

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

O que se determina no ensaio de Proctor?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

A curva de compactação através da correlação entre o peso específico aparente seco, umidade e a energia utilizada no processo de compactação



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Por que a compactação aumenta a resistência do solo?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

A compactação aumenta a resistência do solo porque reduz o volume de vazios, aproximando as partículas e melhorando o intertravamento entre elas, o que intensifica as forças de atrito e, em solos coesivos, aumenta a coesão aparente. Esse rearranjo das partículas cria uma estrutura mais densa e estável, permitindo uma melhor distribuição de tensões e reduzindo a deformabilidade do solo. Além disso, a redução da porosidade diminui a permeabilidade, controlando o fluxo de água e evitando condições que poderiam comprometer a resistência.

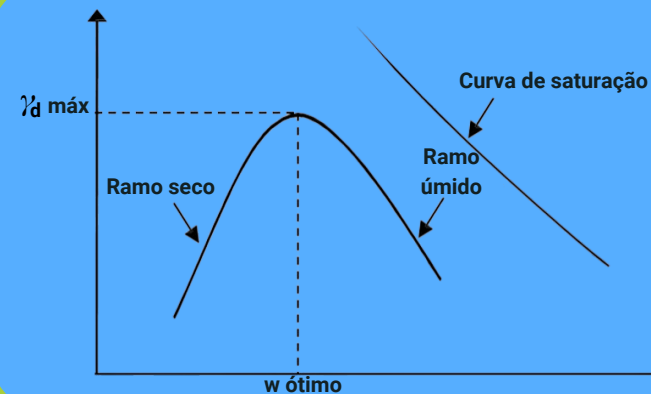


P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Desenhe uma curva de compactação e identifique o ramo seco, ramo úmido e a curva de 100% de saturação.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Por que é difícil compactar o solo no ramo seco?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Quais são os dois principais fatores que afetam a compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Por que é difícil compactar o solo no ramo úmido?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

No ramo seco a água forma meniscos que dificultam a movimentação das partículas e a redução de volume. Com o aumento da umidade, esses meniscos desaparecem, facilitando o deslizamento das partículas, permitindo maiores densidades secas.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

A energia de compactação e a umidade do solo.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

No ramo úmido, a água forma uma fase contínua com ar preso em bolhas oclusas. Neste estado, a compressão só ocorre pela expulsão de água, já que o ar preso em bolhas não consegue sair. Expulsar a água é mais difícil, o que explica a dificuldade em obter massas específicas maiores nesse caso.



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Quais são as etapas da compactação de campo?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Escolha da área de empréstimo, transporte, espalhamento, acerto da umidade do solo, compactação propriamente dita.



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual a diferença entre compactação e adensamento?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

A compactação no solo é a ação de reduzir o volume por meio da expulsão do ar dos vazios, enquanto o adensamento é a expulsão da água dos vazios.



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Explique como ocorre o fenômeno de campo conhecido como solo *borrachudo*.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

O termo *solo borrachudo* ocorre quando se insiste no processo de compactação com umidade elevada. A combinação das bolhas de ar oclusas e excesso de água fazem com que ao compactar, o solo comprima momentaneamente, retornando ao estado inicial, quando a pressão é aliviada, assim como uma borracha.



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Como a energia de compactação influencia na curva de compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

O que é a compactação do solo?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

O que é grau de compactação?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Quando o solo está com umidade abaixo da ótima, a aplicação de maior energia de compactação aumenta a massa específica seca. No entanto, quando a umidade está acima da ótima, maior esforço de compactação pouco ou nada aumenta a massa específica, pois não consegue expulsar o ar dos vazios.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

É o processo mecânico, em que se aplica uma energia de compactação para que haja a expulsão do ar presente nos vazios do solo.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

O grau de compactação do solo, é uma relação entre o peso específico do solo em campo e o peso específico máximo do mesmo obtido em laboratório através do ensaio de compactação. O grau de compactação é expresso em porcentagem.



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Como se dá o controle de compactação em campo?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual equipamento é recomendado para compactar solos finos?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Quais são os ensaios de campo para o controle da compactação mais comuns?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

O controle de compactação em campo ocorre por meio de ensaios de campo para determinação do peso específico aparente e umidade após a compactação. Esses ensaios permitem calcular o peso específico seco do solo, a umidade e o grau de compactação alcançado, comparando-os com os valores especificados.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Rolo pé de carneiro.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Para a determinação do peso específico aparente: frasco de areia e o cilindro de cravação. Para a determinação do teor de umidade: Speedy Test, método da queima da mistura de solo e álcool etílico não hidratado ou método da frigideira. Apesar do método da estufa ser o mais preciso para determinação da umidade, ele é muito demorado o que o torna inviável para realização em campo.



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Quais os ensaios normatizados que podem ser utilizados para determinar a curva de compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Como os aterros experimentais auxiliam na obra?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Quais são as energias de compactação do ensaio de Proctor?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Dinâmico (Proctor nas três energias) e estático (através de pressão sobre corpos de prova).



