

COMPACTAÇÃO DE SOLO: ÍNDICES FÍSICOS NECESSÁRIOS PARA DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE COMPACTAÇÃO

Dener dos Santos Barros¹

Pedro Henrique dos Santos Pereira¹

Henrique Motter¹

Mayara dos Santos Amarante²

Resumo

Esse Artigo científico tem por objetivo reunir informações suficientes para construção do entendimento básico relacionando à compactação de solo e os índices físicos relacionado ao mesmo. Dessa forma, ver-se-á, nesse artigo, a estrutura que compõe cada tipo de solo, bem como sua origem de formação e características particulares; a obtenção de índices físicos, que são particulares em cada tipo de solo. Também serão abordados ensaios realizados para determinar a granulometria do solo, o que possibilita o classificar como sendo arenoso, argiloso, siltooso ou, até mesmo, orgânico, sendo possível através de ensaios por meio de peneiramento do solo a ser analisado, em diversas peneiras de diâmetros de furos diferentes, conhecidas e normalizadas. Assim, classifica-se o solo de acordo com a maior quantidade retida em cada peneira. Assim, sendo possível determinar, de forma suficiente, parâmetros necessários para uma boa compactação de solo, através do ensaio de Proctor, que, basicamente, é um processo de golpeamento do solo, estando esse dentro de um cilindro de volume conhecido e normalizado, por meio de um soquete, de peso e dimensões conhecidas, obtendo, por meio desse, a umidade ótima que o solo deve atingir para que se garanta uma boa compactação com aumento nas características desejadas para o solo em questão, quer seja no ganho da resistência a cargas no solo, como também a permeabilidade e/ou menor riscos de recalque. Com tudo, entende-se que a compactação de solo torna-se necessária para construção civil pois, é através dela que podemos nortear nossa edificação que repousará sobre o solo.

Palavras-chave: granulometria, solo, compactação.

Abstract

This scientific article aims to gather enough information to build the basic understanding relating to soil compaction and the physical indexes related to it. In this way, we will see, in this article, the structure that makes up each type of soil, as well as its origin of formation and particular characteristics; obtaining physical indexes, which are particular in each type of soil. Tests carried out to determine the granulometry of the soil will also be addressed, which makes it possible to classify it as being sandy, clayey, silty or even organic, being possible through tests by sieving the soil to be analyzed, in several sieves. different hole diameters, known and standardized. Thus, the soil is classified according to the highest amount retained in each sieve. Thus, being possible to determine, sufficiently, parameters necessary for a good soil compaction, through the Proctor test, which, basically, is a process of striking the soil, being this inside a cylinder of known and standardized volume, for by means of a socket, of known weight and dimensions, thereby obtaining the optimum moisture that the soil must reach in order to guarantee a good compaction with an increase in the desired characteristics for the soil in question, whether in gaining resistance to loads on the ground, as well as permeability and / or less risk of settlement. However, it is understood that soil compaction is necessary for civil construction because it is through it that we can guide our building that will rest on the soil.

Keywords: Granulometria; soil; compaction.

1 INTRODUÇÃO

Vivemos, hoje, em um mundo que esbanja de imensas construções; um mundo com cerca de sete bilhões de habitantes e com cada vez menos espaços para se construir (residências unifamiliares ou edifícios); um mundo que procura encurtar as distâncias entre cidades através de novas vias, pontes e estradas. Isso torna o conhecimento do solo que será

1 Bacharelado do Curso de Engenharia de Civil, Centro Universitário Braz Cubas, Brasil.

2 Professor Titular do Centro Universitário Braz Cubas, Brasil. Doutora em Ciências e Tecnologias Espaciais pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil (2019).

trabalhado um dos pontos mais importantes para a elaboração de um projeto que será repousado sobre o solo em questão.

Dessa forma, faz-se necessário um estudo sobre alguns tipos de solos mais encontrados em nosso território, e que tem diferentes propriedades mecânicas e comportamentos à alguns parâmetros aproveitados na construção civil, o que serão abordados nesse artigo.

