

# COMPACTAÇÃO DO SOLO NA PAVIMENTAÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO DE PROCTOR

Gabriel de Sousa Gomes<sup>1</sup>

Prof Mestre Éllen Souza do Espírito Santo Franco <sup>2</sup>

## RESUMO

Buscando analisar a importância da umidade ótima e a granulometria de um solo para a compactação, este trabalho faz uso de um estudo de caso para avaliar e relatar o ensaio de compactação pelo Método de Proctor, com teores de umidade variadas conforme especificado na norma NBR 7182 e NBR 7181 para análise granulométrica, onde define qual camada o solo especificado terá um bom resultado ao receber as cargas presentes na pavimentação. Foram aplicadas metodologias geotécnicas para análise do solo, tendo em vista a capacidade de sua aplicação em camadas da pavimentação rodoviária. A amostra de solo foi tratada de acordo com o que se pede na norma, sendo exposta a 5 teores de umidade diferentes para a realização do ensaio de compactação. A caracterização do solo foi realizada através do ensaio de granulometria por peneiramento. Por esses ensaios, pode determinar a grande quantidade de areias presentes no solo, sendo especificado pelo SUCS como areia bem graduada, pois tem o comparecimento de vários tamanhos de grãos em sua composição, enquanto a presença de solos finos (silte e argila) foram desconsiderados devido a pouca presença dos mesmos. O ensaio de proctor mostrou resultados esperados para o solo, podendo chegar a uma massa específica aparente seca máxima de  $1,89 \text{ g/cm}^3$ , mediante a uma umidade ótima de 12,98%. Com os resultados desta pesquisa, é clara a conclusão de que o registro sobre este solo é de suma importância para a realização de futuros estudos e para utilização deste solo na pavimentação nesta região.

Palavras Chave: Pavimentação; proctor; umidade ótima.

## ABSTRACT

Seeking to analyze the importance of optimal moisture and soil granulometry for compaction, this work makes use of a case study to evaluate and report the compaction test by the Proctor Method, with varying moisture contents as specified in the NBR 7182 standard and NBR 7181 for particle size analysis, which defines which layer the specified soil will have a good result when receiving the loads present in the paving. Geotechnical methodologies for soil analysis were applied, considering the capacity of its application in layers of road paving. The soil sample was treated according to what is required in the standard, being exposed to 5 different moisture contents for the compaction test. The characterization of the soil was carried out through the sieving granulometry test. Through these tests, it can determine the large amount of sand present in the soil, being specified by SUCS as well graded sand, as it has the presence of various sizes of grains in its composition, while the presence of fine soils (silt and clay) were disregarded due to their little presence. The proctor test showed expected results for the soil, reaching a maximum apparent dry mass of  $1.89 \text{ g/cm}^3$ , at an optimum moisture content of 12.98%. With the results of this research, it is clear the conclusion that the record on this soil is

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Eduvale, Jaciara-MT; E-mail: gabrielsousaz108@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do Curso de Engenharia Civil, Eduvale, Jaciara-MT; E-mail: ellensouza@eduvalesl.edu

of paramount importance for future studies and for the use of this soil in paving in this region.

Keywords: Paving; proctor; optimum humidity.

## 1. INTRODUÇÃO

Na engenharia civil há uma gama de áreas relacionadas a construção para serem seguidas, no entanto, todas as construções tem por finalidade encontrar o equilíbrio e a estabilidade. Para isso, é necessário ter uma boa base, bem elaborada para trazer segurança a estrutura. Seguindo esta ideia, é possível observar que todas as obras dependem de uma base comum em todos os locais, que é o solo, sempre utilizado como elemento de construção. Entre as inúmeras vertentes a serem estudadas, este artigo tratou-se especialmente da compactação do solo pelo ensaio de Proctor nas obras de pavimentação. Esse teste foi desenvolvido pela engenharia civil para determinar a umidade adequada e obter a máxima compactação do solo na construção de estradas (Vargas, 1977), no entanto, tudo depende da umidade do solo, na medida em que vai aumentando a umidade, o grau de compactação do solo se eleva consideravelmente e, depois, torna a decrescer.

