



# GEOLOGIA E GEOTECNIA BÁSICA

para Engenharia Civil

RUDNEY C. QUEIROZ

**Blucher**

GEOLOGIA E GEOTECNIA BÁSICA  
PARA ENGENHARIA CIVIL

# Conteúdo

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>11</b>
<b>PREFÁCIO</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
A engenharia civil e a geologia de engenharia	17
<b>1. NOÇÕES DE GEOLOGIA GERAL E APLICADA</b>	<b>21</b>
1.1 O tempo geológico	22
1.2 A estrutura da Terra	24
1.3 Principais minerais formadores das rochas	27
1.4 Rochas	31
1.5 Movimentos tectônicos	112
<b>2. ESTUDOS DE RECONHECIMENTO DO SUBSOLO</b>	<b>129</b>
2.1 Investigação do subsolo	129

2.2 Métodos de investigação	130
2.3 Sondagens em rochas	154
<b>3. NOÇÕES DE MECÂNICA DOS SOLOS</b>	<b>161</b>
3.1 Classificação dos solos	162
3.2 Resistência ao cisalhamento dos solos: conceitos básicos	174
3.3 Compactação dos solos	183
3.4 Adensamento dos solos	188
<b>4. NOÇÕES DE MECÂNICA DAS ROCHAS</b>	<b>195</b>
4.1 Algumas propriedades mecânicas das rochas	196
4.2 Principais tipos de rupturas em maciços rochosos	206
4.3 Classificação de maciços rochosos	211
<b>5. ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA</b>	<b>221</b>
5.1 Água superficial	221
5.2 Água subterrânea	238
<b>6. MOVIMENTOS DE MASSAS E ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO</b>	<b>269</b>
6.1 Classificação dos movimentos de massas	270
6.2 Análise da estabilidade de taludes	278
6.3 Nomenclatura de taludes	280
6.4 Principais métodos analíticos para cálculo da estabilidade de taludes	281
6.5 Métodos observacionais para análise da estabilidade de taludes	294
6.6 Estabilização de taludes	302
<b>7. NOÇÕES SOBRE BARRAGENS</b>	<b>329</b>
7.1 Geotecnia de barragens	332

<b>8. NOÇÕES SOBRE TÚNEIS</b>	<b>353</b>
8.1 Geologia e geotecnia de túneis	354
8.2 Seções dos túneis	359
8.3 Tensões nos túneis	360
<b>9. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE ROCHAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>369</b>
9.1 Resistência mecânica	370
9.2 Resistência pontual	372
9.3 Massa específica das partículas e massa específica unitária	372
9.4 Material pulverulento	373
9.5 Resistência ao impacto	373
9.6 Resistência à abrasão	375
9.7 Absorção de água	376
9.8 Forma das partículas	377
9.9 Resistência ao esmagamento	377
9.10 Resistência à flexão	378
9.11 Resistência ao desgaste	379
9.12 Variação volumétrica em decorrência da temperatura	380
9.13 Equivalente de areia	381
9.14 Apresentação dos resultados dos ensaios	383
<b>10. NOÇÕES SOBRE GEOSSINTÉTICOS NA ENGENHARIA CIVIL</b>	<b>385</b>
10.1 Principais tipos e definições	387
10.2 Instalação	387
10.3 Geotêxteis	387
10.4 Geogrelhas	389
10.5 Geossintéticos em ferrovias	392

10.6 Estruturas de contenção em solo reforçado	394
10.7 Geomantas	394
10.8 Geomembranas	396
10.9 Geocompostos para drenagem	397
10.10 Biomantas	398
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>401</b>

# Noções de geologia geral e aplicada

A geologia, no sentido amplo, é definida como o ramo da ciência que estuda a origem, a formação, a história física, a evolução, a composição mineralógica e a estrutura da Terra, por meio da pesquisa e do conhecimento dos minerais e das rochas que compõem a crosta terrestre e das forças e dos processos que atuam sobre eles.

