

1

2

3

GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY
INGENIERÍA GEOLÓGICA Y MEDIO AMBIENTE

RESUMO DO LIVRO
BOOK SUMMARY
RESUMEN DEL LIBRO

ANTONIO MANOEL DOS SANTOS OLIVEIRA
JOÃO JERÔNIMO MONTICELI
(Editores – Editors – Editores)



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

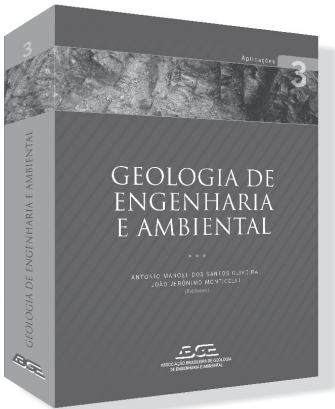
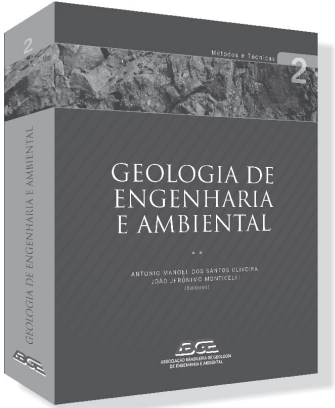
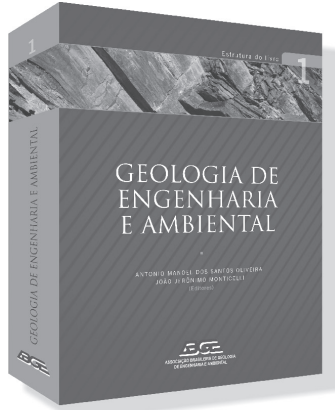
GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

ENGINEERING AND
ENVIRONMENTAL GEOLOGY
INGENIERÍA GEOLÓGICA
Y MEDIO AMBIENTE

RESUMO DO LIVRO

BOOK SUMMARY

RESUMEN DEL LIBRO



GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

ENGINEERING AND
ENVIRONMENTAL GEOLOGY
INGENIERÍA GEOLÓGICA
Y MEDIO AMBIENTE

RESUMO DO LIVRO

BOOK SUMMARY
RESUMEN DEL LIBRO

EDITORES

EDITORS

EDITORES

Antonio Manoel dos Santos Oliveira

João Jerônimo Monticeli



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

SUMÁRIO

LIVRO “GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL”	9
RESUMO DOS CAPÍTULOS	11

Volume 2 – Métodos e Técnicas

1. Introdução	12
2. Clima.....	13
3. Solos em Geologia de Engenharia.....	14
4. Solos em Engenharia.....	15
5. Solos em Pedologia	16
6. Minerais e Rochas	17
7. Caracterização de Agregados e de Materiais Rochosos para Construção	18
8. Estruturas e Estado de Tensões de Maciços Rochosos	19
9. Águas de Superfície	20
10. Águas Subterrâneas	21
11. Relevo e Dinâmica Superficial	22
12. Controle da Erosão	22
13. Erosão e Assoreamento em Reservatórios	23
14. Investigações Geotécnicas e Geambientais.....	24
15. Geofísica Aplicada	25
16. Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos	26
17. Escavações em Solos e Rochas	27
18. Tratamento de Maciços Naturais	28
19. Estabilização de Taludes.....	29
20. Cartografia Geotécnica e Geoambiental	30
21. Tecnógeno-Antropoceno	31
22. Ensino	32
23. Ética e Profissão	33

Volume 3 – Aplicações

24. Barragens e Reservatórios.....	36
25. Obras Subterrâneas Civis.....	37
26. Mineração	39
27. Rodovias e Ferrovias.....	40
28. Obras Marítimas.....	41
29. Canais e Hidrovias	42
30. Linhas de Transmissão e Aeroogeradores.....	43
31. Dutovias.....	44
32. Aeroportos	45
33. Fundações.....	46

34. Avaliação de Impactos.....	47
35. Áreas Contaminadas.....	48
36. Gestão de Resíduos Sólidos	49
37. Gestão de Riscos Geológicos	50
38. Gestão Municipal	52
39. Gestão de Recursos Hídricos.....	53
40. Imprevistos Geológicos e Perícias.....	55
Depoimentos sobre o livro	57

CONTENTS

BOOK “ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY”	61
BOOK SUMMARY	63

Volume 2 – Methods and Techniques

1. Introduction.....	64
2. Climate.....	65
3. Soils in Engineering Geology	66
4. Soils in Engineering	67
5. Soils in Pedology	68
6. Minerals and Rocks.....	69
7. Characterization of Aggregates and Rock Materials for Construction.....	70
8. Structures and Stress State of Rock Masses.....	71
9. Surface Waters	72
10. Underground Waters	73
11. Relief and Superficial Dynamics	74
12. Control of Erosion	74
13. Erosion and Silting of Reservoirs.....	75
14. Geotechnical and Geoenvironmental Investigation.....	76
15. Applied Geophysics	77
16. Characterization and Classification of Rock Masses.....	78
17. Excavations in Soils and Rocks.....	79
18. Treatment of Natural Massifs	80
19. Slope Stabilization	81
20. Geotechnical and Geoenvironmental Cartography	82
21. Technogene-Anthropocene	83
22. Teaching	84
23. Ethics and Profession.....	85

Volume 3 – Applications

24. Dams and Reservoirs.....	87
25. Underground Civil Works	88
26. Mining	89
27. Highways and Railways	91
28. Marine Engineering Works.....	92
29. Canals and Waterways.....	93
30. Transmission Lines and Aerogenerators.....	94
31. Pipelines	95
32. Airports	95
33. Foundations	96
34. Impact Assessment.....	97
35. Contaminated Areas	99
36. Solid Waste Management.....	100
37. Geological Risk Management.....	100
38. Municipal Management	102
39. Management of Water Resources.....	103
40. Geological Unpredictability and Technical Evaluation.....	105
Comments on the book “Engineering and Environmental Geology” by ABGE....	107

ÍNDICE

LIBRO “INGENIERÍA GEOLÓGICA Y MEDIO AMBIENTE”	111
RESÚMENES DE LOS CAPÍTULOS	113

Volumen 2 – Métodos y Técnicas

1. Introducción	114
2. Clima.....	115
3. Suelos en Ingeniería Geológica.....	116
4. Suelos en Ingeniería	117
5. Suelos en Pedología.....	118
6. Minerales y Rocas	119
7. Caracterización de Agregados y Rocas para la Construcción.....	120
8. Estructuras y Estado de Tensiones de Macizos Rocosos	121
9. Aguas Superficiales	122
10. Aguas Subterráneas	123
11. Relieve y Dinámica Superficial	124

12. Control de la Erosión.....	125
13. Erosión y Colmatación en Represas de Agua.....	125
14. Investigaciones Geotécnicas y Geoambientales.....	126
15. Geofísica Aplicada.....	127
16. Caracterización y Clasificación de Macizos Rocosos.....	128
17. Excavaciones de Suelos y Rocas.....	129
18. Tratamiento de Macizos Naturales.....	130
19. Estabilización de Taludes.....	131
20. Cartografía Geotécnica y Geoambiental.....	132
21. Tecnógeno – Antropoceno.....	133
22. Ensino.....	134
23. Ética y Profesión.....	135

Volumen 3 – Aplicaciones

24. Represas y Reservorios.....	137
25. Obras Civiles Subterráneas.....	138
26. Minería.....	140
27. Carreteras y Vías Férreas.....	141
28. Obras Marítimas.....	142
29. Canales e Hidrovías.....	143
30. Líneas de Transmisión Eléctrica y Aero generadores.....	144
31. Ductos.....	145
32. Aeropuertos.....	146
33. Fundaciones.....	147
34. Evaluación de Impactos.....	148
35. Áreas Contaminadas.....	149
36. Gestión de Residuos Sólidos.....	150
37. Gestión de Riesgos Geológicos.....	151
38. Gestión Municipal.....	152
39. Gestión de Recursos Hídricos.....	153
40. Imprevistos Geológicos y Peritajes.....	155
Comentarios sobre el libro “Ingeniería Geológica y Ambiental” de la ABGE.....	157

VENDAS E INFORMAÇÕES:

SECRETARIA EXECUTIVA DA ABGE

Av. Profº Almeida Prado, 532 – IPT - Prédio 11

Cidade Universitária – São Paulo – SP CEP 05508-901

Telefone: (11) 3767-4361 / (11) 3719-0661

Email: abge@abge.org.br

Home Page: www.abge.org.br

Projeto Gráfico/Diagramação e Capa:

Rita Motta/ Editora Tribo da Ilha

LIVRO “GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL”

Antonio Manoel dos Santos Oliveira¹

João Jerônimo Monticeli²

(Editores)

A publicação do livro “**Geologia de Engenharia e Ambiental**” faz parte das comemorações de aniversário de 50 anos da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, seção brasileira da *IAEG – International Association for Engineering Geology and the Environment*.