Abrangendo uma das áreas mais utilizadas, pois tudo se inicia da análise do solo, buscando entender seu comportamento, sua capacidade de carga e sua resistência perante os esforços aplicados no mesmo. Quando um solo não saturado é submetido à determinada pressão, ocasionando redução de volume com conseqüente aumento de densidade, ocorre o processo de compactação do solo (GUPTA; ALLMARAS, 1987). Neste contexto, a ligação entre elementos construtivos e o solo, consiste em um grau de complexidade para obter-se o equilíbrio das estruturas em cima do solo.

Em boa parte das obras, o solo apresenta características impróprias para seu uso. Diante disso, torna-se necessário verificar a compactação do solo como forma de buscar uma melhora destas propriedades. Para determinar e/ou quantificar as propriedades de solo necessárias para a compactação de campo, é importante haver comparação entre a compactação de campo à compactação do solo em laboratório (Browne, 2006).

O método de Proctor teve origem nos Estados Unidos, estado da Califórnia, pelo Engenheiro Civil Ralph R. Proctor, que criou um modelo gráfico, mostrando uma curva relacionando o teor de umidade com o peso seco do solo, intensidade da energia de compactação e do tipo de solo, originando a curva de compactação Proctor (Dantas, 2013). No Brasil, há uma normatização do ensaio de Proctor pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR

7182/1986), com o nome de *Solo – ensaio de compactação*, e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT – ME 164/2013, com o nome de *Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas* e DNIT – ME 162/1994, com o nome de *Solos – compactação utilizando amostras trabalhadas*).

Para que ocorra um bom funcionamento, leva-se em consideração vários aspectos que contribuem para uma melhor qualidade de compactação: o tipo de solo, a umidade, a espessura de camadas, o tipo de equipamento e a energia de compactação.

Com esses estudos, Proctor pode observar que durante a compactação, a massa específica do solo pode sofrer alterações de acordo com o seu grau de umidade. E através dessa conclusão, a compactação do solo obteve uma evolução em sua história. García *et al.* (2012) fizeram estudos também sobre o efeito que a umidade pode causar no solo em relação a resistência ao cisalhamento, com a variação da umidade e com a massa específica do solo. Tendo conclusões de que o solo consegue adquirir maior resistência ao cisalhamento quando o mesmo atinge um grau inferior a umidade ótima. Com isso pode-se dizer que a umidade no solo gera grande impacto em sua compactação.

O teor de água e a energia de compactação são guias para o grau de compactação. De acordo com cada tipo de solo, pode variar seus resultados. No geral, com o aumento da energia de compactação, o teor de água diminui, assim aumentando a massa específica aparente seca e a resistência do solo. Silva (2015) diz que a resistência ao cisalhamento ocorre com o incremento da massa específica do solo, mas seu principal motivo e causa desse aumento é provindo dos menores valores de umidade possíveis. Em solo arenosos e argilosos, pode-se verificar que através de um grau de compactação mais elevado, obtém um ganho maior de massa específica e resistência ao cisalhamento. Mas para todos os níveis de compactação, o ganho de resistência ao cisalhamento foi diminuindo consideravelmente em decorrência da adição de água, enquanto a massa específica teve resultado reverso, assim, aumentando seu valor até atingir seu ponto máximo e diminuir com o contínuo acúmulo de água. Desta forma, um dos fatores mais importantes na compactação do solo e na resistência ao cisalhamento, é o teor de umidade, pois afeta consideravelmente no processo.

Silva (2015, pág. 29) diz ainda que:

“a umidade ótima e a massa específica aparente seca máxima são os principais parâmetros para controlar compactação no campo em que as energias de compactação aplicadas podem variar dependendo das exigências do campo e o tipo de solo. A determinação dessas propriedades desempenha um papel importante na concepção de projetos de compactação”.

