

TERRAPLAGEM X PATOLOGIA EM EDIFICAÇÕES IMPACTOS ESTRUTURAIS E EM VEDAÇÃO EM OBRAS VIZINHAS: ASPECTOS TEÓRICOS E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS APLICADAS

Ademir Alfredo Freire

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (ademiralfredo000@gmail.com)

Gabrielle de Almeida Bastos

Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (gabrielle_ab@hotmail.com)

Jully Anne de Jesus Calixto

Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (jullyannecalixto@gmail.com)

Maria Eduarda Estevam dos Santos

*Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA
(mariaeduardaestevam0911@hotmail.com)*

Aurélio Caetano Feliciano

Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (aureliocfeng@gmail.com)

RESUMO

As construções são realizadas a modo que siga um processo para que possam suportar intempéries ao longo de sua vida útil. Pode-se afirmar que no decorrer dos anos a estrutura apresentará manifestações patológicas, como trincas e fissuras, essas podem ser resultantes das condições climáticas, do material utilizado ou da sobrecarga da estrutura. Obras vizinhas também afetam tais construções, além da produção de resíduos e poluição sonora, um dos maiores causadores de problemas são as movimentações causadas no solo devido ao uso de maquinários e equipamentos pesados para realizar a terraplanagem e compactação adequada. Essa movimentação pode ser a causadora de recalque nas edificações aos arredores do canteiro da obra, chegando a causar trincas e fissuras na estrutura. O presente trabalho estuda qual a melhor forma de se fazer a terraplanagem e a compactação do terreno com seus devidos equipamentos e as possíveis patologias que tal processo acarreta em edificações vizinhas.

PALAVRAS-CHAVE: Terraplanagem, Compactação, Patologia, Fissuras, Trincas, Recalque.

1 INTRODUÇÃO

Um dos métodos construtivos em que se tem uma perspectiva de maior solidez estrutural e segurança da edificação são as Paredes de Concreto moldadas in loco. Esse mecanismo de construção utiliza formas montadas no canteiro de obra, nelas são fixadas as armaduras, instalações hidráulicas e elétricas e posteriormente acrescentado o concreto. É caracterizado por possuir uma “estrutura monolítica”, sendo, paredes de vedação e estrutura feitas do mesmo material. Tal recurso é aconselhado para edificações de pequeno, médio e grande porte, onde seus pavimentos se repetem mais de uma vez (SOUZA e FERNANDES, 2015).

Apesar das inúmeras opções existentes na construção civil, encontra-se vantagens e também desvantagens na aplicação das paredes de concreto in loco. Nele a intenção é evitar o duplo trabalho, com isso tem a redução de atividades artesanais e improvisações, contribuindo com a economia. Afinal, como nesse processo a moldagem é feita no local definitivo, evita-se uma série de gastos e mão de obra. A proposta é viabilizar a execução de obras de maneira mais eficaz e rápida, com baixo custo e alto desempenho estrutural (SOUZA e FERNANDES, 2015).

A fundação é responsável pela distribuição dos carregamentos exercidos pela superestrutura para o solo, sendo seu comportamento variável por serem muito distintos entre si. Assim, a fundação requer um certo conhecimento adequado dos solos, sendo que a compreensão desse assunto possibilita a escolha da fundação que melhor se adequa ao tipo de carga exercida. Com todo projeto de fundação segue as cargas aplicadas ao solo e as movimentações dessas solicitações. Tendo que a importância do acompanhamento de cada etapa da fundação, leva a obtenção da qualidade final. (HACHICH, 2003).

Quando temos construções próximas a outras, pode ser provocado certos tipos de movimentações no solo. Nestes casos são levados em consideração a distância e as cargas atuantes. O que pode ocasionar as fissuras, essa manifestação patológica deve-se a gravidade do recalque e a falta de estudo pode levar ao surgimento de fissuras aos outros pavimentos tão graves quanto do primeiro. Os estudos necessários podem minimizar esses tipos de fissuras, sendo feito o conhecimento da origem do problema. Onde será realizada possíveis correções e medidas preventivas ao surgimento de novas patologias (BARROS e SILVA 2013).

A patologia na engenharia civil é a área que estuda as "doenças" nas edificações, assim como na medicina ela busca meios para fazer os tratamentos das manifestações patológicas, essas podendo ser definidas como trincas, fissuras, infiltrações entre outras. A fissura ou trinca é uma manifestação patológicas que pode ter origem nas tensões e sobrecargas da edificação que atuam sobre os materiais. Como defini-las é somente através de um estudo seguindo a ordem de verificação do problema, vistoria, investigar do que se trata a situação, fazer ensaios se for o caso, diagnosticar o problema, entrar com uma solução, decisão de uma terapia para então resolver o problema (LIMA TOMÁS, 2018).

O objetivo deste trabalho é apontar fundamentos teóricos que caracterizam as manifestações patológicas em edificações da vizinhança à movimentações no solo perante execução de terraplanagem em áreas adjacentes a essas edificações.

Justifica-se por meio deste trabalho, identificar o motivos pelos quais ações externas indiretas dadas por equipamentos de terraplanagem a favor de serviços geotécnicos podem promover manifestações patológicas em elementos estruturais pela simples mínima consideração de transmissão de esforços e conseqüentemente, deformações e fissurações indesejadas nas edificações.

2 TERRAPLANAGEM

O termo terraplanagem, é uma técnica que consiste em modificar a topografia de um terreno através de movimentação de terra, ou seja, corte em locais de grande volume de material, ou o aterro onde a falta do material, com o objetivo de tornar a área apropriada para futuros projetos civis (RIBEIRO,2008).

A terraplanagem é uma das principais técnicas usadas na engenharia civil ajudando e auxiliando na execução de projetos tais como: rodovias, barragens, nivelamento para construção de edifícios, fundações e etc.

A necessidade se deve haver ou não a terraplanagem em um local está associada ao contorno do terreno, a elevação do terreno em relação ao nível da rua e perfil do local. De todo caso apenas um profissional topográfico ou um engenheiro civil poderá afirmar se realmente é necessário contratar este serviço (FORTUNATO,2018)

É de extrema importância fazer um estudo completo do terreno, avaliando não apenas o aclave ou declive, mas o tipo de solo e a resistência para suportar as cargas nas fundações. Após este estudo que poderá avaliar o tipo de terraplanagem que será executado, bem os tipos de máquinas que serão usados, como pás escavadeiras, tratores de esteira e retroescavadeiras.

Os métodos comumente usados incluem: O aterramento - preenchimento de terra onde há falta, normalmente é usado terra avermelhada; Escavação - o recorte onde tem excesso; Destocamento- remoção da vegetação; Drenagem - Retirada e escoamento da água; Compactação do solo - com o auxílio de rolos compressores, buscam a estabilidade do solo no local; Demolição e remoção - quebra e retirado de entulhos de construção, caso haja construção no terreno.