A **Geologia de Engenharia e Ambiental** é a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de Engenharia e do Meio Ambiente, decorrentes da interação entre o terreno natural (solo, rocha, água, hidrocarbonetos) e as atividades do Homem.

Essa área técnico-científica nasceu e se desenvolveu com os projetos, construção e monitoramento de obras de grande porte, como barragens, rodovias, ferrovias e escavações a céu aberto e subterrâneas para obras civis e minerárias, onde a necessidade de bons projetos, segurança e correta estimativa de custos são fundamentais.

¹ Geólogo (1967), Mestre em Geologia de Aplicação (1981) pelo Instituto de Geociências da USP e Doutor em Geografia Física pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP (1994).

² Geólogo pelo Instituto de Geociências da USP (1971) e Mestre em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP (1984).

Junto com a **Mecânica dos Solos e das Rochas**, a **Geologia de Engenharia e Ambiental** constitui a **Geotecnia**, importante área da engenharia, de relevante importância aos projetos e obras de infraestrutura.

E ao ser aplicada aos problemas ambientais mantém o mesmo enfoque: não se limita à descrição dos processos, mas ao estudo com a finalidade de intervir (Engenharia) para a sua correção ou prevenção. A **Geologia de Engenharia e Ambiental** é uma ciência que se desenvolve resolvendo problemas práticos de Engenharia e Uso do solo.

O livro é composto por três Volumes: o “**Volume 1 – Estrutura do Livro**” contém os Prefácios, Apresentação, Agradecimentos, Autores (perfil profissional e endereço eletrônico), Referências Bibliográficas e Índice Remissivo. O “**Volume 2 – Métodos e Técnicas**” contém vinte e três capítulos e o “**Volume 3 – Aplicações**” contém outros dezessete, perfazendo um total de 40 capítulos.

Os 40 capítulos navegam com eficácia pelas áreas de planejamento e controle ambiental, riscos geológicos, investigações geológicas e geotécnicas, projeto e construção de obras de engenharia, ensino, ética e profissão, imprevistos geológicos, dentre outras.

São 93 autores que voluntariamente produziram seus textos e cederam os direitos comerciais a ABGE: 56 deles possuem títulos de doutores e 24 de mestres, obtidos em renomadas universidades públicas do país e do exterior; e treze são profissionais *experts*, sendo onze deles com mais de 40 anos de experiência.

Contém Prefácios dos Presidentes da ABGE e de importantes entidades técnico-científicas, como IAEG, ABMS, SBG, ABES, ABAS, CBDB, ABRH e ABEQUA.

RESUMO DOS CAPÍTULOS

Livro “**Geologia de Engenharia e Ambiental**”, da ABGE

Volume 1 – Estrutura do livro

Prefácios

Apresentação

Agradecimentos

Autores

Referências Bibliográficas

Índice Remissivo

Volume 2 – Métodos e Técnicas

Volume 3 – Aplicações

VOLUME 2

MÉTODOS E TÉCNICAS

1

Introdução

Antonio Manoel dos Santos Oliveira
João Jerônimo Monticeli

Os referenciais conceituais da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA), representada no Brasil pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE, estão implícitos em sua própria denominação: a Geologia (Geociências), como base científica e a Engenharia, como aplicação. Em outras palavras, a GEA une o campo do conhecimento da Terra e de sua história ao campo de desenvolvimento das técnicas de transformação da Terra pelo Homem. A GEA nasceu e se desenvolveu, com maior ênfase, com as atividades da Engenharia, contribuindo para a elaboração de projetos, acompanhamento da construção e monitoramento da operação de grandes empreendimentos como barragens de hidroelétricas, rodovias e ferrovias de grande porte. Nestas condições, seus estudos sempre estiveram comprometidos com a busca de soluções. Mesmo quando aplicada aos problemas ambientais, como a erosão por exemplo, a GEA não deixa de ter esse enfoque, não se limitando à descrição do processo erosivo, mas estudando-o com a finalidade de intervir (Engenharia) para a sua correção ou prevenção.

A Geologia de Engenharia compõe com a Mecânica dos Solos e a Mecânica das Rochas o campo da Geotecnia. Assim, o ensino, as pesquisas e os trabalhos práticos nessas três áreas se articulam e se integram. Esta particularidade se reflete nas empresas públicas e privadas e nas instituições de ensino que oferecem cursos de pós-graduação em GEA e Geotecnia, como são os casos da UFRJ/CCMN-IGEO e da USP/EESC, respectivamente.

Os métodos de trabalho da GEA se fundamentam em sua base científica, a Geologia, e nos compromissos com as soluções de engenharia. Teoria e observação, equilibradamente dosadas, alimentam tanto o raciocínio dedutivo (busca das regras gerais a partir da observação de fatos isolados e individuais) quanto o indutivo (característico da prática das chamadas ciências exatas), no enfrentamento

dos problemas geotécnicos. O objetivo principal desta ação é prever o comportamento da interação obra x meio físico, por meio da elaboração de modelos denominados fenomenológicos ou geológico-geotécnicos ou geomecânicos.

Estes modelos correspondem a uma síntese dos parâmetros e fatores que condicionam mecanismos previstos no problema considerado.

O Capítulo apresenta a evolução histórica da GEA desde os seus primórdios até os dias atuais, destacando alguns nomes de pioneiros que deram grande contribuição à área, entre os quais o Eng. Murillo Dondici Ruiz, ícone da GEA brasileira.

2

Clima

Diego Oliveira de Souza
Marília Guedes do Nascimento
Clara Miho Narukawa Iwabe

Neste Capítulo são apresentados os principais conceitos a respeito do clima, fundamental para a compreensão dos processos que atuam na superfície terrestre, com aplicações imediatas em Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA), seja no controle de tais processos, seja no projeto de obras civis.

São apresentadas as classificações mais utilizadas e as principais características climáticas do Brasil, que apresenta climas bastante diversificados. Esta diversificação é devida à extensão territorial do Brasil, abrangendo várias latitudes, desde a zona equatorial, com seu clima homônimo, até o sul subtropical, sofrendo influências regionais e locais de variadas altitudes, de relevos diversificados e, devido à sua extensa zona costeira, influências das correntes marítimas.

As diferentes condições de fatores climáticos, interagindo com diferentes substratos geológicos, determinam uma importante geodiversidade de processos de dinâmica superficial, de interesse à ação da GEA. Neste sentido, o Capítulo destaca o comportamento das duas medidas meteorológicas mais importantes no país: a temperatura e a pluviosidade.

Diversos sistemas meteorológicos agem sobre o Brasil, destacando-se, neste Capítulo, no contexto da dinâmica tropical, o fenômeno de El Niño e a Oscilação Sul. Finalmente o Capítulo apresenta os principais aspectos das mudanças

climáticas globais e seus principais efeitos no Brasil, não deixando de destacar a importância das mudanças locais, também influenciadas pela ação do homem, representadas pelas ilhas de calor urbano.

3

Solos em Geologia de Engenharia

Luiz Ferreira Vaz
Magali Dubas Gurgueira

Este Capítulo trata dos solos em Geologia de Engenharia, com foco na sua classificação genética para atender aos projetos e execução de obras de engenharia civil e mineira. Essa classificação é definida a partir da origem do solo, sendo que os solos encontrados no mesmo local onde foram produzidos são chamados de solos residuais ou *in situ* enquanto que os solos que sofreram algum tipo de transporte são chamados de solos transportados. Estes são os dois grupos principais de solo tratados nesse Capítulo.

A classificação dos solos considera o perfil de intemperismo (ou de alteração) que deve ser utilizado para a correta denominação genética. O Capítulo trata das duas principais escolas que estudaram perfis de intemperismo: a americana, de Deere e Patton; e a europeia, de Dearman, prosseguida por Zhao, adotada pela ISRM, com a indicação da bibliografia correspondente.

No Brasil diversos autores trataram de perfis de intemperismo, em geral identificando dois horizontes de solo residual caracterizados, entre outros comportamentos, por ser escavável por lâmina de aço e corresponder à 1ª Categoria, nos contratos de escavação.

O perfil de intemperismo considerado nesse Capítulo corresponde ao de Vaz (1996), em que o horizonte superior do solo é denominado solo eluvial (também denominado solo residual maduro), caracterizando-se pela homogeneidade e isotropia.

O horizonte inferior do solo residual é chamado de solo de alteração (ou solo residual jovem e, em alguns casos, solo saprolítico), pois nele são

encontradas as estruturas presentes na rocha de origem, caracterizando-se por apresentar comportamento heterogêneo e anisotrópico.

O segundo grupo de solos são os transportados, ou seja, solos que, através de um processo de transporte, foram removidos de um local e depositados em outro, sendo modificados durante o processo. São parte desse grupo: os aluviões, os depósitos dos terraços fluviais, coluviões, tálus, sedimentos marinhos e os solos eólicos.