Os solos são designados e classificados a partir de suas dimensões, onde são classificados pela norma NBR 7181/1984 – *Análise Granulométrica*, com o objetivo de realizar a distribuição das partículas de acordo com sua classe e diferentes tamanhos (VIANA et al 2019). A granulometria por peneiramento ocorre com a utilização de um conjunto de peneiras padronizadas, possuindo malhas decrescentes para a separação do pedregulho até as últimas partículas da argila, que possui as menores moléculas de solo, realizando a homogeneização das partículas com o mesmo tamanho (FARIAS et al, 2020).

A ABNT NBR 6502/1995 determina o solo de acordo com o tamanho das partículas, classificando-os em pedregulho, areia, silte e argila. São classificados como pedregulhos as partículas que atingem de 2 mm a 60 mm, as areias correspondem de 0,06 mm a 2 mm, os siltes de 0,002 mm a 0,06 mm e por último as argilas correspondem a valores abaixo de 0,002 mm.

Dentro da pavimentação a granulometria tem grande importância referindo-se ao grau de compactação. Conclusões de Viana (2019) afirma que para o solo utilizado em pavimentações, realizar um bom trabalho, é de grande importância ter uma alta resistência e uma baixa deformabilidade diante dos esforços projetados na superfície. Contudo, a granulometria nas camadas base do pavimento, é importante realizar uma análise e definição do tipo de solo predominante no local de extração, para obter a certeza que seja um material adequado.

Este trabalho teve como objetivo analisar e apresentar o comportamento do solo mediante ao ensaio com o compactador Proctor, mostrando a importância que a umidade ótima e a granulometria do solo podem influenciar em uma compactação excepcional na pavimentação.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo será apresentado os materiais utilizados para a realização dos ensaios de compactação durante a fase experimental da pesquisa e quais os métodos adotados para se obter os resultados do comportamento mecânico do solo e suas propriedades físicas.

### **2.1 Solo**

O solo foi extraído em um local específico da Fazenda Escola, propriedade da Faculdade EDUVALE, na região de Jaciara-MT. Após retirado o material, foi guardado em um local arejado para realizar uma secagem ao ar livre até atingir sua umidade higroscópica para a

realização do ensaio de compactação. Retirado com a profundidade de 0 cm a 40 cm respectivamente com a utilização de escavadeira manual. O ponto está localizado nas coordenadas com latitude de  $-15,9308329^\circ$ , longitude de  $-54,9511184^\circ$  e em uma altitude de 304,52 metros. A figura 01 mostra a localização exata da retirada das amostras utilizadas nos ensaios.

Figura 01: Localização da retirada das amostras para teste em laboratório



Fonte: Adaptado do Google, 2021

## 2.2 Métodos

Foram utilizadas como base para este trabalho, informações retiradas de conhecimento literário e artigos digitais. Para os ensaios, adotou-se como referência as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT). Dentre os ensaios, foram realizados o ensaio de compactação proctor e o ensaio de caracterização física.

### 2.3 Ensaios de caracterização

Para os ensaios de caracterização física, que se enquadram os ensaios granulométricos e massa específica real dos grãos (tabela 01), realizados no laboratório de solos da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Vale São Lourenço (EDUVALE). As amostras foram preparadas seguindo todas as especificações que constam na Norma NBR 6457 (ABNT 1986 – *Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*, para a obtenção dos resultados encontrados de acordo com os apresentados anteriormente.

Tabela 01: Normas para realização das análises

<b>ENSAIO</b>	<b>NORMA</b>
Determinação da massa específica	ABNT – NBR 6508/1984
Análise Granulométrica	ABNT – NBR 7181/1984

Fonte: NBR 6508/1984, NBR 7181/1984

### 2.4 Ensaio de Compactação Proctor

Os ensaios de compactação proctor foram realizados no laboratório de solos da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Vale São Lourenço (EDUVALE). Este tipo de ensaio consiste na compactação do solo por camadas definidas suas quantidades por norma, onde a mesma é adicionada em um cilindro dimensionando e compactada por soquete a uma altura padronizada. De acordo com as especificações que foram extraídas da norma apresentada na tabela 02.

