

Controle de compactação dos solos por meio do frasco de areia com agregado miúdo da região metropolitana de Manaus-AM

Control of soil compaction by means of a sand bottle with fine aggregate in the metropolitan region of Manaus-AM

Control de la compactación del suelo por medio de una botella de arena con agregado fino en la región metropolitana de Manaus-AM

DOI: 10.54033/cadpedv22n1-046

Originals received: 12/06/2024

Acceptance for publication: 12/27/2024

Aldenei de Lima Maquiné

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Instituto Federal do Amazonas (IFAM)

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: neymaquine@gmail.com

Micael Felipe Damasceno

Técnico em Edificações

Instituição: Instituto Federal do Amazonas (IFAM)

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: 2021333344@ifam.edu.br

José Costa Feitoza

Mestre em Engenharia de Materiais

Instituição: Instituto Federal do Amazonas (IFAM)

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: jose.feitoza@ifam.edu.br

RESUMO

Atualmente, utiliza-se o frasco de areia para o controle da compactação dos solos, na maioria das obras de terra no Amazonas, relacionando a massa específica aparente “in situ” com a massa específica aparente seca em função da umidade ótima obtida no laboratório. Trata-se de um ensaio geotécnico com uso de areia lavada, seca e normatizada na faixa granulométrica compreendida entre 0,80 e 0,60 milímetros. A presente pesquisa substitui a areia do frasco padronizado, em norma, pelo agregado miúdo da região metropolitana de Manaus-AM. Os ensaios da granulometria indicam que a areia coletada desta pesquisa é muito uniforme, bem graduada e possui diâmetro máximo característico igual a 1,19 mm. A fração granulométrica predominante classifica

o material particulado de Manaus em areia média (56,67%), com a massa específica aparente seca e dos grãos respectivamente iguais a 1,5118 g/cm³ e 2,6042 g/cm³. Executaram-se os ensaios de campo no estacionamento do Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro, obtendo-se as massas específicas aparente “in situ” com os frascos de areia padrão igual a 1.727,74 kg/m³ e com agregado miúdo de Manaus o valor de 1.620,13 kg/m³. Avaliou-se satisfatoriamente o Grau de Compactação em função do erro relativo percentual, com vistas à pavimentação no Amazonas.

Palavras-chave: Ensaio Geotécnico. Areia Residual. Massa Específica. Teor de Umidade. Controle de Compactação.

ABSTRACT

Currently, the sand bottle is used for control soils compaction in most earth works in the Amazonas, relating the apparent specific mass “in situ” with the apparent specific mass dry according to the optimum humidity obtained in the laboratory. This is a geotechnical test using washed, dried and standardized sand in the granulometric range between 0.80 and 0.60 millimeters. This research replaces the sand in the standardized bottle, with fine aggregate from the metropolitan region of Manaus-AM. The granulometry tests indicate that the sand collected from this research is very uniform, well graded and has a maximum characteristic diameter equal to 1.19 mm. The predominant granulometric fraction classifies the particulate material from Manaus as medium sand (56.67%), with apparent dry specific mass and grain mass respectively equal to 1.5118 g/cm³ and 2.6042 g/cm³. Performed the field tests were carried out in the parking lot of the Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Manaus Centro Campus, obtaining the apparent specific masses “in situ” with the standard sand bottles equal to 1,727.74 kg/m³ and with fine aggregate from Manaus the value of 1,620.13 kg/m³. The Degree of Compaction was satisfactorily evaluated based on the relative percentage error, with a view to paving in the Amazonas.

Keywords: Geotechnical Test. Waste Sand. Specific Mass. Moisture Content. Compression Control.

RESUMEN

Actualmente, la botella de arena se utiliza para controlar la compactación del suelo en la mayoría de los movimientos de tierra en Amazonas, relacionando la masa específica aparente «in situ» con la masa específica aparente seca en función de la humedad óptima obtenida en el laboratorio. Se trata de un ensayo geotécnico que utiliza arena lavada, seca y normalizada en el rango granulométrico entre 0,80 y 0,60 milímetros. En esta investigación se sustituye la arena del bote normalizado por árido fino procedente de la región metropolitana de Manaus-AM. Las pruebas granulométricas indican que la arena recogida en este estudio es muy uniforme, bien graduada y tiene un diámetro característico máximo de 1,19 mm. La fracción granulométrica predominante clasifica el material particulado de Manaus como arena media (56,67%), con masa específica seca aparente y masa granulométrica respectivamente iguales a 1,5118 g/cm³ y 2,6042 g/cm³. Los ensayos de campo se realizaron en el

aparcamiento del Instituto Federal de Amazonas (IFAM), Campus Centro de Manaus, y las masas específicas aparentes «in situ» se obtuvieron con los frascos de arena estándar de $1.727,74 \text{ kg/m}^3$ y con el árido fino de Manaus de $1.620,13 \text{ kg/m}^3$. El Grado de Compactación fue evaluado satisfactoriamente en función del error porcentual relativo, con vistas a la pavimentación en Amazonas.