O Capítulo aborda os critérios utilizados para a identificação dos tipos genéticos e de horizontes de solos e indica a terminologia sugerida para sua classificação.

4

Solos em Engenharia

Rita Moura Fortes
Roberto Cardieri Ferreira

Os solos podem ser estudados e classificados sob o ponto de vista da Geologia de Engenharia (Capítulo 3) e da Pedologia (Capítulo 5) e, mais recentemente, sob o ponto de vista antrópico (Capítulo 21). Este Capítulo aborda os solos sob o ponto de vista da engenharia civil, ou mais especificamente, da Mecânica de Solos, ciência que se dedica ao estudo do comportamento dos solos decorrentes da implantação de uma obra ou de sua utilização como material de construção. Não se pretende sintetizar, neste Capítulo, a Mecânica de Solos, mas destacar aspectos e conceitos de maior interesse à Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA). Para o leitor interessado em conhecer mais de perto os procedimentos e equipamentos de ensaios de Mecânica de Solos o Capítulo indica bibliografias específicas, como as publicações de Pinto (2011) e Massad (2016).

A caracterização dos solos em engenharia considera uma série de parâmetros físicos dos solos, entre os quais a Umidade, Massa Específica Real dos Grãos (ou Densidade dos Grãos) Limites de Atterberg e Análise Granulométrica. Os parâmetros físicos dos solos podem ser utilizados para inferir propriedades mecânicas dos mesmos fazendo-se correlações empíricas entre o comportamento

das obras prontas e os solos que as constituíam. Entretanto, sugere-se cautela nessas correlações, principalmente em um país com as dimensões do Brasil, onde predominam solos tropicais, muito diferentes dos solos de países de clima frios e temperados, onde as correlações demonstram mais factíveis.

O Capítulo aborda, de maneira resumida, as características de permeabilidade, compactação e compacidade, compressibilidade, resistência ao cisalhamento, erodibilidade e dispersividade do solo, procurando destacar a importância dessas características nos solos tropicais. Chama a atenção para a dificuldade do uso, no Brasil, das classificações convencionais de solo em engenharia e mostra que, atualmente, a tendência é de se buscar classificações específicas, com base em identificação tátil-visual de cunho geotécnico, no conhecimento sobre a origem geológica do solo e na escolha de poucos parâmetros físicos e mecânicos diferenciadores.

Ao final e feito menção a importância de aterros e pistas experimentais, decorrente das variedades de solos e materiais naturais de construção disponíveis no Brasil.

5

Solos em Pedologia

Franklin dos Santos Antunes
Fernando Ximenes de Tavares Salomão

Neste Capítulo, o solo foi retratado sob o ponto de vista da Pedologia, ciência responsável pela compreensão da sua origem, evolução e transformação, alargando as perspectivas das abordagens da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) sobre esta importante unidade do meio físico, tanto para aplicação em obras de engenharia como para o uso do solo em geral. Inicialmente, o solo é explicado em termos conceituais e genéticos, enfatizando-se os fatores e processos pedogenéticos responsáveis pela sua formação, para, em seguida, demonstrar os critérios utilizados em sua caracterização, mapeamento e aplicação a GEA.

Numa abordagem final, as unidades pedológicas, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), foram explicitadas e caracterizadas

de maneira a fornecer a compreensão das correlações geo-pedológicas, com destaque ao funcionamento hídrico, processos do meio físico e comportamento geotécnico.

6

Minerais e Rochas

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá
Pedro Luiz Pretz Sartori

O Capítulo aborda os minerais e as rochas de maior interesse a Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA). As rochas constituem material natural amplamente utilizado nas obras de engenharia. A caracterização mineralógica e petrográfica, em conjunto com informações geológicas básicas como o ambiente de formação e a história evolutiva – de grande influência no comportamento da rocha – é ferramenta fundamental para a previsão ou correção do comportamento das rochas em obras civis e mineiras, e para a sua utilização como material de construção.

Neste Capítulo são feitas referências as propriedades dos minerais, como brilho, cor, traço, clivagem e outras. Descrevem-se as principais classes de minerais primários e acessórios presentes nas rochas, como os silicatos e os não silicatos. Os silicatos são os minerais formadores mais frequentes nas rochas, caso do quartzo, feldspatos, piroxênios, anfibólios, micas e outros, que constituem os principais constituintes das rochas ígneas e metamórficas. Fazem parte e estão incluídos na classe dos silicatos os minerais de alteração ou secundários, como os argilominerais (filossilicatos), cujas espécies mais comuns, a caulinita e a montmorilonita – originadas de alteração de feldspatos e máficos, principalmente – estão presentes nos solos, em rochas sedimentares (argilito e folhelhos, por exemplo) e também nas rochas ígneas e metamórficas, quando alteradas. A caracterização e quantificação dos argilominerais (e outros minerais de alteração ou secundários) são de grande importância a GEA, pois as propriedades desses minerais interferem no comportamento dos solos e das rochas de forma significativa.

Caracterização de Agregados e de Materiais Rochosos para Construção

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá
Antenor Braga Paraguassu

Na Engenharia, trabalha-se com uma grande variedade de tipos rochosos com características intrínsecas (mineralogia, textura, estrutura) praticamente exclusivas, dependentes das condições particulares de formação de cada corpo rochoso, que por sua vez condicionam suas propriedades tecnológicas. O conhecimento destas propriedades por meio de ensaios laboratoriais e de campo é essencial para o projeto, planejamento e execução de obras, nos mais apropriados padrões de qualidade, custos e prazos.

Os principais usos da rocha na construção civil, seja como agregado (para pavimento, lastro de ferrovias, enrocamento, drenos e filtros), seja como rocha para revestimento (fachadas, pisos e paredes), são apresentados, com ênfase nas funções dos materiais rochosos nestas aplicações e nas propriedades requeridas para o desempenho adequado sob as condições de uso a que serão submetidos.

A determinação das diferentes propriedades e objeto de extensa normalização, sendo aqui destacadas as normas (ABNT e outras) e os ensaios laboratoriais mais rotineiros para identificar a presença de minerais deletérios e caracterizar as principais propriedades, como densidade, absorção de água, compressão uniaxial, dilatação térmica e outros. Algumas das especificações que norteiam a análise dos resultados obtidos nestes ensaios são mostradas, especificações essas que aprovam ou limitam a utilização dos materiais.

E, finalmente, são apresentados e discutidos os conceitos de alterabilidade de rochas e os ensaios de alteração acelerada destinados a previsão de alterações do material rochoso em situações de uso selecionadas.

José Augusto Miotto
Fábio Soares Magalhães
Ginaldo Ademar da Cruz Campanha

Este Capítulo trata do maciço rochoso como um conjunto formado pela rocha ou matriz rochosa e suas estruturas, considerando as forças e movimentos que atuam ou atuam sobre ele, caracterizadas como tensões e deformações. Ênfase é dada ao caráter anisotrópico e heterogêneo dos maciços rochosos.

São enfatizadas as estruturas geológicas mais importantes para projetos e obras civis e mineiras, sob o enfoque de suas relações com as tensões aplicadas no maciço rochoso e a deformação resultante. São descritas as principais estruturas em regime dúctil, como dobras, foliações, lineações, *boudins* e zonas de cisalhamento, e as em regime rúptil, como falhas, juntas, diques e veios. É dada uma noção do comportamento mecânico dos maciços rochosos, e sua relação com as estruturas tectônicas geradas. Também é dada uma breve apresentação dos principais ensaios laboratoriais em mecânica de rochas.

O Capítulo descreve os procedimentos de levantamento e análise das estruturas, com ênfase no estudo das descontinuidades, e na caracterização de parâmetros de interesse geotécnico tais como orientação, espaçamento, persistência, rugosidade e abertura, estudo esse que se complementa com tratamentos dados ao mesmo tema em outros capítulos. É dada uma breve apresentação dos princípios e aplicações da projeção estereográfica e indicada, assim como em outros tópicos, extensa bibliografia que permite aprofundamento sobre o tema.

Por fim são apresentados os principais conceitos e métodos para determinação do estado de tensões em maciços rochosos, em escala regional e local de obra. São descritos métodos sismológicos (mecanismo focal), geoestruturais (diedros retos), *break-out*, *overcoring*, macaco plano e fraturamento hidráulico, com exemplos de aplicação em hidrelétricas; e um estudo de caso de mineração em que o levantamento estrutural subsidiou a localização da expansão da cava.

Francisco Nogueira de Jorge
Aluísio Pardo Canholi

O Capítulo aborda os principais conceitos relacionados as águas superficiais continentais, os processos envolvidos no ciclo hidrológico, as relações entre chuvas e escoamento superficial e suas aplicações no dimensionamento de obras hidráulicas e no gerenciamento, prevenção e controle das enchentes.

