

RAFAEL LOTAR WRUCK

**PREPARO DO TERRENO PARA RECEBER CONSTRUÇÃO E AS INTERAÇÕES
SOLO ESTRUTURA**

BLUMENAU

2022

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SOCIESC DE BLUMENAU
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA CIVIL**

**PREPARO DO TERRENO PARA RECEBER CONSTRUÇÃO E AS INTERAÇÕES
SOLO ESTRUTURA**

RAFAEL LOTAR WRUCK

BLUMENAU

2022

RESUMO

Este estudo discorrerá sobre a preparação do terreno no âmbito da construção civil, o que pode ser compreendido como uma etapa fundamental e imprescindível de qualquer processo de construção de estruturas, o que envolve a abordagem de outras questões, como a identificação das características do terreno no tocante ao tipo de solo, o que permite delimitar como irão se desenvolver as interações solo-estrutura. Os objetivos desta obra podem ser descritos em primeiro lugar pela identificação da importância da preparação do terreno como uma etapa fundamental de qualquer processo de construção de estruturas no âmbito da Engenharia Civil, o que implica na abordagem de questões que se interrelacionam com esta prática.

Palavras-chave: Terreno, Construção, Preparação do Terreno.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fatores climáticos e geográficos que podem influenciar a construção de uma edificação	12
Figura 2 - Comparação topográfica de terrenos	14
Figura 3 - Solo Arenoso	15
Figura 4 - Solo Arenoso	16
Figura 5 - Solo Argiloso	16
Figura 6 - Perfis resultantes do processo de decomposição das rochas	17
Figura 7– Sondagem a trado	19
Figura 8– Sondagem a percussão	20
Figura 9– Sondagem a percussão	20
Figura 10– Sondagem mista	21
Figura 11– Sondagem geofísica	21
Figura 11– Perfil de corte de um terreno	31
Figura 12 – Modelo de Winkler	37
Figura 13– Sistema de Referência do Indeslocável	39
Figura 14– Modelo de Terzaghi	41
Figura 15– Elementos isolados de fundação	43
Figura 16– Tipos de recalques em edificações e os respectivos danos que causam	44
Figura 17– Efeito de construções vizinhas resultante de carregamento simultâneo	45
Figura 18– Efeito de construções vizinhas resultante de carregamento <i>a posteriori</i>	46
Figura 19– Efeito de construções vizinhas – novo prédio construído entre outros já existentes	47
Figura 20– Efeito de construções vizinhas – novos prédios construídos ao lado de um existente	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atividades relativas ao controle tecnológico de aterros	22
Tabela 2– Principais terminologias que envolvem a prática de Terraplenagem e preparação do solo	28
Tabela 3– Fórmulas de empolamento e desempolamento	33
Tabela 4– Lista de materiais com suas respectivas densidades por Kg/m ³ , percentual de empolamento e fator de conversão.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 Objetivos geral	9
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
2 REFERENCIAL TEORICO.....	10
2.1 TERRENO E TIPOS DE SOLO.....	10
2.2 TERRAPLENAGEM	19
2.3 INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA	36
3 CONCLUSÃO	49
4 REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Este estudo discorrerá sobre a preparação do terreno no âmbito da construção civil, o que pode ser compreendido como uma etapa fundamental e imprescindível de qualquer processo de construção de estruturas, o que envolve a abordagem de outras questões, como a identificação das características do terreno no tocante ao tipo de solo o que permite delimitar como irão se desenvolver as interações solo-estrutura. Os objetivos desta obra podem ser descritos em primeiro lugar pela identificação da importância da preparação do terreno como uma etapa fundamental de qualquer processo de construção de estruturas no âmbito da Engenharia Civil, o que implica na abordagem de questões que se interrelacionam com esta prática.

Dentre as quais está presente a conceituação do que é um terreno, a identificação dos tipos de solo existentes e suas particularidades, além de uma identificação do processo específico de aterramento e terraplenagem, bem como a apresentação de conceitos pertinentes a Interação Solo-Estrutura. No tocante a abordagem metodológica utilizada para elaboração desta obra, defendeu-se o estabelecimento de uma revisão de literatura apoiada em pesquisa bibliográfica.

Em se tratando de pesquisas científicas e metodologias, é possível afirmar que toda prática científica séria se pauta por um determinado método científico mais apropriado para o contexto, mesmo que nem todas as práticas que se valham destes métodos possam ser chamadas de científicas. Por outro lado, toda pesquisa científica começa com a elaboração de uma pesquisa bibliográfica, não apenas para agir no sentido de fornecer dados destinados a elaboração da pesquisa, mas também para indicar o que já foi escrito acerca do tema escolhido. Portanto, em linhas gerais o conceito de metodologia pode ser descrito como o estudo da organização dos caminhos a serem utilizados na elaboração de uma pesquisa ou estudo, sendo que embora o critério deva ser a regra, não busca ser dogmática, pois muitos caminhos podem ser utilizados para se alcançar os objetivos propostos.

De acordo com Santos et al (2019) a adequação do terreno ao propósito de construção civil é uma etapa fundamental no processo de estabelecimento de um canteiro de obras, a fim de que operações relativas a chegada e armazenamento de materiais e início das operações transcorra de forma eficiente e prática, com

cada setor do canteiro de obras atuando de maneira sincronizada, sem contar que a estabilidade da estrutura a ser construída depende do estudo do terreno e posterior adequação. E para este fim se revela necessário conhecer o tipo de solo com o qual se está lidando, pois cada tipo possui suas particularidades, utilidades e destinações específicas, o que pode ser compreendido como a justificativa para este estudo, pois a estabilidade de uma estrutura depende inteiramente das características do solo do terreno ao pretenda-se construir esta estrutura, levando-se também em consideração fatores relacionados ao intemperismo, que podem influenciar em veios subterrâneos de água, o que conseqüentemente acarreta em impactos às características do solo.

Conforme Buligon (2015), a pedologia é o ramo da ciência que busca estudar o solo no sentido de identificar sua origem, classificação e distribuição na paisagem, o que pode contribuir significativamente para proporcionar dados importantes que irão balizar as tomadas de decisão de gestores de obra e engenheiros chefe. Nesse sentido, Maiolini (2016) expõe que geralmente uma sondagem simples é o suficiente para se avaliar o solo de um terreno, embora dependendo do porte da estrutura que será erigida análises mais elaboradas sejam necessárias, o que implica na criação de poços exploratórios, ensaios de penetração contínua e paletas.

Conforme Santos et al (2019) os principais tipos de solo chamam-se arenoso, siltoso e argiloso e as características que os distinguem são as mais variadas, como diâmetro dos grãos, permeabilidade e cor. Sendo que pelo fato de o Brasil estar situado em uma região tropical, o seu regime de chuvas e temperaturas possui influência significativa nos processos de formação do solo e suas características, em decorrência da decomposição das rochas. Observa-se na literatura especializada que uma importância muito maior é dada para o planejamento da obra e todo que envolve a montagem do canteiro de obras, pois por influência do aumento de competitividade do mercado, iniciou-se a partir da década de 90 um movimento de profissionalização das empresas nacionais, para fazer frente aos concorrentes no exterior. O que culminou na introdução de diversas metodologias que buscam incrementos em performance e introdução de métodos de qualidade total. No entanto a preparação do solo e o conhecimento deste é imprescindível para o setor.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nesse sentido , a justificativa para este estudo é que se revela necessário conhecer o tipo de solo com o qual se está lidando, pois cada tipo possui suas particularidades, utilidades e destinações específicas

Frente a isso, o presente trabalho se desenvolve com base na seguinte questão: Qual a importância da preparação do terreno como uma etapa fundamental de qualquer processo de construção de estruturas no âmbito da Engenharia Civil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos geral

O principal objetivo do trabalho é promover uma discussão acerca da preparação do terreno no âmbito da construção civil, o que pode ser compreendido como uma etapa fundamental e imprescindível de qualquer processo de construção de estruturas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Contextualizar o que é terreno e os tipos de solos.
- Contextualizar o que é terraplanagem. como a identificação das características do terreno no tocante ao tipo de solo
- Contextualizar o que permite delimitar como irão se desenvolver as interações solo-estrutura.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 TERRENO E TIPOS DE SOLO

De acordo com Santos et al (2019) a adequação do terreno ao propósito de construção civil é uma etapa fundamental no processo de estabelecimento de um canteiro de obras, a fim de que operações relativas a chegada e armazenamento de materiais e início das operações transcorra de forma eficiente e prática, com cada setor do canteiro de obras atuando de maneira sincronizada, sem contar que a estabilidade da estrutura a ser construída depende do estudo do terreno e posterior adequação. Desta forma, é possível compreender a importância de se conhecer o terreno no qual as obras se realizarão e os tipos de solo que o caracterizam. Em seu estudo Neto (2011) considera que as atividades de planejamento e manejo do solo devem ser observadas como reflexo de um trabalho de descrição das unidades de terreno e seu devido processo de avaliação. Em outras palavras, o conceito de terreno sofreu a influência do planejamento urbano de cunho socioeconômico, mediante o qual equipes técnicas analisam as perspectivas de utilização de uma determinada localidade para fins urbanísticos ou extrativistas. Avaliação esta que de acordo com Neto (2011) leva em consideração as formas do terreno, e as características do solo o que pode ser identificado in loco ou por meio de sensores. Desta forma estabelece que o conceito de terreno deva ser observado a partir de um prisma tríplice que não pode ser disposto em separado, caracterizado por:

- i. Aspecto visual do terreno, fonte imprescindível de informações acerca de suas características;
- ii. Aspecto corológico, mediante o qual os atributos do terreno são delimitados, no tocante ao relevo e as características do solo;
- iii. Aspecto paisagístico, que diz respeito a sustentabilidade e o impacto no meio ambiente.

Dados que de acordo com Pacheco (2018) são fundamentais para a definição dos custos da obra e o seu planejamento, devido ao fato de que a localização do terreno e suas características trazem impactos significativos para qualquer projeto de construção de edificação. Desta forma Pacheco (2018)

estabelece que alguns dos propósitos do Relatório de Visita Técnica são verificar as condições de acesso ao terreno aonde se realizará a obra, bem como identificar a disponibilidade de água, rede de esgoto e fornecimento de energia elétrica e principalmente estudar a topografia e o clima da região. Levando em consideração que o clima possui uma influência significativa na temperatura interna das residências.

Em suas palavras: “O responsável pelo projeto arquitetônico levanta também outros dados já discutidos anteriormente, tais como posição da luz solar, direção dos ventos predominantes, entre outros.” (PACHECO, 2018, p.42). No entanto, para este estudo a pesquisa se restringirá a preparação do terreno. E aqui se identifica outro motivo para a importância do estudo e preparação do terreno, pois antes mesmo da obra propriamente dita começar, é necessário estabelecer o projeto de canteiro de obras, que abrange espaços de convivência, banheiros e salas de treinamento. Voltando um pouco, Santos et al (2019) caracteriza o solo como um material macio que cobre a superfície da terra, assim como uma casca reveste os gomos de uma fruta. Embora evidentemente esta superfície não se apresente de maneira uniforme, pois existem diferentes espécies de solo ao redor do globo que podem ser classificados de acordo com sua espessura, características, fertilidade e porosidade, entre outros.