Além de todo esses detalhes, existe ainda outro ponto que precisa ser muito bem analisado, como por exemplo a necessidade de construir um muro de arrimo em locais com desnível ou uma sustentação antes mesmo de preencher com terra compactada.

A não realização adequada desse procedimento pode ocasionar enormes desastres e colocar em risco toda a obra. Os problemas mais comuns ocasionado por esta situação são as erosões e os deslizamento de terra, principalmente nos locais nas encostas de morros que tendem a ser bem inclinados. Nestes locais, inclusive, é de extrema importância a criação de um bom sistema de drenagem das águas da chuva (a principal causa de deslizamentos e erosões), além da construção de muros para contenção de terra. Outro ponto que merece bastante atenção é em relação à inclinação segura do terreno (taludes) para evitar a descida de barreiras (BEZERRA,2019).

O profissional responsável precisa ainda ter ciência do código de obras da cidade onde está sendo executado o serviço, analisando as exigências e impedimentos em áreas inclinadas, no qual, evitando que, mesmo com a terraplanagem a obra seja embargada e paralisada.

3 GRANULOMETRIA

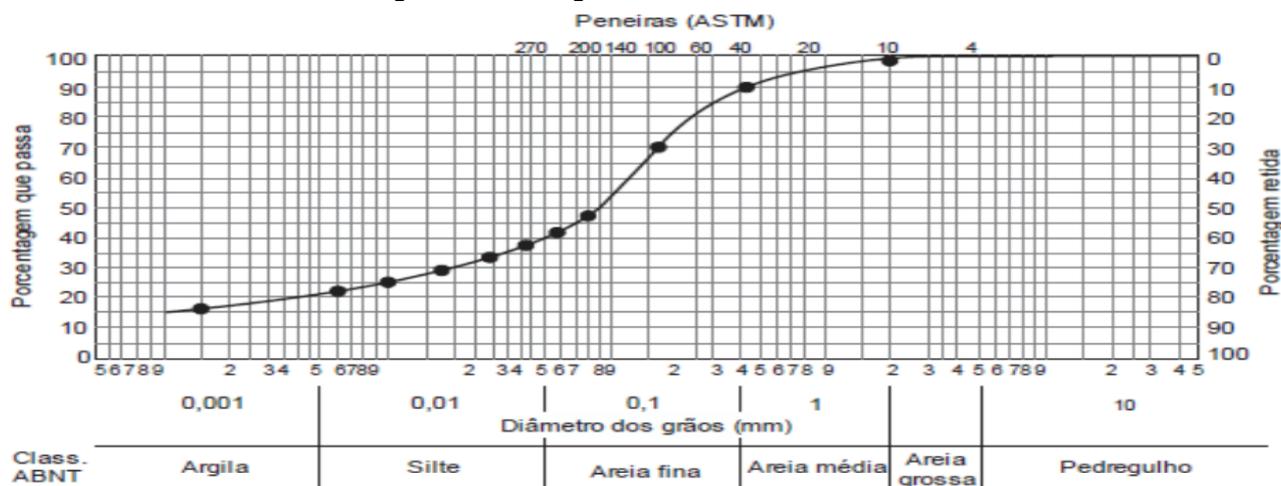
A análise granulométrica visa avaliar a distribuição das partículas em uma determinada amostra de solo respectiva de um local. O teste que permitem essa avaliação é padronizado pela ABNT NBR 7181:2017 SOLO – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA. A composição granulométrica é uma propriedade fundamental e essencial dos solos para identificar e compreender suas propriedades e, portanto, deve ser feita antes de outros ensaios de caracterização (DIRKASEN,2018).

O teste de análise consiste em duas etapas. A primeira é peneiramento, feito para partículas maiores que 0,075mm de diâmetro, e a segunda é sedimentação, usado para partículas menores que 0,075mm (FERNANDES, 2016).

O resultado obtido é representado graficamente através da curva granulométrica, como mostrado na Figura 1. no eixo das abcissas o diâmetro da partícula é expresso em milímetros em escala logarítmica, no eixo das ordenadas, o percentual em peso do material com dimensões menores que as dimensões consideradas e, passa pela peneira (CAPUTO,1998).

A norma ABNT NBR 6502:1995 ROCHA E SOLOS propõe uma distinção baseada no tipo de solo de acordo tamanho da partícula dominante na amostra de solo. Desta forma, o solo pode receber as seguintes nomeações: argilas, siltes, areias e pedregulhos, em ordem crescente em diâmetro. Como observado na Tabela 1 mostra a nomenclatura definida de acordo com norma, seguindo a faixa de variação do diâmetro das partículas. Nota-se que a areia, silte e pedregulhos podem ser divididos em finos, médias ou grossas, as partículas com diâmetro superior a 200mm são chamados de matações. Na figura 2 mostra uma imagem de comparação entre grãos de areia fino, médio e grosso (de cima para baixo) onde um aumento gradual no diâmetro dos grãos pode ser observado (FERNANDES, 2016).

Figura 1 – curva granulométrica de um solo



Fonte: (CAPUTO,1998)

Tabela 1 – Nomenclaturas seguindo a faixa de diâmetros dos grãos

FRAÇÃO	LIMITES DEFINIDOS PELA NBR 6502
MATAÇÃO	DE 25 CM A 1M
PEDRA	DE 7,6 CM A 25 CM
PEDREGULHO	DE 48 MM A 7,6 CM
AREIA GROSSA	DE 2,0 MM A 4,8 MM
AREIA MÉDIA	DE 0,42 MM A 2,0 MM
AREIA FINA	DE 0,05 MM A 0,42 MM
SILTE	DE 0,005 MM A 0,05 MM
ARGILAS	INFERIOR A 0,005 MM

FONTE: (ABNT NBR 6502:1995)

Figura 2 – Areia fina, média e grossa



Fonte: Fernandes (2016, pg.38)

4 COMPACTAÇÃO

Os mecanismos de compactação são recentes, porém é uma operação fácil e muito importante por seu resultado na estabilidade dos terrenos para os mais diversos usos, como por exemplo: em rodovias, pavimentações, construções, barragens e aterros. (SILVA, 2007)

Compreende-se como compactação do solo como a sua densificação, sendo ela manual ou mecânica. Esse processo tem como objetivo aumentar a resistência do solo diminuindo seu índice de vazios, transformando-o em um solo estável, como também dissipar o recalque ou outro tipo de dano que possa ocorrer no solo.