Em cada tipo de solo, por propriedades particulares da granulometria (partículas de solo) encontramos um índice de vazios, que são os espaços entre uma partícula e outra. Esse índice pode ser modificado, e deve ser, quando se espera alcançar algumas prioridades específicas que o solo não tem, como permeabilidade, resistência a carga, menor probabilidade de recalque de solo, expulsão do ar.

Esses parâmetros são analisados em laboratórios, tomando por base algumas amostras do solo em questão, dessa forma, estuda-se a melhor forma de compactar esse solo, assim como a energia de compactação necessária e o volume de água utilizado a essa compactação para um melhor aproveitamento e melhor resultado. Esse volume d'água é calculado para que haja um melhor aproveitamento na compactação e não se alcance a saturação do solo, que é o ponto em que o solo começa a perder as propriedades buscadas com a compactação (PINTO, 2006).

No processo de compactação, observa-se que as partículas de cada solo tem um peso específico, o que é particular em cada caso, e isso, assim como o índice de vazios, é modificado no processo. Acontece pois, a expulsão de ar entre os vazios do solo, ocasionado no processo de compactação, torna o solo mais denso, ou seja, a quantidade de partículas não é modificada, porém, em um mesmo volume de solo, comparado a um solo não compactado e com volume de vazios maior, esse solo passa a ter mais peso em uma relação simples entre peso e volume (CAPUTO, 1988).

Vale lembrar que, a compactação de solo, em muitos casos faz-se necessária pois ali, naquele solo, houve um empréstimo, o que causou um aumento no índice de vazios do solo (solo fofo), ocasionando em um estado heterogêneo. Na construção civil, a compactação é muito usada para construção de vias, pavimentações, barragens, preenchimento com terra nos espaços atrás de muros de arrimo (CAPUTO, 1988).

Portanto, o artigo tem como objetivo, levantar informações que servem de base de estudo para determinar os parâmetros necessários para compactação de solo, desde o

conhecimento inicial do solo e sua granulometria, a sua umidade ótima, determinada por parâmetros estudados no decorrer do artigo para tal relação.

2 DEFINIÇÃO DOS SOLOS

Os solos são matérias orgânicas resultantes do intemperismo ou meteorização das rochas causadas pela desintegração mecânica e/ou química.

A desintegração mecânica é causada por agentes naturais como a água, vento, vegetação, temperatura; elas, geralmente formam os pedregulhos e areia (solos de partículas maiores), em alguns casos formam também os siltes (solos com partículas intermediárias), e, somente em condições especiais, as argilas (solos de partículas mais finas e, conseqüentemente mais denso).

A decomposição química é compreendida pelo processo em que há alteração química ou mineralógica das rochas de origem. O principal agente de decomposição química é a água, e os principais agentes mecânicos de ataque são: oxidação, hidratação, carbonatação e os efeitos químicos da vegetação (CAPUTO, 1988).

2.1 GRANULOMETRIA

A Granulometria é o processo que determina a porcentagem em peso das diferentes frações que compõe a fase sólida dos solos. Para as partículas de solo maiores que 0,075mm, faz-se um ensaio passando uma amostra de solo por diversas peneiras de malhas quadradas com tamanho padronizado para determinar a porcentagem granulométrica (DNIT, 2006).

Tabela 1 - Espessuras das malhas das peneiras (Granulometria).

Nº	Abertura em mm
200	0,075
100	0,15
40	0,42
10	2,09
4	4,8

Fonte: CAPUTO, 1988.

Para partículas menores que 0,075 mm utiliza-se o método de sedimentação contínua em meio líquido. Esse método de determinação granulométrica é baseado na lei de Stokes, o qual determina uma relação entre o diâmetro da partícula e sua velocidade de sedimentação em meio líquido de viscosidade e peso específico conhecidos:

$$d = \sqrt{1800n / \gamma_g - \gamma_a * a/t} \quad (1)$$

Onde:

d > diâmetro equivalente da partícula;

γ > peso específico do solo;

n > coeficiente de viscosidade do meio dispersos;

a > altura de queda das partículas;

t > tempo de sedimentação.