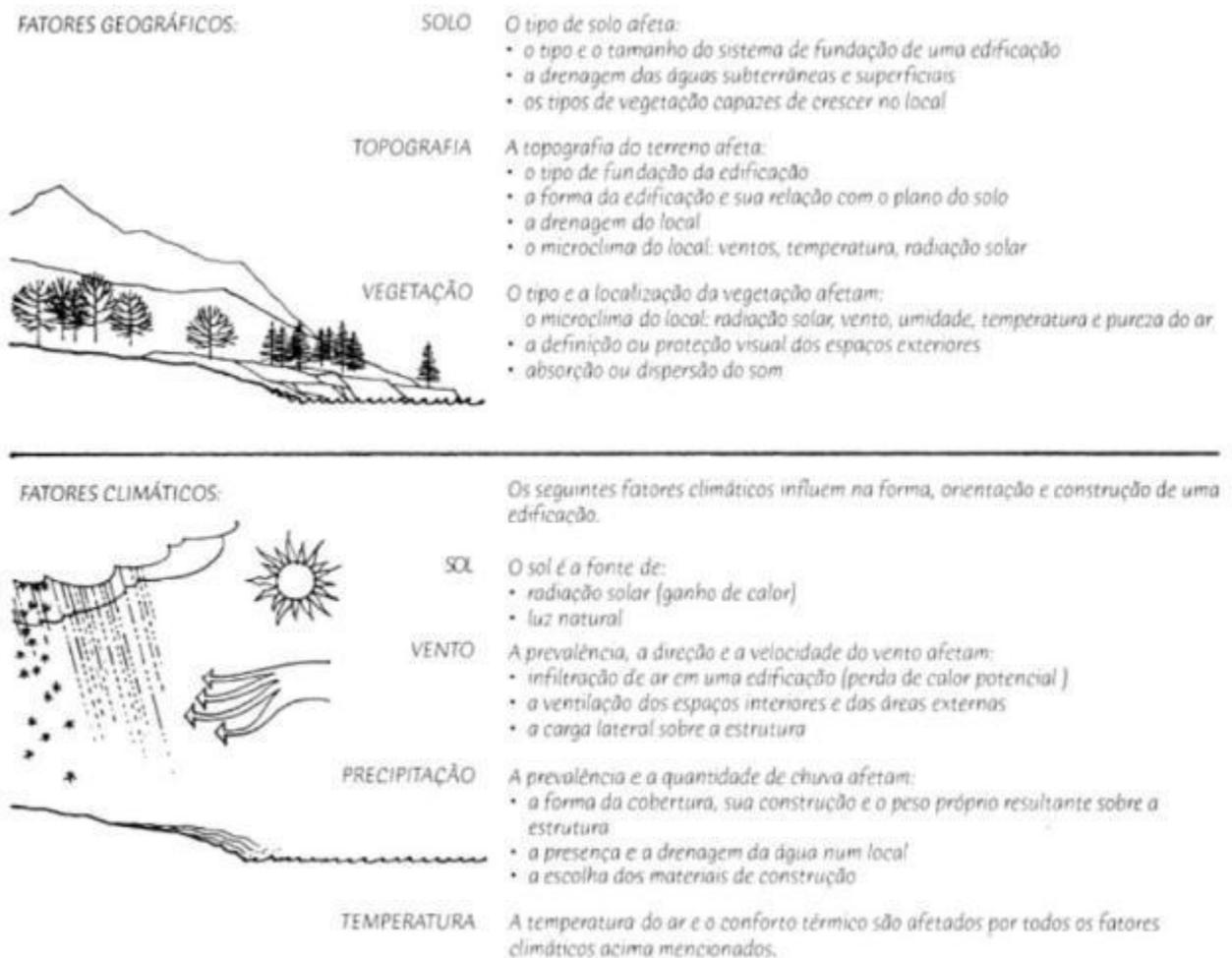
Mais especificamente, Santos *et al* (2019) estabelece que o solo pode ser descrito como resultante de misturas complexas de materiais inorgânicos juntamente com a decomposição de resíduos orgânicos, sem contar o papel das intempéries no processo. Conforme Maiolini (2016) o intemperismo, que se manifesta na forma de eventos climáticos como a chuva, o vento e a temperatura possuem inegável influência na transformação da paisagem, bem como outros fatores na forma de rios, mares e geleiras. No entanto, de acordo com Santos *et al* (2019) o processo principal da formação do solo se desenvolve por meio da decomposição de rochas, sendo desta forma possível afirmar que a variedade de solos existentes decorre de diferentes tipos de rochas. Em suas palavras:

Assim, com o passar do tempo, a rocha, seu principal material de origem, é cada vez mais reduzida de tamanho (diz-se que é decomposta) pela ação do clima (chuva, vento e temperatura, principalmente) com ajuda dos organismos vivos (fungos, líquens, bactérias, o próprio homem, e outros),

promovendo adições, perdas, transportes e transformações de matéria mineral e orgânica ao longo de sua formação, originando os solos na paisagem em diversas formas de relevo. Assim, a rocha dura, em que as plantas não conseguem crescer, é transformada em material macio, os solos, em que as raízes das plantas conseguem penetrar e retirar água e nutrientes para a sua sobrevivência. (SANTOS, 2019, p.4).

Em sua extensa obra, Ching e Adams (2010) expõem graficamente a questão, ao ilustrar os fatores geográficos e climáticos que podem influenciar na construção de uma edificação, como é possível observar por meio da Figura 1. Embora entenda que as diretrizes de zoneamento também devem ser consideradas como fatores de influência, pois atuam no sentido delimitar o tamanho, local e forma da edificação.

Figura 1 - Fatores climáticos e geográficos que podem influenciar a construção de uma edificação



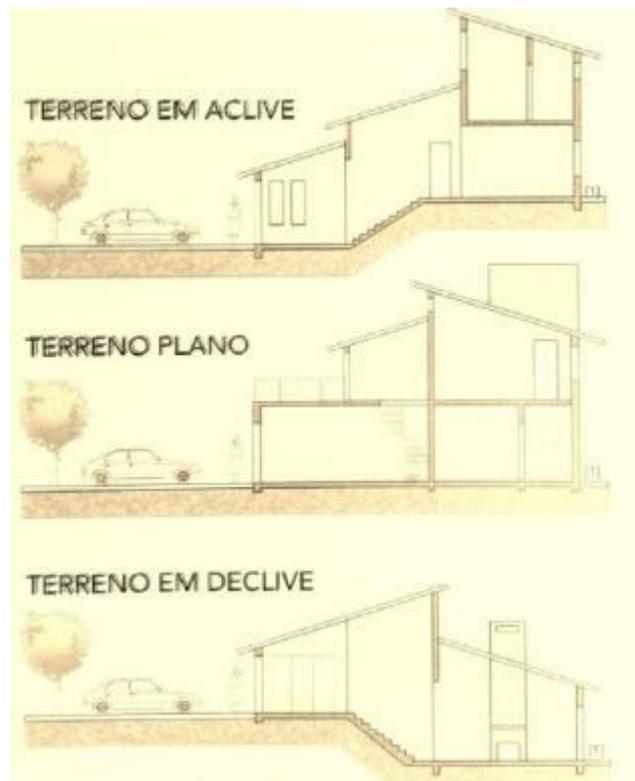
Por sua vez Maiolini (2016) considera que embora as formas do relevo sejam relativamente recentes, as estruturas e formações litológicas das quais o solo se originou são antigas, e aqui cabe dizer que a palavra relativamente é usada no sentido de que os relevos vão tomando forma ao longo de um processo constante e imperceptível de desgastes erosivos de um lado e de outro, como resultado de intempéries e movimentação de placas tectônicas. Conforme Buligon (2015) a prática de construção de estruturas pede por um conhecimento sólido não apenas em relação aos materiais utilizados para sua devida realização, mas também dos materiais que constituem o solo do canteiro de obras e seus arredores, sendo que um desses materiais é o solo, que identifica como um fator de inegável influência no planejamento da obra, pois embora não venha a ser um dos materiais por meio dos quais os pavimentos serão construídos, é sobre o solo que estes estarão apoiados.

Levando isso em consideração Buligon (2015) traz uma definição de solo como sendo um material que não demonstra resistência à escavação mecânica e perde sua resistência e consistência em contato contínuo com a água. Embora considere que não é a única definição aceitável apontando para o fato de que a engenharia rodoviária considera o solo como qualquer espécie de material orgânico ou inorgânico encontrado na superfície do globo terrestre, mesmo que parcialmente cimentado. Ainda de acordo com Buligon (2015), este afirma que a pedologia é a ciência que se destina a estudar o solo no tocante a sua origem, classificação e distribuição na paisagem, uma prática que se revela de grande importância para o engenheiro, pois pode lhe oferecer dados criteriosos acerca do solo de uma região, o que lhe permite tomar decisões melhores ao planejar a obra.

Por sua vez Maiolini (2016) também chama a atenção para a orientação do terreno, que pode estar em aclave ou em declive, sendo que no primeiro o terreno escolhido para a obra se encontra acima do nível da rua, ao passo que no declive o terreno se encontra abaixo do nível da rua. Nesse sentido Santos *et al* (2019) adiciona que o ordenamento jurídico delimita que terrenos com declive de até 30% podem ser loteados, considerando que existem vantagens em todos os tipos de terreno, sendo que terrenos em declive e aclave podem oferecer vistas mais privilegiadas. Por outro lado, em terrenos planos a liberdade na elaboração de

projetos é maior, além de o impacto orçamentário ser mais reduzido. Desta forma Santos *et al* (2019) caracteriza o terreno em aclive como aquele em que se encontram partes com o solo em elevação na forma de morros, o que implica na realização de cortes a fim de retirar todo o solo que desregula o terreno. O fato é que Maiolini (2016) segue o entendimento de Pacheco (2018) ao afirmar que os terrenos acidentados, seja na forma de aclive ou declive acarretam em custos adicionais para a obra, destinados à movimentação de terra, construção de muros de arrimo e fundações e a viabilização de circulação vertical, nesse sentido a Figura 2 abaixo contribui para ilustrar a diferença entre os dois terrenos.

Figura 2 - Comparação topográfica de terrenos



Fonte: Maiolini (2016)

Acerca do terreno em declive Santos *et al* (2019) abre um parêntese ao afirmar que apesar de possibilitar intervenções arquitetônicas mais criativas, o engenheiro pode encontrar problemas relativos à saída do esgoto, algo que não é para ocorrer em outras manifestações topográficas, como o terreno plano.

Conforme Maiolini (2016), muitas técnicas já foram desenvolvidas na prática de estabilização do solo, que para fins de construção civil, deve se apresentar o mais compacto possível, ou seja, em seu entendimento a porosidade do solo se apresenta como um obstáculo para um engenheiro civil. Desta forma Maiolini (2016) estabelece que fatores como estratificação, composição e densidade das camadas, alterações na espessura das partículas e a constatação da presença de lençol freático no solo podem influenciar decisivamente no estudo acerca da capacidade de sustentação do solo, sendo que por influência do intemperismo um mesmo terreno pode apresentar mais um tipo de solo.