A técnica de compactação se destacou na década de 1930, quando o engenheiro norte-americano Ralph R. Proctor divulgou seus estudos, evidenciando que ao ser aplicado uma determinada energia de compressão por meio de uma quantidade de passada de um objeto ou por uma quantidade de golpes de um soquete no solo em estudo, apresentava uma relação única entre a massa específica e o teor de umidade e a energia aplicada na compressão. (CRISPIM, 2007)

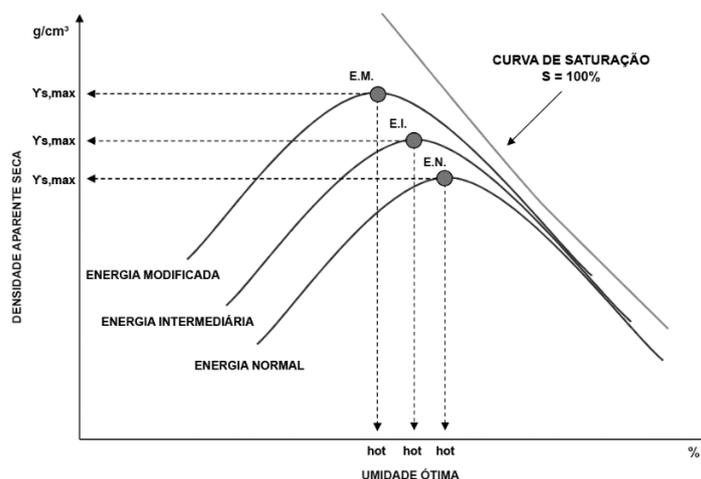
É de responsabilidade do engenheiro civil encarregado pela obra realizar os estudos laboratoriais no solo para estabelecer qual o grau de compactação o terreno em análise necessita, tal como, qual a melhor forma de realizá-lo e a escolha dos maquinários. Deve ser respeitada a norma da ABNT NBR 7182:1986 SOLO – ENSAIO DE COMPACTAÇÃO, na qual é normatizada o ensaio de compactação dinâmica, desenvolvido por Proctor.

4.1 ENSAIO DE PROCTOR

Proctor se estabeleceu como um nome referência na Engenharia Civil após aprimorar os trabalhos já existentes na época. Para ele, padronizar bem a umidade do solo é essencial para o resultado da compactação. (SILVA, 2008)

Por meio do Ensaio normal de Proctor é possível compactar uma amostra do solo dentro de um receptáculo cilíndrico com cerca de 1000 cm³ divididas em três camadas recebendo 25 golpes de um soquete de 2,5 kg, despencando de uma altura de 30,5 cm, sucessivamente. Com o valor obtido é estabelecido a curva de densidade aparente seca pelo teor de umidade ($\rho_s \times w_{ot}$) conforme a Figura 1, alcançando o ponto de umidade ótima e densidade máxima aparente seca.

Figura 3 - Curva de compactação pelo método de Proctor



Fonte: (Suporte, 2018)

4.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para obter o nível desejado da compactação é essencial o uso da ferramenta correta. A escolha do equipamento varia de acordo com o tipo de solo a ser compactado, como também as especificações da compactação e as condições do canteiro de obra. Dentre eles, os maquinários mais utilizados, podem ser vistos na Figura 4.

Em solos coesivos, argilosos, onde suas partículas se unem umas às outras, são recomendados o uso de compactador de rolo vibratório de pé-de-carneiro para uma maior produção, ou o compactador de percussão como uma melhor opção.

Solos não coesivos, ou granulares, diferentemente do solo coesivo, suas partículas não se unem, e exigem uma agitação ou vibração para movê-las, sendo assim, rolos reversíveis e placas vibratórias são escolhas mais apropriadas para a tarefa.

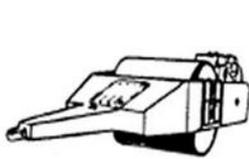
Após o estudo do solo, pode ser definido qual a melhor forma de realizar a compactação, conforme apresentada na tabela 1.

Tabela 2 - Equipamentos para diferentes tipos de solo

TIPO	SOLO	MODO DE COMPACTAÇÃO	ESPESSURA DA CAMADA	NÚMERO DE PASSADAS	VELOCIDADE DO ROLO	PESO OU PRESSÃO
Rolo de pé de carneiro	Argila ou silte	Baixo para cima	20 a 25 cm	8 a 10	≤ 4 km/h	2.000 a 3.000 KPa
Rolo pneumático	Silte, areia com finos	Cima para baixo	30 a 40 cm	4 a 6	4 a 6 km/h	500 a 700 KPa
Rolo vibratório	Material granular	Vibração	60 a 100 cm	2 a 4	≥ 8 km/h	50 a 100 KPa

Fonte: (APL engenharia, 2019)

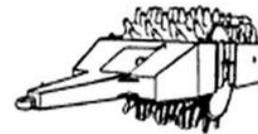
Figura 4 - Equipamentos corriqueiramente empregados na compactação de solos



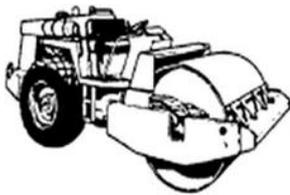
(a) compactador vibratório tracionado



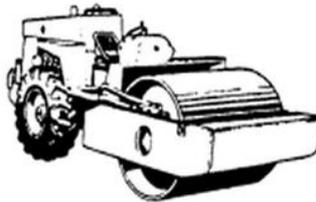
(b) compactador vibratório tracionado pé-de-carneiro (com patas médias)



(c) compactador vibratório tracionado pé-de-carneiro (com patas longas)



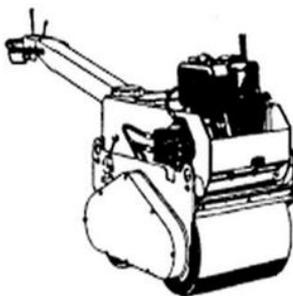
(d) compactador vibratório auto-propelido com tração nos pneus



(e) compactador vibratório pesado auto-propelido com tração no cilindro e nos pneus



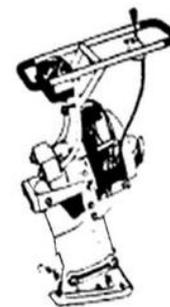
(f) compactador vibratório tandem



(g) pequeno compactador com cilindro duplo



(h) compactador vibratório de placa



(i) soquete vibratório

Fonte: (Machado, 2003)

5 PATOLOGIA

Desde o começo da civilização o homem vem buscando a criação de construções e estruturas que tragam maior conforto e atendam às suas necessidades. Sendo assim a cada dia aumenta a busca por técnicas e materiais que possibilite construções mais fortes. Isso permitiu um desenvolvimento, abrangendo cálculo, análise e detalhamento das estruturas, que apesar disso ainda existe limitações e inevitáveis falhas, que faça com que a estrutura sofra com as patologias. (FERREIRA e LOBÃO, 2018).