A Terra, planeta em que vivemos, é uma enorme esfera constituída basicamente de três camadas distintas de materiais: a crosta terrestre, o manto terrestre e o núcleo. Assim, sabe-se que o núcleo possui duas partes principais: o núcleo inteior e o núcleo exterior. A crosta é uma camada com espessura relativamente fina ( $\approx 40$  km) se comparada com o raio da Terra (em torno de 6.370 km), e não é estática. Ela movimenta-se de forma lenta e contínua. Esses movimentos são causados por forças internas (no manto), que se contrapõem às forças externas, em razão da energia do sol e do ciclo hidrológico. Os conhecimentos que se têm sobre o interior da Terra são obtidos por meios indiretos, como a propagação de ondas sísmicas provocadas pelos terremotos.

A Terra sofre, continuamente, pequenas e lentas mudanças, tanto na superfície como na subsuperfície. Dentre as principais questões que têm intrigado os geólogos, estão as que dizem respeito a essas pequenas e lentas transformações causadas por erosão e deposição, como, por exemplo, os resultados de uma simples chuva, que desagrega, transporta e deposita as partículas de solos e rochas, em oposição aos de mudanças catastróficas, causadas por terremotos ou grandes enchentes, que são menos frequentes.

# 2

## CAPÍTULO

# Estudos de reconhecimento do subsolo

## 2.1 INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

Os objetivos principais da investigação do subsolo para fins de engenharia civil são pesquisar os tipos de solos e/ou rochas e suas características geológicas e geotécnicas, litologias, mineralogias, espessuras de camadas, elementos estruturais, posições dos níveis de água etc., para o projeto e a construção de obras civis.

Essas informações de um modo geral são utilizadas para a escolha dos tipos de fundações e o dimensionamento dos elementos estruturais de suporte da obra, no estudo do subsolo objetivando a capacidade portante, a deformabilidade e a permeabilidade para a construção de barragens ou obras subterrâneas, e na pesquisa de materiais naturais para construção, como argilas, areias e jazidas de rochas. Também não é possível a execução de cortes de estradas ou terraplenagens em solos e/ou rochas sem prévio estudo do subsolo, principalmente para a determinação dos parâmetros de resistência dos solos atravessados e para o dimensionamento dos taludes. Encontrando-se rocha, deverá ser mapeado o topo rochoso para que possa ser considerado no projeto e na execução da escavação, em termos de custos.

Outra atividade que exige obrigatoriamente o conhecimento dos materiais do subsolo é a pesquisa de áreas de empréstimo para terraplenagem ou substituição de camada de solo em construção e pavimentação de vias urbanas e rodovias e de camadas finais de terraplenagem em ferrovias.

# 3

## CAPÍTULO

# Noções de mecânica dos solos

Este capítulo aborda de forma simplificada e resumida alguns dos principais tópicos da mecânica dos solos, como classificação dos solos, resistência ao cisalhamento, compactação e adensamento, procurando apresentar conhecimentos básicos ao estudante para a continuidade dos estudos nas disciplinas obrigatórias da área de geotecnia.

A mecânica dos solos é uma ciência da engenharia civil que trata do estudo dos solos do ponto de vista de tensões e deformações. Os solos são compostos de uma fase sólida, formada por partículas granulares, envolta por uma fase fluida, constituída de água e ar ou gases.

O homem vem trabalhando com os solos como suporte de fundações de edificações, escavações, aterros etc. desde os primórdios da civilização, sendo que nessa fase da História as obras geotécnicas eram realizadas de forma empírica e repetitiva, sem muitos conceitos científicos. O período que vai do século XVIII até o início do século XX é denominado por Skempton (1985) como o período clássico da mecânica dos solos, principalmente com as teorias de Coulomb, Rankine, entre outros.

Historicamente, essa ciência é bastante recente, pois o primeiro trabalho que deu origem a ela foi o livro publicado em 1925 por Karl von Terzaghi, intitulado *Erdbaumechanik*, que lançou os fundamentos da mecânica dos solos nas atividades da engenharia civil.

# 4

## CAPÍTULO

# Noções de mecânica das rochas

A mecânica das rochas é definida pela American National Academy of Science como “ciência teórica e aplicada que trata do comportamento mecânico das rochas sendo, portanto, o ramo da mecânica que estuda as reações das rochas e os esforços que atuam no seu entorno físico” (1963 apud HOEK, 1966, p. 2).

