

ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE

Meise Lopes Araújo
Anderson Millano de Sousa Fernandes
Wellington Lorrán Gaia Ferreira
Universidade Federal Rural Semiárido

RESUMO

O pavimento é formado por camadas estruturais que devem conter características que suportem as cargas provenientes do tráfego, dessa forma, são necessários materiais de boa qualidade para compor essas camadas. Algumas regiões do país não possuem solo com especificações adequadas, e nem jazidas próximas para suprir as necessidades construtivas do pavimento. Assim, uma alternativa para melhorar as propriedades dos solos é a estabilização. O presente trabalho tem como objetivo estabilizar um solo proveniente da jazida da cidade de Caraúbas/RN com 2% de resíduo de mármore utilizando diferentes energias de compactação, a fim de verificar se, após o processo de estabilização, o mesmo pode ser utilizado em camadas granulares dos pavimentos da região. Nesse contexto, foram realizados ensaios de granulometria, Limite de Plasticidade (LP), Limite de Liquidez (LL), compactação e *California Bearing Ratio* (CBR) no solo natural proveniente da jazida da cidade e o solo estabilizado. Os resultados mostraram que os solos naturais, não podem ser utilizados em camada de base, pois nenhum apresentou CBR igual ou superior a 80%. No entanto, o solo natural compactado na energia normal e o solo estabilizado com 2% compactados na energia normal e intermediária, podem ser utilizados no reforço do subleito. Já o solo estabilizado com 2% na energia modificada pode ser aplicado na camada de sub-base e revestimento primário, pois apresentou CBR igual a 24,06%, isto é, maior que 20%. Por fim, concluiu-se que houve um benefício com a adição do resíduo de mármore, proporcionando um aumento na capacidade de suporte do solo e uma redução do resíduo descartado no ambiente.

ABSTRACT

The pavement is formed by layers that are necessary to support the loads coming from the traffic, in this way, good quality materials are made to compose these layers. Some regions of the country do not have soil with their own rules of images, nor the next ones to meet the constructive needs of the pavement. Thus, an alternative to improve soil properties is one that can be chemical, mechanical and granulometric. The objective of this work is to stabilize a soil of the city of Caraúbas/RN with 2% of marble residue, in the normal, intermediate and modified compaction energies, in order to verify the viability of the soil for application in layers of pavements via the values obtained were not analyzed by the *California Bearing Ratio* (CBR), comparing it with the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT) specifications for each pavement layer. Granulometry tests, Plasticity Limits (LP), Liquidity Limits (LL), compaction and CBR were performed. The results were the same as the compaction energy, and the soil support capacity was also increased. The test modules cannot be used in base layer, because no advanced CBR equal to or greater than 80%. However, soil compacted in normal energy and soil stabilized with 2% compact in normal and intermediate energy, can be used to reinforce the subgrade. However, the soil stabilized with 2% in the solar energy can be applied in the sub-base layer and in the first one, since the CBR is equal to 24,06%, that is, greater than 20%. Finally, it was concluded that there is a benefit with the addition of the ash content, providing an increase in the support capacity of the soil and a reduction of waste disposed of in the environment.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento exponencial do tráfego rodoviário nos últimos anos, principalmente de veículos de carga, tem tornado maior o estudo da aplicação de novos materiais e técnicas que colaborem com a durabilidade e desempenho dos pavimentos. Estima-se que as rodovias brasileiras são responsáveis por cerca de 61,1% do transporte de cargas, e 95% do transporte de pessoas, comprovando a necessidade do modo rodoviário para o desenvolvimento do país (Reis *et al.*, 2017), uma vez que a ausência de tal transporte ocasiona problemas como a falta de produtos aos consumidores.

De acordo com Araújo *et al.* (2016), a pavimentação é composta por camadas estruturais que devem conter propriedades que suportem as cargas que são submetidas, assim, envolve a

utilização de solos para as diferentes camadas de sua composição. Geralmente, para ter um melhor aproveitamento econômico, o ideal seria empregar o solo já existente no local. Contudo, muitas vezes os solos presentes *in loco* não apresentam especificações mínimas exigidas para a utilização (Sartori, 2015).

