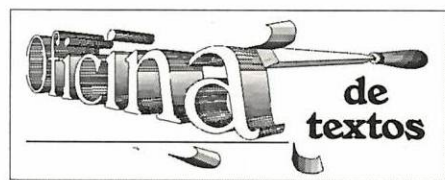


**Carlos de Sousa Pinto**

# **CURSO BÁSICO DE MECÂNICA DOS SOLOS**

**EM 16 AULAS**



©Copyright 2000 Oficina de Textos

Capa: Mauro Gregolin  
Revisão: Gisleine Christina Motone  
Diagramação: Anselmo Trindade de Ávila  
Ilustrações: Mauro Gregolin e Anselmo T. Ávila

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Pinto, Carlos de Sousa  
Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas/  
Carlos de Sousa Pinto. — São Paulo: Oficina de Textos, 2000-02-15

1. Mecânica dos Solos 2. Mecânica dos Solos – Estudo e Ensino I. Título

00-0430 – CDD-624.151307

Índice para catálogo sistemático:

1. Mecânica dos solos : Estudo e Ensino: Engenharia 624.151307

Todos os direitos reservados à  
OFICINA DE TEXTOS  
R. Augusta, 1371 – cj. 107 Consolação  
Tel.: (11) 284-1741/ Fax: 283-2932  
CEP: 01305-100 São Paulo – SP  
E-mail: ofitexto@uol.com.br  
site: www.ofitexto.com.br

# ÍNDICE

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| Apresentação .....                                    | i         |
| Prefácio .....                                        | iii       |
| <b>1 ORIGEM E NATUREZA DOS SOLOS .....</b>            | <b>01</b> |
| 1.1 A Mecânica dos Solos na Engenharia Civil .....    | 01        |
| 1.2 As partículas constituintes dos solos .....       | 02        |
| 1.3 Sistema solo-água .....                           | 06        |
| 1.4 Sistema solo-água-ar .....                        | 08        |
| 1.5 Identificação dos solos por meio de ensaios ..... | 09        |
| <b>2 O ESTADO DO SOLO .....</b>                       | <b>17</b> |
| 2.1 Índices físicos entre as três fases .....         | 17        |
| 2.2 Cálculo dos índices de estado .....               | 20        |
| 2.3 Estado das areias - Compacidade .....             | 21        |
| 2.4 Estado das argilas - Consistência .....           | 22        |
| 2.5 Identificação tátil-visual dos solos .....        | 25        |
| 2.6 Prospecção do subsolo .....                       | 27        |
| <b>3 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....</b>                | <b>35</b> |
| 3.1 A importância da classificação dos solos .....    | 35        |
| 3.2 Classificação Unificada .....                     | 36        |
| 3.3 Sistema Rodoviário de Classificação .....         | 41        |
| 3.4 Classificações regionais .....                    | 43        |
| 3.5 Classificação dos solos pela sua origem .....     | 44        |
| 3.6 Solos orgânicos .....                             | 45        |
| 3.7 Solos lateríticos .....                           | 46        |

