

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
15 a 18 de Setembro de 2020 – Campinas - SP



Avaliação da influência da densidade real dos grãos na aplicabilidade de correlações para estimativa de peso específico de solos

Talita Menegaz

Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Brasil, tm.menegaz@hotmail.com

Edgar Odebrecht

Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Brasil, edgar@geoforma.com.br

Helena Paula Nierwinski

Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, helena.paula@ufsc.br

Fernando Schnaid

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, fschnaid@gmail.com

RESUMO: Existem diversas correlações na literatura que permitem uma estimativa do peso específico (γ_t) para solos naturais, todavia quando tratamos de materiais cuja densidade real dos grãos (G) foge da faixa dos solos naturais para as quais as correlações foram desenvolvidas, surgem dúvidas, como ocorre na interpretação de ensaios em rejeitos de mineração. Sendo assim, o presente trabalho visa verificar a aplicabilidade de correlações existentes para determinação do peso específico em diferentes tipos de solo, abrangendo uma faixa mais ampla de variação de valores de G , o que permitirá verificar se as correlações existentes são aplicáveis a todos os materiais estudados. Para isso, um banco de dados será elaborado, com base em resultados de ensaios, para que se possa comparar os valores do peso específico estimado por meio de correlações com aqueles efetivamente verificados através de ensaios. Dentre as informações que compõem o banco de dados estão: informações gerais do material, índices físicos e resultados de ensaios de CPTu. O banco de dados engloba resultados de ensaios em rejeitos de mineração, depósito de areia e dados referentes a um depósito de argila. Ao final da pesquisa, será apresentada a faixa de aplicabilidade confiável de cada correlação, permitindo identificar possíveis lacunas que possam afetar a segurança de um projeto de engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio CPTu, Correlações, Peso Específico, Densidade Real dos Grãos.

ABSTRACT: There are several correlations in the literature that allow an estimate of the soil unit weight (γ_t) for natural soils, but when dealing with materials whose actual specific gravity of solids is outside the range of natural soils for which the correlations were developed, doubts arise, as occurs in the interpretation of tests on mining tailings. Therefore, this work aims to verify the applicability of existing correlations for determining the specific gravity in different types of soils, covering a wider range of variation of G values, which will allow verification of whether the existing correlations are applicable to all the materials studied. For this, a database will be elaborated, based on test results, so that one can compare the values of soil unit weight estimated through correlations with those effectively verified through tests. Among the information that makes up the database are: general information of the material, physical indices, and CPTu test results. The database includes test results from mining tailings, a sand deposit, and data from an clay deposit. At the end of the research, the range of reliable applicability of each correlation will be presented, allowing the identification of possible gaps that may affect the safety of an engineering project.

KEYWORDS: CPTu test, Correlations, Soil Unit Weight, Specific Gravity of Solids.



1 Introdução

Uma investigação geotécnica adequada é necessária para o entendimento do comportamento do solo, ela é geradora de dados geotécnicos de laboratório e campo, os quais permitem ao projetista a previsão do comportamento do maciço de solo estudado, oferecendo mais segurança para o desenvolvimento de projetos. Segundo Lunne, Robertson e Powell (1997), os ensaios de campo e laboratório se complementam entre si, entretanto, os ensaios de campo apresentam alguns atrativos. Um deles é o ensaio de penetração de cone (CPT) ou piezocone (CPTu), o qual é realizado através da cravação no solo de um conjunto de hastes de aço e uma ponta cônica, com o auxílio de um sistema de reação montado na superfície do terreno. Neste ensaio são medidas continuamente as grandezas: resistência de ponta (q_c), atrito lateral (f_s) e a poro pressão gerada (u). A combinação destes valores permite determinar também os parâmetros utilizados para a avaliação do comportamento do solo, sendo eles a resistência de ponta normalizada (q_{c1} , Q_t e Q_{tn}), a resistência normalizada de atrito (F_r), o parâmetro de poro pressão (B_q), o índice de comportamento de material (I_c e I_{crw}), assim como todos os demais parâmetros e resistência e análises de potencial de liquefação. A literatura apresenta diversas correlações para obtenção destes parâmetros geotécnicos a partir de resultados de ensaios CPTu (Kulhawy e Mayne (1990); Schmertmann (1978); Teh e Houlsby (1991); Larsson e Mulabdic (1991); Lunne, Robertson e Powell (1997)), no entanto, uma das informações essenciais na interpretação do ensaio é o valor do peso específico natural do solo (γ_t).

