

**PRINCÍPIOS DA
MECÂNICA DOS SOLOS
E FUNDAÇÕES PARA A
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Blucher

Manoel Henrique Campos Botelho

PRINCÍPIOS DA MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Texto escrito em
linguagem botelhana

Mesmo autor da coleção
Concreto Armado Eu Te Amo

Princípios da Mecânica dos Solos e Fundações para a Construção Civil

© 2015 Manoel Henrique Campos Botelho

Editora Edgard Blücher Ltda.

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-012 – São Paulo – SP – Brasil
Tel.: 55 (11) 3078-5366
contato@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quais-
quer meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos os direitos reservados pela
Editora Edgard Blücher Ltda.

Ficha catalográfica

Botelho, Manoel Henrique Campos.
Princípios da Mecânica dos Solos e Fundações para a
Construção Civil / Manoel Henrique Campos Botelho.
-- São Paulo: Blucher, 2015.

ISBN 978-85-212-0849-5

1. Mecânica dos Solos 2. Engenharia Civil
3. Fundações (engenharia) I. Título

14-0406

CDD 624.15136

Índices para catálogo sistemático:

1. Mecânica do Solo

Conteúdo

| | |
|--|----|
| Apresentação | 9 |
| 1 O que é e por que estudar a Mecânica dos Solos | 11 |
| 2 Origem dos solos. A divisão por origem e por tipos – solos arenosos, solos argilosos e solos siltosos | 13 |
| 3 Ensaaios em laboratório de solos | 19 |
| 3.1 Análise tátil visual de amostras de solo, provenientes de sondagens | 19 |
| 3.2 Peso específico do solo | 20 |
| 3.3 Peso específico dos sólidos do solo | 20 |
| 3.4 Umidade | 20 |
| 3.5 Ensaio de peneiramento | 21 |
| 3.6 Ensaio de sedimentação | 22 |
| 3.7 Ensaio de permeabilidade | 23 |
| 3.8 Limite de Liquidez (LL) e Índice de Plasticidade (IP) | 24 |
| 3.9 Ensaio de Proctor | 25 |
| 4 Percolação (infiltração) da água nos solos | 29 |
| 5 Poços freáticos (rasos), poços profundos e poços jorrantes | 33 |
| 6 Pesquisando os solos. Sondagem a trado, sondagem à percussão. Prova de carga | 37 |
| 6.1 Inspeção local | 37 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 6 | Princípios da Mecânica dos Solos e Fundações para a Construção Civil | |
| 6.2 | Sondagem a trado | 37 |
| 6.3 | Sondagem à percussão (por batidas em um amostrador penetrando no solo) – o SPT | 39 |
| 6.4 | Outros tipos de sondagens | 43 |
| 7 | Cortes e desmoronamentos do terreno..... | 45 |
| 8 | Introdução aos muros de arrimo | 47 |
| 9 | Explicando os cortes no terreno e os empuxos, com uma história quase em quadrinhos..... | 53 |
| 10 | Pré-dimensionamento de muros de arrimo, muros de gravidade e muros de concreto armado..... | 59 |
| 11 | Introdução – compactação e adensamento de solos..... | 63 |
| 11.1 | A compactação de solos..... | 63 |
| 11.2 | Adensamento dos solos | 66 |
| 12 | Escoramento de valas | 69 |
| 13 | Cisalhamento dos solos. Coesão e ângulo de atrito interno | 73 |
| 13.1 | Ensaio de cisalhamento triaxial..... | 75 |
| 14 | Rebaixamento do lençol freático | 77 |
| 15 | Índice CBR para Engenharia Rodoviária..... | 81 |
| 16 | Obras estéticas de areia, sempre pouco duráveis..... | 83 |
| 17 | Aterros | 85 |
| 18 | Fundações – filosofias e tipos | 91 |
| 18.1 | Fundações rasas (superficiais)..... | 91 |
| 18.2 | Fundações profundas | 97 |
| 19 | Estimando a carga admissível de fundações rasas (sapatas) e alguns tipos de fundação por estacas. Fórmulas estáticas e fórmulas dinâmicas de previsão da capacidade de carga das fundações | 107 |
| 20 | Recalques (afundamento do solo e da fundação). O temido recalque diferencial | 111 |
| 21 | As fundações de um novo prédio prejudicando as fundações de um prédio já existente – o bulbo das pressões | 113 |
| 22 | A água, a maior inimiga da estabilidade das obras de terra | 115 |
| 23 | Entendendo uma barragem de terra. O caso da Barragem de Orós, CE... | 119 |