Pode-se considerar que, de uma forma mais ampla e aplicada, é o ramo da engenharia civil e da engenharia de minas que trata do estudo do comportamento mecânico das rochas e dos maciços rochosos, visando à quantificação dos parâmetros físicos para fins de dimensionamento de estruturas inseridas em meios rochosos, enquadrando-se dentro da área de geotecnia e geomecânica.

Na engenharia civil, o conhecimento de mecânica das rochas é aplicado em projetos e execução de obras em maciços rochosos, como túneis, taludes de cortes, fundações de barragens, fundações de pontes e edifícios, escavação em rochas, entre outros. Esse ramo da geotecnia exige, além dos conhecimentos geológicos, conhecimentos de mecânica e de resistência dos materiais.

O papel da geologia é importantíssimo, pois todos os materiais envolvidos nessa área são rochas, dentro do conjunto dos maciços ou das amostras extraídas para estudos em laboratório. Os maciços rochosos possuem um histórico da formação geológica e das tensões ao longo do tempo, apresentando certas

# 5

## CAPÍTULO

# Água superficial e subterrânea

## 5.1 ÁGUA SUPERFICIAL

A ciência que estuda a água na Terra é a hidrologia, que nos cursos de engenharia civil é uma disciplina obrigatória e de grande importância, pois por meio do estudo hidrológico é possível verificar as vazões em determinadas seções para dimensionamento de vertedores de barragens, linhas de drenos, projetos de drenagem urbana, drenagens de obras, drenagens de estradas, recursos hídricos e potenciais hidroelétricos de uma bacia.

As águas da precipitação atmosférica que atingem a superfície tendem a tomar dois caminhos básicos distintos: escorrer pela superfície formando as enxurradas e os caudais dos cursos d'água ou infiltrar-se pelos vazios dos solos e das rochas para formar lençóis d'água subterrâneos.

A maior parte das águas superficiais está contida nos cursos d'água, nos lagos ou nas geleiras, além dos oceanos. As águas que brotam das nascentes ao longo de um curso d'água avolumam-se até se tornarem um grande rio, que transporta sedimentos e deságua nos oceanos.

A água ocorre também na forma sólida, como nos glaciais das regiões frias e nos polos da Terra, podendo permanecer nessa condição por milhares ou até milhões de anos. Em seguida, em virtude de movimentos lentos das camadas de gelo, atingem os oceanos e passam para o estado líquido e de vapor.

# 6

## CAPÍTULO

# Movimentos de massas e estruturas de contenção

A expressão “movimentos de massas” é utilizada na engenharia civil geotécnica para definir qualquer tipo de ruptura e deslocamento de solos e/ou rochas sob a ação da gravidade. Queda de blocos de rochas, avalanches de neve, solos e rochas, ruptura de taludes naturais ou de escavação em solos e/ou rochas, corridas de lama etc. são genericamente denominados movimentos de massas. Esses movimentos afetam diretamente obras de engenharia civil relacionadas com taludes naturais e artificiais, como aterros, barragens, estradas, edificações, entre outras obras.

Todos os tipos de movimentos de massas estão associados com o movimento dos materiais constituintes de parte da crosta terrestre, sendo causados fundamentalmente pela ação da gravidade em razão de condições estruturais dos maciços, agentes intempéricos e materiais de que são compostos. Esses movimentos são causados pelo conjunto das ações das dinâmicas interna e externa da Terra. A dinâmica interna provoca nas camadas de rochas da crosta terrestre dobramentos, falhamentos, levantamentos, afundamentos e adernamentos, mudando lentamente o relevo. Em contraposição, a dinâmica externa, em virtude do ciclo hidrológico, provoca meteorização das rochas, desagregação, erosão, transporte e deposição das partículas. Em alguns casos, os maciços rochosos decompostos, a partir de determinado momento, sob a ação da gravidade em conjunto ou não com a água sofrem instabilizações que podem causar grandes deslizamentos de solos e/ou rochas e, como consequência, a modificação do relevo de forma relativamente rápida. A ação do

# 7

## CAPÍTULO

# Noções sobre barragens

Barragens são obras de engenharia civil constituídas de estruturas projetadas e construídas com a finalidade de acumular água, resíduos líquidos ou sólidos, proteger contra enchentes etc.

Para armazenamento de água podem-se citar as barragens para abastecimento, irrigação, piscicultura ou geração de energia elétrica. Para acúmulo de resíduos, há as barragens para disposição e tratamento de águas residuárias e para confinamento de resíduos sólidos industriais ou de mineração.