Os métodos apresentados pela literatura para determinação de γ_t a partir de resultados do ensaio de cone utilizam a resistência de ponta corrigida (q_t), o atrito lateral (f_s) e ainda o valor da velocidade da onda cisalhante (V_s) através do solo. Estes métodos consistem em formulações empíricas desenvolvidas a partir de banco de dados de solos naturais, englobando geralmente uma faixa de valores de densidade real dos grãos (G), variando geralmente entre 2,5 e 2,7 (MAYNE, 2007). Algumas propostas específicas buscam atender solos orgânicos, para valores de G variando de 1,45 a 2,33 (LENGKEEK, de GREEF e JOOSTEN, 2018). Todavia, considerando-se a extensa aplicabilidade dos ensaios de cone, englobando tanto depósitos de solos moles, quanto de rejeitos de mineração, existe a necessidade de avaliação de correlações para estimativa do peso específico para faixas mais amplas de valores de densidade real dos grãos, para os quais as correlações disponíveis na literatura podem apresentar limitações.

Neste contexto, o presente estudo consiste na compilação e organização de um banco de dados de resultados de ensaios de cone e ensaios de laboratório, englobando solos de rejeito de mineração de bauxita, zinco e ouro, com valores de densidade real dos grãos acima da média dos solos naturais, e depósitos de solos argilosos e arenosos. Pretende-se verificar a aplicabilidade de relações de estimativa de peso específico existentes e verificar qual método melhor se enquadra para estes dados ou se existe a necessidade de um método mais completo. O estudo será embasado em análises estatísticas, com auxílio do *software* estatístico *R Studio*®.

2 Referencial Teórico

2.1 Métodos de Estimativa de Peso Específico Natural do Solo

Diversas são as propostas presentes na literatura para determinação do peso específico natural do solo (γ_t), dentre elas podemos citar Mayne (2001), Mayne (2007), Robertson e Cabal (2010), Mayne e Peuchen (2012) e Mayne (2014). O método de Mayne (2001) apresenta um equacionamento para a estimativa de peso específico saturado (γ_{sat}), o equacionamento baseia-se no valor da velocidade da onda cisalhante, o qual pode ser obtido através de ensaios de cone sísmico (SCPTu). Este equacionamento foi apresentado pelo autor com o intuito de obter o módulo de cisalhamento máximo G_{max} , a partir de valores de V_s , o qual depende do peso específico do solo. Neste método, o autor utilizou um banco de dados mais extenso, englobando 727 observações, com um compilado global de valores de velocidade de onda cisalhante, englobando diversos tipos de geomateriais saturados, desde argilas até pedregulhos e rochas. Na Equação 1, podemos verificar o resultado do método.



$$\gamma_{sat} = 8.32 \log(V_s) - 1.61 \log(z) \quad (1)$$

Onde:

z = profundidade (m).