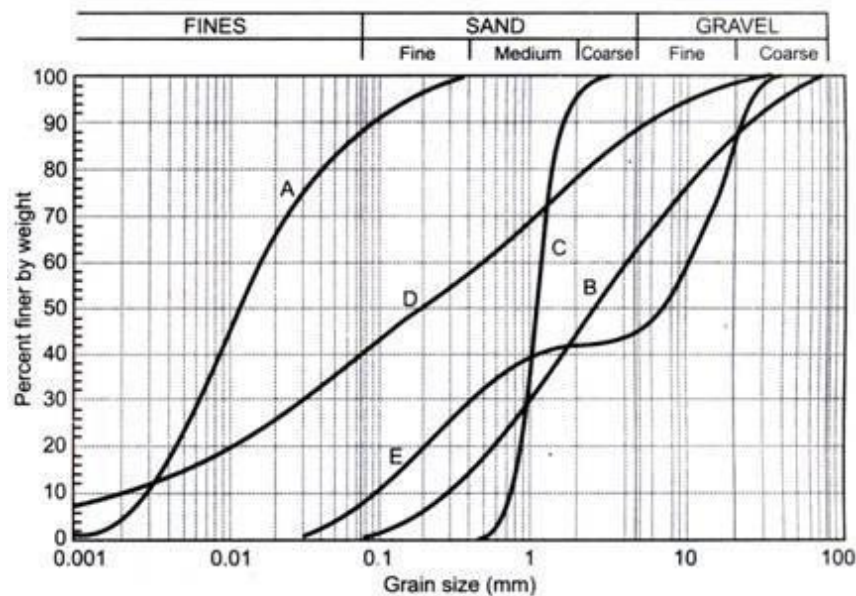


FIG. 3.6 Particle size distribution curve

Figura 1- curvas granulométrica.

Fonte: 2ENGENHEIROS, 2020

Através da análise das dimensões dos grãos que constituem o solo estudado, se traça as curvas granulométrica, como representada graficamente na Figura 1, que é a relação entre a porcentagem em peso de cada tipo de grão e a dimensão dos grãos.

2.1.1 ENSAIO GRANULOMÉTRICO POR PENEIRAMENTO

Para o ensaio granulométrico por peneiramento, toma-se uma amostra úmida de solo a ser analisado, cerca de 1500g, e passa-se na peneira N°10. Os grãos que ficarem na peneira devem ser lavados para que os grãos mais finos, agarrados aos grãos de dimensões maiores, sejam desgarrados e a alisados posteriormente. O solo lavado e transferido para uma cápsula, que passa pelo processo de secagem e, novamente é peneirado até que, parte do material chegue a peneira N°10. De toda a fração de solo que passou pela peneira N°10, é tomado cerca de 100g para o peneiramento mais preciso em peneiras mais finas (peneiras N°10 a N°200), e cerca de 50g para determinação da umidade higroscópica, que é a capacidade que os grãos têm de absorver líquido. Na peneira N°200 lava-se a amostra de 100g e depois ela passa pelo processo de secagem. E é destinada, novamente ao peneiramento. Após esses processos determina-se a porcentagem que ficou retida em cada peneira e traça-se o gráfico da curva granulométrica.

2.2 ESTRUTURAS DO SOLOS

Estruturas do solo é o nome dado ao agrupamento ou disposição das partículas que o constituem; geralmente considera-se os seguintes tipos:

- Estrutura granular grossa;
- Estrutura alveolar ou granular fina;
- Estrutura floculenta ou orgânico;

O tipo de solo é determinado de acordo com o tipo de partícula predominante no solo analisado, que é passado por um processo de peneiramento, com diversas espessuras de peneiras para determinação quanto ao seu tipo.

2.2.1 ESTRUTURA GRANULAR GROSSA

Com essa classificação, o solo é definido como pedregulhos ou areia; a classificação é determinada por qual tipo de solos predominar; como por exemplo, se em um solo for encontrado 30% de pedregulhos; 40% de areia e 30% de finos, esse solo será considerado um solo arenoso, como mostra a Figura 2 (SOUSA, 2006).

