutura, que gerem recalques pode ocasionar na necessidade de reposicionar a estrutura. Quando esse mau desempenho ocorre em sapatas, fazer-se uso do aumento de seção de concreto pode ser tida como a melhor escolha, (PIANCASTELLI, 2005).

Existem dois tipos, sendo eles com e sem o aumento de concreto da seção da base. Ambos os casos serão utilizados quando no solo houver adição de carga (derivadas geralmente de alterações no projeto inicial) ou se as tensões que chegarem ao solo já estiverem superiores as admissíveis (nesse caso são geralmente ocasionadas quando a erros de cálculo ou alterações realizadas na edificação), sendo utilizados afim de aumentar a área que estará em contato com o solo.

De acordo com Pereira (2017), no primeiro jeito, são adotados pinos cuja finalidade é aumentar a adesão entre os dois concretos e entre o pilar e o concreto utilizado no reforço são colocadas barras de aço que transpassam o pilar, como mostra a Figura 10.

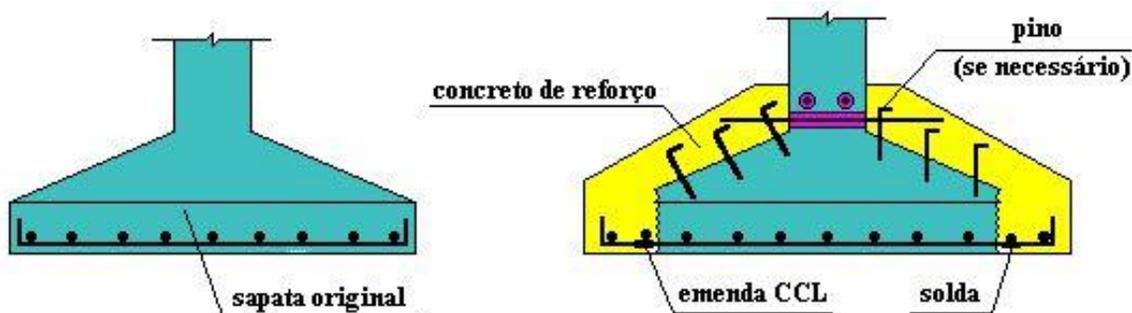
FIGURA 10 - Reforço a cisalhamento, flexão e punção.



Fonte: Piancastelli, 2005.

Segundo Piancastelli (2005), no segundo jeito são prolongadas as ferragens de flexão e a mesma também tem sua altura aumentada. Para que esta ação seja executada devem-se quebrar as extremidades da sapata deixando-a exposta com mais ou menos 15 centímetros para que sejam soldadas as ferragens no trecho reto, como pode ser observado na Figura 11.

FIGURA 11 - Aumento da área de contato das sapatas.

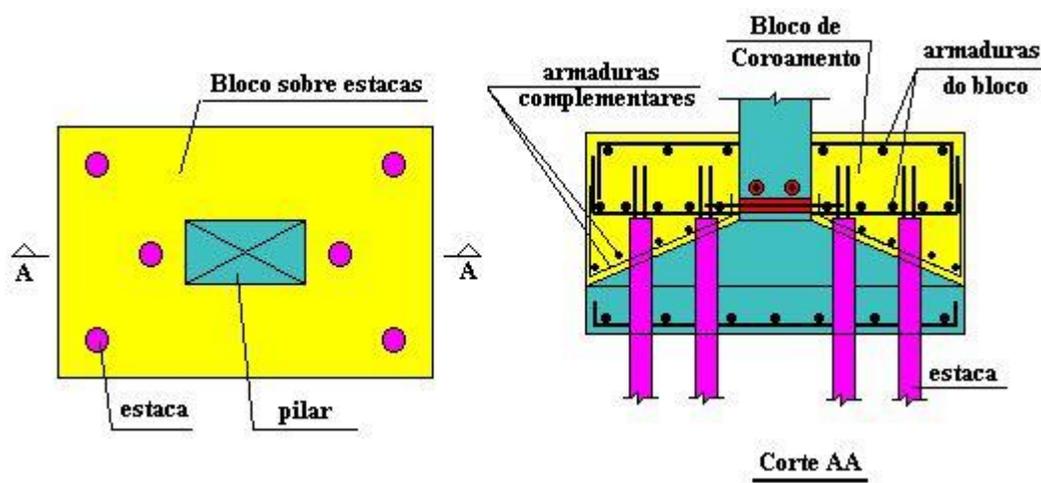


Fonte: Piancastelli, 2005.