O método de Mayne (2007), constitui uma versão alternativa do método de Mayne (2001), mas em termos da velocidade cisalhante normalizada pelo nível de tensões. A velocidade cisalhante normalizada é denominada de V_{s1} e é definida como $V_{s1} = V_s (m/s) / (\sigma'_{v0} / \sigma_{atm})^{0.25}$, onde σ_{atm} é a pressão atmosférica, adotada como sendo igual a 100 kPa. O peso específico definido pela proposta de Mayne (2007) trata-se do peso específico saturado e pode ser obtido por meio da Equação 2.

$$\gamma_{sat} = 4.17 \ln(V_{s1}) - 4.03 \quad (2)$$

Para desenvolver a correlação proposta por Robertson e Cabal (2010), como pode-se ver na Equação 3, foram combinadas experiências e correlações entre a velocidade de onda e peso específico do solo (MAYNE, 2007), juntamente com relações entre o peso específico e resultados de ensaio DMT (MARCHETTI, 1980). Assim, Robertson e Cabal (2010) desenvolveram contornos aproximados de valores de peso específico em função de parâmetros adimensionais de resistência (q_t/σ_{atm}) e atrito lateral ($R_f = f_s/\sigma_{atm}$).

$$\gamma/\gamma_w = 0.27 [\log R_f] + 0.36 [\log(q_t/pa)] + 1.236 \quad (3)$$

Onde:

R_f = Razão de atrito x 100%; q_t = Resistência de ponta corrigida; γ_w = Peso específico da água (kPa) e, σ_{atm} = Pressão atmosférica (kPa).

Robertson e Cabal (2010), ainda destacam que a grande maioria dos solos apresenta uma densidade real dos grãos (G) na faixa de 2,5 a 2,7 e para solos com G fora desta faixa, pode ocorrer alguma interferência na correlação proposta dada pela equação anterior, então propuseram a Equação 4, onde é introduzido o valor de G .

$$\gamma/\gamma_w = \left[0.27 [\log R_f] + 0.36 \left[\log \left(\frac{q_t}{pa} \right) \right] + 1.236 \right] G/2.65 \quad (4)$$

Já para Mayne e Peuchen (2012), a primeira avaliação dos autores consistiu em relacionar o peso específico dos materiais com o respectivo índice de plasticidade, verificando uma tendência de redução do peso específico com o aumento da plasticidade do material. Como o índice de plasticidade não é obtido por meio do ensaio de cone, os autores investigaram e identificaram uma relação entre o índice de plasticidade e a razão entre a resistência de ponta e a profundidade, denominada de m_q ($m_q = q_t/z$). Análises foram realizadas e obteve-se duas equações sendo elas Equação 5 e 6 como apresentado a seguir.

$$\gamma_t = \gamma_w + m_q/8 \quad (5)$$

$$\gamma_t = 0.636 (q_t)^{0.072} (10 + m_q/8) \quad (6)$$

Uma metodologia diferenciada é proposta por Mayne (2014) para estimar o peso específico dos solos através de resultados de ensaio CPTu, baseando-se apenas na relação do peso específico com medidas de atrito lateral do cone (f_s). O equacionamento proposto é apresentado pelas Equações 7 e 8.

$$\gamma_t = 26 - \frac{14}{1 + [0.5 \cdot \log(f_s + 1)]^2} \quad (7)$$



$$\gamma_t \approx 12 + 1.5 \ln(f_s + 1) \quad (8)$$

2.2 Análise Estatística

Nos métodos de estimativa de peso específico natural, os quais são apresentados na literatura, correlação é a palavra-chave. Pode-se dizer que o conceito de correlação se refere a uma ligação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente, em uma relação de causa e efeito. Quando duas variáveis estão caminhando para um mesmo sentido, diz-se que as mesmas estão positivamente correlacionadas e quando caminham em sentidos opostos, negativamente correlacionadas (BAECHER E CHRISTIAN, 2003; BARBETTA *et al.*, 2010).

O coeficiente de correlação linear de Pearson (R) é uma análise estatística utilizada para determinação de força ou intensidade ou, ainda, o grau de relação linear entre duas variáveis. O sinal do coeficiente é responsável por expressar o sentido da correlação, e a intensidade é representada por um valor numérico, o qual oscila entre -1 e 1. Quando não existe qualquer sinal de relação linear, R é igual a 0 (STEVENSON 2001; BARBETTA, REIS e BORNIA, 2010).

