

**COLEÇÃO MANUAIS DE
ENGENHARIA CIVIL
VOLUME 5**

**MECÂNICA DOS
SOLOS**



2B Educação

**COLEÇÃO MANUAIS DE
ENGENHARIA CIVIL
VOLUME 5**

**MECÂNICA DOS
SOLOS**

COORDENADORES

AUGUSTO JOSÉ BLUM FERREIRA NETO
LUARA BATALHA VIEIRA

AUTOR

CAROLINA MANHÃES SILVA



2B Educação

© Todos os direitos autorais desta obra são reservados e protegidos à Editora 2B Ltda. pela Lei nº 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. É proibida a duplicação ou reprodução deste volume ou qualquer parte deste livro, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, gravação, fotocópia ou outros), essas proibições aplicam-se também à editoração da obra, bem como às suas características gráficas, sem permissão expressa da Editora.

Título | Manual de Engenharia Civil: Mecânica do Solos (volume 5)
Editor | Igor Muniz
Editoração | Editorando Birô
Capa | Iago Almeida e Vivian Alecy
Revisão ortográfica | Editorando Birô
Conselho Editorial | Caio Vinicius Menezes Nunes
Paulo Costa Lima

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Silva, Carolina Manhães
S586m Mecânica dos Solos / Carolina Manhães Silva, au-
toria ; Augusto José Bluhm Ferreira Neto, Luara Batalha Vieira,
coordenação. – Salvador : 2B, 2019.
279 p. : il. ; 16x23 cm. – (Coleção Manuais de Engenharia
Civil ; v. 5).

ISBN 978-85-54815-52-3

1. Mecânica dos solos. 2. Solos. 3. Cisalha-
mento. 4. Taludes. I. Ferreira Neto, Augusto José Bluhm, coord.
II. Vieira, Luara Batalha, coord. III. Título. IV. Série.

CDD: 624.15

Fábio Andrade Gomes - CRB-5/1513

Editora 2B Ltda.
R. Dr. José Peroba, 275 - Stiep, Cond.
Metropolis Empresarial, Salas 109 e 110,
CEP: 41770-235, Salvador-BA.
Telefone: (71) 3023-2707.
www.editora2b.com.br
atendimento@editora2b.com.br

I AUTORES

Carolina Manhães

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Bahia (2013) e mestre em Geotecnia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2018), onde desenvolveu pesquisa sobre estabilidade de taludes de solo residual. Possui experiência com sondagens geotécnicas, ensaios de solos, estabilização de encostas e fundações especiais. Atualmente é professora da disciplina Mecânica dos Solos na Universidade Estácio de Sá no Rio de Janeiro.

Augusto José Bluhm Ferreira Neto (Coordenador)

Possui graduação pela Universidade Federal da Bahia e Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações, pela Universidade Cidade de São Paulo. Atualmente é professor de disciplinas de estruturas pela Universidade Salvador e diretor da empresa BF Engenharia, a qual é especializada em elaboração de projetos de estruturas.

Luara Batalha Vieira (Coordenadora)

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Bahia (2011), mestrado em Engenharia de Estruturas pela mesma instituição (2014) e duas especializações na área de concreto. Já atuou como docente e pesquisadora nas maiores instituições de ensino superior de Salvador. Atualmente, é coordenadora do curso de engenharia civil do Centro Universitário Senai Cimatec, este sendo o único da Bahia avaliado com conceito 5 pelo MEC (2017). Além da prática acadêmica, atua como engenheira estruturalista, desenvolvendo projetos estruturais de pequeno porte, como casas, lojas, unidades de pronto atendimento e unidades de saúde familiar.

I APRESENTAÇÃO

VOLUME V

A coleção Manuais de Engenharia Civil é o melhor e mais completo conjunto de obras voltado para a capacitação e aprovação de Engenheiros em concursos públicos no Brasil. Elaborada a partir de uma metodologia que julgamos ser a mais apropriada ao estudo direcionado para as provas em Engenharia Civil, contemplamos todos os volumes da coleção com os seguintes recursos:

- ✓ Teoria esquematizada de todos os assuntos;
- ✓ Questões comentadas alternativa por alternativa (incluindo as incorretas);
- ✓ Quadros, tabelas e esquemas didáticos;
- ✓ Destaque para as palavras-chave;

Questões categorizadas por grau de dificuldade, de acordo com o seguinte modelo:

FÁCIL	● ○ ○
INTERMEDIÁRIO	● ● ○
DIFÍCIL	● ● ●

Elaborada por professores com sólida formação e conhecimento no assunto, a presente obra é composta por um conjunto de elementos didáticos que, em nossa avaliação, otimizam os estudos, contribuindo assim para a obtenção de altas performances em provas e concursos em Engenharia Civil.