Tabela 02: Norma para realização dos ensaios

<b>ENSAIO</b>	<b>NORMA</b>
Ensaio de Compactação - Solo	ABNT – NBR 7182/1986

Fonte: NBR 7182/1986

O intuito desta pesquisa é mostrar a importância do ensaio de compactação proctor utilizando uma amostra de solo em diferentes valores de umidades, posteriormente, analisar os dados que os ensaios proporcionaram para o solo da Fazenda Escola da faculdade EDUVALE e seus valores alcançados. A compactação foi elaborada com o sistema Proctor Normal, seguindo as normativas da NBR 7182.

Foi utilizada a compactação manual com o cilindro metálico pequeno (cilindro proctor) com volume igual a 1000cm<sup>3</sup> para o armazenamento do solo e um soquete metálico pequeno com o valor da massa de 2500 gramas, composto por um dispositivo de controle de altura (guia), servindo para controlar a energia aplicada pelo soquete diante do solo, tendo 457 mm de altura,

(figura 02). Para a compactação, os corpos de prova foram executados em 3 camadas e aplicando 26 golpes em cada camada para energia de compactação normal.

Na compactação por proctor com reuso de material, foi utilizado 3 kg para a realização do ensaio seguindo o caminho de umedecimento, efetuando testes com a adição de 2% de água em cada processo. Foi escolhido este método pelo fato da não ocorrência de alterações na granulometria dos solos em análise após os ensaios de compactação.

Figura 02: Realização do ensaio de compactação



Fonte: Autor próprio

## 2.5 Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada também no laboratório de solos da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Vale São Lourenço (EDUVALE).

Esta análise é especificada pela norma NBR 7181/1986, sendo que para um bom resultado é de grande importância realizar todos os processos com atenção. Primeiramente deve

observar a amostra a ser utilizada para definir qual a quantidade de massa que será utilizada, de acordo com o que está descrito na tabela 03.

Tabela 03: Dimensões dos grãos contidos na amostra

Dimensão dos grãos maiores contidos na amostra (mm)	Balança a ser utilizada	
	Capacidade nominal (kg)	Resolução (g)
>25	10	1
5 a 25	5	0,5
<5	1,5	0,1

Fonte: Próprio autor, 2021

Em seguida, passar a amostra na peneira 2 mm onde deve ser desmanchado todos os torrões que ainda estão presentes na amostra. Posteriormente lavar a amostra retida na peneira mencionada para eliminar todos os vestígios de que possam ter restado com outras dimensões e colocar na estufa para secagem com temperatura de 105°C a 110°C. A figura 03 mostra as peneiras utilizadas no ensaio de granulometria.

Figura 03: Equipamento de peneiramento elétrico



Fonte: Próprio autor, 2021

Depois de ter passado o material na peneira, segue a pesagem individual dos mesmos para realizar os cálculos e determinar a porcentagem de cada grão presente na amostra utilizada.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste momento será apresentado e discutido, os resultados dos ensaios práticos realizados na fase experimental da pesquisa, sendo dividido em duas partes. A primeira etapa será demonstrada com os dados da análise granulométrica. Na segunda etapa serão apresentados os resultados dos ensaios de compactação.

#### 3.1 Granulometria por Peneiramento

Através da obtenção dos resultados da análise granulométrica, foi possível realizar a classificação do solo utilizado. Empregando a metodologia SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos), o mesmo foi classificado como areia bem graduada (SW). Na tabela 04, identifica-se a distribuição da amostra de solo de acordo com suas dimensões e variedades de grãos.

Tabela 04: Distribuição dos grãos

Peneiras (mm)	(%) da amostra
1,2	66,2
0,6	3,2
0,42	3,6
0,25	2,0
0,15	17,2
0,075	7,8
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: Próprio autor, 2021

Contudo, Senço (2007) especifica que esse sistema de classificação diz que solos de granulação grossa são provindos de pedregulhos e de areias, onde apresentam 50% ou mais dos grãos sendo retidos na peneira de nº 200, dividindo-os como solos pedregulhosos, areia ou solos arenosos. Os solos de granulação fina são aqueles que passam pela peneira de nº 200 cerca de 50% ou mais dos grãos, chamados de silte e argila. Já os solos altamente orgânicos são as turfas ou similares, que apresenta matéria orgânica decomposta.