Com auxílio do *software* estatístico *R Studio*®, as análises entre os valores de peso específico do solo medido em ensaios e peso específico do solo obtido através de correlação foram realizadas, para que fosse possível avaliar o desempenho dos métodos de estimativa para cada tipo de solo.

3 Metodologia

Para que fosse possível atingir o objetivo da pesquisa, um banco de dados com resultados de investigação geotécnica realizada em depósitos brasileiros foi criado. Através de resultados de ensaios CPTu e SCPTu, foi possível parâmetros de análise dos solos e rejeitos de mineração presentes no estudo.

3.1 Montagem e Concepção do Banco de Dados

O banco de dados obtido é formado por 375 observações, resultantes de investigações realizadas em 7 diferentes depósitos brasileiros. Nestes depósitos estão presentes rejeitos de mineração de bauxita, zinco e ouro e solos argilosos e arenosos. Os itens levantados no banco de dados basearam-se na definição dos principais parâmetros a serem utilizados na análise estatística para a aplicação de correlações já existentes, possibilitando assim, verificar seu desempenho junto aos dados compilados. Um roteiro dos procedimentos utilizados para que se desenvolvesse o banco de dados de parâmetros para análise deste trabalho é apresentado nos itens abaixo:

- Coleta dos dados de ensaios CPTu e SCPTu, os quais foram planilhados em Excel;
- Definição das profundidades nas quais estavam disponíveis dados completos, com densidade real dos grãos (G) definida e valores de peso específico do solo medidos;
- Cálculo dos parâmetros médios de q_t , f_s e u , correspondentes à profundidade na qual estavam disponíveis os dados de peso específico e G . Para o cálculo dos valores utilizou-se uma média, (calculada com 30 cm acima e 30 cm abaixo do ponto), em relação à profundidade dos ensaios de laboratório;
- Inserção dos primeiros dados na planilha, iniciando pelo local de retirada dos dados, seguido do tipo de solo, código dado ao local de estudo, profundidade, nível de água, umidade, parâmetro de resistência de ponta do cone (q_t), resistência de ponta média (q_t médio), atrito lateral (f_s), atrito de lateral médio (f_s médio), poropressão (u), poropressão (u médio), peso específico natural (γ_t) densidade real dos grãos (G), parâmetro de poropressão (B_q), razão de atrito (R_f) e índice de vazios (e).



3.2 Processo de Verificação de Métodos Presentes na Literatura

Nesta etapa do estudo, utilizaram-se os métodos presentes na literatura para estimativa de peso específico para solos naturais. Os resultados obtidos na aplicação destas equações foram comparados aos valores referentes aos ensaios geotécnicos.

Juntamente ao banco de dados formado com os parâmetros para análise de correlações entre ensaio CPTu e SCPTu, as equações foram lançadas na planilha do *software Excel®*. Cada uma das correlações foi inserida em uma coluna, ordenada pelo autor e ano de desenvolvimento, partindo do mais antigo para o mais recente.

Nos primeiros dois métodos citados na tabela, ambos de Mayne (2001; 2007), foi necessário o valor de velocidade de onda cisalhante (V_s) para cálculo, porém o número de dados em que se obteve esse parâmetro foi limitado, o que consequentemente reduziu o número de resultados de correlações presentes para estes dois métodos.

Para que se pudesse fazer uma avaliação entre os valores calculados pelas correlações apresentadas nos métodos e os valores de peso específico presentes nos resultados dos ensaios geotécnicos, o *software R Studio®* foi utilizado como ferramenta estatística. A utilização do coeficiente de correlação linear de Pearson (R), foi escolhido para avaliar se duas ou mais variáveis se relacionam, e através dele determinar se os métodos de estimativa do peso específico para solos naturais apresentam valores coerentes com os resultados medidos em ensaios. Isso pode ser analisado através dos valores de R gerados pelas correlações entre duas variáveis.