Bons estudos!

Igor Muniz
Editor

I SUMÁRIO

ORIGEM E FORMAÇÃO DOS SOLOS

CAPÍTULO 1

1. Introdução ao estudo da mecânica dos solos.....	11
2. Intemperismo e erosão.....	12
3. Ciclo das rochas.....	14
4. Classificação dos solos quanto à origem e formação.....	16
5. Textura, estrutura e composição mineralógica dos solos.....	20
Referências bibliográficas.....	34

ÍNDICES FÍSICOS

CAPÍTULO 2

1. As fases do solo.....	35
Referências bibliográficas.....	54

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

CAPÍTULO 3

1. Por que classificar os solos?.....	55
2. Sistemas de classificação.....	61
Referências bibliográficas.....	76

COMPACTAÇÃO DOS SOLOS

CAPÍTULO 4

1. O que significa compactar um solo?.....	77
2. Ensaio de compactação.....	78
3. Energia de compactação.....	81
4. Controle de compactação.....	82
5. Equipamentos para compactação.....	84
Referências bibliográficas.....	95

INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

CAPÍTULO 5

1. A necessidade de se investigar o subsolo.....	97
2. Métodos de investigação.....	98
Referências bibliográficas.....	122

TENSÕES NOS SOLOS

CAPÍTULO 6

1. Princípio das tensões efetivas.....	124
2. Tensões devido ao peso próprio.....	126
3. Acréscimo de tensões devido a uma sobrecarga no terreno.....	127
4. Estados de tensões.....	131
5. Solos não saturados.....	134
Referências bibliográficas.....	152

FLUXO DE ÁGUA EM SOLOS**CAPÍTULO 7**

1. Cargas hidráulicas.....	154
2. Lei de Darcy	155
3. Coeficiente de permeabilidade	156
4. Forças de percolação	159
5. Maciços estratificados	162
6. Fluxo bidimensional	164
Referências bibliográficas.....	177

COMPRESSIBILIDADE E ADENSAMENTO**CAPÍTULO 8**

1. Compressibilidade x adensamento	179
2. Teoria do Adensamento Unidimensional de Terzaghi	182
3. Ensaio de compressão confinada	187
4. Frazão de pré-adensamento	189
5. Recalques	190
Referências bibliográficas.....	204

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO**CAPÍTULO 9**

1. Mecanismos de resistência do solo	206
2. Critério de ruptura de Mohr-Coulomb.....	207
3. Ensaio de resistência	208
4. Resistência das areias	213
5. Resistência das argilas.....	216
6. Parâmetros de deformabilidade	221
7. Trajetória de tensões	223
8. Casos especiais	225
Referências Bibliográficas.....	236

EMPUXOS DE TERRA E ESTABILIDADE DE TALUDES**CAPÍTULO 10**

1. Empuxos de terra	237
2. Estabilidade de taludes	249
3. Soluções para a estabilização de taludes	263
Referências Bibliográficas.....	276

Origem e formação dos solos

CAPÍTULO

1

O que você irá ver nesse capítulo:

- ✓ Introdução ao estudo da mecânica dos solos
- ✓ Intemperismo e erosão
- ✓ Ciclo das rochas
- ✓ Classificação dos solos quanto à origem e formação
 - Solos residuais x sedimentares
 - Solos lateríticos
 - Solos orgânicos
 - Solos brasileiros
- ✓ Textura, estrutura e composição mineralógica dos solos
 - Textura e estrutura
 - Composição mineralógica
- ✓ Quadro esquemático
- ✓ Quadro resumo
- ✓ Questões comentadas
- ✓ Referências bibliográficas

1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA MECÂNICA DOS SOLOS

O solo, além de servir como apoio para as construções, recebendo suas cargas, pode também ser usado como material de construção, a exemplo dos aterros para base de estradas e as barragens de terra.

Quando comparado a outros materiais como o aço e o concreto, por exemplo, o solo é um material diferenciado. Por ser natural, suas características variam em função de sua origem e formação, encontrando-se tipos diversos para diferentes regiões, sem contar a própria heterogeneidade dos maciços terrosos, que já o destaca dos materiais fabricados pelo homem. Além disso, o solo não apresenta estrutura contínua, sendo

composto por partículas sólidas, ar e/ou água em seus vazios. Seu comportamento é regido pelo movimento dos grãos entre si, o que dificulta a aplicabilidade das teorias convencionais neste caso.