São descritas as características físicas das bacias hidrográficas, os padrões da rede de drenagem e as várias formas de comportamento e circulação das águas nos processos que compõem o ciclo hidrológico. São apresentadas as grandezas que caracterizam os eventos pluviométricos incluindo as relações IDF (intensidade-duração-frequência) das chuvas; e, os processos de escoamento superficial, envolvendo conceitos de vazões mínimas, médias e máximas, suas medições, quantificações e aplicações no dimensionamento de obras hidráulicas, definição da disponibilidade hídrica em períodos de seca e de medidas de controle e prevenção de inundações, entre outros.

Na caracterização da morfologia e da dinâmica fluviais são descritos os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, e os fenômenos das enchentes e transbordamentos dos cursos d'água.

O Capítulo apresenta e comenta as soluções de drenagem urbana e as medidas estruturais e não estruturais para o controle e prevenção das enchentes e inundações. As soluções tradicionais baseadas no aumento das velocidades dos escoamentos, como as canalizações, são comparadas às medidas não convencionais, como as obras e estruturas de reservação e bacias de retenção/detenção dos deflúvios, demonstrando-se a necessidade de se associar os dois conceitos e disciplinar o uso e a ocupação do solo.

São apresentados os parâmetros da qualidade ambiental dos corpos hídricos, as condições e padrões de referência para definição das classes de água doce, com base nos usos preponderantes atuais e pretendidos, e os índices de qualidade utilizados para gerenciamento ambiental das bacias hidrográficas, bem como para informação e divulgação da qualidade ambiental das águas para fins

de abastecimento público; proteção da vida e de comunidades aquáticas; e, de balneabilidade.

10

Águas Subterrâneas

Adalberto Aurélio Azevedo
José Luiz Albuquerque Filho
Malva Andrea Mancuso

No contexto da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA), o estudo do efeito mecânico das águas subterrâneas na implantação e na estabilidade das obras de engenharia civil, assim como na estabilidade de maciços naturais e de extrema importância. As formações geológicas que armazenam água e permitem a sua circulação em condições naturais e em quantidades significativas são denominadas de aquífero. Abaixo da superfície do terreno, essas formações permitem a circulação da água na zona não saturada (ou de aeração) e na zona saturada (onde todos os espaços intergranulares estão ocupados por água). É possível analisar a movimentação da água subterrânea na zona saturada, assim como a direção e o sentido do fluxo, a partir da elaboração do mapa potenciométrico do aquífero. O fluxo da água subterrânea está relacionado a capacidade de percolação do maciço. No caso de meios porosos, a circulação da água ocorre em função do grau de intercomunicação entre os poros. Quando esse meio permite a sua livre circulação, são válidas as leis que regem o fluxo nos meios porosos, como a Lei de Darcy. Quando o meio é fraturado, o escoamento é determinado pela permeabilidade da matriz rochosa e pela condutividade hidráulica das discontinuidades.

Durante os processos naturais de movimentação, a água exerce forças que podem causar instabilidades, alterando as características de resistência e deformabilidade dos maciços, sendo fundamental conhecer os fluxos subterrâneos para poder analisar: (i) o efeito mecânico provocado pela água subterrânea, como as subpressões, que afetam o maciço rochoso e as estruturas de engenharia; (ii) o efeito das forças de percolação do fluido, como os processos de liquefação do solo e a erosão tubular interna regressiva (*piping*); e (iii) os fenômenos resultantes de rebaixamentos do nível d'água subterrânea, como as subsidências e os recalques.

11

Relevo e Dinâmica Superficial

Nilton Fornasari Filho
Mariana Sgarbi Claro Faria

O presente Capítulo apresenta, de forma sintética e didática, os principais conceitos relativos ao estudo do relevo no âmbito da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA). Priorizando terminologias e suas definições, o Capítulo apresenta um panorama geral sobre as formas de relevo e os processos de dinâmica superficial predominantes no meio tropical úmido.

Com ênfase na análise morfológica do relevo, a primeira parte apresenta os principais parâmetros de análise do modelado, os atributos morfométricos mais comumente analisados e os principais elementos morfológicos considerados na escala de análise da GEA. Na transição para a temática dos processos de dinâmica superficial, apresentam-se ainda os fatores condicionantes dos processos de modelagem do relevo, e as principais feições resultantes desses processos.

Na segunda parte, a dinâmica superficial é abordada sob a ótica da GEA, destacando-se os principais processos do meio físico e feições típicas usualmente estudados por esta ciência no Brasil. Processos como erosão, movimentos de massa, assoreamento, inundação, subsidências e colapsos, processos costeiros e outros são didaticamente descritos e ilustrados por meio de registros em paisagens características do território brasileiro, para uma melhor compreensão por parte do leitor.

12

Controle da Erosão

Oswaldo Yujiro Iwasa
Roberto Fendrich
Gerson Salviano de Almeida Filho

Este Capítulo apresenta o tema erosão do ponto de vista da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA), abordando a erosão urbana, que não é objeto da

Agronomia, área tradicional de estudo da erosão na zona rural, onde ocorre, comumente, a erosão do tipo laminar. A erosão urbana, de importância para a GEA, se expressa na forma de ravinas e boçorocas, cujos diagnósticos dos fenômenos envolvidos são essenciais para a concepção dos projetos corretivos. Entretanto, o fundamental são as medidas preventivas correspondentes aos mapeamentos das áreas que irão ser objeto de ocupação por urbanização ou obras de infraestrutura, sobretudo obras viárias, assunto que se complementa com o tratado no Capítulo 20 – Cartografia Geotécnica e Geoambiental.

O presente Capítulo trata dos métodos e técnicas da investigação necessária para as ações da GEA, da engenharia e do urbanismo, preventivas ou corretivas, apresentando estas ações, especialmente relacionadas ao uso urbano do solo. Para as ações corretivas são indicados roteiro de trabalho, critérios de projeto e exemplos de estruturas de controle de erosões como, por exemplo, vertedores e estruturas em degraus.

13

Erosão e Assoreamento em Reservatórios

Adalberto Aurélio Azevedo
Maurício Fava Rubio

Todos os reservatórios estão destinados a sofrerem erosão marginais e a se assorearem, pois a sua criação promove profundas modificações nas condições ambientais alterando o regime das águas de um rio. Destas alterações, destacam-se as erosões marginais e o assoreamento.

O Capítulo apresenta os principais fatores condicionantes das erosões: (i) intrínsecos (geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, pedológicos e sísmicos); (ii) extrínsecos (pluviosidade e ventos) e, (iii) aqueles que potencializam a erosão (condições de operação do reservatório e o uso e ocupação do solo). Apresenta, ainda, os processos envolvidos destacando o papel das ondas formadas nos lagos e que embatem as margens. Após apresentar métodos de monitoramento do fenômeno o Capítulo destaca a experiência brasileira no controle dos processos erosivos em margens de reservatórios.

Quanto ao assoreamento são apresentados os principais conceitos e processos envolvidos desde a produção, o transporte e a acumulação dos sedimentos. Para o estudo do assoreamento são apontados diversos métodos e técnicas de investigação e monitoramento. Finalizando, o Capítulo apresenta um breve panorama do assoreamento de reservatórios no Brasil, que se complementam com a bibliografia indicada.

14

Investigações Geotécnicas e Geambientais

Antonio Marrano
Wilson Shoji Iyomasa
Nilton Jorge Miyashiro

O desenvolvimento de estudos e investigações para projetos de obras civis e mineiras (barragem, rodovia, ferrovia, hidrovía, porto, aeroporto, dutovia, túnel, metrô, minerações a céu aberto e subterrâneas etc.), assim como para projetos de natureza geoambiental (área contaminada, aterro sanitário etc.), são usualmente executados em fases ou etapas sucessivas e progressivas de detalhamento, com objetivos e metodologias específicas. Tais estudos têm o objetivo de conhecer e quantificar as características geológico-geotécnicas do terreno, fornecendo os subsídios necessários à elaboração do respectivo projeto de engenharia, à construção e à operação da obra.

Desse modo, desde as etapas iniciais de estudo, as atividades devem ser conduzidas com base em um modelo geológico preliminar da área, a partir do qual será possível a definição do programa de investigações com vistas ao reconhecimento das características do terreno bem como à identificação dos condicionantes geológicos e geotécnicos ao projeto, à construção e à operação da obra. Em geral, as feições geológicas que podem se constituir em condicionantes geológicos e que necessitam investigação e caracterização geológica e geotécnica (qualitativas e quantitativas) são aquelas relacionadas à litologias, a falhas ou zonas de cisalhamento, dobras, planos de acamamento e de foliação, sistemas de juntas e fraturas, feições cársticas (cavernas, cavidades e dolinas), solos moles,

compressíveis e colapsíveis, rochas friáveis e/ou desagregáveis, rochas de resistência extremamente elevada, tensões virgens elevadas, pressões e vazões elevadas de água subterrânea, dentre outras.