4 Resultados

4.1 Banco de Dados

Através dos dados obtidos pelos ensaios geotécnicos avaliados foi possível organizar de forma otimizada o banco de dados, para que se pudesse atingir os objetivos da pesquisa. O banco de dados foi dividido por tipo de solo, iniciando com dados de argila e findando com rejeitos de mineração de ouro. Nas Tabelas 1 a 5 é possível observar os dados apresentados por faixa de profundidade e valores dos parâmetros γ_t , q_t , f_s , G e R_f .

Tabela 1. Banco de dados de argila

Prof.(m)	γ_t (kN/m ³)	q_t (MPa)	f_s (kPa)	G	R_f
2,5 – 7	9,6 – 18,6	0,12 – 1,32	2,96 – 46,3	1,35 – 2,75	0,4 – 6,95
7,4 – 11,8	11,5 – 19,5	0,15 – 1,47	0,12 – 18,87	2,22 – 2,67	0,96 – 4,03

Tabela 2. Banco de dados de areia

Prof.(m)	γ_t (kN/m ³)	q_t (MPa)	f_s (kPa)	G	R_f
3 – 9	19,3 – 20,3	2,13 – 23,3	7,49 – 80,7	2,7	0,19 – 0,60
10 – 15	18,8 – 20,7	1,51 – 27,15	4,04 – 87,07	2,7	0,12 – 1,62
16 – 20	15,2 – 21,5	1,49 – 15,78	4,72 – 50,22	2,7	0,09 – 2,35
21 – 25	15,2 – 20,7	1,07 – 9,83	9,48 – 35,43	2,7	0,16 – 1,58
26 – 30	20,4 – 21,4	3,06 – 13,95	14,10 – 77,33	2,7	0,14 – 1,96

Tabela 3. Banco de dados de rejeito de mineração de bauxita

Prof.(m)	γ_t (kN/m ³)	q_t (MPa)	f_s (kPa)	G	R_f
1 – 4,75	13,5 – 20,4	0,03 – 0,99	0,5 – 13,36	2,39 – 3,36	0,26 – 14,48
5 – 10	14,5 – 21,4	0,03 – 2,0	0,79 – 17,49	2,85 – 3,22	0,48 – 3,58
11 – 15	16,4 – 20,4	0,39 – 0,95	4,48 – 23,29	2,88 – 3,14	0,68 – 3,63
16 – 20	15,6 – 20,3	0,73 – 1,95	6,82 – 19,11	2,98 – 3,14	0,93 – 2,74



Tabela 4. Banco de dados de rejeito de mineração de zinco

Prof.(m)	γ_t (kN/m ³)	q_t (MPa)	f_s (kPa)	G	R_f
1 – 5	11,3 – 13,6	0,03 – 0,22	0,14 – 2,57	3,28 – 3,35	0,28 – 1,56
6 – 12	12,6 – 14,3	0,22 – 1,10	1,77 – 16,99	3,29 – 3,37	0,5 – 1,62

Tabela 5. Banco de dados de rejeito de mineração de ouro

Prof.(m)	γ_t (kN/m ³)	q_t (MPa)	f_s (kPa)	G	R_f
1 – 4	18,8 – 19,7	0,15 – 0,43	2,61 – 16,7	2,86	0,38 – 4,41
5 – 7	19,7 – 19,9	0,31 – 1,01	2,33 – 22,9	2,86	0,57 – 4,58

4.1 Verificação de Métodos Presentes na Literatura

Através do *software* estatístico *R Studio*®, as correlações foram geradas e analisadas para cada tipo de solo. Os solos que puderam ser verificados nos métodos de Mayne (2001) e Mayne (2007), são os rejeitos de mineração de bauxita, rejeito de mineração de zinco e depósito de solo arenoso. Os demais solos só foram avaliados segundo os métodos em que não se necessitava do parâmetro de velocidade de onda cisalhante (V_s).