Palabras clave: Ensayo Geotécnico. Arena Residual. Masa Específica. Contenido de Humedad. Control de Compactación.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o artigo Densidade “in situ”, do site Torres Geotecnia, a massa específica aparente seca pode ser determinada em campo pelo método do frasco de areia. O ensaio é normatizado pela NBR 7185:2016 Solo – Determinação da massa específica aparente, “In Situ”, com emprego do frasco de areia. O frasco de areia serve para controlar a compactação do solo nas construções de rodovias e vias urbanizadas, o ensaio do frasco de areia consiste em calcular a massa específica aparente seca e, conseqüentemente, o grau de compactação do solo (GC) em questão. No ensaio, primeiramente é necessário que se pese o frasco com areia de densidade conhecida em seu interior, em seguida posiciona-se a bandeja com orifício no centro na superfície do solo, limpa e nivelada. Com a marreta e a talhadeira, faz-se um furo no solo com mesmo diâmetro e profundidade de aproximadamente 15 cm, recolhendo-se o solo retirado da escavação do furo, pesando-o e determinando seu teor de umidade com o aparelho Speedy ou outro método de determinação de umidade, o que nos permitirá obter a massa específica aparente do solo seco “in situ”. O Grau de Compactação (GC) obtido é a relação entre as massas específica aparente seca obtida no campo e a massa específica aparente seca da curva de compactação realizada por meio da energia de Proctor, com valores expressos em porcentagem.

2 JUSTIFICATIVA

Pesquisas feitas no Laboratório de Mecânica dos Solos, do Departamento Acadêmico de Infraestrutura (DAINFRA/IFAM), constatou-se que o material particulado dentro do frasco de areia, vem da região sudeste do país, em especial do estado de São Paulo e, que a demanda pela reposição da areia juntamente com o próprio frasco são padronizados pela norma NBR 7185:2016. A aquisição do frasco de areia leva tempo para chegar ao destino, se for solicitada para a região metropolitana de Manaus ou para o interior do Amazonas, tal situação gera transtornos nas obras de pavimentação quando ocorre a escassez da areia padronizada do frasco, ocasionando dificuldades para a realização do ensaio laboratorial e o controle de compactação no campo. Diante deste cenário, justifica-se a proposta de substituir o agregado miúdo padronizado, do frasco de areia, para uma areia residual encontrada na região norte, em especial na região metropolitana de Manaus, suprimindo as demandas solicitadas do ponto de vista da viabilidade técnica e logística, com um prazo menor de entrega e mais disponibilização dentro dos recintos de comercialização, por exemplo, nas lojas de materiais de construção.

3 OBJETIVO GERAL

Verificar a viabilidade técnica na determinação da massa específica aparente do solo "in situ" por meio do frasco de areia com agregado miúdo da região metropolitana de Manaus para o controle de compactação de pavimentos rodoviários e obras de terra.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Coletar amostras de agregado miúdo da região metropolitana de Manaus para ensaios de caracterização e de classificação da areia residual.

Substituir o agregado miúdo do frasco da norma em vigor pelo material particulado da região Metropolitana de Manaus e aprovar seu uso na

determinação da massa específica aparente do solo "in situ" em relação ao material normatizado.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