Levando isso em consideração, Maiolini (2016) afirma que o solo geralmente pode ser avaliado por meio de sondagens simples embora a depender do porte da estrutura que será construída análises mais criteriosas sejam recomendadas por meio da criação de poços exploratórios, ensaios de penetração contínua e paletas. E dentre os tipos de solo existentes Santos *et al* (2019) dedica especial atenção ao solo arenoso, siltoso e argiloso. Em se tratando do solo arenoso, afirma que o diâmetro de seus grãos é a principal característica que o distingue dos outros tipos de solo, podendo ser encontrados entre 0,05 e 4,8 mm, embora sua textura, compacidade e forma também sejam levadas em consideração, como é possível observar na Figura 3 abaixo.

Figura 3 - Solo Arenoso



Fonte: Santos *et al* (2019)

Por sua vez, o solo siltoso se distingue dos outros principalmente pela sua textura e compacidade, nesse sentido Santos *et al* (2019) afirma que este tipo de solo se desagrega facilmente com a pressão dos dedos, pois não é capaz de se

agregar como a argila ao passo que suas partículas são pequenas e leves. Sendo que a sua origem é resultante do esmigalhamento mecânico de formações rochosas em face da ação de geleiras, abrasão e erosão pelas águas ou vento, sendo considerado um tipo não apropriado de solo para fins de construção civil, como é possível observar na Figura 4 abaixo.

Figura 4 - Solo Arenoso



Fonte: Santos *et al* (2019)

Por fim, de acordo com Santos *et al* (2019) o solo argiloso se apresenta na forma de grãos microscópicos com vivacidade nas cores, possuindo grande fator de impermeabilidade o que lhe garante pouca capacidade de desagregação, sendo que em contato com a água forma um barro plástico e viscoso, podendo ser utilizado em taludes, principalmente os verticais. Além de seus usos tradicionais, na criação de argamassa de assentamento, revestimento e tijolos, nesse sentido a Figura 5 abaixo contribui para ilustrar a diferença entre os dois terrenos.

Figura 5 - Solo Argiloso

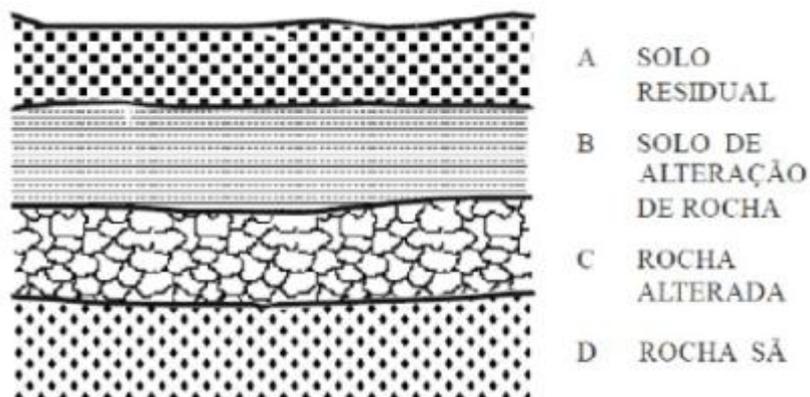


Fonte: Santos et al (2019)

Por sua vez, Ching e Adams (2010) afirmam que o clima também influencia diretamente nas propriedades destes tipos de solo supracitados, identificando que o clima frio pode acarretar em trincamento do solo, o que conseqüentemente implica em um maior tensionamento das estruturas e fundações de uma edificação. Considerando também que solos caracterizados por uma granulometria mais fina como o solo argiloso se apresentam mais suscetíveis à ação de congelamento do que solos de granulometria grossa.

Desta forma, Ching e Adams (2010) expõem que ao planejar uma obra, o engenheiro responsável deve buscar sempre colocar as fundações de uma obra bem abaixo da linha de congelamento do terreno, a fim de contornar estes obstáculos relacionados às intempéries. Um conceito que pode ser melhor compreendido ao se observar a afirmação de Buligon (2015) no sentido de que os limites entre o solo e a rocha se apresentam de maneira difusa, justamente pelo fato de se consistir como um processo contínuo e imperceptível ao olhar humano embora seja possível identificar duas partes distintas, uma estando abaixo do solo e outra acima, intituladas solo de alteração de rocha e rocha decomposta respectivamente, como pode ser observado na Figura 6 abaixo.

Figura 6 - Perfis resultantes do processo de decomposição das rochas



Fonte: Buligon (2015)

Por se tratar de um país com um clima majoritariamente tropical, Buligon (2015) afirma que o solo tropical possui uma série de propriedades e

comportamentos particulares, resultantes das dinâmicas geológicas e/ou pedológicas típicas deste meio, marcadamente úmido. Por outro lado, afirma que o clima tropical não é o único fator que pode ser utilizado para identificar um solo tropical, pois também devem ser considerados aspectos de ordem geotécnica para este fim.

No início da alteração das rochas, os seus minerais perdem suas cores e brilhos. No caso das rochas constituídas por quartzo, feldspatos e biotita, os feldspatos adquirem tonalidade esbranquiçada e a biotita um tom dourado. Com a continuidade do processo, os feldspatos perdem parcialmente sua resistência, sendo facilmente desagregados à ação do tato. A biotita vai se fragmentando, se transformando em pequenas partículas com aspecto dourado ferruginoso e se concentrando nas frações areia fina e silte dos solos. (ANTUNES et al, 2015, p.6).

Além disso Buligon (2015) afirma que duas grandes classes integram o solo tropical, sendo eles os solos lateríticos e os solos saprolíticos. Sendo que o primeiro se distingue por ser uma modalidade de solo de superfície, presente em partes bem irrigadas das regiões tropicais úmidas, sendo resultante das dinâmicas observadas em partes superiores do subsolo por meio da ação das intempéries, dinâmica esta chamada de laterização, que dá nome ao solo. E o segundo, também podendo ser chamado de solo residual jovem de acordo com Antunes *et al* (2015) se distingue por possuir feições subsuperficiais de solo, e conseqüentemente herda as características mineralógicas e/ou estruturais da rocha de origem, podendo apresentar grande espessura se forem originárias de rochas constituídas de quartzo e feldspato ricas em mica, desde que estejam presentes em regiões cujo clima é tropical ou subtropical, o que é o caso do Brasil.

E no tocante aos solos lateríticos, Antunes *et al* (2015) os caracteriza como resultado de um processo chamado de laterização comum às regiões marcadamente tropicais de boa drenagem, por meio do qual são lixiviados os álcalis e sílicas, restando uma elevada concentração de minerais como ferro, alumínio, titânio, manganês e outros. E desta forma se apresentam com tonalidades que vão do vermelho ao amarelo devido a presença de teores de óxido de ferro que alcançam facilmente a casa dos 30%.

2.2 TERRAPLENAGEM

Pertinente a questão da análise do solo e da topografia do terreno, Santos *et al* (2019) considera a prática de sondagem como a primeira etapa do processo construtivo possuindo caráter de palavra final na viabilização ou inviabilização da obra a depender dos resultados do estudo, pois embora existam uma série de tecnologias que podem ser empregadas a fim de contornar obstáculos expostos pelo estudo, isso implica em um custo, que pode muitas vezes ser impeditivo.

É válido lembrar que existem vários tipos de sondagens de solo, como sondagem a percussão SPT, sondagens mistas, sondagens rotativas e sondagens geofísicas, sendo necessário escolher o modelo certo para uma situação específica.

- a) A sondagem a trado é a mais simples que existe, sendo muito empregada em obras de saneamento e de estradas. Esse tipo de sondagem é capaz de nos dar informações adicionais, além de permitir uma amostragem do solo.

Figura 7– Sondagem a trado



Fonte: blog.apl.eng.br/

b) A sondagem à percussão, também chamada de sondagem SPT (Standard Penetration Test), talvez seja a mais conhecida por conta do índice de resistência à penetração NSPT. É válido destacar que, de acordo com as normas brasileiras, a investigação geotécnica preliminar para edificações deve ser constituída no mínimo pela sondagem à percussão, uma vez que apenas a sondagem a trado não é suficiente para o dimensionamento das fundações.

Figura 8– Sondagem a percussão



Fonte: blog.apl.eng.br/

c) A sondagem rotativa visa investigar e reconhecer as rochas e os materiais impenetráveis à percussão, permitindo a retirada de amostras da rocha, denominadas testemunhos. Por meio desse método é possível atingir grandes profundidades dos perfis geológicos em cada furo.

Figura 9– Sondagem a percussão



Fonte: blog.apl.eng.br/

d) A sondagem mista é a utilização conjunta da metodologia de sondagem rotativa e sondagem SPT. Dessa forma, nos trechos em solo tem-se a medida do índice de penetração NSPT e nos materiais impenetráveis à percussão faz-se o uso das coroas diamantadas para recuperação de testemunhos.

Figura 10– Sondagem mista



Fonte: blog.apl.eng.br/

e) Sondagem geofísica diferentemente das sondagens mecânicas acima apresentadas, A sondagem geofísica não retira testemunhos de rocha ou amostras de solo. Suas medições são indiretas e são feitas através de levantamentos e métodos como os sísmicos, elétricos, eletromagnéticos, potenciais (magnético e gravimétrico), radiométricos, geotérmicos etc.

Figura 11– Sondagem geofísica



Fonte: blog.apl.eng.br/

De posse do resultado desses estudos, Santos *et al* (2019) indica que o próximo passo antes do início das obras de terraplenagem é o aterramento de instalações e equipamentos, a fim de anular a diferença de potencial manifestada entre a terra e o equipamento, neutralizando desta forma o risco de o operador receber uma descarga elétrica por meio de corrente de falta ou descarga eletrostática, o que necessariamente implica no fato de que as ligações de água e energia já foram efetuadas no canteiro.

Por sua vez, Spironello (2015) em seu estudo traz uma lista de ensaios mais utilizados para avaliação de um solo frisando que os mesmos corpos de prova podem ser aproveitados para mais de um teste, como é o caso das metodologias Proctor, CBR e de expansibilidade, levando-se em consideração que estes estudos visam a revelar as características do solo no tocante a resistência mecânica, compressibilidade e permeabilidade.

- i. Ensaios de Compactação – Proctor
- ii. CBR – Índice de Suporte Califórnia
- iii. Expansibilidade
- iv. Análise Granulométrica por Peneiramento
- v. Ensaio físico a fins de determinar limites de liquidez e plasticidade, obtendo-se desta forma o Índice de Plasticidade.

No entanto, Spironello (2015) critica a postura de engenheiros responsáveis pela obra que se fiam exclusivamente nestas metodologias para estudar o solo apenas no tocante ao grau de compactação e o desvio de umidade do local, pois a identificação das propriedades referentes à resistência, compressibilidade e permeabilidade são igualmente importantes. A seguir, Spironello (2015) lista uma série de práticas que os gestores da obra ou responsáveis devem dedicar atenção em matéria de controle tecnológico de aterros.