Os problemas patológicos estão na maioria das vezes evidenciados, seja ele simples ou complexo. As patologias simples são de fácil diagnóstico, já as complexas requerem uma análise individualizada. Para obter maior entendimento desses fenômenos patológicos, buscam se a origem do problema, uma relação entre as causas e os efeitos

que aquilo pode provocar na estrutura. Alguns dos problemas patológicos na maioria das vezes têm origem em algum erro ou falha cometidos em ao menos em uma das etapas do projeto, onde pode acontecer possíveis problemas futuros. Planejamento, projeto, uso e armazenamento de materiais, execução e uso da mesma, são etapas onde podem ocasionar as patologias. Pode se ressaltar a parte de execução, controle e uso dos materiais de grande relevância para as possíveis manifestações (FERREIRA e LOBÃO, 2018).

Outro importante causador de patologias, são as execuções de construções vizinhas, que podem afetar de diversas formas como barulhos, poeira e movimentações de pessoas e equipamentos. Além disso existe procedimento, como a terraplanagem, que é executada através de maquinários pesados, que pode ocasionar o surgimento de manifestações patológicas nas edificações próximas, como recalque, fissuras, trincas entre outros problemas. As repercussões das patologias causadas nas estruturas pelas construções vizinhas, tende em levar em consideração a idade, conservação e técnicas construtivas utilizadas. Quando iniciado um projeto para construção próxima a outra é necessário o EIV (ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA), que não executado pode gerar certos riscos, esse estudo tem como objetivo avaliar a interferência que novos empreendimentos causam na vizinhança, pois esse podem alterar mudanças em paisagem, atividades, fluxo de pessoas e recursos naturais (FERREIRA, 2022).

A princípio a identificação e o diagnóstico das patologias são fáceis, pois são bastante perceptíveis, porém um dos obstáculos é identificar os causadores e a correção adequada. Em certos tipos de manifestações é necessário um levantamento mais aprofundado do problema. De início é preciso a identificação da proporção e os danos que essa patologia pode causar. Às vezes nem para um profissional é evidente o problema, é preciso de medidas mais detalhadas (GONZALES e OLIVEIRA; 2020).

Um dos principais métodos para resolução de uma patologia, pode ser dividido em três partes: levantamento de informações, diagnóstico e definição de solução e o trabalho que deve ser executado para isso, também incluindo a definição quanto ao material, mão de obra, equipamento e tecnologia. Nessa etapa é feito o levantamento de hipótese do crescimento do problema e possíveis correções. Também são feitos ensaios que auxilia o entendimento e a causa. Depois do diagnóstico é possível definir a solução para cada tipo de patologia. Algumas intervenções normalmente têm se a tecnologia específica, outras ainda necessitam de pesquisas para desenvolvê-las. Pode-se considerar que algumas patologias ainda não têm soluções definitivas (FERREIRA e LOBÃO, 2018).

5.1 FISSURAS E TRINCAS

De acordo com a norma Impermeabilização - Seleção e Projeto (NBR 9575, 2010), fissuras no substrato são geradas por deformações ou deslocamentos no material, podendo elas serem de movimento ou estática, quanto a sua amplitude podendo ser variável.

A distinção entre as nomenclaturas fissuras e trincas em termos técnicos, se dão pelo tamanho da abertura. Conforme consta na norma (NBR 9575, 2010), são denominadas microfissuras àquelas que têm abertura inferior a 0,05 mm. As fissuras são as que possam ter abertura de até 0,5 mm, já as trincas são identificadas por aberturas que ficam entre o intervalo de 0,5 mm e 1,0 mm. As rachaduras assim chamadas coloquialmente por trincas de aberturas maiores.

As fissuras podem ser avaliadas em passivas ou ativas, a determinação dependerá da variação da abertura delas, conforme a mudança do seu estado tendo o recebimento de tensões. Aquela fissura que é causada por contração e dilatação térmica é considerada uma fissura ativa, pois ela mantém sua contínua abertura e amplificação de acordo com a carga de tensões que vai sendo agregada a ela, ao contrário deste exemplo, tem-se a

fissura passiva que é assim designada pelo seu estado permanente quanto a estética e dimensão de abertura não variando ao longo do tempo.

As fissuras ativas são aquelas que mudam de espessura à medida em que as condições que as provocaram sofrem alterações, comportando-se como juntas induzidas pela estrutura. Variações térmicas diárias e sazonais, provocam variação dimensional nos componentes do edifício, estes movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os materiais, gerando tensões que podem provocar fissuras cuja espessura varia de acordo com o gradiente de temperatura. As fissuras ativas também podem apresentar variação linear, decorrentes de recalques de fundações, por exemplo (ZANZARINI, 2016).

5.2 RECALQUE DE FUNDAÇÃO

Geralmente vê-se muitas fissuras causadas pelo recalque de fundação, esse é gerado quando há intervenções no adensamento do solo e, contudo, ocorre o rebaixamento da edificação, podendo apresentar manifestações patológicas visivelmente identificadas por fissuras com ângulo aproximado de 45° nas laterais de janelas e portas.

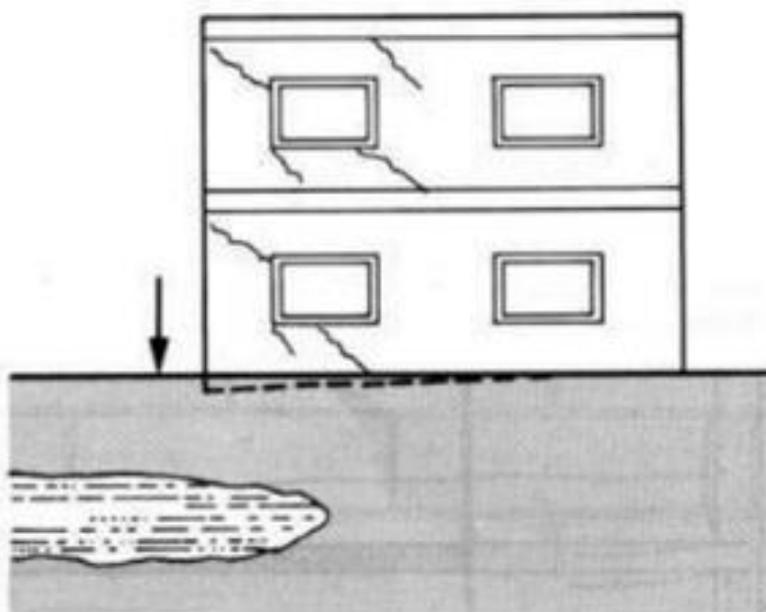
As fissuras decorrentes de recalque em fundações afetam com maior frequência o pavimento térreo da edificação e quando ocorrem de forma intensa, as tensões resultantes de cisalhamento podem provocar esmagamentos localizados e em forma de escamas.

Essas fissuras, segundo Holanda Jr. (2002), desenvolvem-se preferencialmente em direção vertical ou diagonal, apresentando variação da abertura ao longo do comprimento.

Segundo Thomaz (1989), as fissuras provocadas por recalques diferenciais são regularmente inclinadas e se propagam “deitando” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque.