As principais ferramentas utilizadas nas investigações geológico-geotécnicas compreendem o sensoriamento remoto, o mapeamento geológico, os ensaios geofísicos e as sondagens mecânicas, abordados de maneira simplificada e com indicação de bibliografia complementar no presente Capítulo. Os métodos de investigação mecânica mais utilizados são: poço de inspeção, trincheira de inspeção, sondagem a trado, sondagem a varejão, sondagem a percussão, sondagem rotativa, sondagem a rotopercussão e galeria de investigação. Os furos de sondagem podem ser utilizados para imageamento e para a execução de diversos tipos de ensaios ou mesmo para a instrumentação e monitoramento do comportamento do maciço (terroso e/ou rochoso).

Os resultados das investigações geológico-geotécnicas devem ser apresentados de maneira clara, organizada e objetiva, a fim de propiciar uma comunicação eficiente entre o geólogo de engenharia e os demais componentes da equipe técnica de um projeto. Normalmente, as formas mais usuais de apresentação são os perfis individuais de sondagens, as seções geológico--geotécnicas e os mapas e plantas geológicas que, conjugados, subsidiam a elaboração do modelo geológico-geotécnico ou geomecânico, todos reunidos num relatório técnico elaborado, preferencialmente, a cada fase de projeto, e revisto por ocasião do projeto executivo e construção da obra.

15

Geofísica Aplicada

Luiz Antonio Pereira de Souza
Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

Os métodos geofísicos constituem-se em um conjunto de ferramentas de investigação indireta com larga aplicação em projetos de engenharia e meio ambiente. Barragens, túneis, pontes, aterros, fundações, portos, marinhas, dragagens submarinas, cabos e dutos subaquáticos, assoreamento de reservatórios,

hidrovias são exemplos de projetos nos quais informações de superfície e subsuperfície oriundas da aplicação de métodos geofísicos em muito contribuem para a constituição do melhor modelo geológico e/ou geotécnico do terreno investigado. A aplicação de métodos geofísicos na investigação de ambientes urbanos tem também especial relevância tendo em vista se tratarem de métodos indiretos, e, portanto, não-destrutivos. A possibilidade de ampla cobertura da área de interesse em tempo relativamente curto torna os métodos geofísicos eficientes ferramentas de investigação, tendo em vista que oferecem ao usuário uma excelente relação custo-benefício.

Neste Capítulo, apresentam-se os fundamentos dos principais métodos geofísicos empregados na investigação geológico--geotécnica ilustrados por uma série de exemplos de aplicação. Assim, são comentados os métodos geoeletricos, sísmicos, potenciais e perfilações geofísicas de poços, bem como dado destaque aos métodos geofísicos aplicados na investigação de áreas submersas. Constatam, ainda, citações bibliográficas que ajudam a aprofundar o estudo do tema.

16

Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos

Luiz Massayosi Ojima
Edgard Serra Junior

A caracterização e classificação de maciços rochosos são temas importantes da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA). O primeiro (caracterização) é uma atividade que visa evidenciar um amplo conjunto de informações do maciço que podem influenciar no seu comportamento perante a implantação de uma obra. O segundo (classificação) é uma atividade que, baseando-se na seleção das características que condicionam o comportamento, visa compartimentar/setorizar o maciço rochoso com o objetivo de orientar/subsidiar o projeto de engenharia para a implantação de uma obra, onde o binômio segurança/custo seja o mais adequado.

O presente Capítulo apresenta os principais parâmetros para a caracterização do maciço rochoso (litologia, alteração/coerência, descontinuidades,

permeabilidade) e a sua forma de descreve-los, bem como indica os ensaios de laboratório que fornecem subsídios importantes na caracterização. Apresenta, também, as classificações mais utilizadas atualmente no meio técnico que são: sistema RMR, sistema Q e sistema GSI.

Ao logo da abordagem são feitas citações de bibliografias que complementam o texto apresentado.

17

Escavações em Solos e Rochas

Valdir Costa e Silva
Luiz Cerello
Carlos Magno Muniz

Escavação é o processo empregado (mecânico ou manual) para romper a compacidade de coesão do solo ou rocha, por meio de ferramentas e processos convenientes, tornando possível sua remoção. Uma escavação pode ser realizada por dois diferentes objetivos: (i) obtenção de bens minerais; (ii) abertura de espaços para fins diversos, como a construção de obras civis.

A estabilidade das escavações pode ser função das próprias características do maciço ou obtida por meio de revestimentos artificiais e reforço do maciço. O projeto da escavação deve considerar os aspectos econômicos e de segurança que envolvem essa estabilidade, avaliando assim a maior ou menor quantidade de minério e/ou estéril a ser lavrada, definindo-se com isso as cavas ideais e o dimensionamento dos suportes (pilares por exemplo), otimizando assim as minerações e as obras civis.

O Brasil possui grande experiências em escavações, decorrentes de grandes obras mineiras, como a Mina do Cauê e Conceição (Itabira) e da Anglo Gold, em MG e Carajás, no PA. Na construção de obras civis cabe destacar, entre outras, as escavações da UH Itaipu, que movimentaram 25,4 milhões de m³ de material escavado em solo e 34,7 milhões de m³ em rocha basáltica, principalmente a céu aberto, gerando taludes de até 80 m de altura, além de 1 km de túneis e 400 m de poços de pesquisas, e, ainda, os projetos recentes de escavação do Canal de

Desvio da UH Belo Monte, PA, e as obras da Transposição do Rio São Francisco, no nordeste.

O Capítulo trata das escavações a céu aberto e subterrânea e de seus condicionantes geológicos geotécnicos, destacando a escavabilidade em função do material geológico encontrado. Aborda os equipamentos e métodos de escavação e aprofunda a escavação em rocha com uso de explosivos.

O Capítulo permite ao leitor encontrar termos e conceitos básicos utilizados na arte das escavações em solos e em rochas. A Bibliografia recomendada traz indicação de livros tradicionais, de excelência e respeitabilidade no meio técnico, que ajudam os interessados a se aprofundarem no tema.

18

Tratamento de Maciços Naturais

Luiz Ferreira Vaz
Ana Elisa Silva de Abreu

Este Capítulo trata da melhoria ou reforço das características de um maciço natural, de terra e de rocha, providência necessária sempre que o maciço geológico for submetido a uma solicitação imposta pela construção de uma obra. Em geral as solicitações afetam: 1) a circulação da água subterrânea nos aquíferos, em decorrência do rebaixamento do nível d'água; e, 2) as características de resistência do maciço, provocando deformações. Em suma, o tratamento visa controlar ou excluir a presença da água subterrânea na construção, bem como aumentar a resistência do maciço de solo ou de rocha, adequando-o às necessidades da obra.

São apresentados, neste Capítulo, sete métodos de rebaixamento do nível de água subterrâneo: cavas e valetas de drenagem, dreno horizontal profundo, drenos de alívio, ponteiras filtrantes, poços injetores, poços profundos com bomba submersa e galerias de drenagem.

Os métodos de reforço dos maciços naturais (solo e rocha) estão sendo apresentados separados em três conjuntos: injeções (de caldas de cimento e resinas, principalmente), processos de adensamento de solo (por pré-carregamento, vibro compactação, compactação dinâmica e injeção de alta pressão/*jet grouting*,

principalmente) e sistemas de suporte (através de ancoragens por chumbadores e tirantes, concreto projetado, cambotas metálicas e enfilagens).

Referente a água subterrânea os métodos de rebaixamento do lençol freático vão desde simples valetas para escoamento da água superficial até galerias ou túneis de drenagem, estes destinados a remover a água subterrânea por baixo, muito eficientes, porém, de alto custo. A eficiência dos métodos de rebaixamento é variável. De forma geral os mais eficientes são os de maior custo. Entretanto, métodos simples e de custo baixo, tais como os DHP's (drenos horizontais profundos), podem solucionar o problema.

A aplicabilidade de cada método, tanto referente ao controle das águas subterrâneas, quanto à melhoria das características de resistência do maciço, está diretamente relacionada aos custos e às condições geológicas locais, que devem ser corretamente avaliadas. As características geológico-geotécnicas do maciço natural e o modelo geológico de suporte às decisões sobre a aplicabilidade dos métodos são tratados em vários Capítulos do presente livro.

19

Estabilização de Taludes

Oswaldo Augusto Filho
José Carlos Virgili
Marcus Vinícius Dilácio

Este Capítulo aborda os aspectos básicos dos estudos voltados a estabilização de taludes que podem estar relacionados a diversos tipos de obras de engenharia, tais como, empreendimentos urbanos, industriais e minerários, escavações a céu aberto, disposição de resíduos, barragens etc. Desta forma, recomenda-se que os demais capítulos deste livro correspondentes a estas obras de engenharia também sejam consultados, visando complementar o conhecimento sobre o assunto.