Tabela 1 - Atividades relativas ao controle tecnológico de aterros

1. Certificar que a geometria de execução está de acordo com o projeto:

2. Determinar a altura de escavação até o solo de fundação;

3. Demarcar faixas de compactação na largura do rolo compactador;	4. Calcular a espessura da camada compactada (no máximo 20 centímetros);
5. Dimensionar a sobrelargura dos taludes;	6. Solicitar a execução de gabarito para verificar a inclinação do talude;
7. Especificar as cotas, largura e inclinação das bermas e platôs;	8. Durante as escavações, coletar amostras indeformadas para execução de ensaios triaxiais;
9. Garantir que o encontro do aterro com o maciço de solo natural seja feito em degraus;	10. Garantir que a compactação no encontro fique de acordo com o projeto.
11. A drenagem provisória deverá ser executada antes da fase de compactação e outras fases das obras e deverá ser ajustada, quando necessário, durante a obra.	12. Lançamento e espalhamento das camadas soltas de aterro;
13. Definir previamente as faixas de compactação por meio de cruzetas e estacas;	14. Colocar piquetes a cada 10 metros, para verificar a espessura da camada compactada;
15. As faixas de compactação devem ser sobrepostas.	16. Controlar visualmente a homogeneidade, verificando se há mudança de solo proveniente da área de empréstimo.
17. Coletar amostras para ensaios de caracterização e próctor normal para cada mudança de solo (adotando no mínimo 3 amostras);	18. Fazer um “croqui” com a localização e numeração da coleta de amostras.
19. Quando houver mudança de solo da área de empréstimo ou mudança de jazida, devem-se ter definidas as especificações técnicas deste solo antes do lançamento.	20. O lançamento e espalhamento deverão ser executados em uma única faixa. Assim, mesmo após um período de chuvas, tem-se frente de trabalho no restante da praça que se encontra compactada e selada.
21. Verificar a homogeneidade do solo de fundação, quanto à resistência;	22. Exigir uniformidade das camadas, através do número de passadas do rolo compactador;
23. A espessura da camada não deve ter mais que 20 cm compactada, salvo se existir na obra equipamento que permita espessuras maiores;	24. Executar coleta de corpos de prova por cravação de cilindros tipo triaxial ou hilf, e copinhos, para determinação de densidade e umidade em laboratório a cada 300 m ³ , no mínimo dois por camada e, quando houver mudança do tipo de solo, proveniente de área de empréstimo;
25. O engenheiro deverá comparar os resultados dos ensaios de laboratório com o grau de compactação (GC) e o desvio de umidade (Δh) especificados em projeto, e informar imediatamente ao encarregado de campo;	26. Solicitar escarificação para recompactação, secagem ou umedecimento da camada, caso não se apresente nas condições especificadas no projeto.
27. Solicitar que a última camada seja selada sempre que os serviços forem paralisados ou quando houver iminência de chuvas.	28. Fazer um “croqui” com a localização e numeração dos ensaios realizados;
29. Solicitar execução de proteção superficial em taludes.	

Fonte: Adaptado de Spironello (2015)

A fim de introduzir o conceito de terraplenagem Santos *et al* (2019) o identifica como um processo de movimentação de volumes de terra a fim de dar novos contornos a um determinado terreno que servirá de base para a construção de uma estrutura. O que envolve sub-etapas de escavação do solo, transporte, adequação destes volumes de solo transportados para o local aonde serão empregados, e compactação do solo, proporcionando desta forma, cortes e aterros. Em outras palavras, de acordo com Santos *et al* (2019) a terraplenagem se caracteriza como um rol de atividades, compreendendo escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento, realizados com o intuito de proporcionar um novo panorama topográfico por meio do transporte de volumes de terra de um sítio para outro.

De acordo com Abram e Rocha (2000) a pouco mais de uma década a terraplenagem era realizada por um processo inteiramente manual, mediante a utilização de ferramentas como pás, picaretas, enxadas e barras de mina, sendo que o transporte dos aglomerados de terra era realizado por tração humana, animal ou com a utilização de vagonetas sobre trilhos. No entanto, devido à complexidade do tema não se observa um consenso na literatura especializada acerca de quais atividades estão diretas ou indiretamente relacionadas com a prática de terraplenagem no âmbito da Construção Civil. Nesse sentido Spironello (2015) considera algumas etapas preliminares à realização da terraplenagem embora afirme que cada caso deve ser analisado a parte pois cada obra possui suas particularidades. O fato é que em seu estudo Spironello (2015) descreve como etapas preliminares:

- i. Desmatamento
- ii. Destocamento: Que ao contrário do que o nome possa indicar, significa a retirada de tocos e raízes após a etapa do desmatamento, que comumente é realizada com o auxílio de motosserras quando necessário, desta forma restando somente as raízes das árvores sob o solo.

- iii. Remoção de Camada Vegetal: Imprópria a utilização em construção civil, especialmente na realização de aterros, pois possui baixa resistência, alta compressibilidade e permeabilidade.

Realizada esta etapa, Spironello (2015) aponta que o processo relativo a escavação pode ter início, que descreve como a prática de desconstruir a compactidade do solo que se encontra em natura, por meio da utilização de ferramentas como pás e caçambas de carregadeiras, simplificando o manuseio de grandes volumes de terra.

O material procedente da escavação do terreno natural, geralmente, é constituído por solo, alteração de rocha, rocha ou associação destes tipos. São cortes de material para atingir o nível topográfico da obra. Pode ser classificado em três categorias: 1ª, 2ª e 3ª categoria, seguindo orientação da norma DNIT-2009 - ES - Terraplenagem – Cortes Especificação de Serviços. (SPIRONELLO, 2015, p.31).

Por sua vez, Souza (2014) chama a atenção para o fato de que praticamente todos os tipos de obra implicam na realização de terraplenagem prévia, como é o caso da abertura de estradas de rodagem, desenvolvimento de malhas ferroviárias, construção de aeroportos ou hidrelétricas, bem como a construção de edifícios. “Pode-se afirmar, portanto, que independente do porte de obra de Engenharia Civil, a realização de trabalhos prévios de movimentação de terras se faz necessário.” (SOUZA, 2014, p.14).

Em seu estudo, Souza (2014) faz as mesmas considerações de Spironello (2015) acerca da escavação, mencionando o que dispõe a norma do DNIT no tocante às categorias de escavação, que se apresentam em três níveis de complexidade e conseqüentemente, custo relativo.

- i. 1ª Categoria: Caracterizada por solos de maneira geral, seixos de até Ø15cm, sendo que raramente se encontram evidências de fragmentos de rocha. A descompactação desta camada de terreno se revela uma prática de fácil execução, portanto é possível afirmar que a produtividade é alta e é suficiente a utilização de trator de esteiras e escavadeiras.

- ii. 2ª Categoria: Nesta categoria o solo já se apresenta relativamente mais refratário ao desmonte mecânico, além de contar com a presença de fragmentos maiores de rocha, que podem chegar a 25 centímetros de diâmetro, o que implica no emprego de tratores com lâminas e escarificadores. Já se observam impactos na produtividade e no custo da escavação.
- iii. 3ª Categoria: Por fim, na terceira categoria estão presentes rochas sãs e blocos de rocha com mais de 25 centímetros de diâmetro, também chamados de matacões. Nesta categoria o desmantelamento do solo é efetuado por meio de explosivos e perfuratrizes, o que implica em uma produtividade muito baixa e custo elevado.

Conforme Spironello (2015) após ter sido encerrada a etapa de escavação, o próximo passo é a etapa de carregamento, no qual caçambas são preenchidas com o material previamente desagregado mediante escavação. Sendo que este material se destina a uniformizar um determinado terreno, um processo que é efetuado por meio de compactação do solo com o uso de tratores e motoniveladoras. “O excesso de terra proveniente do corte deverá ser transportado para outras áreas.” (SPIRONELLO, 2015, p.32).

No tocante ao processo de compactação do solo, Spironello (2015) adiciona que também se utiliza uma ferramenta chamada de Rolo Compactador Pata, também chamada de pé-de-carneiro que utiliza o próprio peso e vibrações no sentido de comprimir o solo, o que resulta em um solo firme e resistente. Observa-se também que a força aplicada pelo aparato pode ser regulada, pois Spironello (2015) afirma que um engenheiro de solos ou o engenheiro responsável pode determinar por meio de cálculos o quão compacto o solo deve ser a fim de contribuir para a construção que será realizada.

Normalmente o processo de compactação é realizado em camadas. Um pequeno aterro de no máximo 20 cm de altura é realizado, e logo após caso a terra esteja seca ela é umedecida por meio de um caminhão-pipa ou "secada" por meio de um equipamento chamado Grade caso esteja muito úmida. Somente então é que é utilizado o Rolo Compactador

Pata. E assim são utilizadas tantas camadas quantas forem necessárias para atingir a cota existente no projeto. (SPIRONELLO, 2015, p.38).

Em seu estudo, Pacheco (2018) expõe com maiores detalhes os equipamentos que são utilizados na etapa de escavação, que são empregados conforme o cenário que se apresenta em matéria de demanda, características do solo no tocante a dureza, profundidade e volume total, afirmando que estes equipamentos são classificados em:

- i. Unidade tratora: Atua no sentido de tracionar ou empurrar outros equipamentos, além de exercer outras funções mediante o emprego de pás. Dentre veículos existentes podem ser mencionados os tratores que se locomovem por meio de rodas ou esteiras.
- ii. Unidade escavo-empurradora: Trator que por meio de comandos hidráulicos movimenta uma lâmina frontal.
- iii. Unidade escavo-transportadora: Atua no sentido de escavar, carregar, transportar e descarregar o solo recolhido em uma caçamba acoplada ao veículo.
- iv. Unidade escavo-carregadora: Realiza as mesmas operações da unidade escavo-transportadora, com a diferença que não possui caçamba.
- v. Unidade aplainadora: Proporciona acabamento ao terreno após a terraplenagem ter sido realizada.
- vi. Unidade transportadora: Seu foco é o transporte do volume de solo à distâncias maiores, sendo mais utilizados os caminhões basculantes, vagões, dumpers e fora-de-estrada, de acordo com o porte.
- vii. Unidade compactadora: Empregada na compactação do solo no intuito de reduzir seu índice de lacunas, o que é feito com a utilização de rolos de compactação.

Além do mais, Pacheco (2018) expõe que quando os estudos pedológicos revelam que o solo do terreno se apresenta muito rochoso, faz-se necessário o emprego de outros artifícios para quebrar as rochas previamente à extração e movimentação da terra, como o martelo pneumático, perfuratrizes e explosivos. No tocante aos equipamentos utilizados conforme Abram e Rocha (2000) em linhas gerais a terraplenagem pode ser caracterizada como a arte de alterar a configuração do terreno, que a um primeiro momento oferece resistência ao ser removido e cuja textura vai se modificando conforme é desalojada no processo de escavação. Sendo que em seu entendimento a natureza do solo que será escavado é o que menos importa, pois o que interessa é a identificação de que maneira é a mais eficiente e econômica de se escavar, transportar e compactar essa massa qualquer de terra. Em seu estudo Abram e Rocha (2000) elaboram uma terminologia com referência aos principais elementos que estão presentes na prática de terraplenagem e preparação do solo, como se segue.