No ensaio por peneiramento pode observar que o solo possui uma granulometria variada, com vários formatos de grãos, o que predomina um solo bem graduado, com granulometria composta por areia pedregulhosa e a presença de poucos finos, o que favorece o

seu uso em camadas como a camada de reforço do subleito e sub-base do pavimento. Segundo Caputo (2015), “um solo bem graduado é aquele que apresenta uma granulometria continua nos seus grãos”. Guimarães (2019) diz que “os materiais granulares e solos trabalham principalmente aos esforços de compressão. Os solos com fração de finos (silte + argila) exibem coesão, mas são fracos à tração onde recebem os esforços que são transferidos da camada superior”. Marques (2006) também afirma que os tipos de solos podem interferir consideravelmente na compactação das camadas inferiores do pavimento, onde solos argilosos não geram grandes efeitos na resistência ao cisalhamento, pois as interações entre suas partículas quando entram em contato com a água, geram resultados negativos devido a aumento da coesão, trazendo problemas referentes à expansão e contração. Já os solos arenosos quando são analisados separadamente não possuem uma boa resistência a abrasão por falta de interação entre as partículas. Por esse fato, os agregados dessas camadas devem ser de tamanhos que garantem a resistência durante o contato entre os grãos, e conseqüentemente se houver somente grãos maiores, eles não preencherão os vazios menores, por isso é importante haver uma granulometria variada para ter uma alocação adequada, logo suportando melhor a resistência a compressão (GONDIM, 2008).

### 3.2 Ensaio de compactação

A tabela 05 traz os resultados obtidos nos ensaios de compactação.

Tabela 05: Resultados do ensaio de compactação

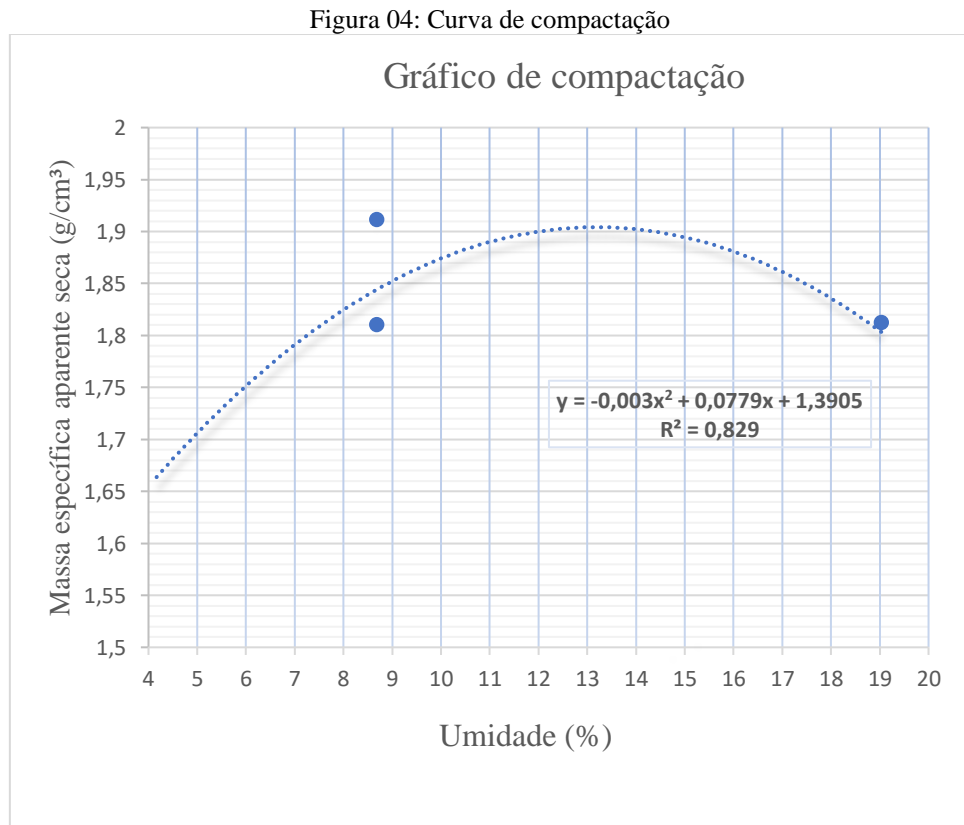
<b>DETERMINAÇÕES</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>
Peso Cilindro + Solo Úmido (g)	4154	4244	4354	4406	4434
Peso Solo Úmido (g)	1878	1968	2078	2130	2158
Peso Específico Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1,652	1,81	1,911	1,874	1,812
Peso Cápsula + Solo Úmido (g)	54	56	54	56	56
Peso Cápsula + Solo Seco (g)	52	52	50	50	48
Peso da Cápsula (g)	4	6	4	6	6
Peso de Água (g)	2	4	4	6	8
Peso Solo Seco (g)	48	46	46	44	42
Teor de Umidade (%)	4,166	8,69	8,69	13,63	19,04