4.3 AUMENTO DA CAPACIDADE DE CARGA DE SAPATAS

Piancastelli (2005), resalta que ao transformar uma sapata em uma fundação sobre estacas ampliara a capacidade de suporte de carga da sapata, para executar esse tipo de reforço uma fundação nova em estacas deverá ser executada sobre a sapata, assim sendo as sapatas serão perfuradas para serem executadas tanto as estacas quando o bloco de coroamento. As barras cortadas quando forem realizadas as perfurações deveram serem levadas em consideração durando o cálculo de resistência do bloco, como mostra a Figura 12.

FIGURA 12 - Bloco estaqueado sobre sapata existente.



Fonte: Piancastelli, 2005.

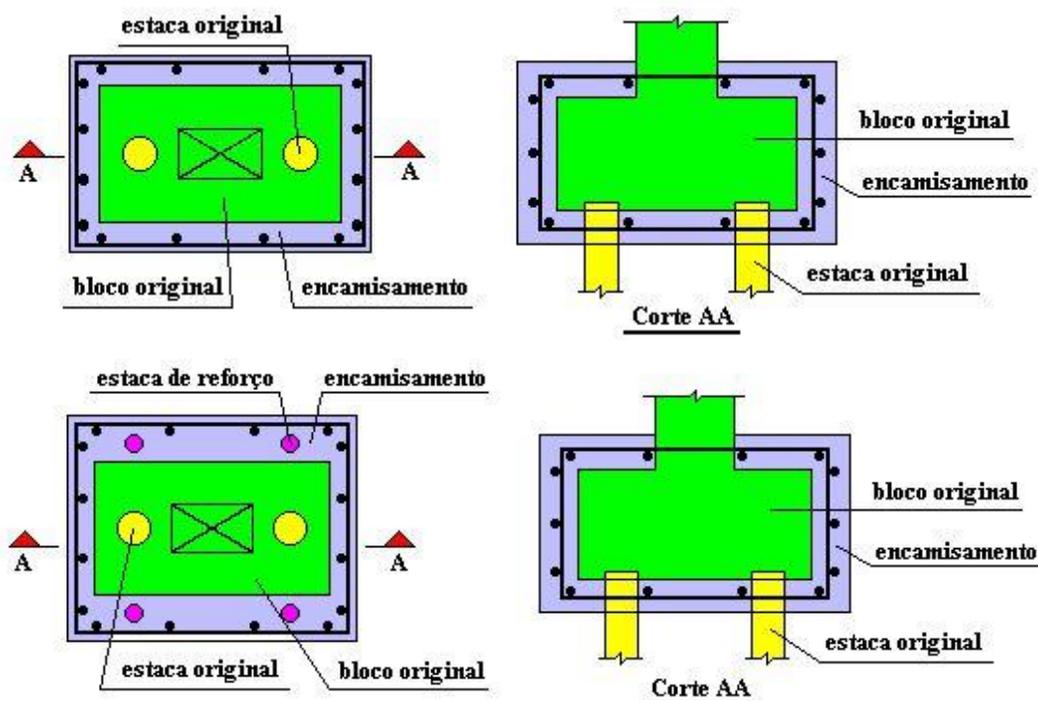
4.4 REFORÇO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Ainda, segundo o autor Piancastelli (2005), é destacada que as fundações profundas poderão precisar de reforço, quando existir deficiência no bloco de coroamento ou falta de resistência do grupo de estacas. No caso das estacas faz-se necessária como solução o aumento do número de estacas. No caso dos blocos de coroamento quando em pequenas dimensões o encamisamento realizado no bloco original torna-se necessário, já em blocos com grandes dimensões deve ser realizado o

aumento da seção do concreto tanto na face superior, quanto nas laterais.

Todas essas alterações serão previstas mediante a realização de novos cálculos que definirão o tamanho desses aumentos de seção. Eles serão comparados com os antigos, podendo ser observado na Figura 13.

FIGURA 13 - Reforço de blocos por encamisamento – sem e com novas estacas.



Fonte: Piancastelli, 2005.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com o processo de desenvolvimento da construção civil, a ocorrência de patologias nas edificações é bem comum de ser encontrada, o que torna o estudo de patologias cada vez mais necessário, tendo em vista, que muitas dessas falhas continuam a acontecer pelo fato dos profissionais não saberem ao certo o grau do risco em que ele estará colocando os usuários e nem os transtornos causados devido ao aparecimento de falhas construtivas. Trazendo tantos transtornos o estudo acerca das patologias das fundações é tido como de extrema importância, já que as fundações são de difícil acesso após a construção da edificação.

Assim sendo, esta monografia teve como objetivo aprimorar o conhecimento de estudantes e profissionais de engenharia acerca das características, riscos e possíveis soluções relacionadas as patologias da fundação, e conseguiu conceitua-las de forma a mostrar a necessidade de conhecimento sobre o tema.

