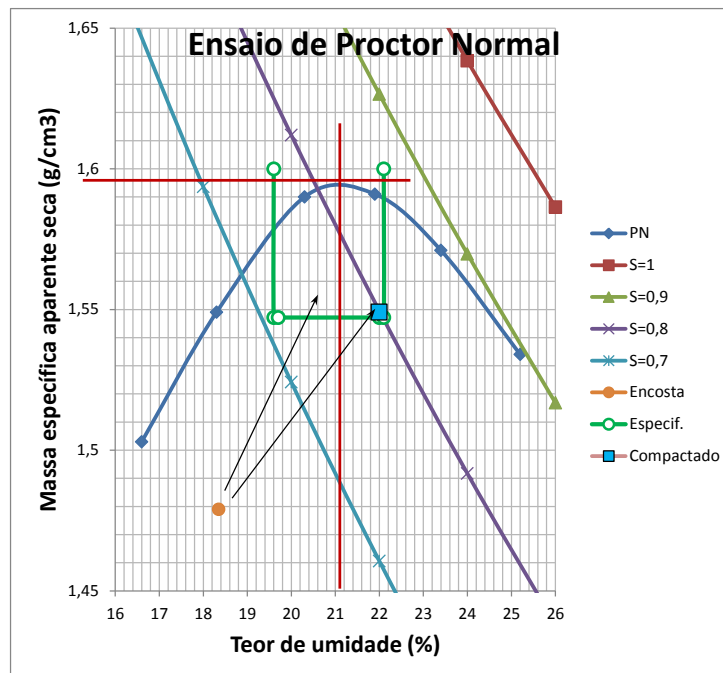


1) Determinação da umidade ótima e da densidade aparente seca máxima.

Corpo-de-prova	Teor de umidade (%)	Massa específica (g/cm ³)	Massa específica aparente seca (g/cm ³)
1	16,6	1,752	1,503
2	18,3	1,833	1,549
3	20,3	1,913	1,590
4	21,9	1,940	1,591
5	23,4	1,938	1,571
6	25,2	1,920	1,534



A massa específica seca máxima é 1,595 g/cm³ (ou peso específico seco máximo de aproximadamente 15,95 kN/m³) e o teor de umidade ótimo é de 21,1%.

As curvas de igual grau de saturação foram calculadas pela expressão: $\rho_d = 1 / \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{w}{S\rho_w} \right)$

ρ_d = massa específica aparente seca

ρ_s = massa específica dos grãos ($\cong 2,7$ g/cm³)

ρ_w = massa específica da água ($\cong 1,0$ g/cm³)

w = umidade

S = grau de saturação

Essa expressão decorre das expressões (recordar esquema de fases separadas do solo, PEF3305):

$$\rho_d = \rho_s / (1 + e) \quad \text{e} \quad eS\rho_w = w\rho_s$$

e = índice de vazios

2) Compactar é aumentar a densidade do solo, isto é, reduzir o seu índice de vazios pela expulsão de ar. Só se compacta um solo não saturado. Deseja-se obter a máxima densidade para uma certa energia de compactação, o que só se consegue em determinada umidade (exercício anterior).

Utilizando os conhecimentos e equações da questão anterior, no estado natural:

$$w = 18,35\% \text{ e } \rho_d = 1,479 \text{ g/cm}^3$$

Observação: normalmente os índices físicos determinados experimentalmente são ρ e w (não S).

Será necessário acrescentar água ao solo da área de empréstimo para leva-lo ao teor de umidade ótimo para compactação (ver figura).

3) Especificações: $GC = \rho_d / \rho_{dmax} \geq 97\%$ e $w_{ot} - 1,5\% \leq w \leq w_{ot} + 1\%$

Portanto: $\rho_d \geq 1,547 \text{ g/cm}^3$ e $19,6\% \leq w \leq 22,1\%$

No aterro: $\rho = 1,89 \text{ g/cm}^3$, $w = 22\%$ e $\rho_d = 1,549 \text{ g/cm}^3$ A camada compactada pode ser aceita.