As análises dos processos geológicos envolvidos, fundamentalmente, os movimentos de massa, são orientadas pelo objetivo de estabilizar os terrenos onde ocorrem. A abordagem, de cunho geológico e geotécnico, converge para o projeto e para as obras necessárias para controlá-los. O Capítulo apresenta

detalhadamente essa abordagem e todos os seus procedimentos: estudo dos processos de instabilização de taludes, com base em sistema classificatório; análise dos condicionantes e agentes, que atuam de forma mais direta e imediata na deflagração destes processos; métodos de investigação; instrumentação; ensaios de campo e laboratório; métodos de análise de estabilidade; ferramentas computacionais.

Finalmente o capítulo apresenta as obras de estabilização a serem consideradas, com um exemplo prático de elaboração de projetos de estabilização/recuperação de taludes em um trecho de 35 km da Rodovia SP-250, entre as cidades de Apiaí e Ribeira, SP.

20

Cartografia Geotécnica e Geoambiental

Kátia Canil

Carlos Geraldo Luz de Freitas

Frederico Garcia Sobreira

Eduardo Goulart Collares

O termo “Carta geotécnica e geoambiental” é comumente utilizado para designar a representação, em mapas, das características e comportamentos do meio físico perante diferentes tipos de ocupação e uso do solo. O presente Capítulo considera sete tipos de cartas: aplicadas a obras civis, convencionais, de planejamento territorial, de suscetibilidade, de aptidão à urbanização, de risco e geoambientais. Deve-se, sempre, atentar para a finalidade do trabalho de cartografia e ter em mente a necessidade de comunicar resultados de maneira eficaz, em escala adequada e em linguagem acessível ao público usuário dos dados.

Os primeiros passos no desenvolvimento da cartografia geotécnica no Brasil e outros países estão ligados a solicitações dos engenheiros, para que os geólogos proporcionassem ajuda na solução de problemas em construções civis, especialmente em obras lineares e edificações urbanas, valendo-se de conhecimentos e parâmetros geológico-geotécnicos.

O Capítulo apresenta um breve histórico da cartografia geotécnica e geoambiental e como essa evoluiu no âmbito da geologia de engenharia. O Brasil

recebeu influência do exterior com a apropriação e adequação de metodologias, desenvolvendo trabalhos em instituições de ensino e pesquisa, que se tornaram importantes centros de referência nacional. São apresentados os principais aspectos conceituais, procedimentos metodológicos e alguns exemplos ilustrativos de cartografias, que revelam a evolução do processo de elaboração das cartas, e sobretudo sua aplicação em obras civis, planejamento territorial, áreas de risco e em gestão ambiental. Destaca-se, também, uma breve descrição das ferramentas geotecnológicas de imageamento mais utilizadas e que melhoram a eficiência dos resultados e reduzem o tempo de elaboração das cartas.

Vários diplomas legais (Lei Federal 12.608/2012, por exemplo) exigem a elaboração de cartas geotécnicas, no caso as de Suscetibilidade, de Risco e de Aptidão à Urbanização. As cartas geotécnicas de risco atendem às políticas governamentais de gestão de riscos geológicos e as cartas geotécnicas de planejamento territorial são utilizadas com finalidades de propiciar ao gestor público um conjunto sistematizado de informações que permitem, dentre outros, identificar e delimitar áreas de aptidão à urbanização, planejar a proteção de áreas ambientalmente vulneráveis e subsidiar a elaboração, aprovação e a gestão de Planos Diretores Municipais.

21

Tecnógeno-Antropoceno

Antonio Manoel dos Santos Oliveira
Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Adriana Aparecida de Oliveira

A Geologia de Engenharia no Tecnógeno – Antropoceno, denominações de novos tempos geológicos, propostos para caracterizar a época atual em que a Humanidade atua como intenso agente geológico, adquiriu nova forma de abordar os problemas geotécnicos ambientais, a abordagem geotecnogênica. Esta abordagem considera que os processos modificadores do planeta correspondem a ações tecnológicas que alteram diretamente as condições naturais, por exemplo uma terraplenagem, ou indiretamente alteram os processos naturais de dinâmica

superficial como, por exemplo, um escorregamento induzido por desmatamento, sendo então denominados não mais geológicos, mas processos geotecnogênicos. O Capítulo apresenta várias classificações de terrenos e depósitos tecnogênicos gerados no ambiente tecnogênico.

A abordagem geotecnogênica tem como foco uma transformação ambiental antrópica que para ser compreendida deve resgatar a paisagem anterior, se possível a paisagem primitiva, natural, considerar a ação tecnológica como agente geológico modificador e a paisagem atual, transformada, desvendando as relações de causa e efeito nessa transformação.

O Capítulo apresenta os diversos procedimentos e técnicas considerados pela abordagem, desde o resgate da história do uso da terra, a investigação dos depósitos tecnogênicos presentes até as legendas dos mapeamentos tecnogênicos produzidos.

O Capítulo conclui apresentando um breve panorama dos comportamentos geotécnicos dos terrenos tecnogênicos gerados e as perspectivas de pesquisas necessárias para o desenvolvimento da Geologia de Engenharia no Tecnógeno – Antropoceno.

22

Ensino

Leandro Eugenio da Silva Cerri
Marcos Musso

O Capítulo apresenta uma síntese da base teórica necessária à reflexão sobre a prática de ensino na era digital, dando ênfase a dois aspectos que se inter-relacionam fortemente: *i*) as condutas e atitudes das diferentes gerações em relação ao processo ensino-aprendizado; e *ii*) as principais abordagens de ensino, segundo o papel do docente. Estes dois aspectos permitem analisar a relação entre “como os alunos aprendem mais facilmente” e “o que os docentes podem fazer para facilitar o aprendizado dos alunos”. Quanto mais convergentes essas abordagens, mais consistente é o resultado do processo ensino-aprendizado.

O Capítulo também descreve exemplos de práticas de ensino de GEA que possibilitam que os alunos desenvolvam competências e habilidades essenciais

para a atuação profissional neste campo de aplicação das Geociências. Mesmo reconhecendo que a prática didática é ditada por forte componente pessoal – cada docente tem a liberdade de escolher como prefere ministrar suas aulas –, os exemplos descritos visam motivar os docentes a criar dinâmicas que proporcionem bons resultados.

A redação do Capítulo foi fortemente fundamentada em duas premissas: *i)* o aluno moderno é o principal responsável por seu aprendizado, cabendo ao docente criar oportunidades que permitam o contato do aluno com o conteúdo programático da disciplina; e *ii)* as aulas expositivas, por meio das quais é apresentado determinado conteúdo aos alunos, devem ser reduzidas ao mínimo indispensável.

Destaca-se, ainda, que o conteúdo programático das disciplinas não deve ficar restrito à base conceitual, entendimento dos processos geológicos, métodos de investigação, classificações geotécnicas e fases de estudo em obras de engenharia e em processos de licenciamento ambiental, mas deve estimular os alunos a compreender como se dá a contínua produção e aplicação do conhecimento geológico e geotécnico. Defende-se que é imprescindível proporcionar aos alunos a familiarização com técnicas de observação e de experimentação, bem como exercitar a aplicação da teoria, orientar a construção e utilização de modelos geológicos e geológico-geotécnicos, assim como realizar simulações computacionais.

Sintetizada em uma única frase, a tônica do capítulo é planejar a prática de ensino de modo a “tornar o estudo mais parecido com o trabalho”, especialmente visando estimular o aluno a encontrar seu “elemento-chave”.

23

Ética e Profissão

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Nivaldo José Bósio
Lucilia do Carmo Giordano

A Ética é um conjunto de regras, princípios e maneiras de pensar que orientam a atuação moral do indivíduo em uma sociedade e, no caso profissional,

em seu ambiente de trabalho. O tema Profissão não está relacionado somente à formação, conteúdos programáticos de disciplinas, grade curricular e ao projeto pedagógico dos cursos de nível técnico e superior, mas também a uma série de legislações que definem direitos e deveres aos profissionais. O Capítulo inicia-se pela abordagem dos princípios Éticos, entre os quais a necessidade de conduta honesta, digna e cidadã, valores que se complementam com a necessidade de a profissão ser exercida com base em preceitos do desenvolvimento sustentável em suas intervenções sobre o ambiente natural, de lealdade na competição e de respeito entre os distintos profissionais.

A ausência de contrato formal entre as partes, ou contrato omissivo, costuma ser um dos principais pontos a gerar processos de apuração de falta de ética, sendo fundamental definir claramente quais são os serviços, o produto, prazo, preço, responsabilidades das partes e forma de pagamento. O leitor encontra comentários sobre as três formas legais de exercício profissional dos graduados em geologia, engenharias e áreas afins: Empregado, Autônomo e Empresário. No caso do exercício como Empresário são feitas considerações sobre as alternativas de constituição de “pessoa jurídica individual” e “limitada” e sobre os regimes tributários a que estarão sujeitas, como o caso do Simples Nacional.