Foi necessário então que fosse desenvolvida uma ciência específica para o estudo dos solos na engenharia, iniciada por Karl Terzaghi. A mecânica dos solos baseia-se na mecânica dos sólidos, na maioria das vezes simplificando-se a situação estudada para tornar possível o estudo, como será visto ao longo dos capítulos seguintes. São necessários, ainda, conhecimentos de geologia, química e física, além de observações de laboratório e campo, que validam as teorias adotadas.

Primeiramente, será tratada a origem dos solos, juntamente com seu processo de formação, seguida do estudo da estrutura e classificação dos solos em grupos. Conhecendo melhor o material em questão, pode-se partir para seu estudo em termos da engenharia propriamente dita, que analisa seu comportamento para as diferentes situações impostas nas obras.

Antes de dar início ao estudo da origem e formação dos solos é necessária a definição de solo e rocha do ponto de vista da engenharia, visto que o conceito de solo pode ter diferentes conotações para cada área do conhecimento. Na geotecnia é adotada a da NBR 6502/95 - Solos e rochas, que o define como "material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica".

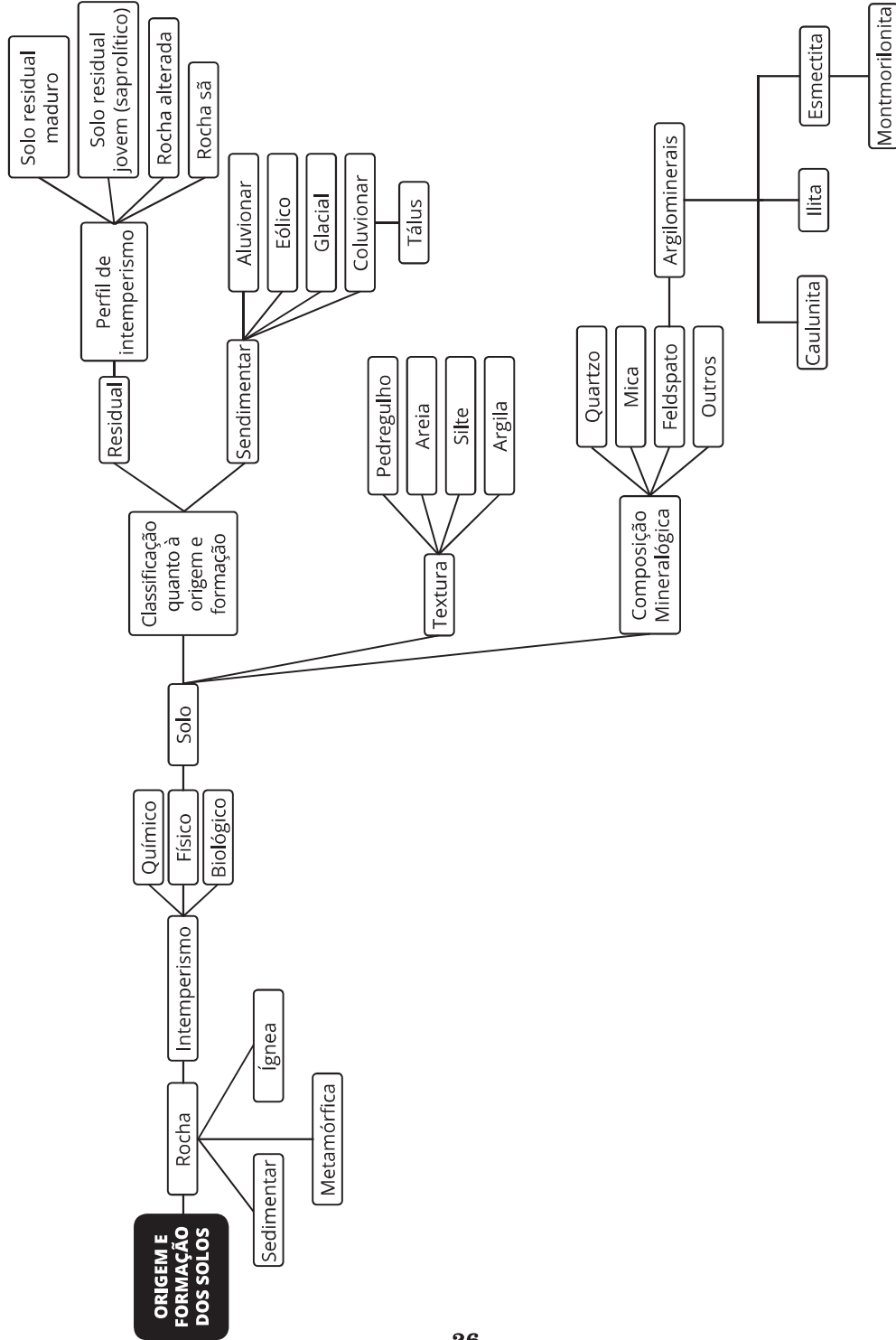
A mesma norma define rocha como "Material sólido, consolidado e constituído por um ou mais minerais, com características físicas e mecânicas específicas para cada tipo". A rocha que origina certo solo é chamada de **rocha-mãe**.