Pode ser verificado na Figura 5 o demonstrativo da propagação de trincas desenvolvidas a partir de recalque.

Figura 5 – Propagação de trincas provenientes de recalque diferencial



Fonte: (KERKOFF, 2017)

5.3 SONDAGENS

Para a realização de uma edificação, é necessário fazer o reconhecimento dos perfis do solo, esses têm propriedades e características específicas, as quais interferem diretamente na execução e vida útil da construção. A inspeção e análise do solo é feita através de ensaios in situ e laboratoriais.

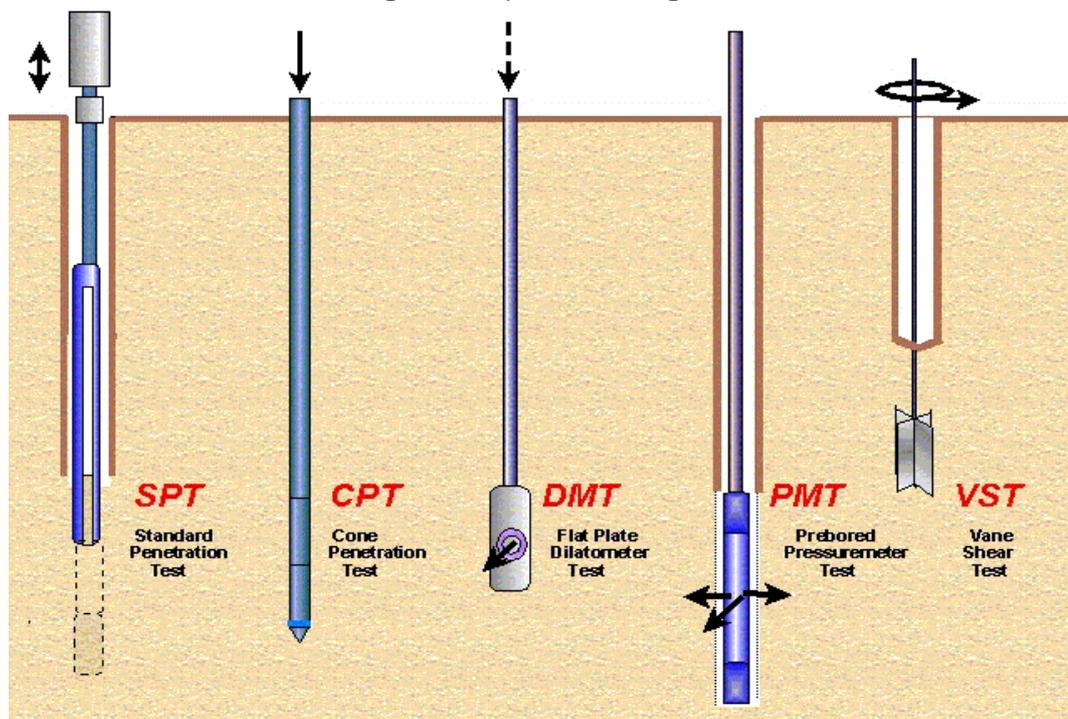
No momento em que a investigação geotécnica não é realizada ou tem seus dados mal interpretados, os projetos podem ser inadequados, gerando aumento de custos, problemas ambientais ou patologias estruturais (MORGENTAL, 2017).

De acordo com Gerscovish (2016) as investigações geotécnicas buscam o conhecimento da estratigrafia do local, para que seja possível montar um perfil geotécnico que posteriormente será utilizado para análises de estabilidades, como também, identificação de parâmetros geotécnicos, que podem ser definidos através de ensaios de campo e/ou laboratório.

Com o desenvolvimento tecnológico, a investigação geotécnica recebe uma gama de equipamentos de perfuração para sondagens, com medições mais precisas e eficazes do material investigado. É relevante afirmar que existem vários tipos de ensaios de sondagem do solo, conforme segue descrito na Figura 6.

- SPT e SM (sondagem à percussão e mista)
- CPT e CPTu (ensaio de cone e piezocone)
- DMT (ensaio dilatométrico)
- PMT (ensaio pressiométrico)
- VST (ensaio de palheta ou *Vane Test*)

Figura 6 - Tipos de sondagens



Fonte: (BORNSALES, 2012)

De acordo com Schnaid e Odebrecht (2012) as informações na Figura 7, servem de base para indicar qual ensaio de campo deve ser compatível com as características do

subsolo. Por exemplo, para solos granulares o ensaio SPT (Standard Penetration Test) é o mais adequado, contudo, ele acaba não sendo adequado em regiões de solo moles.

Figura 7 - Aplicabilidade e uso de ensaios in situ

Grupo	Equipamento	Tipo de solo	Parâmetros											
			Perfil	u	ϕ'	S_u	D_r	m_v	c_v	K_0	G_0	σ_h	OCR	$\sigma-\epsilon$
Penetrômetro	Dinâmicos	C	B	-	C	C	C	-	-	-	C	-	C	-
	Mecânicos	B	A/B	-	C	C	B	C	-	-	C	C	C	-
	Elétricos (CPT)	B	A	-	C	B	A/B	C	-	-	B	B/C	B	-
	Piezocone (CPTU)	A	A	A	B	B	A/B	B	A/B	B	B	B/C	B	C
	Sísmicos (SCPT/SCPTU)	A	A	A	B	A/B	A/B	B	A/B	B	A	B	B	B
	Dilatômetro (DMT)	B	A	C	B	B	C	B	-	-	B	B	B	C
	Standard Penetration Test (SPT)	A	B	-	C	C	B	-	-	-	C	-	C	-
	Resistividade	B	B	-	B	C	A	C	-	-	-	-	-	-
Pressiômetro	Pré-furo (PBP)	B	B	-	C	B	C	B	C	-	B	C	C	C
	Autoperfurante (SBP)	B	B	A	B	B	B	B	A	B	A	A/B	B	A/B
	Cone-pressiômetro (FDP)	B	B	-	C	B	C	C	C	-	A	C	C	C
Outros	Palheta	B	C	-	-	A	-	-	-	-	-	-	B/C	B
	Ensaio de placa	C	-	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	B
	Placa helicoidal	C	C	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	-
	Permeabilidade	C	-	A	-	-	-	-	B	A	-	-	-	-
	Ruptura hidráulica	-	-	B	-	-	-	-	C	C	-	B	-	-
	Sísmicos	C	C	-	-	-	-	-	-	-	A	-	B	-

Aplicabilidade: A = alta; B = moderada; C = baixa; - = inexistente

Definição de parâmetros: u = poropressão *in situ*; ϕ' = ângulo de atrito efetivo; S_u = resistência ao cisalhamento não drenada; D_r = densidade relativa; m_v = módulo de variação volumétrica; c_v = coeficiente de consolidação; K_0 = coeficiente de empuxo no repouso; G_0 = módulo cisalhante a pequenas deformações; σ_h = tensão horizontal; OCR = razão de pré-adensamento; $\sigma-\epsilon$ = relação tensão-deformação.