Tabela 2– Principais terminologias que envolvem a prática de Terraplenagem e preparação do solo

Termo	Descrição
Rochas	
Bloco de rocha	Bloco rochoso com diâmetro médio superior a 1 metro.
Matacão	Bloco rochoso com diâmetro médio superior a 25cm e inferior a 1 metro.
Pedra	Bloco rochoso com diâmetro médio entre 7,6 e 25cm.
Solos	

Pedregulhos	Formado por grãos minerais com diâmetro máximo superior a 4,8mm e inferior a 16mm.
-------------	--

Areia	Constituída de grãos minerais cujo diâmetro majoritariamente se encontra entre 4,8mm e 0,05mm
-------	---

Subdivisões da Areia no tocante a textura

Grossas	Diâmetro: 4,8mm a 2mm
---------	-----------------------

Médias	Diâmetro: 2mm a 0,42mm
--------	------------------------

Finas	Diâmetro: 0,42mm a 0,05mm
-------	---------------------------

Subdivisões da Areia no tocante a compactidade

Siltos	Diâmetro: 0,05mm a 0,005mm Possui coesão suficiente apenas para formar torrões facilmente desagregáveis mediante pressão dos dedos, desde que esteja seco.
--------	---

Argilas	Diâmetro: <0,005mm Quando estão úmidas podem ser moldadas em diversas formas, quando secas possuem coesão suficiente para formar torrões que dificilmente se desagregam com a pressão dos dedos.
---------	---

Em relação à plasticidade argilas se subdividem em Gordas e Magras.

Em relação à consistência argilas se subdividem em Vazas, Moles, Médias, Rijas e Duras

Solos com Matéria Orgânica

Turfas	Fofo, Plástico e Não Combustível, se caracteriza pela grande quantidade de partículas fibrosas de materiais carbonosos aliados a matéria orgânica em estado coloidal.
Alteração de Rocha	Solo oriundo das dinâmicas de desintegração das rochas sob influência do intemperismo. Sua textura, plasticidade, consistência e compacidade o descrevem.
Solo Concrecionado	Massa de solo cuja resistência decorre de ação cimentícia.
Solos Superficiais	Zona subsequente a do terreno natural, geralmente se apresenta como uma mistura de areia, argilas e matéria orgânica.
Aterros	Depósito de formação artificial, marcado pela presença de qualquer tipo do solo.
Arenoso	Solo formado por mistura de areia, silte e argila.
Lama	Solo formado por argila e/ou silte cujo limite plástico foi excedido pela expressiva presença de água.
Laterita	Solo de cor avermelhada, muito característico de regiões tropicais.
Massapê	Se diferencia pelo seu alto índice de plasticidade e por apresentar grande resistência quando seco, e resistência próxima da nulidade quando saturado. Muito presente no recôncavo Baiano.
Saibro	Solo que conta com granulometria bem distribuída e é majoritariamente arenosa, cuja espessura varia

entre 4,8mm e 0,05mm.

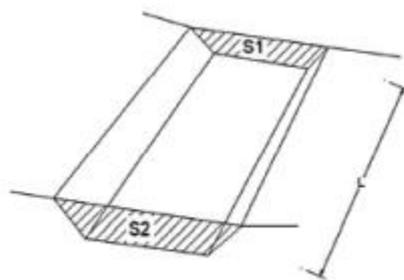
Cascalho

Diâmetro: 2mm a 76mm

Fonte: Adaptado de Abram e Rocha (2000)

Conforme Pacheco (2018) é fundamental estabelecer a quantidade de terra que será movimentada, pois isso envolve questões logísticas e orçamentárias acerca de que veículos ou artifícios serão empregados na execução desta tarefa e qual será o seu custo, dados que devem estar presentes no plano de gestão de resíduos, um documento que afirma ser obrigatório aos empreendimentos. E no intuito de estabelecer o cálculo acerca do volume de corte, Pacheco (2018) afirma que são utilizadas como parâmetro as medidas relativas as áreas S1 e S2 como está ilustrado abaixo, embora afirme que existam diversas técnicas que contribuem para imprimir mais precisão ao cálculo do volume de terra a ser movimentado. “Para o dimensionamento dos equipamentos e produtividade do serviço, além do volume, deve-se ter em conta o empolamento do material.” (PACHECO, 2018, p.89).

Figura 12– Perfil de corte de um terreno



Fonte: Pacheco (2018)

Por sua vez, Souza (2014) estabelece que estes estudos prévios e dimensionamentos anteriores a execução da terraplenagem são de suma importância no âmbito da engenharia, pois do contrário, se a questão é negligenciada ou mal feita, problemas sérios podem surgir, na forma de:

- a) Recalques e afundamentos de piso, ruas, vias e fundações;
- b) Vazamentos de redes hidráulicas e sanitárias;
- c) Deslizamentos de taludes, contenções e muros de arrimo;
- d) Vazamentos de lagoas de tratamento de resíduos e líquidos;
- e) Erosões internas em diques e barragens;
- f) Não enchimento de lagoas, diques e barragem por perda de água.

(SOUZA, 2014, p.21).

Levando isso em consideração, Souza (2014) reafirma que estudos devem ser feitos no tocante as propriedades de engenharia do solo do terreno que servirá de suporte a estrutura que será construída, e daquele que será utilizado na prática de terraplenagem, o que envolve estudos em matéria de resistência, compressibilidade e permeabilidade. Souza (2014) afirma também a existência de ensaios de compactação que buscam mensurar a correlação entre teor de umidade e o peso específico de um solo após ser compactado mediante o emprego de determinada energia, desde que este solo esteja seco. Levando em consideração que um solo compactado se caracteriza por um aumento de seu peso específico e resistência ao cisalhamento, bem como uma redução significativa no número de lacunas neste solo, taxa de permeabilidade e compressibilidade.

Outros autores também consideram a questão do empolamento e desempolamento do solo, como Abram e Rocha (2000), Spironello (2015) e Pacheco (2018), que de acordo com os primeiros significa o aumento de volume de um material em decorrência da remoção de seu estado natural, como é o caso em escavações e terraplenagens. “Ao se trabalhar os solos, esses mudam constantemente a sua condição de compactação, mudando, em consequência, a sua densidade.” (ABRAM;ROCHA, 2000, p.43).

Indo mais adiante no assunto, Abram e Rocha (2000) expõem a título de exemplo que se uma amostra de argila seca possui uma taxa de empolamento de

39%, isso significa que um metro cúbico deste solo em estado natural preencherá um espaço de 1,39 m³ depois de ter passado pelo processo de escavação, em uma caçamba por exemplo. O que leva a crer que o planejamento de quanta terra deva ser necessária para um determinado fim em um canteiro de obras não deve levar em consideração o volume em seu estado natural, mas em seu volume após ter sido escavado, mediante o informado pela taxa de empolamento.

Por outro lado, de acordo com Abram e Rocha (2000), o desempolamento é caracterizado pela redução volumétrica de um material que passa por um processo de compactação. Por sua vez, Spironello (2015) aborda a questão de outra forma, ao expor que o material empolado possui geralmente um volume 25% maior em comparação com seu volume *in natura*. Ao passo que, de acordo com Spironello (2015), o volume deste mesmo material, ao ser desempolado (ou compactado) perde geralmente 15% de seu volume em comparação ao seu estado natural. Dinâmicas que podem ser resumidas com uma fórmula, levando em consideração que V_n significa volume natural, V_s significa volume solto e V_c significa volume compactado:

Tabela 3– Fórmulas de empolamento e desempolamento

$V_s > V_n$
$V_c < V_n$
$V_s = (V_n \cdot 0,25) + V_n$
$V_c = (V_n \cdot 0,15) + V_n$

Fonte: Autor (2022)

Desta forma, Abram e Rocha (2000) estabelecem que o gestor da obra ou responsável pode alcançar uma estimativa em relação a quantidade de metros cúbicos de material medido *in loco*, no local da escavação, multiplicando o número de V_s pelo fator de conversão do solo em questão, de acordo com a fórmula:

Fator de conversão = V_n em m³ dividido pelo V_s ou

Fator de conversão = Densidade de Vs dividida pela densidade de Vn

E para auxiliar na atividade profissional de gestores de obra e engenheiros responsáveis, Abram e Rocha (2000) apresentam em sua obra uma lista de materiais e suas respectivas densidades aproximadas em estado natural e após o empolamento, bem como o seu respectivo percentual de empolamento e fator de conversão, como se segue.

Tabela 4– Lista de materiais com suas respectivas densidades por Kg/m³, percentual de empolamento e fator de conversão

Material	Densidade (Kg/m ³)		Empolamento (%)	Fator de Conversão
	No Corte	Solto		
Areia - Argila	2.015	1.600	26	0,79
Areia Molhada	2.100	1.870	12	0,89
Areia Seca	1.780	1.580	13	0,89
Areia Úmida	1.900	1.680	13	0,88
Arenito	2.420	1.570	54	0,65
Argila	1.720	1.240	39	0,72
Argila c/ pedregulho úmida	2.200	1.580	39	0,72
Argila c/ pedregulho seca	1.780	1.300	37	0,73
Bauxita	1.900	1.425	33	0,75
Calcário	2.620	1.570	67	0,60
Carvão	1.450	1.070	36	0,74

Antracítico				
Carvão Betuminoso	1.280	950	35	0,74
Cascalho Seco	1.930	1.720	12	0,89
Cascalho Úmido	2.130	1.878	13	0,88
Escória de Fundição	1.600	1.300	23	0,81
Gipsita	2.780	1.600	74	0,58
Granito	2.725	1.650	65	0,61
Hematita	3.180	2.700	18	0,85
Magnetita	3.280	2.780	18	0,85
Pedregulho (1 a 5 cm) úmido	2.000	1.780	12	0,89
Pedregulho (1 a 5 cm) seco	1.840	1.640	12	0,89
Pedregulho com areia úmido	2.250	2.025	11	0,90
Pedregulho com areia seco	2.015	1.725	17	0,86
Rocha decomposta (75% R + 25% T)	2.500	1.955	28	0,78
Rocha decomposta (50% R + 50% T)	2.290	1.725	33	0,75

Rocha decomposta (25% R + 75% T)	1.970	1.585	24	0,80
Terra comum úmida	2.000	1.600	25	0,80
Terra comum seca	1.550	1.250	24	0,81
Terra vegetal	1.365	960	42	0,70
Terra molhada	1.900	1.125	69	0,59
Turfa seca	675	415	63	0,61
Turfa úmida	1.340	800	68	0,60
Saibro molhado	1.840	1.325	39	0,72
Saibro seco	1.650	1.185	39	0,72

Fonte: Adaptado de Abram e Rocha (2000)