Na proteção contra enchentes as barragens podem ser utilizadas para a regularização de vazões ou para a proteção contra transbordamento do curso d'água pelas margens, como as barragens construídas nas margens do rio Mississípi, nos Estados Unidos, denominadas *levees*.

As barragens podem ser construídas com diversos tipos de materiais, como concreto ciclópico, concreto armado, concreto compactado com rolo (CCR), gabões, pedra argamassada, enrocamento e solos compactados. Enrocamentos são maciços construídos com blocos de rocha com dimensões selecionadas, lançados e compactados com rolos especiais.

Neste capítulo são abordados, de forma básica e introdutória, somente os princípios de barragens de solos compactados. Nos cursos de engenharia civil,

# 8

## CAPÍTULO

# Noções sobre túneis

Túneis são considerados as obras mais complexas da engenharia civil. São aberturas executadas em maciços rochosos e/ou terrosos que têm como finalidade o transporte, como rodovias e ferrovias; a condução de água ou tubulações; a mineração; entre outras. Os túneis são obras que existem desde a Antiguidade. Há informações arqueológicas de túneis construídos por volta de 2200 a.C. no Egito e na Babilônia.

Atualmente, são verdadeiras maravilhas da engenharia civil. Alguns exemplos são: o túnel submarino sob o Canal da Mancha, com 49 km, ligando Inglaterra e França; o túnel ferroviário de Seikan ligando Honshu e Hokkaido, no Japão, com 54 km de extensão, que atravessa maciços rochosos incluindo um trecho de 23 km sob o mar no estreito de Tsugaru; e o túnel de San Gotardo, nos Alpes Suíços, construído no final do século XIX e em uso até hoje. Nos Estados Unidos, pode-se citar o túnel da Great Northern Railroad, em Washington, com 12,5 km. No Brasil, existem os túneis da Rodovia dos Imigrantes, na Serra do Mar, entre São Paulo e Santos; os túneis rodoviários e ferroviários espalhados pelo país e os urbanos, como os no Rio de Janeiro e em São Paulo. Outros tipos de túneis são os de sistemas de metrô, normalmente construídos em solos ou rochas brandas e com profundidades relativamente pequenas.

# 9

## CAPÍTULO

# Características tecnológicas de rochas para a construção civil

Na indústria da construção civil, materiais naturais como rochas, areias, siltes e argilas são utilizados em grande escala. A pedra britada possui inúmeras aplicações, como, por exemplo, agregados graúdos em concretos de cimento Portland ou asfálticos, lastros ferroviários, enrocamentos, revestimentos, preenchimentos dos blocos de gabiões, alvenarias, drenos etc. A resistência característica de um concreto ( $f_{ck}$ ) não depende somente do traço ou da composição dos seus componentes, mas também da qualidade dos materiais empregados, entre eles os agregados graúdos e miúdos.

O engenheiro civil é o profissional diretamente ligado à utilização desses materiais e deve, portanto, conhecer as características tecnológicas, as técnicas de aplicação e o comportamento físico e químico durante a aplicação e ao longo do tempo de utilização dos materiais naturais na obra.

Quando responsável pela produção de concretos, pela aquisição de materiais ou por uma obra de qualquer natureza que envolva materiais naturais, como agregados ou rochas para revestimentos, o engenheiro civil deve certificar-se da qualidade dos materiais empregados, pois o não cumprimento dos requisitos das normas técnicas pode prejudicar a qualidade do produto final ou, dependendo do caso, a segurança da obra.