Para a determinação da classificação do solo como granular, toma-se aqueles que apresentam menos de 35% em peso de material passado na peneira N°200 (0,075mm) (DNIT, 2006).

Os pedregulhos são as partículas que passam na peneira de (3") e ficam paradas na peneira de 2,00mm (N°10). A areia, por sua vez, é a porção que passa na peneira N°10 e ficam retidas na peneira N° 200. Areia grossa são as partículas compreendidas na peneira N°10 e a peneira N°40 (0,42 mm), enquanto a areia fina é a porção de partículas que ficam retidas na peneira N°200 (DNER,1996).



Figura 2: Dunas de areia.

Fonte: MARSEMFIM, 2020

2.2.2 ESTRUTURA ALVEOLAR OU GRANULAR FINA

Tipo de estruturas comum nos siltes mais finos e algumas areias. Quando as partículas mais finas são predominantes no solo, esse será classificado como silte, argila ou solo orgânico, Figura 3 e Figura 4 (SOUSA, 2006).

O silte é a porção de solo que fica compreendida entre a peneira N°200 e a peneira de 0,005 mm, enquanto as partículas de argilas ficam compreendidas na peneira de 0,001 mm (DNER, 1996).



Figura 3: Solo argiloso.

Fonte: GEOANALISYS, 2020



Figura 4: Solo siltosos.

Fonte: GEOANALISYS, 2020

2.2.3 ESTRUTURA FLOCULENTA OU ORGÂNICA

Um tipo de solo mais compressível, não adequado para construções. Conhecido como solos turfosos ou húmosos e/ou solos pantanosos. Comumente estão inclusos na estrutura desses solos materiais orgânicos, tais como folhas, vegetação, gravetos e outras substâncias vegetais fibrosas (DNER, 1996).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Existem diversas formas de se classificar os solos, tais como pela sua origem, pela sua evolução, pela sua estrutura, pela presença ou ausência de matéria orgânica, pelo seu

índice de vazios. Os sistemas mais conhecidos são aqueles que se baseiam no tipo e no comportamento das partículas que compõe o solo. Deve, também, levar em conta, as classificações que consideram a origem do solo e sua evolução natural, pois são muito úteis como material complementar (PINTO, 2006).

2.3.1 CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA

Esse método de classificação foi criado pelo professor A. Casagrande, originalmente, para obras de aeroportos, e seu emprego foi generalizado (PINTO, 2006). Em linhas gerais, essa classificação define três grupos de solos: solos grossos; solos finos; turfas.

No primeiro grupo de solo (os solos grossos) estão os pedregulhos e areia, com a presença de material fino (silte e/ou argila), em pequena quantidade. A nomenclaturas para essa classificação de solos são definidas da seguinte forma:

- Pedregulhos ou solos pedregulhosos: GW, GC, GP e GM;
- Areias ou solos arenosos: SW, SP, SC e SM.

As letras são nomenclaturas das seguintes definições de origem inglesa:

- G de *gravel* (pedregulhos);
- S de *sand* (areia);
- C de *Clay* (argila);
- W de *well graded* (bem graduado);
- P de *poorly graded* (mal graduado);
- M da palavra seca mo, refere-se ao silte.

Dessa forma, um solo com nomenclatura SW se refere a um solo arenoso com a presença de grãos finos e não plásticos (silte) (CAPUTO, 1988).

No segundo grupo de solos (solos finos), encontramos os solos siltosos e argilosos de baixa compressibilidade e de alta compressibilidade; são designados a esses a seguintes nomenclaturas:

- Solos de baixa compressibilidade: ML, CL, e OL;
- Solos de alta compressibilidade: MH, CH e OH.

As nomenclaturas ainda não mencionadas significam:

- O de *organic* (orgânico);
- L de *low* (baixa);
- H de *high* (alta).

Dessa forma, um solo de nomenclatura CL, se refere a um solo argilosos de baixa compressibilidade (CAPUTO, 1988).

Os solos do último grupo, representam a nomenclatura PT, original da palavra *peat* (turfa). A Tabela 2 representa uma simplificação da classificação unificada:

Tabela 2 - Sistema unificado de classificação de solos.