Nas Tabelas de 7 e 8 é possível verificar os resultados obtidos para solo arenoso, rejeito de mineração de bauxita, rejeito de mineração de zinco e rejeito de mineração de ouro, os quais foram avaliados nos 5 métodos. Na Tabela 6, devido a falta do valor de velocidade de onda cisalhante para solo argiloso, os métodos Mayne (2001) e Mayne (2007) não foram calculados.

Tabela 6. Análise de métodos para argila

Método	Equação	R
Robertson e Cabal, 2010	Equação 3	-0,11
	Equação 4	0,40
Mayne e Peuchen, 2012	Equação 5	-0,034
	Equação 6	-0,034
Mayne, 2014	Equação 8	-0,16

Tabela 7. Análise de métodos para areia

Método	Equação	R
Mayne, 2001	Equação 1	-0,24
Mayne, 2007	Equação 2	-0,50
Robertson e Cabal, 2010	Equação 3	0,20
	Equação 4	0,20
Mayne e Peuchen, 2012	Equação 5	0,13
	Equação 6	0,13
Mayne, 2014	Equação 8	0,17

Tabela 8. Análise de métodos para rejeitos de mineração

Método	Equação	Rejeito de Bauxita	Rejeito de Zinco	Rejeito de Ouro
		R	R	R
Mayne, 2001	Equação 1	0,50	0,28	-0,45
Mayne, 2007	Equação 2	0,40	-0,01	-0,41
Robertson e Cabal, 2010	Equação 3	0,33	0,79	0,65
	Equação 4	0,42	0,78	0,65
Mayne e Peuchen, 2012	Equação 5	0,20	0,43	-0,38
	Equação 6	0,22	0,64	-0,22
Mayne, 2014	Equação 8	0,30	0,85	0,35



Como apresentado na estatística, os valores de correlações podem variar de -1 a 1, sendo considerado o sinal como indicativo de sentido e a intensidade medida pelo valor numérico. Desta forma avaliou-se que para o solo argiloso, a única correlação em sentido positivo, apresentando um $R = 0,40$, se dá pelo método de Robertson e Cabal (2010) na equação de número 4, a qual trás em sua fórmula o parâmetro G . Os demais métodos apresentaram sentido negativo para este solo, com o valor numérico demonstrando menor intensidade através de Mayne (2014).

Para o solo arenoso, igualmente observou-se o método Robertson e Cabal (2010), desta vez com suas duas equações (3 e 4), demonstrando sentido positivo, através de $R = 0,20$, mesmo assim o valor está distante de 1, o que nos demonstra que pode haver uma correlação entre os valores, porém não muito expressiva. Já para os métodos Mayne (2001) e Mayne (2007), observou-se sentido negativo de correlação, com valores de $R = -0,24$ e $R = -0,50$, respectivamente.

Iniciando a análise dos rejeitos de mineração, inicia-se com o rejeito de mineração de bauxita, no qual não houve correlação em sentido negativo em nenhum dos métodos analisados, porém valores numéricos baixos em todos os métodos, sendo o mais próximo de 1, o método dado por Mayne (2001), apresentando um $R = 0,50$.

O segundo rejeito analisado é o rejeito de mineração de zinco, onde de todas as análises foi o material que apresentou um valor de correlação mais próximo de 1, no método de Mayne (2014), com um $R = 0,85$. Todavia, com outro método do mesmo autor, Mayne (2007), obteve-se a correlação de sentido negativo, com valor de $R = -0,01$.

O último rejeito analisado é o rejeito de mineração de ouro, o qual apresentou correlações nos sentidos negativos e positivos, trazendo como o método positivo e de valor numérico mais significativo Robertson e Cabal (2010) em suas duas equações (3 e 4), com um $R = 0,65$. A correlação de sentido negativo com valor numérico mais próximo de -1, se deu por Mayne (2001), com $R = -0,45$.

Na Tabela 11, apresentam-se os resultados de todos os solos presentes no banco de dados, agrupados, considerando cada método.