|      |                                                                                      |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4    | <b>COMPACTAÇÃO DOS SOLOS</b>                                                         | 47  |
| 4.1  | Razões e histórico da compactação                                                    | 47  |
| 4.2  | O Ensaio Normal de Compactação                                                       | 48  |
| 4.3  | Métodos alternativos de compactação                                                  | 51  |
| 4.4  | Influência da energia de compactação                                                 | 52  |
| 4.5  | Aterros experimentais                                                                | 55  |
| 4.6  | Estrutura dos solos compactados                                                      | 56  |
| 4.7  | A compactação no campo                                                               | 56  |
| 4.8  | Compactação de solos granulares                                                      | 58  |
| 5    | <b>TENSÕES NOS SOLOS - CAPILARIDADE</b>                                              | 59  |
| 5.1  | Conceito de tensões num meio particulado                                             | 59  |
| 5.2  | Tensões devidas ao peso próprio do solo                                              | 60  |
| 5.3  | Pressão neutra e conceito de tensões efetivas                                        | 61  |
| 5.4  | Ação da água capilar no solo                                                         | 66  |
| 6    | <b>A ÁGUA NO SOLO - PERMEABILIDADE, FLUXO UNIDIMENSIONAL E TENSÕES DE PERCOLAÇÃO</b> | 71  |
| 6.1  | A água no solo                                                                       | 71  |
| 6.2  | A permeabilidade dos solos                                                           | 72  |
| 6.3  | A velocidade de descarga e a velocidade real da água                                 | 78  |
| 6.4  | Cargas hidráulicas                                                                   | 78  |
| 6.5  | Força de percolação                                                                  | 80  |
| 6.6  | Tensões no solo submetido a percolação                                               | 80  |
| 6.7  | Gradiente crítico                                                                    | 82  |
| 6.8  | Redução do gradiente de saída                                                        | 84  |
| 6.9  | Levantamento de fundo                                                                | 86  |
| 6.10 | Filtros de proteção                                                                  | 86  |
| 6.11 | Permeâmetros horizontais                                                             | 88  |
| 7    | <b>FLUXO BIDIMENSIONAL</b>                                                           | 89  |
| 7.1  | Fluxos bi e tridimensionais                                                          | 89  |
| 7.2  | Estudo da percolação com redes de fluxo                                              | 89  |
| 7.3  | Rede de fluxo bidimensional                                                          | 92  |
| 7.4  | Traçado de redes de fluxo                                                            | 95  |
| 7.5  | Outros métodos de traçado de redes de fluxo                                          | 96  |
| 7.6  | Interpretação de redes de fluxo                                                      | 96  |
| 7.7  | Equação diferencial de fluxos tridimensionais                                        | 98  |
| 7.8  | Condição anisotrópica de permeabilidade                                              | 100 |

|      |                                                                                                         |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8    | <b>TENSÕES VERTICAIS DEVIDAS A CARGAS APLICADAS NA SUPERFÍCIE DO TERRENO .....</b>                      | 105 |
| 8.1  | Distribuição de Tensões .....                                                                           | 105 |
| 8.2  | Aplicação da Teoria da Elasticidade .....                                                               | 107 |
| 8.3  | Considerações sobre o emprego da Teoria da Elasticidade .....                                           | 116 |
| 9    | <b>DEFORMAÇÕES DEVIDAS A CARREGAMENTOS VERTICAIS .....</b>                                              | 117 |
| 9.1  | Recalques devidos a carregamentos na superfície .....                                                   | 117 |
| 9.2  | Ensaio para determinação da deformabilidade dos solos ...                                               | 117 |
| 9.3  | Cálculo dos recalques .....                                                                             | 121 |
| 9.4  | O adensamento das argilas saturadas .....                                                               | 124 |
| 9.5  | Exemplo de cálculo de recalque por adensamento .....                                                    | 128 |
| 10   | <b>TEORIA DO ADENSAMENTO EVOLUÇÃO DOS RECALQUES COM O TEMPO .....</b>                                   | 131 |
| 10.1 | O processo do adensamento .....                                                                         | 131 |
| 10.2 | A Teoria de Adensamento Unidimensional de Terzaghi .....                                                | 132 |
| 10.3 | Dedução da teoria .....                                                                                 | 135 |
| 10.4 | Exemplo de aplicação da Teoria do Adensamento .....                                                     | 142 |
| 11   | <b>TEORIA DO ADENSAMENTO - TÓPICOS COMPLEMENTARES .....</b>                                             | 145 |
| 11.1 | Fórmulas aproximadas relacionando recalques com fator tempo .....                                       | 145 |
| 11.2 | Obtenção do coeficiente de adensamento a partir do ensaio                                               | 147 |
| 11.3 | Condições de campo que influenciam o adensamento .....                                                  | 150 |
| 11.4 | Análise da influência de hipóteses referentes ao comportamento dos solos na teoria do adensamento ..... | 153 |
| 11.5 | Adensamento secundário .....                                                                            | 155 |
| 11.6 | Emprego de pré-carregamento para reduzir recalques futuros .....                                        | 159 |
| 11.7 | Recalques durante o período construtivo .....                                                           | 161 |
| 11.8 | Interpretação de dados de um aterro instrumentado .....                                                 | 162 |
| 12   | <b>ESTADO DE TENSÕES E CRITÉRIOS DE RUPTURA .....</b>                                                   | 165 |
| 12.1 | Coeficiente de empuxo em repouso .....                                                                  | 165 |
| 12.2 | Tensões num plano genérico .....                                                                        | 167 |
| 12.3 | A Resistência dos Solos .....                                                                           | 172 |
| 12.4 | Critérios de ruptura .....                                                                              | 175 |
| 12.5 | Ensaio para determinação da resistência de solos .....                                                  | 177 |