Fonte: Lunne, Robertson e Powell (1997).

Fonte: (SCHNAID e ODEBRECHT, 2012)

Encontram-se duas abordagens distintas para um projeto geotécnico específico a partir da análise dos resultados, que são: Métodos Diretos e Métodos indiretos. A critério do engenheiro determinar qual será o procedimento utilizado (SCHNAID e ODEBRECHT, 2012).

Métodos diretos: permitem a observação direta do subsolo ou através de amostras coletadas ao longo de uma perfuração ou a medição direta de propriedades *in situ*. São exemplos: Poços, sondagem a trado, SPT, sondagem rotativa, Sondagem rotopercussiva (PEIXOTO, 2018).

Métodos indiretos: as propriedades das camadas do subsolo são estimadas indiretamente pela observação a distância ou pela medida de outras grandezas do solo, ou seja, são métodos que não permitem o acesso ao material investigado. Os principais métodos são:

- Métodos geoeletricos (eletrorresistividade, sondagem elétrica vertical, potencial espontâneo e polarização induzida, radar de penetração no subsolo – GPR)
- Métodos sísmicos (sísmica de refração e sísmica de reflexão);
- Métodos potenciais (magnetometria e gravimetria).

Seja através dos métodos diretos ou indiretos, quanto mais se souber sobre as condições em subsuperfície melhores serão as possibilidades de sucesso em construções e mapeamento de recursos (PEIXOTO, 2018).

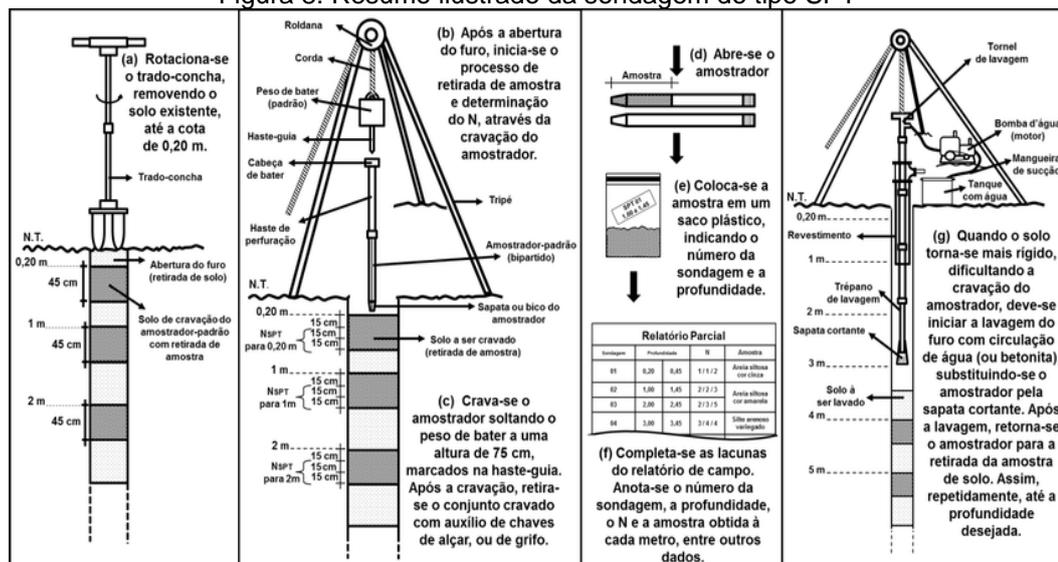
5.4 SPT – STANDARD PENETRATION TEST

O método geotécnico SPT - (standard penetration test), no Brasil é nomeado como Sondagem a Percussão ou Sondagem de Simples Reconhecimento, ele é um exemplo de

ensaio padronizado, pelo qual se determina o índice de resistência à penetração (N), que é a abreviatura do índice de resistência à penetração do SPT, cuja determinação se dá pelo quantitativo de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador-padrão, após a cravação inicial de 15 cm, utilizando-se corda de sisal para levantamento do martelo padronizado (NBR 6484, 2020).

Segundo Oliveira (2021), o ensaio SPT consiste na cravação, à percussão, do amostrador no solo através da queda de uma massa igual a 63,5 Kg de uma altura normalizada de 76 cm. A primeira etapa do ensaio corresponde à cravação de 15 cm do amostrador no solo e a segunda etapa, corresponde à cravação de 30 cm. Devido à perturbação do terreno provocada pela perfuração no solo, os resultados obtidos na primeira etapa são desprezados. A interrupção do ensaio ocorre quando a soma dos golpes necessários à penetração destes 30 cm é superior a 60. Neste caso, mede-se o comprimento total de cravação do amostrador. Apresenta-se na Figura 8, um pequeno resumo ilustrativo da sondagem a percussão.

Figura 8: Resumo ilustrado da sondagem do tipo SPT



Fonte: (AGUIAR, 2014)

Consoante Schnaid e Odebrecht (2012) o ensaio de sondagem a percussão é popularmente discernido como rotineiro e econômico quando se trata de ferramentas para investigação geotécnica. O SPT é utilizado para averiguação da densidade de solos granulares, consistência de solos coesivos e até mesmo em rochas brandas.

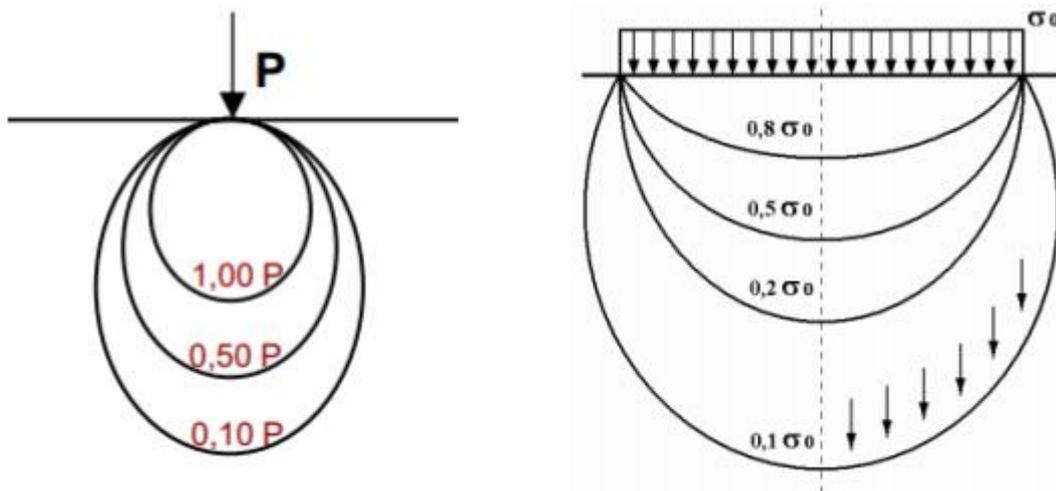
Conforme Schnaid e Odebrecht (2012) não existe um procedimento de perfuração que seja único, variabilidade ocorre pelo fato de existirem diferentes tipos de solos, sistemas de perfuração, procedimentos e equipamentos que possam ser empregados. Para ensaios realizados acima do lençol freático a execução deve ser feita com trado helicoidal. Para ensaios abaixo do lençol freático, o ensaio deve prosseguir com sistema de circulação de água, sendo bombeada pelo interior das hastes até a extremidade inferior do furo. Para qualquer procedimento que seja executado, deve ser tomado cuidado para evitar o amolgamento do solo na cota de ensaio e que o solo escavado no fundo da perfuração seja removido corretamente, se ocorrer dificuldades em manter o furo aberto, deve ser utilizado tubos de revestimento ou algum tipo de estabilizante.