As patologias não só a de fundações, mas todas as outras presentes na área da construção civil não recebem a atenção necessária que deveriam, partindo-se do princípio de que essas patologias representam risco aos usuários. Portanto esse trabalho teve como problema central mostrar o quanto é importante conhecer as características e os problemas causados pelas patologias em uma fundação.

As hipóteses da pesquisa tiveram como ponto de vista de que a maioria dos profissionais de engenharia, não conhecem o grau de risco que as patologias podem representar ou agem com negligencia quando elas aparecem e precisa de correção adequada, afinal, a escolha errada quando ao método corretivo pode piorar a situação.

No decorrer dos capítulos mostrou-se que saber como identificar, quais os tipos mais comuns e como se manifestam as patologias é de extrema importância para engenheiros e estudantes da construção civil e ao longo do desenvolver do presente trabalho foi possível verificar que algumas patologias podem ser fácil de identificar, mas quem for analisar tem que tomar cuidado porque o problema inicial pode estar relacionado a outras patologias. também foi verificado quando foram coletadas as bibliografias utilizadas, que muitos problemas eram causados por negligencia dos

profissionais responsáveis, já que os mesmos não tomavam cuidado quanto as propriedades do solo. Falta ou falhas durante a realização da investigação são acontecem com frequência no Brasil, o que deveria de mudar devido a necessidade de evolução e melhoria das edificações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. A. S. F; NASCIMENTO, M. C. M. 2007. 59 p. **Desempenho de Fundações: Aspectos Gerais e o Caso de Reforço das Fundações de Uma Residência com Estacas Mega**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazonas. Belém, 2007.
- AZEREDO, H. A. **O Edifício até sua Cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA,1988.
- BARROS, Tulio silva Bomtempo. **Principais causas de incidentes em obras de engenharia civil e procedimentos de investigação**. Vol.2, 2016. 13f.
- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2012.
- CARLETTO. M. F. W. **Jet Grouting (Sistema Monofluido): Um método teórico simplificado para previsão do diâmetro das colunas**. 2009. 131p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.
- CARVALHO, D. M. de C. **PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES: FUNDAÇÕES EM DEPÓSITOS DE VERTENTE NA CIDADE DE MACHICO**. 225f. Universidade de madeira. Funchal, 2010.
- COLARES, G. M. **Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) -Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- CUSTÓDIO, V. M. de S.; Ripper, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª edição 2009. 255f.
- FERREIRA; D. O. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013. 107f. Projeto de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- FRANCO, V. N. C.; NIEDERMEYER, F. M. **Manifestações Patológicas Geradas por Recalque de Fundações**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 07. Ano 02, Vol. 01. Outubro de 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2002. 176 p.
- HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

HENRIQUE, M. F. de M.; HELENE, P.; OLIVEIRA, J. J. A. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. Universidade Federal do Paraná. IBRACON, 2011.

LICHTENSTEIN; N. B. **Patologia das construções**. Boletim técnico N.06. São Paulo; USP, 1986.

LOGEAIS, L. **La Pathologie des Fundations**. Paris, Edition du Moniteur, 1982.

MILITITSKY, J; CONSOLI, N. C.; Schnaid, F. **Patologia das fundações** 2ª edição 2015. 256f.

MILITITSKY, J; CONSOLI, N. C.; Schnaid, F. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

NEVES. M. J. N. **Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações: Metodologias, Dimensionamento e Verificações de Segurança**. 2010. 189 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Superior Técnico: Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2010.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. 2003. 95f. Trabalho de conclusão de curso.

PEREIRA, R. M. **Patologia das Fundações: Estudos de Caso**. 22f. Instituto de Pós-Graduação – IPOG. João Pessoa-PB, 2016.

PIANCASTELLI, É. M.. **Patologia e Terapia das Estruturas: Reforço com Concreto**. Universidade Federal de Minas gerais. 31 p. Notas de Aula. 2005.

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

RIBEIRO, A. L. S. **Técnica de tratamento de solos – Jet Grouting: Acompanhamento de um caso real de estudo – Cais de Santa Apolónia e Jardim do Tabaco**. 2010.119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Superior Técnico: Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

RODRIGUES, J. A. **Levantamento das manifestações patológicas em fundações e estruturas nas edificações, com até dez anos de idade, executadas no estado de Goiás**. 2009. 132f. UFG.

SAMPAIO, G. **Análise das patologias nas fundações oriundas de recalque diferencial através de um estudo de caso**. 2017. 26f. revista construindo, belo horizonte, Vol.9.

SCHNAID F.; MILITITSKY J.; CONSOLI, N. C. **Patologia das Fundações**. São Paulo, 2005. Ed. Oficina de Textos. 207 Pag.

SILVA, M. D. **Análise do comportamento de edifícios apoiados em fundação direta no bairro da ponta da praia na cidade de Santos.** 2010. 166f.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Editora PINI, 2002.