| | | |
|------|---|-----|
| 24 | Ângulos de corte de talude de terrenos. Aula de ênfase. Ângulo de atrito interno | 125 |
| 25 | A capilaridade nos solos e seus danos às construções civis | 129 |
| 26 | Entendendo as provas de carga nas fundações | 133 |
| 27 | Um caso histórico de reforço de fundações em São Paulo usando o congelamento do solo | 135 |
| 28 | Movimento de terra e o meio ambiente. Apresentação de um caso real de implantações de um conjunto de estradas | 139 |
| 29 | Dados de capacidade de cargas em sistemas de estaqueamento. Limites do SPT | 143 |
| 30 | Amplitude de serviços de engenharia de fundações e obras correlatas.... | 147 |
| 31 | Sondagens geotécnicas prévias à definição do empreendimento. Devemos fazer? | 151 |
| 32 | Tabela de testes de campo e exames laboratoriais mais usados em obras atuais de Mecânica dos Solos e Fundações | 155 |
| 33 | Casos interessantes de Mecânica dos Solos e Fundações | 157 |
| 33.1 | Por que os locais (cercado) de doma de cavalo têm sempre piso de areia e só areia?..... | 157 |
| 33.2 | As consequências da obra de uma edificação de um só andar sem estudo algum de fundações..... | 158 |
| 33.3 | As alternativas de geotecnia numa concorrência de obra de uma elevatória de esgotos | 160 |
| 33.4 | Da sondagem à percussão à sondagem rotativa. O conceito de matacão | 162 |
| 33.5 | A infiltração de água e o tempo | 163 |
| 33.6 | Um garoto impede o <i>piping</i> numa barragem de terra e a salva | 163 |
| 33.7 | Argila, personagem predominante..... | 165 |
| 33.8 | Explicando o misterioso fenômeno das areias movediças..... | 166 |
| 33.9 | Solo argiloso fossilizado guarda pegadas de dinossauros carnívoros em Souza, PB..... | 166 |
| 34 | Entendendo as funções das normas técnicas. Obrigatoriedade de uso | 169 |
| 35 | Lista de normas da ABNT para o mundo da Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações e posturas legais..... | 171 |
| 36 | Folha de resumo de construções..... | 173 |

| | | |
|----|--|-----|
| 37 | Conversão de unidades de medida mais usadas na Mecânica dos Solos e na Engenharia de Fundações | 175 |
| 38 | Pensamento final..... | 177 |
| 39 | Índice remissivo | 179 |
| 40 | Plano de progresso de estudos. Referências bibliográficas | 181 |

Apresentação

Tenho escrito vários livros do tipo á-bê-cê para diferentes especialidades da construção civil. Meu primeiro livro com essas características foi *Concreto armado eu te amo*, hoje (2014) na sétima edição, já indo para a oitava, com mais de 70 mil exemplares vendidos e sendo adotado como livro-texto curricular em várias escolas de engenharia, arquitetura e tecnologia. Esse foi, portanto, um livro muito bem aceito. Tive, então, a ideia de escrever uma “Cartilha” sobre o tema Mecânica dos Solos e Fundações. Sendo este texto um livro do tipo á-bê-cê com a intenção de apresentar ao jovem leitor, estudante, tecnólogo ou engenheiro, de forma inicial, os principais assuntos da matéria. Convido o leitor a estudar, em sequência, os doutos livros.

Quero ser útil.

Manoel Henrique Campos Botelho,
Engenheiro Civil, formado em 1965
pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Nota pessoal – Este autor foi alfabetizado com seis anos de idade, utilizando a mais famosa cartilha da época, a famosa *Cartilha Sodré*. Ele sabe, portanto, a importância das cartilhas nos aprendizados. Tudo começou, para ele, com uma delas. Este livro é uma cartilha.

Colaboraram para a feitura deste livro os amigos e engenheiros:

Emilio Paulo Siniscalchi;
Nelson Newton Ferraz.

Pensamentos que orientaram a produção deste livro:

A) Navegando por mares didáticos possivelmente nunca dantes navegados.

B) A jornada de mil passos começa com o primeiro.