Quando os projetos de engenharia geotécnica têm que ser construídos com baixa resistência ao cisalhamento, aparecem problemas relacionadas com a capacidade de carga e assentamento, sendo necessário a utilização de métodos de estabilização de solos, para alcançar as propriedades geotécnicas desejadas. Segundo Vargas (1985), é chamado de estabilização de solos o procedimento pelo qual se confere ao solo uma maior resistência estável às cargas, ao desgaste ou à erosão, por meio de compactação, correção da sua granulometria e da sua plasticidade ou de adição de substâncias que lhe tragam uma coesão proveniente da cimentação ou aglutinação dos seus grãos.

Neste contexto, os solos podem ser melhorados por diversos métodos de estabilização, como por exemplo, a aplicação de pré-carga, remoção e substituição da camada com pouca resistência, colunas de pedra, estacas, carregamento de sobretaxa, controle de compactação e, aplicação de diferentes aditivos, como cimento, cal, gesso, bentonita sódica, cloreto de cálcio, aditivos nano-químicos, cinzas volantes, altos-fornos e diversos tipos de resíduos. O propósito mais significativo de adicionar os estabilizadores mencionados é melhorar as propriedades geotécnicas de solos fracos, tais como ensaio de compressão simples, coesão, ângulo de atrito interno, módulo de elasticidade, permeabilidade, durabilidade, deformabilidade e relação de rolamento da Califórnia, etc. (Khabiri, 2010; Wong *et al.*, 2013; Cong *et al.*, 2014; Chemedda *et al.*, 2015; Rahgozar e Saberian, 2016; Cheshomi e Hassanpour, 2016; Esaifan *et al.*, 2016).

Tendo em vista que alguns dos métodos acima mencionados podem ser caros ou ineficazes, uma alternativa viável pode ser a utilização de resíduos, que contribui para a sustentabilidade do meio ambiente. Na região Nordeste do Brasil, nos últimos anos houve um grande aumento na quantidade de resíduos gerados pelas marmorarias oriundos de cortes e acabamentos da produção de peças de mármore. O pó de mármore, por sua vez, muitas vezes é descartado de maneira errônea no meio ambiente, prejudicando-o.

No Oeste Potiguar, neste ramo da pavimentação, alguns trabalhos com o resíduo de mármore já foram desenvolvidos, mas especificamente o de Fernandes (2017) que comprovou que a mistura asfáltica dosada com 2% de resíduo da marmoraria apresentou resultados satisfatórios de Resistência à Tração (RT) e Módulo de Resiliência (MR). Brito (2017) realizou um estudo inicial sobre a utilização do mesmo resíduo de mármore na estabilização de solos e verificou que para um teor de 5% de mármore os resultados não foram satisfatórios. Segundo os valores tabelados pela Rede Asfáltica, 2005. Entretanto, ainda há a necessidade de outros estudos para se comprovar a viabilidade do uso desses resíduos em solos para estabilização.

Na cidade de Caraúbas/RN, Santos (2017) analisou as vias não pavimentadas quanto a utilização de revestimento primário, com intuito de melhorar as características dessas vias. Ele constatou que das vias analisadas, em 33,33% delas, é possível o uso do revestimento primário, pois as mesmas apresentaram CBR inferior a 20%. No entanto, quando analisado o material da jazida do Açude Grande (principal jazida utilizada em Caraúbas/RN) compactado na energia normal, a mesma apresentou CBR menor que 20%, não atendendo as especificações construtivas para revestimento primário da norma DER-SP/2006.

Neste sentido, a estabilização de solo com a utilização de resíduo de mármore, surge como uma alternativa viável para regiões onde há escassez de solos de qualidade, como é o caso da cidade de Caraúbas/RN e toda a região. Dessa forma, o aproveitamento do resíduo que é gerado em grande quantidade pelas marmorarias locais, surge como uma forma de propiciar destinação adequada e, provavelmente, de alcançar melhorias das propriedades dos solos desta região.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de solos estabilizados com 2% de resíduos provenientes da produção de mármore com diferentes energias de compactação. Para isso, foi analisado através dos ensaios: granulometria, limite de consistência, ensaio de compactação e California Bearing Ratio o solo proveniente da jazida Açude Grande, na cidade de Caraúbas/RN, e o mesmo solo estabilizado com o resíduo.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais

2.1.1. Solo natural

O solo em estudo foi coletado em uma jazida, localizada nas proximidades da Barragem do Açude Grande, na cidade de Caraúbas/RN. Esta jazida é a principal utilizada para realização de aterro na cidade e na região. A Figura 1 apresenta o local onde foi retirado o solo para realizar os ensaios em laboratório.