|           |                                                                                   |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>13</b> | <b>RESISTÊNCIA DAS AREIAS .....</b>                                               | <b>181</b> |
| 13.1      | Comportamento típico das areias .....                                             | 181        |
| 13.2      | Índice de vazios crítico das areias .....                                         | 184        |
| 13.3      | Variação do ângulo de atrito com a pressão confinante .....                       | 187        |
| 13.4      | Ângulos de atrito típicos de areias .....                                         | 188        |
| 13.5      | Estudo da resistência das areias por meio de ensaios de cisalhamento direto ..... | 191        |
| <b>14</b> | <b>RESISTÊNCIA DOS SOLOS ARGILOSOS .....</b>                                      | <b>193</b> |
| 14.1      | Influência da tensão de pré-adensamento na resistência das argilas .....          | 193        |
| 14.2      | Resistência das argilas em termos de tensões efetivas .....                       | 194        |
| 14.3      | Comparação entre o comportamento das areias e das argilas .....                   | 198        |
| 14.4      | Análises em termos de tensões totais .....                                        | 199        |
| 14.5      | Resistência das argilas em ensaio adensado rápido, CU .....                       | 200        |
| 14.6      | Trajetória de tensões .....                                                       | 204        |
| 14.7      | Comparação entre os resultados de ensaios CD e CU .....                           | 207        |
| <b>15</b> | <b>RESISTÊNCIA NÃO DRENADA DAS ARGILAS .....</b>                                  | <b>209</b> |
| 15.1      | A resistência não drenada das argilas .....                                       | 209        |
| 15.2      | Resistência não drenada a partir de ensaio de laboratório ....                    | 210        |
| 15.3      | Fatores que afetam a resistência não drenada das argilas ....                     | 214        |
| 15.4      | Resistência não drenada a partir de ensaio de campo .....                         | 219        |
| 15.5      | Resistência não drenada a partir de correlações .....                             | 221        |
| 15.6      | Comparação entre os valores obtidos por diferentes fontes .....                   | 222        |
| 15.7      | Influência da estrutura na resistência não drenada .....                          | 223        |
| 15.8      | Análise da resistência não drenada de uma argila natural ....                     | 223        |
| <b>16</b> | <b>COMPORTAMENTO DE ALGUNS SOLOS TÍPICOS .....</b>                                | <b>225</b> |
| 16.1      | A diversidade dos solos e os modelos clássicos da Mecânica dos Solos .....        | 225        |
| 16.2      | Solos estruturados e cimentados .....                                             | 225        |
| 16.3      | Solos residuais .....                                                             | 227        |
| 16.4      | Solos não saturados .....                                                         | 228        |
| 16.5      | Solos colapsíveis .....                                                           | 234        |
| 16.6      | Solos expansivos .....                                                            | 235        |
| 16.7      | Solos compactados .....                                                           | 236        |
|           | <b>Bibliografia .....</b>                                                         | <b>243</b> |