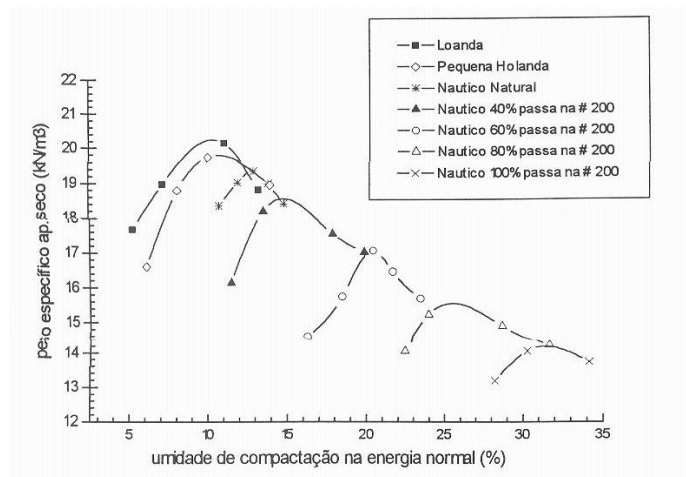
Como mostra a figura, esse solo compactado tem $S \cong 80\%$, o que indica que passadas adicionais do rolo compactador poderiam até elevar o GC, se assim desejado. Se o solo estivesse uns 1,5% a 2% mais úmido, porém, passadas adicionais do rolo compactador provavelmente não surtiriam efeito, podendo até prejudicar a qualidade do solo compactado (levando a estrutura mais dispersa e eventualmente a um comportamento “borrachudo”).

4) A dificuldade maior reside na determinação do teor de umidade, o qual é determinado, por norma brasileira, em estufa a 105/110°C após 24 horas ou constância de peso. Os valores de umidade e massa específica seca do aterro só podem ser então determinados após horas, dificultando a liberação da camada compactada. Algumas alternativas: Método de Hilf (permite determinar mais rapidamente o **desvio** de umidade em relação à ótima), “Speedy Moisture Tester” (somente para solos bem pouco argilosos), forno infravermelho, forno de micro-ondas, MCV.

5) Pg. 151 do livro Obras de Terra (Massad, 2010).

6) A curva de compactação dos solos lateríticos caracteriza-se pela alta inclinação do ramo seco, conforme pode se observar na figura a seguir (Bernucci, 1995).

Esta característica é utilizada no sistema de classificação de solos tropicais MCT como um dos parâmetros para separar solos de comportamento laterítico de outros grupos de solos.



7) Ramo seco: estrutura floculada; orientação mais aleatória das partículas; vazios maiores; maior permeabilidade

Ramo úmido: estrutura mais dispersa; arranjo mais paralelo das partículas; vazios menores; menor permeabilidade média; maior anisotropia.

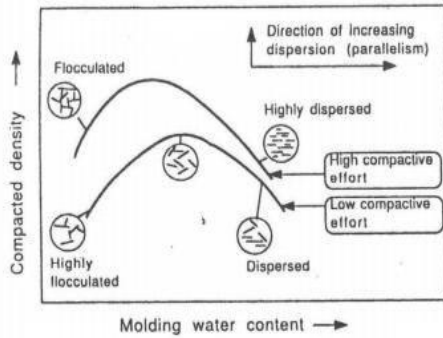


FIGURE 3.11 Effect of compaction on soil structure. [Adapted from Lambe (1958).]