A legislação profissional no Brasil é extensa, complexa, sujeita a críticas e recheada de resoluções, decisões e atos normativos, que influenciam o dia a dia da vida dos profissionais. As atribuições dos geólogos e engenheiros geólogos dadas pela Lei Federal 4.076/1962 é muito antiga e considerada ultrapassada. O Capítulo comenta o Sistema CONFEA/CREAs/MUTUA, de fundamental importância a várias profissões que atuam na GEA. É dado destaque à Resolução CONFEA 1.010/2005 que prevê que as atribuições profissionais sejam definidas não só pelo título profissional, mas com base no projeto pedagógico e no conteúdo das disciplinas cursadas. Tal Resolução, considerada um dos principais avanços no processo de regulamentação profissional no país, está com sua aplicabilidade suspensa.

Os direitos e deveres dos profissionais constituem item importante no Capítulo, destacando-se a obtenção do registro Profissional (Carteira do CREA) e a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). São feitos breves comentários sobre as naturezas de entidades sindicais, técnico-científicas e representativas de profissionais e a importância de estarem participando no Colégio de Entidades Nacionais (CDEN), que é um colegiado que tem grande importância e influência no Sistema CONFEA/CREA/MUTUA. Uma incursão à regulamentação

profissional de outros países finaliza o Capítulo, com considerações sobre a Argentina, Paraguai e Uruguai (Mercosul) e Portugal.

É recomendado que os profissionais naveguem pelos portais do CONFEA, CREAs e MÚTUA, assim como a leitura das principais Leis e Decretos Federais que regulam sua profissão e das resoluções e normativos promulgados pelo CONFEA e CREAs, acompanhando e se atualizando nas mudanças que constantemente ocorrem no sistema e na regulamentação e fiscalização de sua profissão.

VOLUME 3
APLICAÇÕES

24

Barragens e Reservatórios

Ricardo Antônio Abrahão
Paulo Teixeira da Cruz

O tema desenvolvido neste Capítulo é o das barragens para acumulo de água para várias finalidades, tais como abastecimento, geração de energia, regulação de vazão e lazer. Secundariamente aborda barragens para contenção de rejeitos, resultantes da industrialização de minérios.

Existem vários tipos de barragens, todas devidamente comentadas: barragens de terra (aterros) de vários tipos, barragens de enrocamentos com várias conformações de impermeabilização e barragens de concreto de diversas formas. No passado, ainda foram construídas obras de alvenaria e mesmo de madeira, que não são o escopo do presente Capítulo.

A escolha do tipo mais adequado de barragem a determinado local é condicionada pelo relevo (topografia), condições geológicas e climáticas, disponibilidade dos materiais de construção, natureza das fundações, sismicidade do local, experiência técnica e antecedentes, sem falar de condicionantes financeiros, de prazo, e até políticos. Entretanto, os aspectos que mais interessam a este Capítulo são aqueles que envolvem as condições naturais de fundação e os materiais de construção. Assim, são descritos os principais itens que interferem no projeto e construção de barragens, comentando-se os tipos de solos e de rocha (e os maciços rochosos) e suas relações com as estruturas de barramentos.

São apresentados exemplos de soluções para considerar e mitigar os efeitos deletérios de certos componentes naturais da fundação, que colocam a barragem em risco, com ênfase a resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito) e

a percolação pelas fundações. As percolações, além de adicionarem cargas desestabilizantes nos maciços de fundação podem ocasionar erosões, requerendo atenção durante toda a fase de operação de um empreendimento.

Aspectos relativos aos reservatórios formados pela construção de barragens são descritos, com destaque à estanqueidade, estabilidade de encostas e geração de sismos induzidos. Por fim, introduz-se informações sobre a legislação, em especial sobre a Lei de Segurança de Barragens que, no momento desta redação, se encontra em um processo intenso de regulamentação e implementação, impondo diversas responsabilidades aos proprietários das obras e as entidades públicas de fiscalização.

25

Obras Subterrâneas Civas

Fernando Olavo Francis
Hugo Cássio Rocha
André Pacheco Assis

O espaço subterrâneo tem tido cada vez mais importância nas obras civis, com destaque nas áreas urbanas, devido os avanços tecnológicos obtidos nos últimos anos em: (i) redução dos custos das obras; (ii) rapidez dos métodos executivos; (iii) maior segurança, devido a métodos mais adequados de escavação, de desmonte a fogo e de tratamento de maciços em solos e em rochas; (iv), aumento do uso de mecanização (maior previsibilidade na execução); (v) projetos mais precisos; e, (vi) adoção de técnicas de análise de riscos, que permitem mais segurança aos contratos.

Os tuneis, galerias, poços e cavernas são os principais tipos de obras subterrâneas civis. O projeto de um empreendimento subterrâneo é um sistema muito complexo envolvendo inúmeros dados de entrada, aspectos legais, econômicos, operacionais, geológicos e geotécnicos, tecnológicos, ambientais e construtivos. Durante as etapas do projeto de um túnel, por exemplo, são analisadas várias alternativas de soluções de engenharia para o traçado, seção corrente, emboques,

reforço estrutural etc. Diversos aspectos das alternativas de projeto são condicionados por fatores de ordem geológica e geomorfológica. Todos os prós e contras são avaliados, técnica e economicamente, até culminar com a eleição da melhor solução. Os grandes acertos ou erros de decisão são cometidos nessa etapa (projeto). O maior ou menor sucesso do empreendimento depende da maior ou menor objetividade e qualidade, e menos da quantidade dos estudos realizados. Nas etapas de projeto é que devem se concentrar a maior parte das investigações geológicas e geotécnicas, assim como a obtenção dos demais dados básicos, como interferências com estruturas existentes e os estudos de impactos ambientais.

O Capítulo enfoca alguns dos principais condicionantes da Geologia de Engenharia no projeto e construção das obras subterrâneas, com comentários sobre os principais tipos de informações e critérios que ajudam na definição dos métodos construtivos: convencionais (NATM, por exemplo) ou os mecanizados, conhecidos como *TBM – Tunnel Boring Machine*. Assim, são destacadas as importâncias da litologia, do intemperismo, das estruturas e do estado de tensões, as condições hidrogeotécnicas (presença de água), dentre outras, para o projeto e construção das obras.

As investigações e classificações geomecânicas são semelhantes às realizadas em outras obras civis. Assim, este tema, bem como métodos de tratamento (uso de tirantes e de revestimento de concreto, rebaixamento de nível d'água, instrumentação etc.) são tratados de forma resumida, já que o leitor pode dispor de informações correlatas com maiores detalhes em outros Capítulos.

São feitas considerações sobre as análises do coeficiente de segurança do maciço e do revestimento: na maior parte das obras subterrâneas, essa avaliação é feita com relação ao cisalhamento, sendo a resistência definida em função dos parâmetros c (coesão) e ϕ (ângulo de atrito) das descontinuidades, no caso de maciços descontínuos, ou da matriz, no caso de meio pseudocontínuos (solos e rochas brandas). Os valores de FS requeridos são definidos pela experiência, em função do nível dos estudos e da responsabilidade da estrutura ou dos riscos envolvidos.

O Capítulo contém ilustrações e tabelas que complementam o texto, assim como dois Boxes que abordam o ATO – Acompanhamento Técnico da Obra e a Gestão de Riscos.

A Geotecnia, entendida como a Geologia de Engenharia, Mecânica das Rochas e Mecânica dos Solos, participa intensamente em todas as etapas do ciclo de vida dos empreendimentos de mineração e de transformação mineral, desde a fase de planejamento, projeto e lavra até o descomissionamento (encerramento da atividade).

Com o aumento da atividade mineral no mundo, com as restrições de caráter ambiental e com o crescente porte dos empreendimentos, a aplicação técnica-científica da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) tem desempenhado papel cada vez mais destacado.

A GEA aplicada a mineração distingue-se, em termos de enfoque e de metodologia de trabalho, da Geologia de Prospecção Mineral, que busca a definição de localização, dimensões e características do corpo mineralizado, assim como da Geologia de Minas, que se ocupa da distribuição espacial das características e controle de qualidade do minério na mina e a ser lavrado.

A GEA se aplica nos serviços de apoio às atividades de planejamento e operação da lavra, tais como dimensionamento e análise de estabilidade de taludes das minas a céu aberto e das aberturas subterrâneas, drenagem de águas superficiais e subterrâneas, projetos de disposição de estéril e rejeitos do beneficiamento mineral e, também, nos serviços típicos de projeto e implantação de obras civis presentes nestes empreendimentos, como pesquisa de materiais de construção, fundações, terraplenagem, drenagem e pavimentação.