Figura 1: Local referente a retirada do solo para o estudo, localizada na cidade de Caraúbas/RN

2.1.2. Resíduo de mármore

O resíduo de mármore utilizado foi proveniente da empresa *Limestone Mármore* do Brasil LTDA, localizada no Sítio Aurora, zona rural da cidade de Apodi/RN, a 38,6 km da cidade de Caraúba - RN. Os resíduos não têm nenhuma destinação, com isso acumulam-se toneladas nos arredores da própria marmoraria, assim, junto com a baixa capacidade de suporte do solo da cidade de Caraúbas/RN, motivou-se um estudo para estabilidade do solo local com a utilização desse resíduo. Dessa forma, estudou-se uma aplicabilidade para esse material, que garanta seu reaproveitamento de forma positiva em questões técnicas, econômicas e ambientais. A Figura 2 mostra o local de onde foi retirado o resíduo da marmoraria.



Figura 2: Local referente a retirada de resíduo de mármore, localizada na cidade de Apodi/RN.

2.2. Métodos

2.2.1. Ensaio de Granulometria

Para o ensaio de granulometria, inicialmente, foi feito o quartejamento do solo com auxílio do separador de amostra mecânico seguindo a norma DNER-PRO 199 (DNER, 1996), logo após pesou-se 7 kg do material, massa mínima da amostra estabelecida pela norma DNER-ME 083 (DNER, 1998). Para amostra de solo estabilizado com 2% de resíduo de mármore, pegou-se 7 kg de solo seco e retirou-se 2% que corresponde a 140 gramas do material, em seguida adicionou-se a amostra a mesma quantidade de resíduo de mármore seco.

O peneiramento foi feito manualmente, em seguida pesou-se cada fração de solo retida nas peneiras para obtenção das curvas granulométricas dos solos: natural e estabilizado. Após a obtenção da curva granulométrica foi feita a classificação do solo analisando os Coeficientes de Não Uniformidade (CNU) e Coeficiente de Curvatura (CC), conforme a Equação 1 e Equação 2, pois verificou-se através da análise tátil-visual e as frações do solo mais grosso na curva granulométrica que se tratava de um material arenoso.

$$CNU = D_{60}/D_{10} \quad (1)$$

$$CC = D_{30}^2/(D_{60}*D_{10}) \quad (2)$$

em que D_{60} : Diâmetro das partículas do solo em relação a 60% do material que passa;
 D_{30} : Diâmetro das partículas do solo em relação a 30% do material que passa;
 D_{10} : Diâmetro das partículas do solo em relação a 10% do material que passa.

2.2.2. Limites de Consistência

O ensaio de Limite de Plasticidade (LP) foi realizado conforme a norma do DNER-ME 082 (DNER, 1994a), utilizando amostras do solo da jazida e do solo estabilizado com 2% com resíduo de mármore. E o ensaio de Limite de Liquidez (LL) de acordo com a norma do DNER-ME 122 (DNER, 1994b), utilizando as mesmas amostras. Conforme Figura 3.



(a)



(b)

Figura 3: Ensaio de Limite de consistência: (a) Limite de plasticidade; (b) Limite de liquidez

2.2.3. Ensaio de Compactação

Para este ensaio foi seguido a norma do DNIT ME-164 (DNIT, 2013), e foi executado de acordo com o ensaio Proctor nas energias normal, intermediária e modificada. Foi utilizado o solo da jazida e o solo estabilizado com 2% de resíduo de mármore, com umidades diferentes. Sendo moldados cinco corpos de prova para cada energia de compactação com as quantidades de água de 300, 440, 580, 620 e 760ml.