# 10

CAPÍTULO

## **Noções sobre geossintéticos na Engenharia Civil**

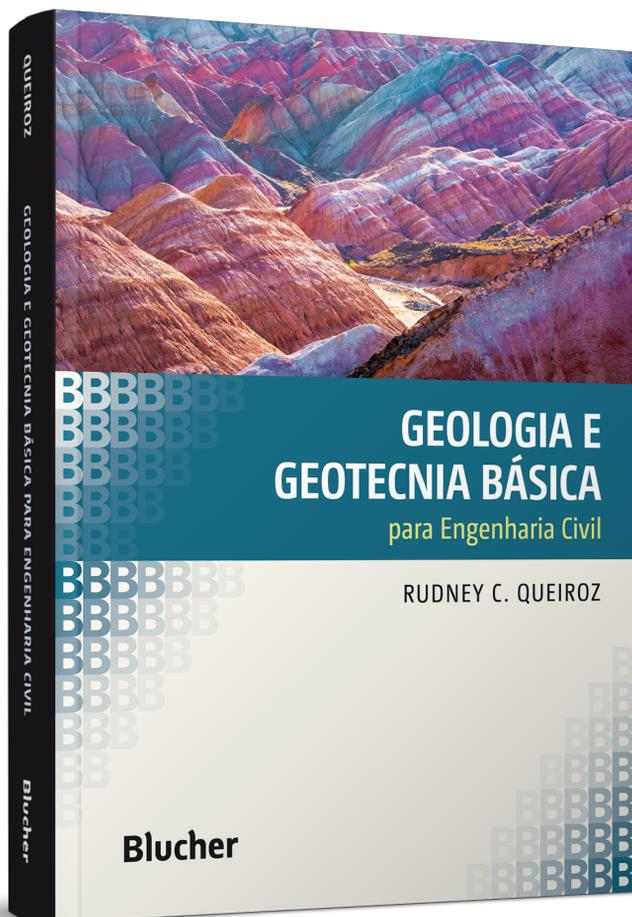
De forma geral, os geossintéticos se constituem em uma série de produtos poliméricos utilizados para a solução de problemas de engenharia civil nas áreas de geotecnia, estradas, estrutura, hidráulica e saneamento. Em virtude da origem sintética, esses produtos possuem estabilidade química, sendo, portanto, aplicados em obras que necessitam de durabilidade. Produtos de origem vegetal também têm sido utilizados quando a decomposição e a interação com o meio ambiente são condições favoráveis ao comportamento da obra.

Segundo Aguiar e Vertematti (2004), historicamente, materiais para reforçar, estabilizar e drenar os solos são utilizados desde alguns milênios. Até meados do século XX, no Brasil e no mundo, muitos aterros de estradas sobre solos moles foram executados sobre estivas compostas de varas de madeira assentadas em camadas perpendiculares. Vale considerar que a madeira em ambiente com baixo teor de oxigênio permanece estável por longo período de tempo, sem se biodegradar.

Logo depois da Segunda Guerra Mundial e na década de 1950, com o desenvolvimento da indústria petroquímica mundial, foi possível a produção de materiais geossintéticos a partir de polímeros para a aplicação na engenharia civil. Surgiu a partir daí grande variedade de produtos para determinadas finalidades nas áreas de geotecnia, hidráulica e estradas.

# Referências

- AGOSTINI, R.; BIZZARRI, A.; MASETTI, M. *Estruturas flexíveis para obras fluviais: primeira parte – obras transversais para sistematizações e derivações hidráulicas*. Bologna: Officine Maccaferri S.p.A. Bologna; Jundiaí: Maccaferri Gabiões do Brasil, 1981.
- AGOSTINI, R.; CONTE, A.; MALAGUTI, G.; PAPETTI, A. *Revestimentos flexíveis em colchões Reno e gabhões nos canais e cursos de água canalizados*. Bologna: Officine Maccaferri S.p.A. Bologna; Jundiaí: Maccaferri Gabiões do Brasil, 1995.
- AGUIAR, P. R.; VERTEMATTI, J. C. Introdução. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.) *Manual brasileiro de geossintéticos*. São Paulo: Blucher, 2004. p. 1-12.
- ALPAN, I. The empirical evaluation of the coefficient  $k_0$  and  $k_{0r}$ . *Soils and Foundations, Jap. Soc. Soil Mech. Found. Eng.*, [S.l.], vol. 7, n. 1, p. 31-40, 1967.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Recommended practice for the classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes, Designation M 145-91. *Standards specifications for transportation materials and methods of sampling and testing*. Washington, D.C.: AASHTO, 1993.



Clique aqui e:

[Veja na loja](#)

## **Geologia e Geotecnia Básica** para Engenharia Civil

**Rudney C. Queiroz**

ISBN: 9788521209560

Páginas: 416

Formato: 17 x 24 cm

Ano de Publicação: 2016

Peso: 0.675 kg