2.3 INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA

De acordo com Iwamoto (2006) em se tratando de cálculo estrutural existe uma divisão de competências entre o engenheiro de estruturas e o engenheiro de fundações, sendo que enquanto o primeiro se responsabiliza por fazer os cálculos pertinentes a estrutura levando em consideração os apoios indeslocáveis, o que resulta em um conjunto de cargas na forma de reações verticais, horizontais e momentos fletores. O segundo se responsabiliza por delimitar as fundações e calcular os recalques com base em todas as possibilidades admissíveis. No entanto, segundo Iwamoto (2006) é natural compreender que devido à deformação do solo, as fundações acabam solicitando a estrutura “com um fluxo de carregamento diferente da hipótese de apoios indeslocáveis, modificando

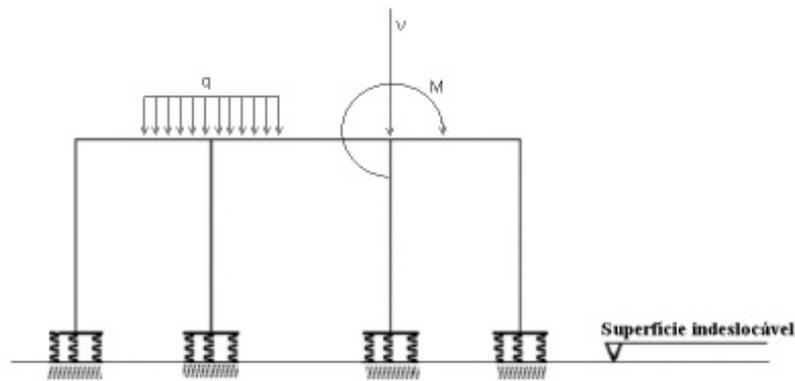
assim os esforços atuantes na estrutura e as cargas no solo.” (IWAMOTO, 2006, p.18).

Desta forma Iwamoto (2006) estabelece que a interação solo-estrutura se baseia no entendimento de que fundações ou infraestruturas não devem ser observadas em separado, pois se prestam a dar suporte a uma superestrutura. Em outras palavras, a fundação deve ser vista como parte integrante da estrutura como um todo, juntamente com o maciço de solo e as interações que ocorrem entre estes elementos. Conforme Reis (2000) a busca pelo desenvolvimento de métodos que se destinam a prever o comportamento das dinâmicas solo-estrutura sempre se apresentou como uma preocupação por parte de engenheiros. Sendo que os primeiros estudos nesse sentido remontam as obras de Wingate em 1938, baseando-se em um cenário formado por fundações rasas estabelecidas sobre um solo composto por argila mole.

Por outro lado, Iwamoto (2006) afirma que em se tratando do cenário brasileiro, os primeiros estudos no campo das interações solo-estrutura foram realizados por Chamecki no ano de 1956, expondo também que embora houvesse um interesse genuíno por parte de geotécnicos brasileiros no tocante a medida de recalques em edificações de várias pavimentos, pouca atenção foi dada aos desafios que se apresentam na forma de redistribuição dos esforços na estrutura e alteração dos recalques na base, ao menos até a década de 80.

Reis (2000) também estabelece que desde então boa parcela dos estudos acerca de interação solo-estrutura caracteriza o solo como um meio de Winkler, o que implica em entendê-lo como um meio de comportamento elástico. O que explica porque geralmente as análises de prédios são feitas sobre apoios elásticos, como ilustra a Figura 15.

Figura 13 – Modelo de Winkler



Fonte: Reis (2000)

No entanto, Reis (2000) também aponta que a questão pode ser observada por outros prismas, como é o caso de Poulos, que em 1975 estabeleceu uma técnica de cunho matricial a fim de delimitar os recalques de fundações superficiais a partir da influência da superestrutura, um entendimento que se formou a partir da equação que se presta a calcular o deslocamento resultante das interações solo-estrutura e das cargas em função dos deslocamentos, como se segue, levando em consideração que:

Vetor deslocamento dos pontos nodais relativos ao contato solo-estrutura

$\{V\}$ – Vetor das reações de apoio dentro desse contexto das dinâmicas solo-estrutura

$\{V_0\}$ – Vetor das reações de apoio desconsiderando as dinâmicas solo-estrutura

$[FM]$ – Matriz de flexibilidade / reações das fundações

$[SM]$ – Matriz de rigidez da superestrutura dos deslocamentos nos apoios

$$\{V\} = \{V_0\} + [SM]$$

$$[FM] \{V\}$$

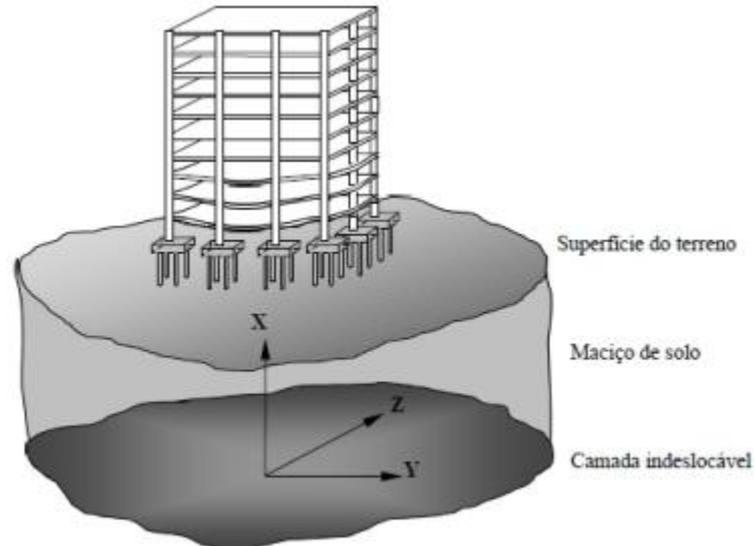
Um entendimento que vai de acordo com o que estabelece Iwamoto (2006) ao afirmar que um dos principais pontos de discussão evidenciados entre engenheiros de estruturas e geotécnicos se dá em torno de que sistema utilizar ao estabelecer os estudos sobre interações solo-estrutura. Sendo que aponta uma

preferência por parte de engenheiros estruturais pela identificação da base da estrutura como origem global cujo norte se dá para cima, ao passo que em seu entendimento os geotécnicos estabelecem o norte para baixo.

Ou seja, cada um olha o objeto de sua preocupação: para cima a estrutura e para baixo a fundação. Ambas as convenções não fazem sentido pois esse ponto de referência é deslocável. A escolha mais coerente seria num ponto abaixo da superfície do solo na profundidade onde se consideraria a camada indeslocável. (IWAMOTO, 2006, p.18).

Desta forma Iwamoto (2006) defende que o estudo das interações solo-estrutura pede por uma abordagem holística dos diferentes elementos que compõem esta dinâmica, compreendendo os sistemas estruturais, os geotécnicos e o maciço de solo. Nesse sentido, a figura 16 abaixo contribui para ilustrar o sistema de referência da massa de solo indeslocável.

Figura 14– Sistema de Referência do Indeslocável



Fonte: Iwamoto (2006)

Além do mais, Iwamoto (2006) expõe que a importância do estudo das interações solo-estrutura se dá em face da possibilidade de simular os efeitos das interações de forças e esforços nos elementos estruturais, bem como a forma e a intensidade dos recalques diferenciais, o que possibilita o desenvolvimento de projetos mais atraentes, modernos e confiáveis. Em seu estudo Colares (2006)

também expressa o mesmo entendimento de que o estudo das dinâmicas solo-estrutura implica em primeiro lugar no estabelecimento de uma metodologia de referência em comum, embora afirme que engenheiros estruturais, engenheiros de fundação e geólogos observem a questão por diferentes prismas.

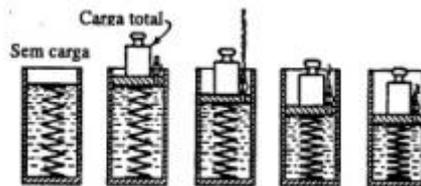
Além do mais, Colares (2006) expõe que a superestrutura de uma edificação é referenciada mediante um sistema de coordenadas cujo eixo se encontra na base de um dos pilares, por sua vez, o eixo do sistema de fundação se encontra em um ponto da superfície do terreno. Desta forma, defende que a postura mais acertada seja optar por um ponto abaixo do maciço de solos que pode ser considerada indeslocável sem sombra de dúvida. Ainda sobre a questão relativa à abordagem metodológica, Reis (2000) estabelece que as dinâmicas solo-estrutura também podem ser estudadas por meio de modelos computacionais baseados em elementos finitos ou de contorno. No entanto, afirma que embora a um primeiro momento a abordagem computacional possa parecer uma vantagem, aponta que esse método apresenta alguns obstáculos, na forma de conflitos de compatibilidade entre os elementos que compõe as fundações e a superestrutura e os modelos relacionados ao maciço de solos, que muitas vezes são muito simplistas.

O fato é que de acordo com Iwamoto (2006) o estudo relativo às dinâmicas solo-estrutura é muito recente, identificando o ano de 1994 como um marco no assunto, pois neste ano o COBRAMSEF realizado em Foz do Iguaçu incluiu o tema “Fundações e Interação Solo-Estrutura” na pauta do evento, por meio da apresentação dos estudos de Gusmão (1994) e Fonte (1994) sobre o assunto, mais especificamente em relação a fundações rasas. Em seu estudo Reis (2000) também considera que estabelecer uma previsão acerca do comportamento dos solos ao longo do tempo é uma das questões mais desafiantes no âmbito da mecânica dos solos. Um estudo que se desenvolver baseado em modelos reológicos de cunho mecânico ou empírico. Sendo que considera que o modelo de Terzaghi estabelecido em 1923 seja o mais utilizado a fim de prever o adensamento em solos saturados.

O que Terzaghi realiza, de acordo com Reis (2000) estabelecendo uma analogia entre água e mola, no qual uma mola hipoteticamente indeformável

representa um esqueleto sólido, o cilindro simboliza uma massa de solo confinada e a válvula cumpre o papel de estabelecer a permeabilidade do material, como é possível observar através da Figura 10 abaixo.

Figura 15– Modelo de Terzaghi



Fonte: Reis (2000)

Em sua obra, Iwamoto (2006) também chama a atenção para outros dois modelos de análise das dinâmicas solo-estrutura que considera como divisores de água em matéria de vanguardismo e originalidade, sendo eles o modelo de Meyerhof e o de Chamecki. Sendo que o primeiro propôs o modelo de viga de rigidez à flexão equivalente a fim de simular a contribuição da superestrutura ao passo que Chamecki desenvolveu um processo iterativo que se presta a considerar a rigidez de uma determinada superestrutura, driblando as simplificações que caracterizam o modelo de Meyerhof.

O processo é o seguinte:

- 1) Calcula-se reações R_0 nos apoios da estrutura, considerando-os indeslocáveis;
- 2) Determina-se os recalques Δ_0 , devido as reações (ações) R_0 , sem a consideração da rigidez da estrutura;
- 3) Determina-se a rigidez Q do apoio (ou coeficientes de transferência de carregamento), impondo deslocamentos unitários nas coordenadas dos apoios da estrutura;
- 4) O processo iterativo será realizado até que todos os recalques ou reações atinjam uma convergência desejada.