2.2.4. California Bearing Ratio (CBR)

O ensaio de CBR foi executado conforme especificado pela norma DNIT ME-172 (DNIT, 2016), para este ensaio foram moldados corpos de provas (CP) com solo natural e estabilizado, com a umidade ótima obtidas na curva de compactação para cada energia. Após a moldagem, os CP's Os moldes foram colocados imersos (Figura 4b) pelo um período de quatro dias (96 horas), após esse período os mesmos são retirados para escoar a água durante 15 minutos, em seguida mediu-se novamente a altura entre a superfície do solo até a extremidade do molde, para obtenção da expansão. Posteriormente, realizou-se o ensaio de CBR em uma prensa conforme especificado na norma.



(a)



(b)



(c)

Figura 4: Ensaio de CBR: (a) Medida para expansão; (b) CP imersos; (c) CP após ensaio

O índice de suporte de Califórnia é obtido em função da pressão calculada e a pressão padrão, como mostrado na Equação 3.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Pressão Calculada ou Corrigida}}{\text{Pressão padrão}} \quad (3)$$

Em que, a pressão calculada é o produto da leitura no extensômetro pela constante K do anel ($K=0,102$) e a pressão padrão para as penetrações 0,1” e 0,2” são 70 Kg/cm² e 105 Kg/cm², respectivamente. Adotando o valor do CBR o maior dos valores obtidos nas penetrações 0,1” e 0,2”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ensaio de Granulometria

As curvas granulométricas do solo estabilizado com 2% de pó de mármore e do solo não estabilizado (natural) estão apresentadas na Figura 5. E a partir destas, foram realizadas interpolações que permitiram obter os valores de D10, D30 e D60, mostrados na Tabela 1.

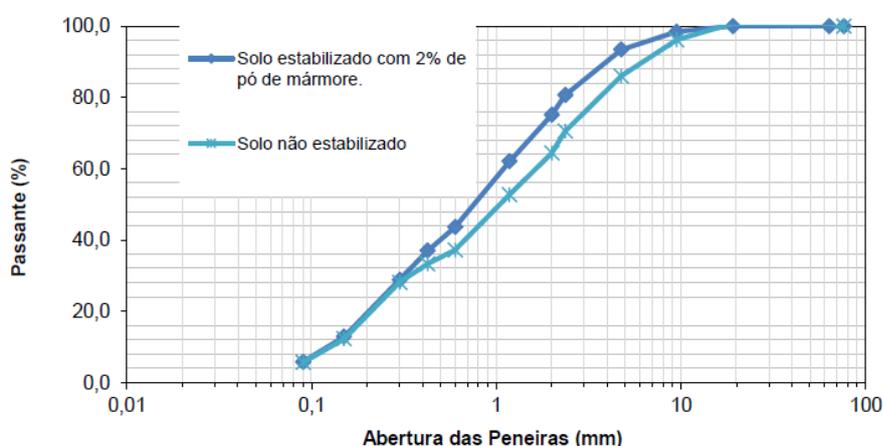


Figura 5: Curvas granulométricas dos solos

Tabela 1: Valores interpolados para D10, D30 e D60

#	Abertura (mm)	
	Não estabilizado	Estabilizado
D10	0,130	0,126
D30	0,346	0,318
D60	1,694	1,050

A Figura 5 mostra que com a adição do resíduo de mármore a mistura teve um comportamento mais contínuo. Isto pode ser explicado devido a granulometria mais fina do resíduo e pelo fato de conter maior teor de material pulverulento. Com os valores da Tabela 1, foram calculados os coeficientes CNU e CC. Para ambos os solos, o CNU foi superior a 6, o que caracteriza que o solo é bem graduado.

3.2. Limites de Consistência

Não foi possível realizar os ensaios de limite de consistência, pois o solo apresentava características arenosas. No ensaio de LP, o solo foi classificado como não plástico, já que este índice é baseado no cálculo da porcentagem de umidade, em que não é capaz de moldar

os solos no formato cilíndrico. Já no ensaio de LL, na primeira tentativa com o solo da jazida, o número de golpes foi 10, na segunda tentativa com a umidade maior que a primeira, o número de golpes foi 6. No solo estabilizado, ocorreu basicamente o mesmo, a fenda aberta para realização do ensaio, se fecha antes de 10 golpes, indicando um solo arenoso. Sendo assim, os solos não apresentaram limite de plasticidade e de liquidez.