Tabela 11. Análise de todos os solos presentes no banco de dados

Método	Equação	R
Mayne, 2001	Equação 1	0,76
Mayne, 2007	Equação 2	0,56
Robertson e Cabal, 2010	Equação 3	0,50
	Equação 4	0,52
Mayne e Peuchen, 2012	Equação 5	0,35
	Equação 6	0,35
Mayne, 2014	Equação 8	0,46

Quando se avaliou todos os solos agrupados, pode-se observar que todas as correlações tiveram sentido positivo, porém numericamente o método mais satisfatório se deu por Mayne (2001), com um $R = 0,76$. Cabe salientar que, nos métodos Mayne (2001) e Mayne (2007), devido a dependência do valor medido da velocidade de onda cisalhante (V_s), os dados eram bastante limitados para o teste de correlação e alguns como no caso da argila, nulos. Então, o método observado como mais próximo numericamente de 1 para todos os solos, se dá pelo método de Robertson e Cabal (2010) com a equação 4, a qual considera o parâmetro G em sua formulação, apresentando um $R = 0,52$. O método numericamente mais distante de 1, se deu pelo método Mayne e Peuchen (2012), através das duas equações (5 e 6), com um R equivalente a 0,35 em ambas.

5 Conclusões

Conforme verificado através da análise apresentada não há uma equação/correlação que permite a estimativa do peso específico que atenda todos os tipos de solos com acurácia e fundamentação estatística. O valor de γ_t , extremamente importante na interpretação dos resultados de uma investigação geotécnica e consequentemente na tomada de decisão de projetos de engenharia, quando efetuado a partir dos resultados do ensaio de CPTu utilizando planilhas de cálculo ou software de interpretação onde o usuário não tem como

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 15 a 18 de Setembro de 2020 – Campinas - SP



adequar este valor, pode conduzir a interpretações inadequadas. Esforços desempenhados por empresas de equipamentos e executores de investigação geotécnica na busca de acurácia nos resultados dos ensaios pode ser prejudicado por uma interpretação inadequada. Esta conclusão vem no sentido de alertar consultores, projetistas e pesquisadores da importância do tema e na importância da correta estimativa do peso específico, no momento da interpretação dos resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Geoforma Engenharia Ltda pelo fornecimento dos dados da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbetta, P. A.; Reis, M. M.; Bornia, A. C. *Estatística para Cursos de Engenharia e Informática*. 3ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- Lambe, T. W.; Whitman, R. V. *Soil mechanics SI version*. John Wiley & Sons, 1969.
- Lengkeek, H. J.; De Greef, J.; Joosten, S. *CPT based unit weight estimation extended to soft organic soils and peat*. In: Cone Penetration Testing 2018. CRC Press, 2018. p. 389-394. p.
- Lunne, T.; Robertson, P. K. & Powell, J.J.M. *Cone Penetration Testing*. Londres: Blackie Academic & Professional. 1997.
- Mayne, P. W. *Cone penetration testing*. Transportation Research Board, 2007.
- Mayne, P. W.; Peuchen, J.; Bouwmeester, D. Soil unit weight estimation from CPTs. *sat*, v. 227, p. 3, 2010.
- Mayne, P. W.; Peuchen, J. *Unit weight trends with cone resistance in soft to firm clays*. In: Geotechnical and Geophysical Site Characterization: Proceedings of the 4th International Conference on Site Characterization ISC-4. Taylor & Francis Books Ltd, 2013. p. 903-910.
- Mayne, P. W. *Interpretation of geotechnical parameters from seismic piezocone tests*. In: Proceedings, 3rd International Symposium on Cone Penetration Testing. 2014. p. 47-73.
- Robertson, P. K.; Cabal, K. L. *Estimating soil unit weight from CPT*. In: 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing. 2010. p. 2-40.
- Stevenson, W. J. *Estatística aplicada a administração*. 1ed. São Paulo: Harbra, 2001.