6 BULBO DE TENSÕES

O bulbo de tensões é a união de pontos do inteiço de solo solicitados por tensões análogas gera superfícies de distribuição de tensão denominadas isóbaras, ou então, bulbo de tensões, conseguinte está na Figura 9.

Pinto (2006) considera inverídica a acepção de bulbo de tensão “como a região do subsolo em que houve acréscimo de tensão devido ao carregamento”, pois “na realidade existem tantos bulbos de tensão quantos níveis de acréscimo de tensão que se queira considerar”.

Figura 9 – Representativa do bulbo de tensões de uma carga concentrada e outra distribuída, respectivamente



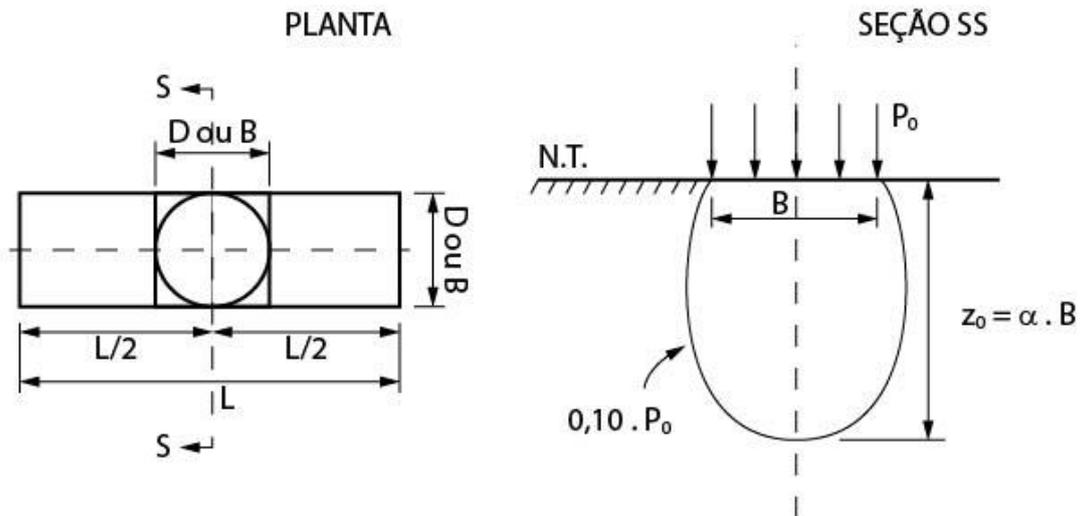
Fonte: (CONTADINI, 2018)

6.1 IMPORTÂNCIA DO BULBO DE TENSÕES

Comumente depara-se com estudos de sondagem que apontam para solos com várias camadas. Dentre essas camadas, é possível que a camada de maior resistência esteja na superfície. Logo, é necessário determinar qual o alcance do bulbo de tensões da fundação para saber se ela terá efeito sobre a camada de menor resistência. Inicialmente, precisa-se entender que, na prática, para valores de tensão menores que $0,1 \cdot \sigma_0$, pode-se desconsiderar os efeitos de deformação do solo de fundação. Então, pode-se definir que o bulbo de tensões é delimitado pela curva de isovalor de $0,1 \cdot \sigma_0$. Logo, para definir qual o alcance do bulbo de uma fundação, basta saber a profundidade desse bulbo. Através de resultados obtidos de experimentos e simulações computacionais, percebe-se que quanto maior for a dimensão da fundação, maior a massa de solo afetada pelo bulbo de tensões, logo, maior será sua profundidade. Analisa-se que a profundidade do bulbo de tensões é $z = \alpha \cdot B$, onde B é a menor dimensão da fundação considerada, conforme ilustrado na Figura 10 (MARINHO, 2019).

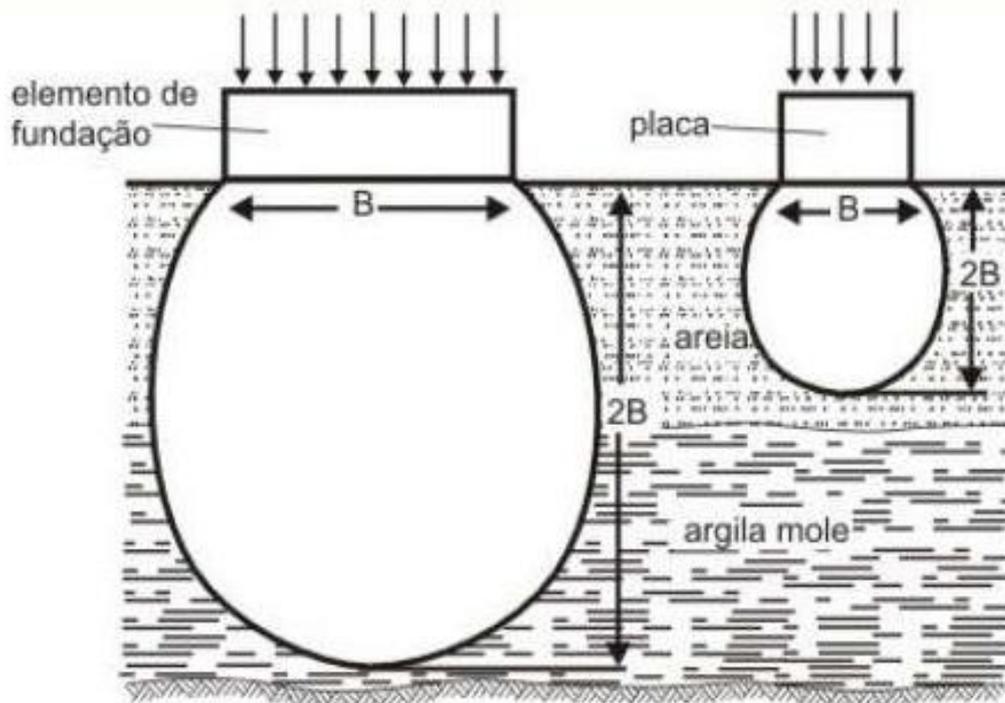
Observa-se através da Figura 11 que o bulbo de tensões do elemento de fundação atravessa duas camadas de solo. Uma camada de areia com pressão admissível alta, que viabiliza a implantação de sapatas. Entretanto, na camada abaixo tem-se uma argila mole com pressão admissível baixa. Como o bulbo de pressão alveja uma camada compressível, de baixa resistência, com $SPT < 10$ (argila mole), não é indicado implantar fundações superficiais neste caso. (SCHNEIDER, 2018).