C) *Parafraseando o poeta Pablo Neruda:*

Confesso que,
em velhos e novos livros,
em consultas a bibliotecas, livrarias e em alfarrabistas (sebos),
em consulta a colegas e profissionais da Construção Civil,
em sites da internet,
este autor muito garimpou.

Homenagem

À memória dos engenheiros geotécnicos Henylsio Coelho Botelho e Jason Pereira Marques, formados pela Escola de Engenharia Mackenzie. Com os dois, este autor muito aprendeu...

1 O que é e por que estudar a Mecânica dos Solos

Os seres humanos sempre se relacionaram com os solos. Ninguém construía abrigos ou casas em cima de lodaçais, pois estes afundavam. Construir abrigos e casas em terrenos mais firmes foi algo que a experiência repetida ensinou.

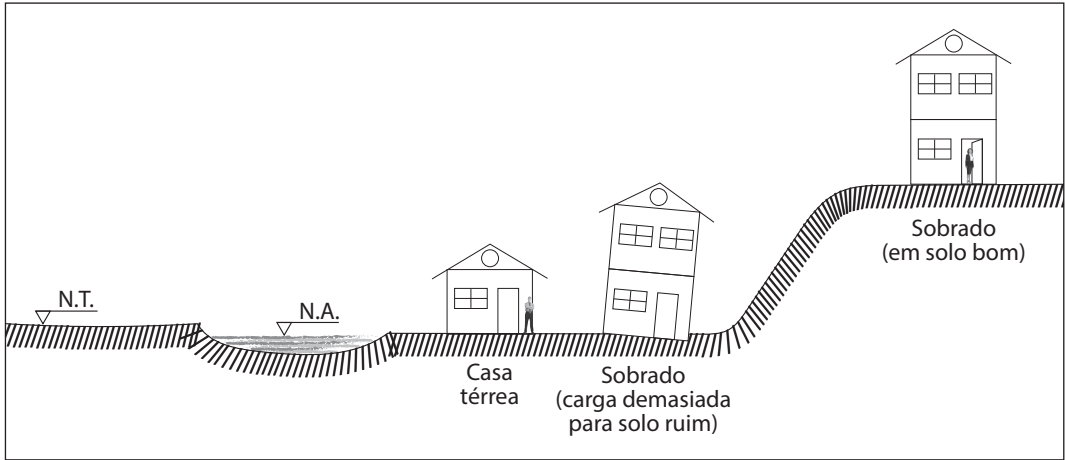
Com o passar do tempo o homem percebeu que certos solos duros, mas que ficam moles com água – que eram chamados barro e que hoje, numa linguagem erudita, chamamos solos argilosos – poderiam ser usados, desde que umedecidos, e até torneados, desde que com cuidado, virando peças de adorno, ou podiam ser usados, associados a outros materiais, na construção de casas. As nossas casas de pau a pique e certas casas da época do Brasil Colônia tinham suas paredes feitas de barro (solo argiloso) cru. Casas dessa época, construídas com barro socado, eram conhecidas como casas de taipa de pilão, pois eram apiloadas na construção de suas paredes.

Um dia, em épocas remotas, uma dessas peças, deve ter caído numa fogueira e, assim, nasceu um novo produto, a argila queimada, muito mais resistente que o barro cru. Nascia a tecnologia chamada cerâmica e, então, o homem começou a fabricar vasos, potes, pratos e outros objetos de adorno. Nós brasileiros temos, no norte do país, a famosa cerâmica marajoara que usava o solo argiloso para produzir peças também levadas ao forno (fogueira). A partir da cerâmica queimada nascem os tijolos, asoringas e as telhas.

Com o surgimento do mais resistente tijolo nasceu a ideia de construir casas com dois ou até três pavimentos. Aí descobriu-se outra coisa.



Cerâmica Marajoara.



Casas com um só pavimento, como as casas de pau a pique ou térreas, em geral, podiam ser construídas em quase todos os locais secos. Quando a construção passa a ter vários pavimentos, alguns terrenos de apoio recalçavam (afundavam parcialmente), e para resolver esse problema surgiu a tecnologia das fundações.

Quando o homem começou a abrir estradas, outros problemas com os solos apareceram e, aí, a Mecânica dos Solos, então extremamente inicial, também começou a se desenvolver.

Por tudo apresentado, vemos a importância de estudar, nos cursos de construção civil, a relação entre o ser humano e o solo que o cerca.