Fonte: Próprio autor, 2021

PESO DO CILINDRO: 2.276g  
 PESO DO SOQUETE: 2.500g  
 DIÂMETRO: 10,0 cm  
 ALTURA: 12,75 cm

ALTURA DE QUEDA: 30,5 cm  
 VOLUME: 1000 cm<sup>3</sup>

A figura 04 mostra a curva de compactação que os resultados do ensaio de proctor proporcionou.



Fonte: Próprio autor, 2021

Os ensaios de compactação chegaram a um gráfico onde relaciona a umidade com o peso específico seco. Como observado na parte inicial da figura 04, percebe-se que o mesmo se encontra em uma etapa seca e vai crescendo gradativamente, de acordo com o aumento da porcentagem de água na amostra, devido a melhor trabalhabilidade do solo, a linha tende a realizar uma curva, formando uma parábola, como era esperado neste ensaio de compactação. Pode-se notar que ao chegar no ponto máximo de compactação, a curva começa a decrescer devido ao aumento do teor de água presente no solo. Tem-se que a curva de saturação 100% nunca irá alcançar a curva de compactação, pois é impossível expulsar todo ar presente nos vazios (SILVA, 2019). O ápice da curva gera o resultado da umidade ótima no ponto em que se encontra a massa específica aparente seca máxima, caso isso não aconteça, o solo não estará trabalhando em sua capacidade máxima de carga, (GUIMARÃES, 2019).

A umidade obteve uma porcentagem de 12,98% e a massa específica aparente seca máxima de 1,89g/cm<sup>3</sup>. Ao chegar nestes valores, mostra que a maior porcentagem de areia

contribuiu para o aumento da massa específica aparente seca máxima e resulta na diminuição do teor de umidade. A tabela 06, especifica os dados mencionados.

Tabela 06: Resultado do ensaio de compactação

<b>Amostra</b>	<b>01</b>
<b>W.ótima (%)</b>	12,98
<b>Dens. Seca. Máx (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,89

Fonte: Próprio autor, 2021

Ao se comparar com os resultados do TCC de Santos (2020), Estudo da viabilidade de uma jazida de materiais para fins de utilização na pavimentação rodoviária, percebe-se que a diferença na umidade ótima e a massa específica aparente seca máxima está relacionada a diferença de materiais. O solo presente neste estudo de caso possui uma granulometria com maior teor de areia e o solo presente no estudo de Santos (2020) possui maior teor de argila e silte, resultando na maior capacidade de absorção de água que o solo possui, como mostra na tabela 07, a seguir.

Tabela 07: Resultado do ensaio de compactação de Santos

<b>Amostras</b>	<b>F.01</b>	<b>F.02</b>	<b>F.03</b>	<b>F.04</b>	<b>F.05</b>	<b>F.06</b>	<b>F.07</b>	<b>F.08</b>
<b>W.ótima (%)</b>	16	11,5	12,7	19,4	15,9	14,9	14,1	13,1
<b>Dens. Seca. Máx (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,75	1,82	1,83	1,69	1,79	1,85	1,89	1,78

Fonte: Santos, 2020

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Materiais como o solo, que possuem propriedades heterogêneas provindas dos efeitos de intemperismo, onde traz variações e diferenças na composição mineralógica de acordo com sua localidade, são de extrema importância realizar estudos que mostram suas características mais importantes, onde é possível designar qual será o seu modo de utilização.