Levando em consideração que de acordo com Iwamoto (2006) desta forma se torna possível obter resultados de uma determinada coordenada i do apoio em face dos recalques relativos a essa coordenada i paralelamente aos resultados oriundos das coordenadas j , como é possível observar por meio da fórmula abaixo:

$$R_i = R_{oi} - Q_{ii} \Delta_i + \sum Q_{ji} \Delta_j \quad (i \neq j)$$

Por sua vez, Reis (2000) adiciona que no âmbito da geotecnia, os modelos comumente utilizados se estruturam em três tipos de recalques: imediato ou elástico, recalque por adensamento primário e recalque por adensamento secundário, levando-se que o primeiro surge em decorrência da expulsão de água das lacunas do solo, e o segundo, em decorrência da “fluência do esqueleto sólido que ocorre após a dissipação de todas as pressões neutras.” (REIS, 2000, p.51). No entanto, Reis (2000) tece uma crítica a esta corrente de pensamento, ao afirmar que esta divisão contribuiu para que cada parcela fosse enxergada em separado das outras. Além de que, no seu entendimento a física evidencia que os dois últimos modelos de recalque ocorrem simultaneamente, ao ocorrerem a partir do momento em que as tensões efetivas surgem.

No mais, Reis (2000) adiciona que uma das abordagens metodológicas reológicas mais conhecidas é o modelo de Mitchell, na qual a velocidade de deformação é entendida como uma função logarítmica, diante de uma tensão constante. Desta forma estabelece que a compressibilidade dos solos em relação ao tempo desponta como o principal vetor de desequilíbrio da dinâmica solo-estrutura. “Pois a maneira como os recalques evoluem e se estabilizam determina a importância ou a gravidade dos danos causados por estes recalques à superestrutura.” (REIS, 2000, p.59).

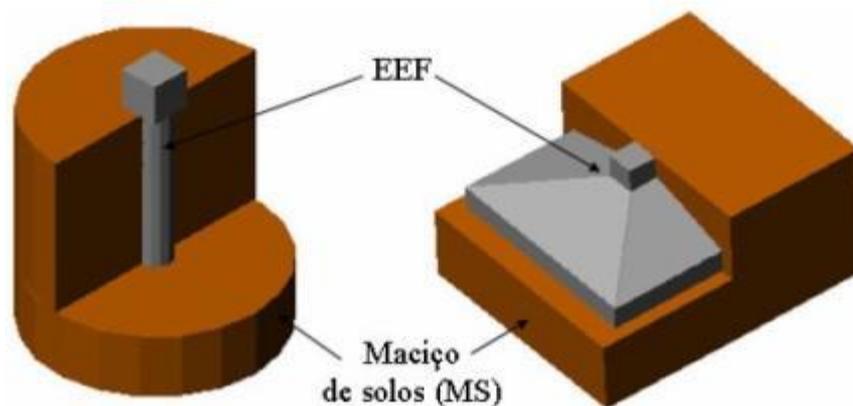
Em seu estudo, Colares (2006) consolida um sistema de fundação como sendo formado pelos elementos estruturais de fundação e o maciço de solo circundante, que lhe serve de apoio à superfície de contato no solo. Sendo que os elementos estruturais se apresentam na forma de sapatas, estacas e tubulões, que atuam no sentido de transferir os esforços da estrutura diretamente para o solo, podendo desta forma, atender todas as diretrizes relativas à segurança e

economia. Desta forma, Colares (2006) estabelece que para este processo de transferência de esforços da estrutura para o terreno se desenvolva da maneira apropriada, dois requisitos básicos devem ser atendidos:

- i. Segurança em matéria de rupturas: De forma alguma o solo onde a fundação está assentada pode colapsar ou ruturar;
- ii. Recalques que se apresentem compatíveis com a estrutura: Mesmo que a primeira condição seja atendida, os recalques precisam ser absolutamente compatíveis com o que pede a estrutura.

Um cenário que pode ser mais bem compreendido por meio da Figura 15 abaixo, levando em consideração que de acordo com Colares (2006) impossibilidade de ruptura não implica em desempenho, visto que muitos outros fatores devem ser observados neste sentido, como identificar se os recalques, seja de cunho absoluto ou diferencial são capazes de satisfazer os requisitos em matéria de funcionalidade, desempenho e segurança.

Figura 16– Elementos isolados de fundação



Fonte: Colares (2006)

Casos que Iwamoto (2006) ilustra em seu estudo ao afirmar que estruturas infinitamente rígidas implicam em recalques uniformes, o que deve ser somado ao fato de que pela característica do solo se deforma mais ao centro do que de forma periférica em face da continuidade parcial deste, as pressões dentro desta dinâmica solo-estrutura se apresentam menores ao centro e significativamente

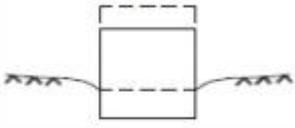
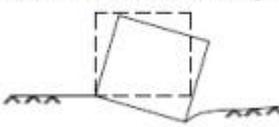
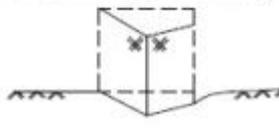
mais elevadas nos cantos externos. “Edifícios muito altos e com fechamento das paredes resistentes trabalhando em conjunto com a estrutura, podem apresentar comportamento semelhante a este modelo.” (IWAMOTO, 2006, p.23). Por outro lado, de acordo com Iwamoto (2006) estruturas elásticas são caracterizadas por uma rigidez que independe da progressão dos recalques em matéria de velocidade, podendo desta forma ser mais velozes ou lentos, sem que se observe uma alteração nos resultados. E por fim, expõe que a rigidez de estruturas visco-elásticas, como é o caso do concreto armado, depende da taxa de evolução progressiva de recalques diferenciais. Em suas palavras:

Se os recalques acontecem num curto espaço de tempo, a estrutura tem o comportamento elástico, mas se esta progressão é bastante lenta, a estrutura apresenta um comportamento como um líquido viscoso (...). Esta última característica acontece graças ao fenômeno de fluência do concreto que faz a redistribuição das tensões nas outras peças de concreto armado menos carregadas, relaxando significativamente as tensões locais. (IWAMOTO, 2006, p.24).

Por sua vez, Colares (2006) em seu estudo afirma que os danos resultantes de recalques em edificações podem ser classificados como de ordem estética, funcional e estrutural, sendo que os danos de cunho estético afetam a estrutura apenas esteticamente, sem comprometer a sua estabilidade, na forma de fissuras em paredes de alvenaria de vedação ou desaprumos decorrentes de rotação de corpo rígido, também chamado de “tilting”.

Já os danos funcionais, ao contrário dos estéticos, se caracterizam por comprometer a estabilidade da edificação, ao apresentar problemas como dificuldades para abrir portas e janelas, problemas relacionados ao uso do elevador, desaprumo acentuado, problemas relativos a drenagem e danos na tubulação de esgoto. E por fim, de acordo com Colares (2006) os danos estruturais se apresentam como os mais graves, pois podem provocar a ruína da edificação a depender da extensão dos problemas, que surgem na forma de trincas em vigas, lajes e pilares, e trincas na alvenaria estrutural, casos que podem ser mais bem compreendidos por meio da figura 16.

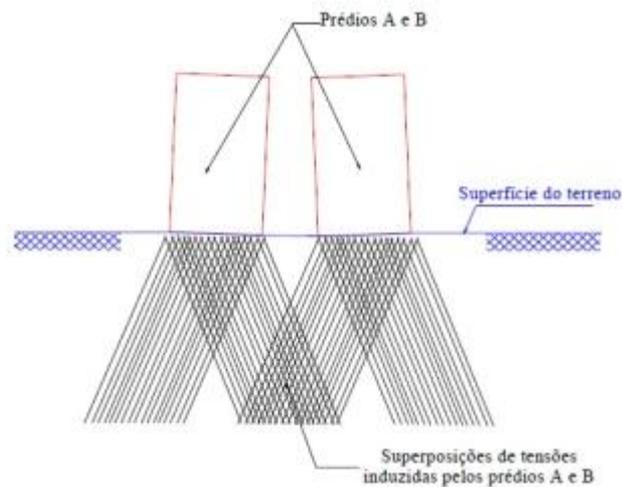
Figura 17– Tipos de recalques em edificações e os respectivos danos que causam

Tipo de recalque	Danos associados
<p data-bbox="608 293 711 322">Uniforme</p> 	<p data-bbox="823 293 1128 450">Danos arquitetônicos (estéticos e funcionais), dependendo da grandeza dos recalques. Danos às ligações com o exterior (instalações, rampa, escada).</p>
<p data-bbox="528 465 807 495">Não uniforme; sem distorção</p> 	<p data-bbox="823 465 1046 539">Danos arquitetônicos: desaprumo em prédios altos, etc.</p>
<p data-bbox="528 638 807 667">Não uniforme; com distorção</p> 	<p data-bbox="823 638 1046 795">Danos arquitetônicos: fissuração, distorção de vãos, etc. Danos estruturais: fissuras em vigas, etc.</p>

Fonte: Colares (2006)

Pode-se encontrar também em Reis (2000) um estudo acerca do efeito de edificações vizinhas na configuração de recalques e incidência de desaprumos em prédios. Uma temática que teria sido levantada pela primeira vez por Costa Nunes em 1956, ao identificar quatro formas diferentes de influência em decorrência de carregamentos vizinhos, a depender da época de construção. Desta forma Reis (2000) estabelece que o primeiro caso se dá em torno de edificações vizinhas que são construídas ao mesmo tempo, o que resulta em uma superposição de tensões oriundas dos carregamentos na região entre os prédios, o que acaba se refletindo em uma concentração maior de tensões e conseqüentemente maior incidência de recalques, favorecendo inclusive o tombamento dos prédios em sentidos contrários como ilustra a Figura 17.

Figura 18– Efeito de construções vizinhas resultante de carregamento simultâneo

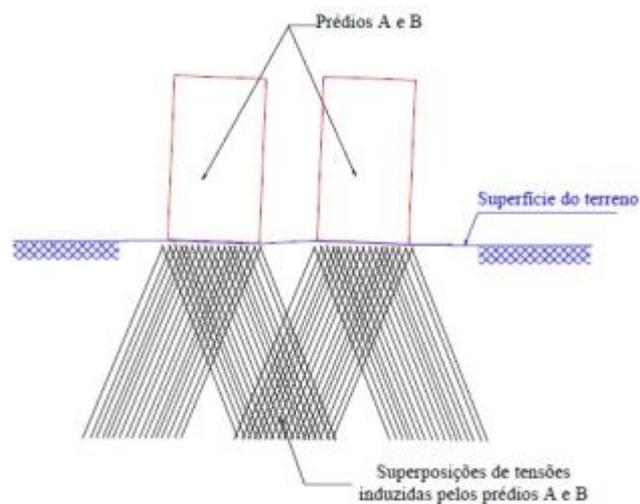


Fonte: Reis (2000)

Por outro lado, o segundo caso estudado faz referência a prédios vizinhos, mas que foram construídos em épocas diferentes. Nesse caso, conforme Reis (2000) ocorre o pré-adensamento do solo sob a base do edifício já existente, em decorrência de um aumento da tensão no maciço de solo que se superpõe as tensões já existentes provocado pelo edifício que está sendo construído, o que acaba se refletindo em um aumento no recalque, como é possível observar na Figura 18.