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Na seleção dos equipamentos a serem utilizados, na determinação das espessuras das camadas e nos números de passadas a fim de atingir o grau de compactação desejado.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

O ensaio de Proctor tem 3 tipos de energias de compactação normatizadas: normal, intermediária e modificada.

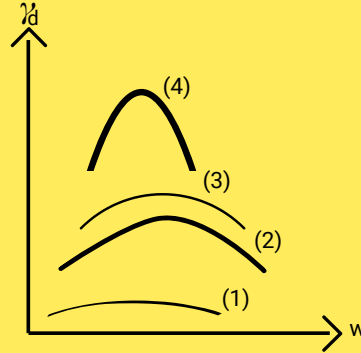


dobre e cole

dobre e cole

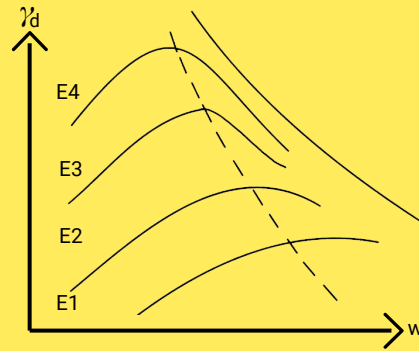
P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

As curvas de compactação da figura foram realizadas com a mesma energia de compactação. Quais são os prováveis tipos de solo de cada uma delas?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Dadas as curvas de compactação de um mesmo solo realizadas com diferentes energias de compactação, qual delas apresenta maior energia aplicada?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual o nome do ensaio em que se utiliza amostras de solos, num cilindro com volume de 1000 cm<sup>3</sup>, divididos em 3 camadas, aplicando-se 21 golpes em cada camada, com um soquete de 4,5kg a uma altura de queda de 45,7 cm?



- 1-Areia
- 2-Areia argilosa
- 3-Argila arenosa
- 4-Argila plástica



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



E4



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



Proctor intermediário.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual o nome do ensaio em que se utiliza amostras de solo, num cilindro com volume de  $2300 \text{ cm}^3$ , divididos em 5 camadas, aplicando-se 12 golpes em cada camada, com um soquete de 4,5 kg a uma altura de queda de 45,7 cm?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Quais características podem ser melhoradas em decorrência da compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual o equipamento mais recomendado para compactação de um solo granular no campo?



Proctor normal.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



Condutividade hidráulica, compressibilidade e resistência.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



Rolos vibratórios.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



dobre e cole



dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Em que situação soquetes manuais de ar comprimido são recomendados para compactação em campo?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Por que se realiza a compactação do solo na construção civil?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Por que um aterro compactado no ramo seco tem alta resistência, mas baixa estabilidade?



Para compactar junto as paredes em espaços de difícil acesso pelos rolos compressores.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

A compactação aumenta o peso específico do solo com a redução do ar nos vazios. Como ocorre uma aproximação dos grãos, o atrito entre as partículas aumenta, resultando em uma estrutura mais densa e estável, permitindo uma melhor distribuição de tensões e reduzindo a deformabilidade do solo.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

Porque a água em solos compactados no ramo seco da curva está, em sua maioria, na forma de meniscos, gerando uma coesão aparente que liga as partículas como um cimento (sucção). Mas essa resistência não é permanente, o aumento da saturação provocado por chuva, por exemplo, faz os meniscos desaparecerem, diminuindo ou removendo por completo o efeito da coesão aparente.



dobre e cole

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Em relação a preparação das amostras, cite 2 variações comuns do ensaio de compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

O peso específico seco máximo da curva de compactação de um aterro é 19,5 kN/m³. Para a mesma energia em campo, o peso específico natural é de 15 kN/m³ e o teor de umidade é 12,3%. Qual é o grau de compactação desse aterro?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual ensaio de compactação é geralmente utilizado como referência para a compactação das camadas mais nobres dos pavimentos?



Ensaio sem reuso do material, sem secagem prévia e utilização de solo com pedregulhos.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$
$$\gamma_d = \frac{15 \text{ kN/m}^3}{(1 + 0,123)} = 13,36 \text{ kN/m}^3$$
$$GC = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{\gamma_d(\text{máx})} \times 100$$
$$GC = \frac{13,36}{19,5} \times 100 = \underline{\underline{68,5\%}}$$



Proctor modificado.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A



dobre e cole

dobrar e colar

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual é a umidade de um solo com peso específico seco máximo de 19 kN/m³ e peso específico natural de 21,66 kN/m³?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