2. INTEMPERISMO E EROSÃO

O processo de transformação de rocha em solo ocorre graças aos processos intempéricos, resultantes da dinâmica externa da Terra e responsáveis pelas modificações físicas e químicas do material rochoso que aflora na superfície terrestre. O **intemperismo** pode ser de origem física, química ou biológica, como descrito na tabela 1.1, e, segundo Toledo et al. (2009), é influenciado pelo relevo (do qual dependem a infiltração e dre-



QUADRO ESQUEMÁTICO





Palavras-chave	Descrição
Rocha-mãe	Rocha a partir da qual foi originado um solo.
Intemperismo	Conjunto de processos físicos, químicos e biológicos sofridos por uma rocha, resultando em sua decomposição.
Erosão	Processo de desgaste, transporte e deposição do material rochoso e terroso. Responsável pelo modelamento da superfície terrestre.
Rochas sedimentares	Rochas formadas por sedimentos (que podem incluir matéria orgânica).
Rochas metamórficas	Rochas que surgem da alteração de rochas pré-existentes, quando alteradas as condições às quais estão submetidas.
Rochas ígneas	Também chamadas de rochas magmáticas, são formadas pela solidificação do magma.
Solos residuais	Solos que, depois de formados, permanecem em seu local de origem.
Solos sedimentares	Solos que foram transportados do seu local de origem.
Solos lateríticos	Solos de evolução pedogênica típico de regiões tropicais, rico em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.
Textura	Distribuição dos tamanhos e formas das partículas que formam um solo.
Estrutura	Agrupamento ou arranjo dos grãos, formando uma configuração específica.
Minerais	Partículas sólidas, resultantes de processos físico-químicos, que integram as rochas e solos. Possuem estrutura ordenada, formato e composição química específica. Minerais primários: compostos cristalinos (estrutura interna ordenada) pertencentes a vários compostos químicos. Minerais secundários: formados pela alteração de minerais primários.
Argilominerais	Minerais secundários resultantes da alteração de minerais primários, compostos basicamente por silicatos hidratados de alumínio.



QUESTÕES COMENTADAS

01 (ENGENHEIRO CIVIL - TRF 2ª REGIÃO - CONSULPLAN - 2017)

Os solos apresentam-se, quanto à sua formação, de formas variáveis e o uso possível para estes solos dependem de um bom entendimento do contexto geológico da área do projeto. Quanto à formação dos solos, assinale a alternativa INCORRETA.

- (A) Em geral, os intemperismos químicos e físicos ocorrem conjuntamente.
- (B) O intemperismo químico causa tanto a redução de tamanho como a alteração química da rocha-mãe.
- (C) Solos residuais, também chamados de solos fluviais, são aqueles transportados por rios ou cursos d'água.
- (D) O intemperismo físico dos solos envolve a redução de tamanho sem que haja alteração da composição original da rocha mãe.

GRAU DE DIFICULDADE ● ● ○

Alternativa A: CORRETA. Os intemperismos físico e químico costumam ocorrer simultaneamente, uma vez que os processos na natureza ocorrem incessantemente e ao mesmo tempo. Uma rocha pode ser decomposta pela ação conjunta de uma variação de temperatura (intemperismo físico) e hidratação (intemperismo químico, ocorre quando a presença de água causa a expansão de certos minerais componentes da rocha, fraturando-a), por exemplo.

Alternativas B e D: CORRETAS. O intemperismo físico apenas desagrega as partículas, sem alteração dos componentes químicos da rocha, sendo esta uma função do intemperismo químico, que quebra a estrutura química da rocha de origem, formando outros minerais.

Alternativa C: INCORRETA. Os solos residuais são os que permanecem no seu local de origem. Os solos fluviais são classificados como sedimentares (ou transportados).

02 (ENGENHEIRO CIVIL - AERONÁUTICA - EAOEAR - 2017)

Segundo a classificação dos solos, qual é o tipo de solo em que a deterioração da rocha é mais rápida que o transporte de suas partículas?