Classificação geral	Tipos principais	Símbolos
Solos grossos (menos de 50% dos grãos passando na peneira N°200)	Pedregulhos ou solos pedregulhosos	GW, GP, GM e GC
	Areias ou solos arenosos	SW, SP, SM e SC
Solos grossos (menos de 50% dos grãos passando na peneira N°200)	Solos siltosos e argilosos	Baixa compressibilidade (LL < 50) ML, CL e OL
		Alta compressibilidade (LL > 50) MH, CH e OH
Solos altamente orgânicos	Turfa	PT

2.3.2 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO RODOVIÁRIA

Assim como na classificação unificada, esse sistema de classificação se baseia na granulometria peculiar de casa solo, tomando como base os tamanho dos grãos que passam por um processo de peneiramento, com determinadas espessuras de peneira. Os solos são classificados pelas nomenclaturas: A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7.

Os solos grossos são subdivididos em:

- A-1a - solos grossos com menos de 50% dos grãos passando na peneira N°10 (2 mm), menos de 30% passando na peneira N°40 (0,42 mm), e menos de 15% passando na peneira N°200;
- A-1b - solos grossos com menos de 50% dos grãos passando na peneira N°40, e menos de 10% passando na peneira N°200, são, portanto, areias finas mal graduadas;
- A3 - areias finas com mais de 50% passando na peneira N°40 e menos de 10% passando na peneira N°200;
- A2 - são areias em que os grãos finos presentes em sua estrutura constituem uma características secundárias. São subdivididos em: A2-4, A2-5, A2-6 e A2-7, em função dos índices de consistência, ou seja, o que os distingue são a porcentagem de grãos finos presentes no solo em questão (PINTO, 2006).

2.3.3 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO A ORIGEM

A classificação do solo quanto a sua origem é dividida em dois grupos: solos residuais e solos transportados. Essa classificação faz-se tão, ou até mesmo, mais importante que as demais classificações, visto sua constituição física.

Os solos residuais são aqueles que, encontra-se no local em que foi formado, nesse caso, por questões de decomposição das rochas. Já os solos transportados são aqueles que não tem origem de formação no local em que estão inseridos (PINTO, 2006).

2.3.3.1 SOLOS RESIDUAIS MADUROS

Solo que perdeu toda estrutura original da rocha de origem, tomando uma forma mais homogênea (PINTO, 2006).

2.3.3.2 SOLOS RESIDUAIS: SOPROLÍTICO

Solo que mantém a estrutura original da rocha de origem, tanto fissuras como veios instrutivos e xistosidades, porém, perdeu a consistência da rocha (PINTO, 2006).

2.3.3.3 SOLOS RESIDUAIS: ROCHA ALTERADA

Solo que se estabelece de forma homogênea, porém em apenas pontos de menor resistência da rocha e/ou fraturas, deixando, assim, grandes blocos da rocha original (PINTO, 2006).

2.3.3.4 SOLOS TRANSPORTADOS: COLUVIONARES

São solos transportados por ação da gravidade; de uma forma mais específica, acontece em deslizamentos de terra, tornando o solo muito diverso. Um exemplo desse tipo de solo transportado, acontece na escarpa da serra do mar, onde se forma o talú (massa de matéria diversa sujeira a movimentação de rastejo) (PINTO, 2006).

2.3.3.5 SOLOS TRANSPORTADOS: ALUVIONARES

Solos transportados de forma natural pela ação da água. Sua formação dependem da rocha de origem, e da velocidade da água que faz a deposição em questão. Esse fenômeno, geralmente ocorre nos rios, lagos e mares. A formação do tipo de solo é

diferente em cada tipo, podendo ser arenosa em alguns casos e argilosos em outros, o que depende exclusivamente dos agentes de ação e reação.

2.3.3.6 SOLOS TRANSPORTADOS: EÓLICOS

Solos transportados pela ação do vento. A estrutura dos grãos que sofrem ação do vento tem características peculiares desse tipo de solo de formação; seus grãos têm formato arredondado por conta do seu atrito constante (PINTO, 2006).