Figura 10 – Esquema para cálculo da profundidade do bulbo de tensões



Fonte: (MARINHO, 2019)

Figura 11 – Bulbo de tensões alcança camada distinta de solo heterogêneo



Fonte: (SCHNEIDER, 2018)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho refere-se aos possíveis tipos de manifestações patológicas ocasionadas pela má execução da terraplanagem e compactação do solo e na execução de fundações. Para realizar esses processos de forma correta é necessário fazer o estudo laboratorial do solo em uso e definir qual o grau de compactação e os equipamentos adequados.

Entende-se que as fissuras ou trincas podem ser decorrentes de diversos aspectos durante a elevação de uma estrutura, desde o início de sua execução até ao longo de sua vida útil, sejam essas manifestações patológicas advindas através do material ou de ocorrências climáticas, por exemplo, ou como é o caso do estudo feito anteriormente, podem ser também causadas pela movimentação do solo. As fissuras são determinadas através de características como dimensão e condição estática ou de movimentação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.575: Impermeabilização – Seleção e projeto: apresentação**. Rio de Janeiro. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 2020.

APL, **Descubra a importância da compactação do solo para obras de terra**. Disponível em: < <https://blog.apl.eng.br/descubra-a-importancia-da-compactacao-do-solo-para-obras-de-terra/> > Acesso em: 3 maio 2022.

AGUIAR, M. F. P. **Aplicação do método de Aoki (2013) para determinação da capacidade de carga em estacas considerando o embuchamento no amostrador SPT**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-01-Resumo-ilustrado-da-sondagem-do-tipo-SPT-Fundacao-e-o-termo-pelo-qual-se_fig1_323265902> Acesso em: 12, maio, 2022.

BORNSALES. **Investigação Geotécnica para Projetos de Fundação**. Disponível em: <www.bornsales.com.br/single-post/2017/02/06/investiga%C3%A7%C3%A3o-geot%C3%A9cnica-para-projetos-de-funda%C3%A7%C3%A3o > Acesso em: 14, maio, 2022.

CERUTTI, T. GOULART, C. **Patologias Em Obra Devido À Escavação Vizinha: Um Estudo De Caso**. Disponível em: <www.tcc.unipar.br>. Acesso em: 5, junho, 2022.

COMUNICAÇÃO, Cozza. **Como tratar trincas e fissuras em paredes?** Disponível em: <www.aecweb.com.br>. Acesso em: 5, junho, 2022.

CONTADINI, P. C. P. F. **Bulbo de tensões: um desenvolvimento computacional gráfico a partir da teoria da elasticidade com geração de relatório em pdf**. Disponível em: <[TCC_Defesa_Phamele.pdf](#) >. Acesso em: 11, maio, 2022.

CRISPIM, F. A. **Compactação de solos: influência de métodos e de parâmetros de compactação na estrutura dos solos**. Disponível em: <www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3849/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 25, maio, 2022.

DIRKSEN, S. S. **Caracterização e classificação do solo**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/188054/TCC%20FINAL%20SOPHIA%20SCHARF%20DIRKSEN.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 10, junho, 2022

FERREIRA, J. B., LOBÃO, V. W. N. **Manifestações patológicas na construção civil.** Disponível em: <periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/5853/2971>. Acesso em: 4, junho, 2022.

FERREIRA, R. G. O. **Análise dos impactos causados por construções vizinhas.** Disponível em: <ri.ufs.br/bitstream/riufs/15236/2/Renatha_Gabriella_Oliveira_Ferreira.pdf>. Acesso em: 4, junho, 2022

FORTUNATO, M. H. D. S. **Controle tecnológico em obras de terraplanagem: estudo da construção das Lagoas de Estabilização da ETE – Mangabeira em João Pessoa/PB.** Disponível em: <bdtcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2019/02/TCC-MARIA-HELENA.pdf>. Acesso em: 4, junho, 2022.

GONZALES, F. D., OLIVEIRA, D. L. D. **Patologias na construção civil.** Disponível em: <revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/910/901>. Acesso em: 4, junho, 2022.

KERKOFF, M. A. **Trincas devido ao Recalque de Fundação.** Disponível em: <www.guiadeengenharia.com.br>. Acesso em: 23, junho, 2022.

MACHADO, C. C. **Equipamentos corriqueiramente empregados na compactação de solos.** Disponível em: <://www.researchgate.net/figure/Figura-15-Equipamentos-corriqueiramente-empregados-na-compactacao-de-solos_fig11_313703122>. Acesso em: 25, maio, 2022.

MARINHO, F. **Bulbo de tensões: Conceito e Aplicações.** Disponível em: <www.guiadaengenharia.com/bulbo-tensoes>. Acesso em: 23, junho, 2022.

OLIVEIRA, J. **SPT – Standard Penetration Test.** Disponível em: <www.sinergeo.pt/spt-standard-penetration-test>. Acesso em 21, maio, 2022.

RIBEIRO, S. P. T. **Terraplanagem. Metodologia e técnicas de compactação.** Disponível em: <repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59184/1/000129829.pdf>. Acesso em: 1, junho, 2022.

SALS, Fiber. **O que causa as rachaduras no prédio, e quando elas são um problema?** Disponível em: <www.fibersals.com.br>. Acesso em: 5, junho, 2022.

SCHNEIDER, N. **O entendimento do Bulbo de Tensões e como ocorrem as propagações de tensões para o solo é extremamente importante para o dimensionamento de qualquer tipo de fundação.** Disponível em: <nelsoschneider.com.br/bulbo-de-tensoes>. Acesso em: 5, maio, 2022.

SILVA, L. R. E. **Compactação do solo.** Disponível em: <www.lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1191.pdf>. Acesso em: 31, maio, 2022.

SUPORTE. **Compactação de solos – Ensaio Geotécnicos – O ensaio e as energias de compactação.** Disponível em: <www.suportesolos.com.br/blog/compactacao-de-solos>

ensaios-geotecnicos-o-ensaio-e-as-energias-de-compactacao/68/>. Acesso em: 25, maio, 2022.

ZANZARINI, J. C. **Análise das causas em recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural – Estudo de caso.** Disponível em: <repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6296/3/CM_COECI_2016_1_15.pdf >. Acesso em: 8, junho, 2022.