Como o prédio construído posteriormente, foi executado sobre o solo pré-adensado, os recalques do lado oposto ao vizinho serão maiores, que os do lado adjacente, de forma que o tombamento dos prédios ocorrerá no mesmo sentido. (REIS, 2000, p.127).

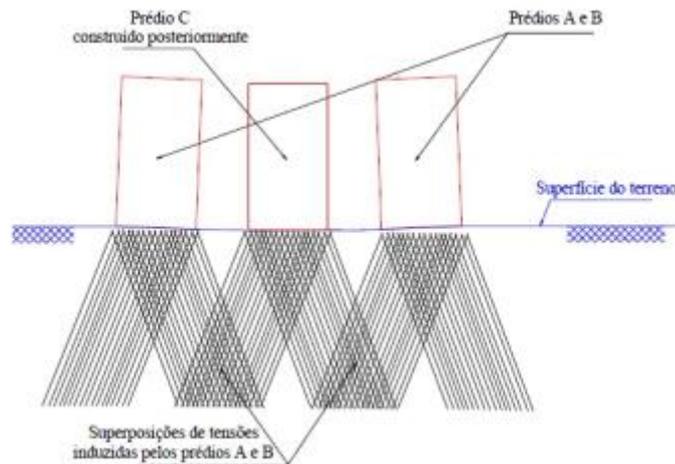
Figura 19– Efeito de construções vizinhas resultante de carregamento *a posteriori*



Fonte: Reis (2000)

Já o terceiro caso ocorre, segundo Reis (2000) quando uma nova edificação é construída entre duas edificações já existentes, o que provoca um incremento em matéria de tensão no maciço de solo, induzindo a recalques nas edificações já existentes e por conseqüência, promovendo seus tombamentos em sentidos contrários. “Como o diagrama de tensões no maciço é simétrico em relação ao prédio construído posteriormente, este não sofrerá desaprumos.” (REIS, 2000, p.128).

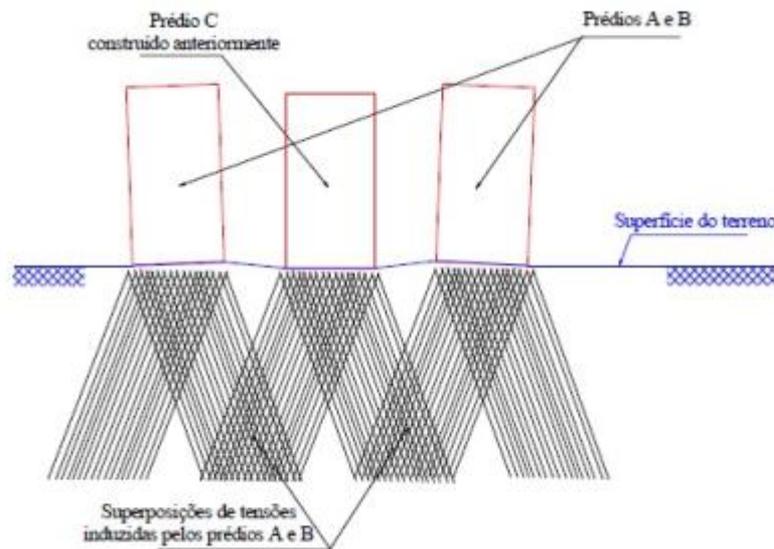
Figura 20– Efeito de construções vizinhas – novo prédio construído entre outros já existentes



Fonte: Reis (2000)

Por fim, o quarto caso se apresenta na forma de dois prédios serem construídos ao lado de um que já existe, o que de acordo com Reis (2000) provoca o pré-adensamento do maciço de solo, o que conseqüentemente acarreta no tombamento em sentidos contrários das novas edificações. “O diagrama de tensões será simétrico em relação ao prédio pré-existente, de modo que este não sofrerá desaprumos.” (REIS, 2000, p.128).

Figura 21– Efeito de construções vizinhas – novos prédios construídos ao lado de um existente



Fonte: Reis (2000)

Em suma, Colares (2006) estabelece que as dinâmicas solo-estrutura promovem uma redistribuição de esforços nos elementos que dão sustentação às edificações, mais especificamente nos pilares, que estão em contato direto com o solo, aonde se evidencia um processo de transferência de esforços de pilares carregados para os que se encontram menos carregados, aumentando a possibilidade de esmagamento destes elementos, em decorrência de sobrecarga não prevista no planejamento original. Um processo que ocorre de forma similar com os recalques, em especial os diferenciais.

3 CONCLUSÃO

Observa-se na literatura especializada que uma importância muito maior é dada para o planejamento da obra e todo que envolve a montagem do canteiro de obras, pois por influência do aumento de competitividade do mercado, iniciou-se a partir da década de 90 um movimento de profissionalização das empresas nacionais, para fazer frente aos concorrentes no exterior. O que culminou na introdução de diversas metodologias que buscam incrementos em performance e introdução de métodos de qualidade total.

No entanto a preparação do solo e o conhecimento deste são imprescindíveis para o setor, pois influenciam diretamente na estabilidade de qualquer estrutura. Devendo ser devidamente preparado não apenas para o início das obras, que começam com o estabelecimento das fundações, mas para a distribuição dos setores principais do canteiro de obras, a princípio, provisoriamente.

No mais, compreende-se que todos os objetivos tenham sido alcançados, pois todos os tópicos que compõem este estudo foram extensamente abordados, com riqueza de dados, interpretações e considerações, contando com o apoio de tabelas e representações gráficas quando se julgou necessário.

Desta forma é possível afirmar que o objetivo principal foi alcançado, na forma de uma identificação da importância da preparação do terreno como uma etapa fundamental de qualquer processo de construção de estruturas no âmbito da Engenharia Civil, e os temas que se cruzam com este processo, de forma indireta ou indireta, como as etapas de planejamento da obra, mapeamento das características do terreno e do solo e uma delimitação do tipo de canteiro que será estabelecido juntamente com o seu layout, a um primeiro momento provisório a fim de que as obras se iniciem.

Além do mais, foram identificadas algumas das metodologias que contribuem para a etapa de planejamento da obra, pois influenciam significativamente no seu bom andamento em matéria de logística, também são responsáveis por trazer economia de custos, evitam ruídos na comunicação o que

pode levar a erros de execução do projeto e também viabilizam a entrega da obra no prazo, disponibilizando-a para o mercado mais cedo. Por fim, espera-se que esta obra venha a contribuir para os estudos de outros pesquisadores, profissionais e demais interessados.

4 REFERÊNCIAS

ABRAM, Isaac, ROCHA, Aroldo. Manual Prático de Terraplenagem, 1ªed., Salvador/BA, 2000.

ALVES, J. C.; DREUX, V. P. Resíduos da construção civil em obras novas. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, Aracaju, v.1, n.1, p. 53 – 65, fev. 2015.

AMORIM, Allan Freitas. Planejamento da obra: Preparação do terreno para a construção civil. 2018. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso, graduado em Engenharia Civil–UNIC-KROTON, Rondonópolis, 2018.

ANTUNES, F.S. *et al.* Solos: Subsídio Para Estudos de Geologia de Engenharia. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 180:198, v.38, n.1, 2016.

BRAGA, C. D. S. Q. Gestão da qualidade aplicada a canteiro de obras. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 112. 2016.

BULIGON, L. B. Estudo de Misturas de Solo Argiloso Laterítico e Resíduo de Construção Civil para Uso em Pavimentos Econômicos. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

CESAR, L.D. *et al.* Projeto do canteiro de obras: avaliação das instalações provisórias e dos fluxos físicos de materiais. In: II Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. 2., 2011. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2011

CHING, Francis D. K. Técnicas de construção ilustradas. 4ª ed. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

COLARES, G. M. (2006). Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Ceará: UEC, 2002.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Método de pesquisa. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4^a. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar. Rio de Janeiro: Record, 1997.

IWAMOTO, Roberto Kunihiro. Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda. 2000. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

KREISCH, V.L. Projeto, orçamentação e planejamento de obra de pequeno porte. Revista UNIPLAC, n.1, 2013.

MAIOLINI, P.L. Implantação de Edificação Unifamiliar em Terrenos Acidentados: custos de fundação, arrimos e cortes na construção. 2016. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso, graduação em Engenharia Civil– Centro Universitário do Sul de Minas - CUSM, Varginha-MG, 2016.

NETO, A. P. Planejamento territorial a abordagem geológico-geotécnica e o conceito de terreno ou abordagem da paisagem. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, p. 51-62, 7 nov. 2011. 2019.

OLIVEIRA, André Bernardo de; CHIARI, Renê. Fundamentos em Gerenciamento de Projetos Baseado no PMBOK. 5^a Edição, 2014.

PAIVA, G.V.C. Processos de gestão de obras e projetos. Editora e Distribuidora Educacional S.A. – Londrina-PR, 2018.

PINHEIRO, Alex William Rumachella. Planejamento de canteiro de obras: estudo de caso no município de Campo Mourão – PR. 2012. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

REIS, J.H.C. Interação solo - estrutura de grupo edifícios com fundações superficiais em argila mole., 2000. 172 p. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

SANTOS, A. R. Metodologia científica: a construção do conhecimento. 4^a.ed.

SANTOS, G. et al. Preparação de terreno para construção civil. Revista Pesquisa E Ação, 5(2), 179-190. Junho, 2019.

SAURIN, T. A; FORMOSO, C. T. Recomendações Técnicas HABITARE. Volume 3. Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos. Porto Alegre, 2006.

SILVA, B.G., ZAFALON, A.A. Construção Civil: Importância do Planejamento de Obras. Revista Científica Semana Acadêmica, v.1, n.158, 1-18, 2019.

SOUTO, Izanere Silva. A Importância da Gestão de Projetos em Pequenas e Médias Empresas: um estudo de caso na Eletro Pedro Ltda - Paracatu/MG. 2011. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdade Tecsona, Paracatu, 2011.

SOUZA, Felipe Bicho Rezende de. Controle Tecnológico Aplicado às Obras de Terraplenagem – Estudo de Caso da Via Expressa Transolímpica. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SPIRONELLO, Michelle. Estudo de Caso da Obra de Terraplanagem para Ampliação do Complexo Penitenciário da Cidade de Curitiba. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Planalto Catarinense - UNIPLAC. Lages, Santa Catarina, 2015.

PACHECO, Paula Marie Siqueira. Tecnologia das construções I / – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A. 232 p., 2018.

PINAZZA, Marcelo. GESTÃO DE PROJETOS: As fases do ciclo de vida de um projeto, a função do gestor de projetos e a importância do gerenciamento. 2017.

TARTUCE, T. J. A. Métodos de pesquisa. Fortaleza: UNICE, 2006