Com isso, os resultados dos limites de consistência e granulometria, mostraram que o solo da jazida e o solo estabilizado, segundo a classificação TRB (*Transportation Research Board*), possui características de areia fina com pouco ou sem silte plástico ou argila plástica, em outras palavras, sem plasticidade, sendo classificado então como A-3.

3.3. Ensaio de Compactação

Os resultados do ensaio de compactação na energia normal, estão apresentados na Figura 6, onde foram compactados cinco corpos de provas com umidades diferentes para cada solo, sendo que se obteve uma umidade ótima de 9,63% e peso específico seco de 1,37 g/cm³ para o solo da jazida e para o solo estabilizado obteve-se peso específico de 2,04g/cm³ e teor de umidade de 7,26%.

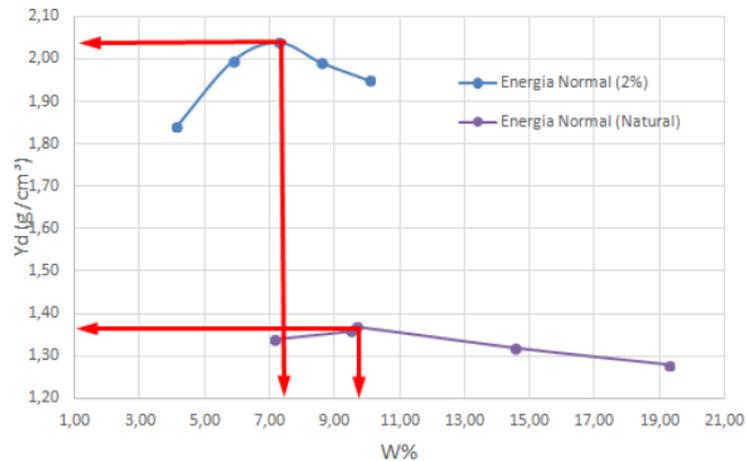


Figura 6: Curva de compactação da energia normal

Para o solo estabilizado com 2% de resíduo de mármore, foram feitas curvas de compactação na energia intermediária e modificada, representada na Figura 7.

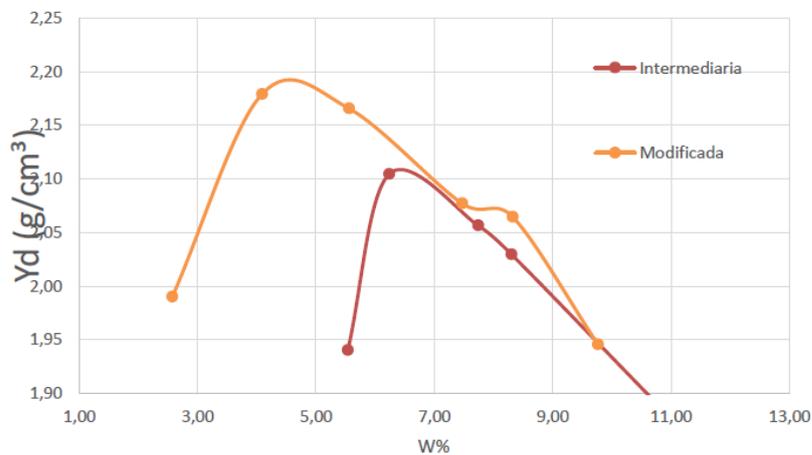


Figura 7: Curva de compactação da energia intermediária e modificada da amostra estabilizada com resíduo de mármore

Na Figura 7, percebe-se que houve uma diminuição na umidade ótima necessária para obtenção do maior peso específico do solo. A umidade ótima diminuiu para 6,5% na energia intermediária, havendo uma redução na faixa de 10% de água necessária para o maior valor de peso específico seco possível. O peso específico, este obtido na ordem de 2,1 g/cm³, equivale a um aumento de cerca de 7% em relação ao normal. Esse mesmo efeito de aumento na energia de compactação ocorreu para a energia modificada, como era o esperado. O solo apresentou umidade ótima na faixa de 4,0% para uma massa específica seca máxima de 2,18 g/cm³. Assim, com os valores de umidade ótima obtida pela curva de compactação foi possível moldar novos corpos de prova para o ensaio de CBR.