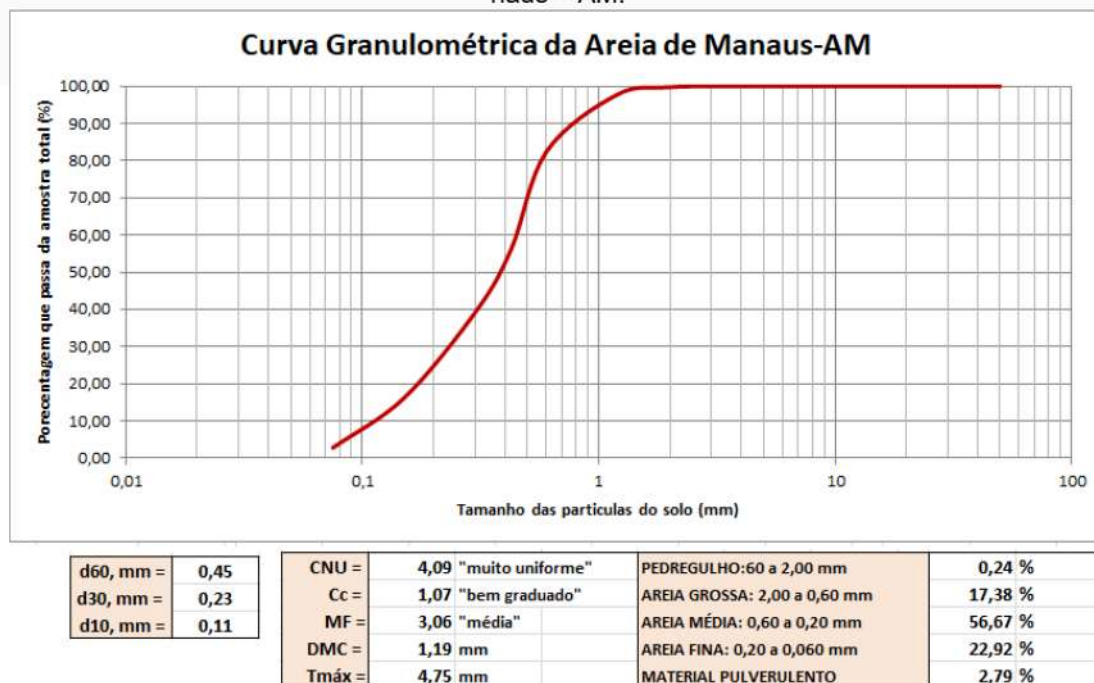
O projeto proposto consistiu no levantamento bibliográfico das normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. A aquisição da areia residual da região metropolitana de Manaus foi por meio de coleta da amostra "in situ" na zona norte da capital, no bairro Santa Etelvina. Após a coleta e transporte do agregado miúdo para o laboratório de Mecânica dos Solos, do Instituto federal do Amazonas (IFAM), realizou-se a determinação da umidade higroscópica e a secagem da amostra para a análise granulométrica conforme as respectivas normas da ABNT NBR 6457:2024 e NBR 17054:2022. Por meio do ensaio de granulometria e da Curva Granulométrica classificou-se a amostra de acordo com: o módulo de finura, frações de areia (grossa, média e fina) e o diâmetro máximo característico. Também se realizou a determinação das massas específica aparente e das partículas da areia residual coletada por meio da norma DNER ME 194/98. A próxima etapa consistiu em lavar o agregado miúdo em água corrente da torneira, entre as peneiras granulométricas com abertura de malha quadrada igual 2,00 mm e de 0,075 mm, para a retirada de solos finos (siltes e argilas) e resíduos de matéria orgânica. A quantidade de areia residual lavada era suficiente para o preenchimento do recipiente constituído pelo frasco com volume de cinco litros. Após a lavagem da areia residual, colocou-se para secagem na estufa elétrica com a temperatura variando de 105°C a 110°C até a constância de massa seca e, adotou-se a seleção da faixa granulométrica do material particulado a ser preenchido no frasco de areia de cinco litros. A etapa final consistiu em realizar no campo o ensaio, preconizado pela norma DNER ME 092/94, da massa específica com o frasco de areia modificado e padronizado para fins de comparação dos pavimentos rodoviários.

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

O frasco de areia é padronizado, em norma, com agregado miúdo na faixa granulométrica compreendida entre 0,80 a 0,60 mm e possui textura grossa. Por meio dos ensaios de caracterização e da análise granulométrica do agregado miúdo coletado na região metropolitana de Manaus-AM, classifica-se como: areia média (56,67%), bem graduada, muito uniforme e com diâmetro máximo característico de 1,19 mm. A imagem 01 mostra a representação gráfica da curva granulométrica da areia residual da região metropolitana de Manaus-AM. A massa específica aparente seca e das partículas são respectivamente iguais a 1,511 g/cm³ e 2,605 g/cm³ conforme exposto nas tabelas 01 e 02. Adotou-se nesta pesquisa a areia da região metropolitana de Manaus, lavada em água potável e retidas entre as peneiras de abertura de 0,60 a 0,20 mm para enchimento do frasco com capacidade de 5 litros.