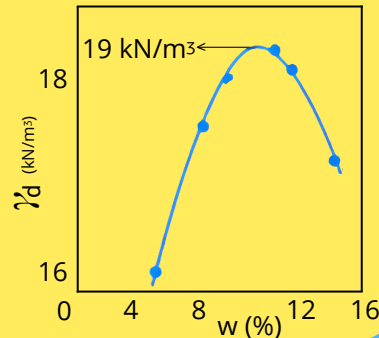
$$19 \text{ kN/m}^3 = \frac{21,66 \text{ kN/m}^3}{(1 + w)}$$

$$w = \underline{\underline{14\%}}$$



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Um solo foi submetido ao ensaio de frasco de areia obtendo os seguintes resultados: a massa do solo úmido é 3,007 kg, o volume do furo é 0,0014426 m³ e o teor de umidade é 10,2%. Utilizando os resultados do ensaio de Proctor normal, representados na curva de compactação ao lado, determine o grau de compactação desse solo.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$\rho = \frac{\text{massa de solo}}{\text{volume do furo}} = \frac{3,007}{0,0014426} = 2084,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma = \rho \times g = \frac{2084,4 \times 10}{1000} = 20,84 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} = \frac{20,84}{(1 + 0,102)} = 18,91 \text{ kN/m}^3$$

$$GC = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{\gamma_d(\text{máx})} \times 100 = \frac{18,91}{19}$$

$$GC = \underline{\underline{99,55\%}}$$



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Determine o teor de umidade de uma das amostras do ensaio de compactação Proctor Normal sabendo que a massa da cápsula + solo + água é igual a 111,58 g, a massa da cápsula + solo seco é 103,7g, e a massa da cápsula é igual 37,88g.



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$w = \frac{m_a - m_s}{m_s} \times 100$$

$$w = \frac{111,58 - 103,70}{103,70 - 37,88} \times 100$$

$$w = \underline{\underline{12\%}}$$



dobrar e colar

dobrar e colar

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual a equação utilizada para traçar as curvas de igual saturação na curva de compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Se as especificações de compactação determinam que o grau de compactação em campo deve ser de 98%, qual deve ser o peso específico seco do solo em campo, sabendo que o peso específico seco máximo de laboratório foi de 17,64 kN/m³?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual é o teor de umidade correspondente ao peso específico seco de 15,9 kN/m³ na curva de 90% de saturação, sabendo que o Gs do solo é 2,70?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s \times S \times \gamma_w}{(S \times \gamma_w) + (\gamma_s \times w)}$$

$\gamma_d$  → Peso específico seco

$\gamma_s$  → Peso específico dos sólidos

$\gamma_w$  → Peso específico da água

S → Grau de saturação

w → Umidade



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$GC = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{\gamma_d(\text{máx})} \times 100$$

$$98 = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{17,64 \text{ kN/m}^3} \times 100$$

$$\gamma_d(\text{campo}) = \underline{\underline{17,29 \text{ kN/m}^3}}$$



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{\frac{1}{G_s} + \frac{w}{S}}$$

$$15,90 \text{ kN/m}^3 = \frac{1}{\frac{1}{2,70} + \frac{w}{0,90}}$$

$$w = \underline{\underline{5,33\%}}$$



dobrar e colar

dobre e cole

P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Um aterro exige grau de compactação de no mínimo 95% e desvio de umidade de +- 1,5%. Por ensaios de laboratório determinou-se que o peso específico seco máximo é 15,6 kN/m³ e umidade ótima é 22,5%. Qual a faixa de umidade o solo pode ser compactado e qual deve ser o menor peso específico de campo?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Qual é a equação usada para determinar a energia aplicada nos ensaios dinâmicos de compactação?



P  
E  
R  
G  
U  
N  
T  
A

Para a compactação de um solo em campo, determinou-se que o grau de compactação deve ser de 98%. Em laboratório o peso específico seco máximo determinado foi de 15,4 kN/m³ e umidade ótima 22,8%. Sabe-se que em campo o peso específico seco obtido foi de 15 kN/m³ e umidade de 20,6%. O desvio de umidade especificado é de +-1,5%. A camada compactada pode ser aceita?



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$GC = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{\gamma_d(\text{máx})} \times 100$$

$$95 = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{15,60 \text{ kN/m}^3} \times 100$$

$$\gamma_d(\text{campo}) = \underline{\underline{14,82 \text{ kN/m}^3}}$$

$$w = \underline{\underline{21\% \text{ a } 24\%}}$$



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$E = \frac{P \times H \times N \times n}{V}$$

E → Energia

P → Peso do soquete

H → Altura de queda do soquete

N → N° de golpes por camada

n → n° de camadas

V → Volume do solo compactado



R  
E  
S  
P  
O  
S  
T  
A

$$GC = \frac{\gamma_d(\text{campo})}{\gamma_d(\text{máx})} \times 100$$

$$GC = \frac{15 \text{ kN/m}^3}{15,4 \text{ kN/m}^3} \times 100 = 97,4\% \quad (\text{Não passou})$$

$$\Delta W = W_{(\text{campo})} - W_{(\text{ótima})}$$

$$\Delta w = 20,6 - 22,8 = 2,2\% \quad (\text{Não passou})$$

Logo a camada compactada não pode ser aceita já que o grau de compactação e a umidade estão fora das especificações estabelecidas.



dobre e cole