2.4 ÍNDICES FÍSICOS

Segundo DNER, 1996, os índices físicos são relações entre o volume e o peso das fases que compõe o solo (sólida, líquida e/ou gasosa). São utilizados para definir as propriedades físicas de cada solo.

Algumas nomenclaturas são utilizadas para definir cada índice estudado no solo:

- V_{ar} > volume de ar (gás ou vapor);
- V_a > volume de água;
- V_g > volume de grãos do solo;
- $V_t = V_v + V_g$ > volume total;
- $V_v = V_t - V_g$ > volume de vazios;
- P_a > peso da água;
- P_g > peso dos grãos sólidos;
- P_{ar} > peso de ar (desprezível)
- $P_t = P_a + P_g$ > peso total.

2.5 COMPACTAÇÃO DE SOLO

Entende-se como compactação do solo o processo, manual ou mecânico, de densificação por meio da redução do índice de vazios existentes no solo com intuito de aumentar suas propriedades físicas, tais como resistência e permeabilidade, tornando-o assim mais estável, por meio da aplicação de pressão, impacto ou vibração (CAPUTO, 1988).

A escolha por compactar o solo deve-se ao aumento em suas propriedades físicas, que em grande parte dos casos é dada por falta de permeabilidade do solo; riscos de recalque (adensamento do solo); instabilidade do solo; grande volume de vazios; pouca resistência a carga (DNER, 1996). Por esse motivo é necessário conhecer algumas propriedades do solo estudado, tais como sua estrutura e seus índices físicos, como abordados anteriormente.

2.5.1 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

O ensaio de compactação original para obtenção da massa específica aparente seca e a umidade ótima é uma técnica que foi proposta pelo engenheiro americano Ralph Proctor, o qual originou o nome do ensaio, conhecido hoje como ensaio de Proctor, em 1933. Padronizado pelo DNER em seu ME 129/94 (DNER, 1996).

O ensaio de Proctor consiste em compactar uma amostra do solo a ser analisado em um recipiente cilíndrico com cerca de 1000 cm³ em três camadas sucessivas que receberão 25 golpes (hoje alterada para 26 golpes para padronização com ensaios internacionais, ajustando a energia de compactação, resultado que se ontem com o ensaio, isso pois o cilindro usado no Brasil é diferente dos demais países) de um soquete pesando 2,5 kg caindo de uma altura de 30cm em relação ao topo da camada. A última camada tem o auxílio de um anel para conseguir atingir a altura necessária, e após receber os golpes para compactação, tem seu excesso raspado com uma espátula (PINTO, 2006).

Com esse processo de compactação, retira-se uma amostra do solo e se determina a massa específica e seu teor de umidade, com esses dois valores determina-se a densidade seca. Então, a amostra é destorrada e a umidade aumentada, cerca de 2%, e novamente, é feito o mesmo processo de compactação com as mesmas especificações para obtenção de novos valores para massa específica, umidade e, então, densidade seca. O processo é repetido outras vezes até que se perceba que o valor da densidade seca começa a decair em relação o aumento da umidade. Esse processo é, inicialmente feito com a umidade 5% abaixo da ótima, determinado por um técnico de laboratório com experiência para avaliar qual seria a umidade mais próxima da ótima para a subtração desses 5%. Então, cerca de cinco ou seis repetições do ensaio, se ontem o resultado desejado, podendo assim, traçar a curva de compactação, o que vai permitir determinar a umidade ótima para um melhor resultado na hora de compactar (PINTO, 2006).

3 CONCLUSÃO

Com intento de levantar conhecimentos e reflexões sobre o estudo dos solos, cabe nesse momento, levantar algumas considerações finais sobre o assunto abordado nesse artigo.

Considerações essas que detalham os temas abordados em cada item desse artigo, com intuito de proporcionar ao leitor um embasamento superficial sobre compactação dos solos.

Levando em consideração que o objetivo principal desse trabalho é reunir informações que contribuam para o estudo parcial sobre a estrutura dos solos, assim como os elementos que contribuem para determinação dos índices e valores necessários para uma boa compactação dos solos.