No local onde foi realizado a extração do solo para o experimento, foi notória a visualização de solos com variadas composições granulométricas na região, sendo essencial a realização de ensaios para definir sua resistência quando receber os esforços.

O solo analisado na pesquisa mostrou que não sofreu nenhum tipo de desagregação ao ser submetido as solicitações de esforços durante o ensaio realizado, que foi a compactação de proctor. Nessa pesquisa foi possível observar que o teor de umidade gera grande influência nos resultados de compactação, procedendo em um gráfico com formato de pirâmide, sendo que no momento de adicionar água ao solo de acordo com cada etapa do ensaio, o mesmo tende crescer a curva de compactação, reduzindo a densidade máxima e aumentando umidade, e ao chegar na umidade ótima, a curva de compactação volta-se a decrescer, a partir daí, vai diminuir a resistência aos esforços e aumentar o teor de água, tendendo a um grau de saturação alto. O acréscimo excessivo de água vai preenchendo o volume de vazios do solo, onde era composto por ar, e ao ocupar todo o espaço, o solo não tem mais para onde se adensar devido a água. Neste momento o solo já está impossível de realizar a compactação. Podendo afirmar que, realizando um ensaio correto é possível chegar ao grau de compactação esperado de acordo com as características de cada solo.

Através dos dados elaborados nesta pesquisa, torna-se possível a continuação dos estudos e de próximas pesquisas como os ensaios de CBR para definir melhor em qual camada este solo se adequa especificamente.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

### a) Livro

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos.** Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Ensaio de compactação.** Rio de Janeiro. 2016.

CAPUTO, H, P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações.** 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2015. 244 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **DNIT – ME 162: Solos – Utilizando amostras de solos trabalhadas – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **DNIT – ME 164: Solos – Utilizando amostras de solos não trabalhadas – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.

GUPTA, S.C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in soil sciences**, New York, v.6, p.65-100, 1987.

SENÇO, W. (2007). **Manual de Técnicas de Pavimentação** - volume I - 2ª edição. PINI. São Paulo - SP. 761p.

#### **b) Artigo de periódico**

BROWNE, M. **Feasibility of Using a Gyrotory Compactor to Determine Compaction Characteristics of Soil.** Montana, 2006. 142p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Civil-Universidade do Estado de Montana.

DANTAS, G.H.S. **Estudo do emprego do compactador giratório Superpave na compactação de um solo argiloso.** São Carlos, 2013. 125p. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

FARIAS, R.; DELGADO SALIM, C.; MOTTA DE MOURA, C. Monitoria De Operações Unitárias Da Engenharia De Alimentos: **Peneiramento e moagem para análise granulométrica.** Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 1, 14 fev. 2020.

GARCÍA, A. J. H.; JAIME, Y. N. M.; CONTRERAS, A. M. Z.; BASTARDO, L. D. S. e LLOVERA, F. A. S. **Savanna soil water content effect on its shear strength compaction relationship.** Universidad de Oriente, Departamento de Ingeniería Agrícola, Núcleo de Monagas, Maturín, Monagas, Venezuela. (2012).

GUIMARÃES, F, I. **Estudo do solo da região do semiárido/RN para uso em pavimentação.** Angicos – Rio Grande do Norte, 2019.

GONDIM, L, M. **Estudo experimental de misturas solo-emulsão aplicado às rodovias do agropólo do baixo Jaguaribe/Estado do Ceará.** 2008. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MARQUES, G. L. O. **Notas de aula da disciplina de pavimentação.** Juiz de fora, 2006.

SILVA, Albaniza Maria da. **Estudo De Parâmetros De Compactação Proctor No Comportamento Mecânico Do Solo.** Campina Grande, 2015.

VARGAS, M. Introdução à mecânica dos solos. São Paulo, Mcgraw-Hill do Brasil, 1977. 509p.

VIANA, T.H.C. et al. **Análise de granulometria e densidade do solo coletado em jazida.** Rio Branco, 2019.