3.4. California Bearing Ratio (CBR)

Os resultados de CBR estão apresentados na Tabela 2 para o solo da jazida na energia normal, e para o solo estabilizado com 2% de resíduo de mármore nas energias normal, intermediária e modificada. Através destes valores e dos dados obtidos de expansão, foi possível definir para qual camada do pavimento o solo estabilizado seria utilizado.

Tabela 2: Resultados CBR e expansão para o solo natural e estabilizado

<i>Solo</i>	<i>Energia de compactação</i>	<i>CBR 1</i>	<i>CBR 2</i>	<i>Expansão 1</i>	<i>Expansão 2</i>
Jazida	Normal	7,43%	-	1,58%	-
Estabilizado com 2%	Normal	7,77%	8,46%	0,04%	0,81%
	Intermediária	19,04%	18,85%	0,93%	0,41%
	Modificada	24,09%	24,67%	0,69%	0,09%

De acordo com a Tabela 2, percebe-se que o solo estabilizado com 2%, teve significativa redução na expansão, comparado com o solo da jazida compactado na mesma energia. À medida que se aumentou a energia de compactação, houve um aumento na capacidade de suporte do solo, devido a uma maior densidade do material, assim maior tende a ser o CBR, isto também foi verificado no trabalho de Teixeira (2014).

O solo da jazida compactado na energia normal e os solos estabilizados com 2% compactados na energia normal e intermediária apresentaram valores de CBR menores que 20%, podendo ser utilizado apenas para a camada de reforço do subleito. No entanto, o solo estabilizado com 2% de resíduo na energia modificada, apresentou CBR igual a 24,09% e expansão menor que 1%, podendo ser utilizado na camada de sub-base, conforme especificado DNIT 141/2010 – ES (2010). Além disso, este atende as especificações construtivas para revestimento primário da norma DER-SP/2006, tornando-se uma solução para as vias não pavimentadas e rodovias.

Na literatura, Brito (2017) percebeu um comportamento diferente, utilizando o mesmo resíduo, porém com 5% de estabilização na energia normal e intermediária. O citado autor obteve resultados de 3,64% para energia normal e 5,20% para energia intermediária. A Figura 8, apresenta a comparação dos dois resultados.

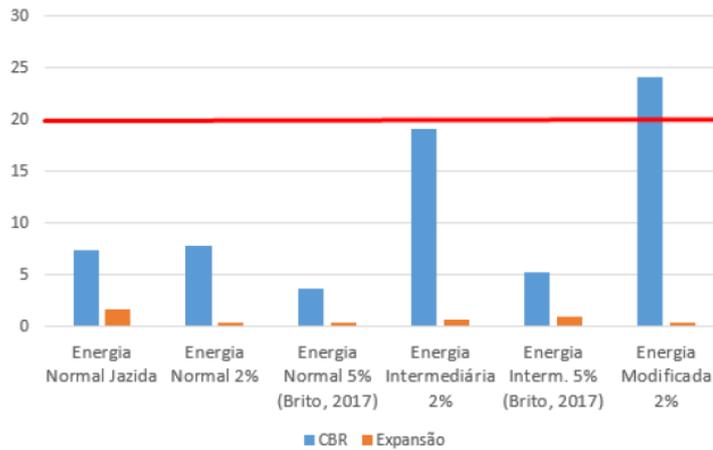


Figura 8: Comparação dos resultados com o trabalho de Brito (2017)

Na Figura 8, pode-se observar que quando houve um aumento de teor de resíduo no solo, diminuiu-se a capacidade de suporte do mesmo. No entanto, o solo estabilizado com 2% obteve capacidade maior que o solo natural. Já com relação aos resultados de expansão, teve variação com as amostras.