Visto que o estudo do solo é um recurso muito necessário para levantamento de qualquer construção civil, faz-se importante entender alguns fatores que contribuem para uma melhor projeção do que será executado. Ao analisar diferentes tipos de solo, nota-se que em cada um existe uma estrutura que o difere de outro, isso pois sua estrutura tem origem de uma rocha, que, por ação física e/ou química foi fragmentada até que se alcançasse o estado atual, dando origem a diferentes tipos de solos (argilosos, arenosos, siltosos e orgânicos).

Com isso, é possível se classificar o solo que está sendo estudado, pelo processo de granulometria, no qual os grãos passam por um processo de peneiramento e a quantidade por percentual de grãos, retidos em determinada peneira é o fator necessário para determinar em qual classificação o solo está incluso, isso, se valendo, da maior porcentagem de grãos da mesma espessura contida no solo estudado.

Tendo alguns parâmetros em mãos, obtidos através da pesagem do material, tal como sua secagem, e determinação do teor de umidade presente no solo, é possível determinar qual a massa específica total do solo analisado, massa específica seca, assim como seu índice de vazios, grau de saturação e outros índices físicos que são importantes para a determinação da unidade ótima, parâmetro esse que é essencial para uma boa compactação de solo.

O ensaio de Proctor, desenvolvido para determinar qual o teor de umidade necessário para que se alcance um melhor resultado na compactação. Nesse ensaio, basicamente é utilizado um cilindro de volume padrão, no qual se é colocada um terço de seu volume com o solo a ser analisado, e, com a ajuda de um soquete, golpeia-se o material com 26 golpes, após isso é adicionado mais um terço de solo ao cilindro e feito o mesmo procedimento, e outra vez completando o cilindro totalmente com o solo a ser analisado. Para o primeiro processo é adicionado água com um volume 5% abaixo da umidade

ótima. Inicialmente, esse valor de umidade ótima é determinado por pura experiência, sem ter um valor exato. Após o primeiro ensaio a amostra é seca, e umidade a ser adicionada para o segundo ensaio é 2% maior que a do primeiro ensaio. Os valores obtidos são da massa específica seca, o que aumenta a cada ensaio em que se acrescenta 2% de água a mais do volume inicial; isso pois a água auxilia no processo de compactação, tornando os grãos do solo mais lubrificados e assim, com maior facilidade de se agrupar. Em dado momento do ensaio o valor da massa específica seca começa a decair, isso acontece pois o solo não se torna mais denso a medida que se reduz o volume de vazios, e sim, começa o processo de saturação do solo. Dessa forma o ensaio de Proctor chega ao fim, sendo possível determinar o valor da umidade ótima e o valor da massa específica seca obtida no pico da umidade ótima.

Diante de tudo que foi exposto, conclui-se que o objetivo do artigo, de expor a determinação dos índices físicos para obtenção das informações necessárias para uma melhor compactação de solo foi atingido, crendo que o mesmo servirá de ferramenta de estudo para aqueles que procuram referenciais teóricos sobre compactação de solo e seus índices físicos.

Referências

2ENGENHEIROS. **Como fazer gráfico da curva Granulométrica do solo no Excel e MATLAB.** Disponível em < <https://2engenheiros.com/2018/03/13/grafico-curva-granulometrica-excel-matlab/>>>. Acesso em 11/05/2020

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos.** Volume I, Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos S.S., 1975.

DNER. **Manual de pavimentação.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1996.

DNIT, **manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

GEOANALISYS. **Conheça os principais tipos de solos e suas fundações mais aconselháveis.** Disponível em <https://www.geoanalysys.com/noticias-sobre-geofisica/conhec%CC%A7a-os-principais-tipos-de-solo-e-suas-fundac%CC%A7o%CC%83es-mais-aconselháveis/>. Acesso 04 de maio de 2020.

PINTO, Carlos Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos,** 3. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2006.

MARSEMFIM. **Dunas: suas funções como ecossistema, proteção da costa, e reposição de areia nas praias.** Disponível em: <https://marsemfim.com.br/dunas-e-sua-funcao/>. Acesso em 13 de maio de 2020.