O ensaio realizado no campo com o frasco de areia padrão obteve-se massa específica aparente “In Situ” igual a 1.727,74 kg/m³ e com o frasco de agregado miúdo de Manaus o valor de 1.620,13 kg/m³. A imagem 02 apresenta a calibração e o ensaio da massa específica “in situ” com o frasco de areia com o agregado miúdo da região metropolitana de Manaus-AM.

Imagem 1: Gráfico da curva granulométrica da areia residual da região metropolitana de Manaus – AM.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Tabela 1: Massa específica aparente da areia da região metropolitana de Manaus-AM.

MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO AGREGADO MIÚDO SECO (ρ_d)								
AREIA DE MANAUS	RECIPIENTE METÁLICO				Recipiente c/ solo seco (g)	Massa total do solo seco (g)	Volume total (cm³)	ρ_d
	Dimensões do recipiente (cm)			Massa (g)				
	COMP.	LARG.	ALT.					
AMOSTRA - 01	9,23	9,47	9,56	1115	2380,5	1265,5	835,62	1,51444
AMOSTRA - 02	9,33	9,17	9,58	1104,8	2341,8	1237	819,63	1,50922
Massa Esp.Aparente do Agregado Miúdo Seco (g/cm³) =								1,51183

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Tabela 2: Massa específica das partículas da areia da região metropolitana de Manaus-AM.

MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO PELO FRASCO DE CHAPMAN (DNER ME 194/98)						
AREIA DE MANAUS	Massa Total do Agregado Miúdo Seco (g)	LEITURAS (ml)		Volume Total (cm³)	ρ_s (g/cm³)	Diferença (g/cm³)
		L1	L2			
AMOSTRA - 01	500,00	200,0	391,0	191,0	2,6178	0,03
AMOSTRA - 02			393,0	193,0	2,59067	
Massa Específica das Partículas (ρ_s)					2,60424 g/cm³	
					2604,24 kg/m³	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Imagem 2: Calibragem do Frasco de Areia com o agregado miúdo de Manaus-AM.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Imagem 3: Execução da massa específica “in situ” com o frasco de areia.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

7 CONCLUSÃO

Esta pesquisa propôs inicialmente avaliar a viabilidade técnica ao substituir o material particulado do frasco de areia, padronizado por normas brasileiras em vigor, pela areia residual da região metropolitana da cidade de Manaus fazendo correlações entre as massas específica aparente seca obtida no campo e no laboratório do Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Centro.

A análise dos resultados sob a ótica do erro relativo percentual entre as massas específicas “in situ” com a areia da região metropolitana de Manaus e a areia normatizada do ensaio do frasco de areia ficou em torno de 6,00%.

Portanto, o resultado obtido do ponto de vista da construção de pavimentos rodoviários, é aceitável a substituição do material particulado, em especial para a realização do Controle de Compactação nas estradas vicinais do interior do Amazonas.

Sugere-se para uma nova pesquisa a utilização da areia de outras localidades da região Amazônica, cita-se como exemplo o agregado miúdo do médio Solimões do Brasil, formado pelos municípios de Anori, Coari e Uarini que possui granulometria fina, logo propriedades físicas diferentes desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores gostariam de agradecer o apoio do Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Centro, do Programa de Pesquisa Científica por meio do Edital: nº005/2022/DPI/PPGI/IFAM/IC e do Departamento Acadêmico de Infraestrutura (DAINFRA) pelo uso do Laboratório de Mecânica dos Solos.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados: Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Solos: Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e de teor de umidade.** Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Solo: Ensaio de Compactação.** Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Agregados – Análise granulométrica. DNER ME 083/94.** Rio de Janeiro, 1994. 5 f.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia. DNER ME 092/94.** Rio de Janeiro, 1994. 5 f.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. DNER ME 194/98.** Rio de Janeiro, 1994. 5 f.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Solos – Determinação do teor de umidade. DNER ME 213/94.** Rio de Janeiro, 1994. 5 f.

TORRES GEOTECNIA. **DENSIDADE “In Situ”.** Disponível em: <https://www.torresgeotecnia.com.br/trabalho?pgid=lnkl3pu5-5187b6b9-46eb-4965-850c-7af249815efc>. Acesso em: 01 dez. 2024.