4. CONCLUSÃO

Com o intuito de ampliar os conhecimentos com relação a estabilização de solos na região do Nordeste, com foco no semiárido potiguar, visto a grande deposição de resíduos de mármore no meio ambiente deste estado, o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento mecânico de solos estabilizados, com 2% de resíduos provenientes da produção de mármore, de uma jazida na cidade de Caraúbas/RN, com diferentes energias de compactação. A adição do resíduo de mármore proporcionou um aumento da capacidade de suporte do solo, redução da expansão e uma forma sustentável para a utilização do resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M. A.; et. al. (2016) Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 10, n. 1, p. 187-196.
- Brito, I. S. (2017) Avaliação da Estabilização de Solos Utilizando Resíduos da Produção de Mármore. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas/RN.
- Chemeda, Y.C.; D. Deneele; G. E. Christidis; G. Ouvrars. (2015). Influence of hydrated lime on the surface properties and interaction of kaolinite particles. *Applied Clay Science*, v. 107, p. 1–13.
- Cheshomi, A.; A. E. Hassanpour. (2016) Effect of lime and fly ash on swelling percentage and Atterberg limits of sulfate-bearing clay. *Applied Clay Science*, v. 135, p.190-198.
- Cong, M.; C. Longzhu; C. Bing. (2014). Analysis of strength development in soft clay stabilized with cement-based stabilizer. *Construction and Building Materials*, v. 71, p. 354-362.
- DNER (1994a) *ME-082/94. Solos – Determinação do Limite de Plasticidade*. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. 03p.
- DNER (1994b) *ME-122/94. Solos – Determinação do Limite de Liquidez- Método de Referência e Método Expedito*. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. 07p.
- DNER (1996) *PRO-199/96. Procedimento – Quarteamento*. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. 05p.
- DNER (1998) *ME-083/98. Solos – Ensaio de Granulometria*. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. 04p.
- DNIT (2013) *Solos-Compactação Utilizando Amostras não Trabalhadas-Método de Ensaio*. Publicação IPR-164/2013. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.
- DNIT (2016) *Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio*. Publicação IPR 172/2016. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.
- Esaifan, M.; H. Khoury; I. Aldabshah; H. Rahier; M. Hourani; J. Wastiels. (2016). Hydrated lime/potassium carbonate as alkaline activating mixture to produce kaolinitic clay based inorganic polymer. *Applied Clay Science*, v. 126, p. 278–286.
- Fernandes, M. G. P. (2017) Análise do Uso de Resíduos Provenientes da Produção de Mármore como Agregado em Misturas Asfálticas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas/RN.
- Khabiri, M. M. (2010). The effect of stabilized subbase containing waste construction materials on reduction of pavement rutting depth. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v. 15, p. 1211-1219.
- Rahgozar, M.A.; M. Saberian. (2016). Geotechnical properties of stabilized peat soil with shredded waste tyre chips. *Mires and Peat*, v. 18, p. 1–12.
- Reis, F. P.; N. G. Mensh; L. A. T. Brito; E. B. Meirelles; F. C. Luzzi; M. R. Quebaud; M. D. Tiefensee (2017) Avaliação da Influência da Sobrecarga dos Veículos Pesados na Rodovia BR-290/RS. *Anais do XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte*, ANPET, Recife, p. 2961-2968.
- Santos, M. N. (2012) Análise do Efeito da Estabilização Mecânica em Matrizes de Terra. Relatório Final de Iniciação Científica (Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro/RJ.
- Sartori, G. (2015) *Estudo de Estabilização de Solos para fins de Pavimentação na região de Campo Mourão*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão/PR.
- Vargas, M. (1985) *Introdução à Mecânica dos Solos*. Ed. McGraw Hill, São Paulo.
- Wallau, J.R. (2004) *Avaliação da técnica de estabilização granulométrica como revestimento primário de rodovias não pavimentadas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí/RS.
- Wong, L. S.; R. Hashim; F. H. Ali. (2013) Utilization of sodium bentonite to maximize the filler and pozzolanic effects of stabilized peat. *Engineering Geology*, v. 152, p. 56-66.

Meise Lopes Araújo (lopesmeise@gmail.com)

Anderson Millano de Sousa Fernandes (amsf_1990@hotmail.com)

Wellington Lorrain Gaia Ferreira (wellington.ferreira@ufersa.edu.br)

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semiárido

RN-233, s/n, Caraúbas – Rio Grande do Norte, Brasil