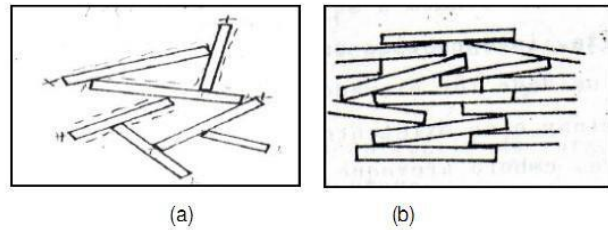
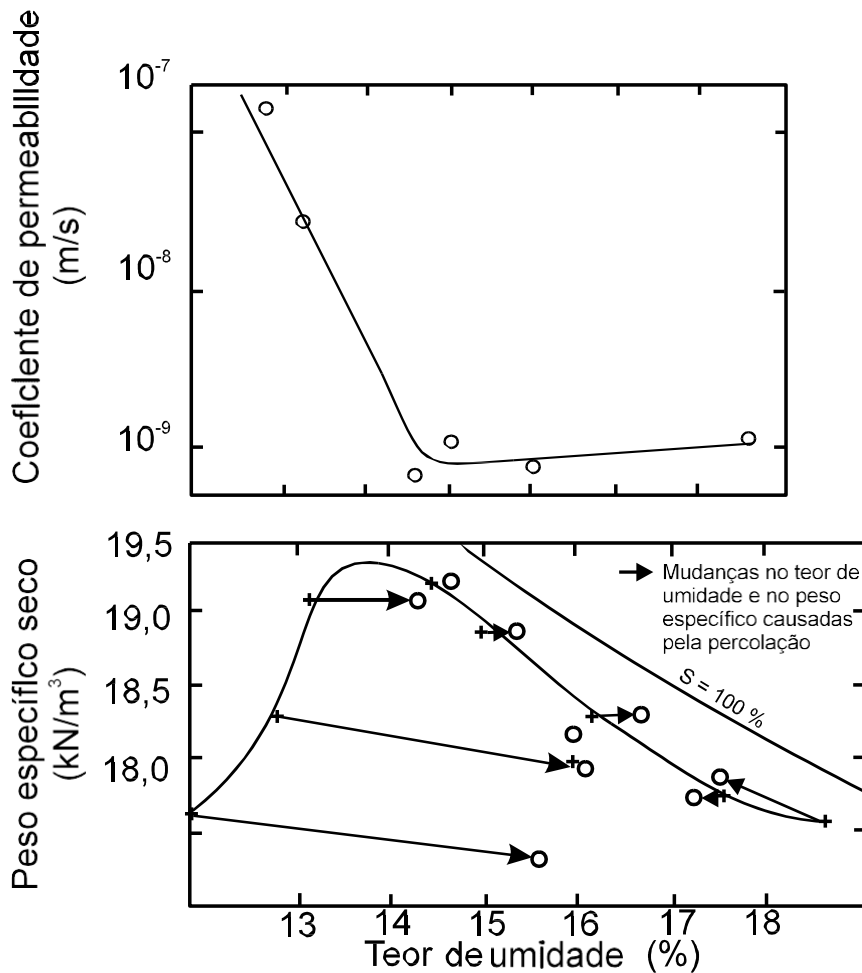


Figura 2.7 – Estrutura dos solos compactados. (a) estrutura floclulada e (b) estrutura dispersa (PINTO, 2002).

8) Pode-se observar, na figura a seguir, a significativa diminuição do coeficiente de permeabilidade em função do aumento do teor de umidade de compactação, em todo o ramo seco e até o teor de umidade ótimo. Para umidades mais elevadas, há pouca alteração em relação ao coeficiente de permeabilidade observado no ponto ótimo.



Boscov, 1997, adaptado de Lambe (1958)

A resposta a esta questão, e também às questões 9) e 10), está nas figuras do capítulo 16 do livro de Mecânica dos Solos do Prof. Carlos Pinto (reproduzidas adiante). Ver também Figuras 6.7 a 6.9 do livro de Obras de Terra (Massad, 2010).

Autora da versão original desta aula: Profª Maria Eugenia Gimenez Boscov, 12/11/13.