Os significados conceituais de jazida, mina, minério, estéril, rejeitos e outros são descritos, assim como as fases principais de um empreendimento mineiro. O Capítulo destaca os principais condicionamentos geológicos e geotécnicos envolvidos nas instalações de apoio e nas lavras a céu aberto e subterrânea e algumas diferenças e especificidades dos trabalhos mineiros. As condições operacionais de escavação e estabilidade exigidas para os taludes da mineração, por exemplo, diferem muito daquelas dos taludes de obras civis, basicamente, pela

dinâmica da escavação, pelo porte dos mesmos, atingindo alturas de centenas de metros e extensão de quilômetros. E, ainda, pelas condições peculiares da mineração, tais como fatores de segurança menores, aceitação de rupturas localizadas, convivência com vibrações causadas pelos desmonte por explosivos, rebaixamento do nível d'água, busca constante por taludes mais íngremes (quando compatível com as condições geológicas dos maciços), possibilidade de experimentação de ângulos de talude a medida do avanço da lavra etc.

Outra singularidade da mineração é que grande parte das informações, de caráter geotécnico e hidrogeológico, pode e deve ser coletada durante a etapa de pesquisa mineral, o que, entretanto, raramente é feito.

As questões ambientais e de segurança estão cada vez mais a exigir o apoio da GEA, como o caso de depósitos em que o estéril é instável quimicamente e podem gerar águas ácidas que contaminam, caso não controladas, o solo e mananciais superficiais e subterrâneos; e o projeto e operação de barragens de rejeito, que estão subordinadas a nova legislação dada pela Lei Federal 12.334, de 2010, conhecida por Lei de Segurança de Barragens.

27

Rodovias e Ferrovias

Roberto Rodrigues
José Antonio Urroz Lopes

A Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) em obras viárias ganhou notável impulso no Brasil no final dos anos 1960 e durante a década de 1970, quando ainda era conhecida como Geologia Aplicada. Após o pioneirismo de alguns DERs (Departamentos de Estradas de Rodagens, autarquias de governos estaduais), o DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (autarquia federal) passou a adotar, sistematicamente, a GEA nos projetos viários. Assim também aconteceu com a antiga RFFSA – Rede Ferroviária Federal SA, algumas redes ferroviárias regionais e a DERSA – Desenvolvimento Rodoviário Sociedade Anônima (entidade estadual em SP). A GEA foi muito importante durante o projeto e construção da Rodovia dos Imigrantes (década de 1970), na região da Serra do Mar em SP, que contou com forte apoio da então Divisão de Minas e Geologia

Aplicada do IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Esse procedimento incitou empresas de consultoria a terem, em seus quadros, geólogos de engenharia, para integrar equipes de projeto e de acompanhamento da construção de obras viárias.

A GEA e, particularmente, a Geomorfologia condicionam as características e a problemática de uma rodovia ou de uma ferrovia, ao longo de todo o seu percurso. O Capítulo destaca a importância do relevo (planícies, colinas e montanhas) para o projeto de rodovias e ferrovias e os principais condicionantes de natureza geológica e geotécnica, como: erosão, desagregação de taludes, movimento de massa, escorregamentos (de cortes e encosta natural), rastejo, queda de blocos, fluxo de água superficial e subterrânea e a importância dos corpos de tálus. A identificação e consideração desses elementos geológicos e geotécnicos são de fundamental importância ao projeto e construção, à segurança de operação e ao estabelecimento dos custos de um empreendimento viário.

O Capítulo possui interfaces com outros do presente livro, que são devidamente citados no texto. Cabe destacar que o relevo, a estabilização de encostas e os túneis, de grande importância às obras viárias, são abordados, especificamente, nos Capítulos 11, 19 e 25, respectivamente. São apresentados comentários breves sobre as obras de proteção mais comumente utilizadas: tipos principais de recobrimento vegetal, uso de concreto projetado e de solo grampeado, cortina atirantada, estaca raiz, terra armada e muros (gabião e tipo gravidade). A instrumentação básica de obras rodoviárias e ferroviárias é comentada, caso do fissurômetro, marco topográfico, extensômetro, inclinômetro, medidor de nível d'água e piezômetro.

28

Obras Marítimas

Jayme Ricardo Costa de Mello
Arthur Ayres Neto
Waldir Lopes Ponçano

Este Capítulo trata dos condicionantes oceano-geológicos que atuam nas locações para implantação de Obras Marítimas, iniciando-se por uma visão geral

dos tipos de obras normalmente projetadas e construídas no Brasil, como os de proteção costeira (muros, molhes, quebra-mares, emissários e outros), os portos e as instalações para exploração petrolíferas, sendo estas últimas aquelas em que se destina maior atenção.

Os principais condicionantes oceano-geológicas, que podem conduzir a riscos geológicos durante a construção das obras e exploração petrolífera, correspondem às feições geológicas estruturais, como falhas ativas, a escorregamentos submarinos, erosão e presença de gás. O Capítulo discorre, de maneira resumida, sobre as dinâmicas de formação de praias, estuários, plataforma, talude continental e outros compartimentos costeiros, assunto este também tratado no Capítulo 11- Relevo e Dinâmica Superficial.

Face sua importância à Geologia de Engenharia e Ambiental são apresentados os principais equipamentos, técnicas de amostragens e ensaios que se fazem necessários para a realização dos levantamentos geofísicos e investigações geotécnicas, os quais proporcionam o conhecimento da morfologia do leito marinho e a caracterização dos solos e rochas que compõem a estratigrafia, permitindo a definição dos parâmetros geotécnicos a serem adotados no projeto das fundações das estruturas.

29

Canais e Hidrovias

Renata Augusta Rocha Naves de Oliveira
Fernão Paes de Barros

Os canais são condutos naturais ou artificiais destinados a escoar as águas por uma superfície livre, enquanto as hidrovias também são canais, porém utilizados para navegação.

Canais podem ser construídos ao longo dos próprios cursos d'água da rede hidrográfica, modificados de acordo com as necessidades, ou escavados em terra seca. Os canais constituem intervenções que podem causar profundas modificações nos meios físico e biótico, afetando a complexa interação substrato-relevo-solo e os sistemas dependentes desse equilíbrio, particularmente o lençol freático e os ecossistemas associados aos rios.

O presente Capítulo aborda de maneira simplificada os tipos de canais mais usuais e os principais condicionantes geológico-geotécnicos que devem ser considerados nas várias fases de projeto, quais sejam: dinâmica das águas de superfície e subterrâneas (com destaque à importância do estudo quando os canais se situam em planícies aluviais), relevo e a natureza do maciço natural (solos e rochas), categoria de escavação dos materiais, estabilidade dos taludes, desmonte a fogo do maciço e disponibilidade de materiais naturais de construção.

Um breve comentário sobre os critérios de projeto e recomendações sobre as investigações e estudos de natureza geológico-geotécnicas nas fases de projeto e de operação das obras complementam a parte metodológica do capítulo. No caso dos trabalhos realizados na fase de viabilidade, por exemplo, que seleciona o traçado e a melhor alternativa, o Capítulo destaca a importância da integração dos estudos de engenharia com a dos estudos de impactos ambientais, necessários para obtenção da licença prévia.

São feitos breves comentários, complementados por referências bibliográficas, de exemplos de casos brasileiros, que permitiram o desenvolvimento de metodologias de trabalho, como o Canal da Cosipa, de Pereira Barreto, Jaíba e a Hidrovia Tietê-Paraná. E, por fim, são apresentados, com ilustrações, dois exemplos recentes de canais, a Transposição do Rio São Francisco e o Canal de Derivação da UHE Belo Monte.

30

Linhas de Transmissão e Aerogeradores

Jehovah Nogueira Júnior
Marcos Massao Futai

As torres das linhas de transmissão de energia elétrica e os aerogeradores que constituem os parques eólicos são elementos dispostos linearmente e de forma superficial no terreno, interceptando apenas horizontes de solo e o topo do maciço rochoso. Produzem esforços que alteram o equilíbrio de forças na sua região de apoio e introduzem elementos que alteram o equilíbrio físico-químico do subsolo. O conhecimento da ação dos ventos e dos condicionantes geológico-

-geotécnicos de suas fundações são de fundamental importância para a escolha dos melhores traçados e *sites*, e para o dimensionamento adequado de escavações, fundações e drenagens com vistas a segurança e perfeito funcionamento dessas estruturas durante sua vida útil.

Os solos moles ou fofos, corrosivos, colapsíveis ou expansivos, e a presença de cavernas e estruturas geológicas com atitudes desfavoráveis no maciço rochoso devem ser identificados e devidamente caracterizados e avaliados por meio de pesquisa bibliográfica, fotointerpretação, reconhecimento de campo, levantamentos espeleológicos, sondagens mecânicas, sondagens geofísicas, análises químicas e ensaios geotécnicos. Os cortes em solo e rocha e as contenções de taludes devem ser dimensionados considerando-se sua geometria, parâmetros de resistência do solo e presença de água; as fundações devem ser adequadas a sua capacidade de suporte e com medidas anticorrosão se necessário, e os aterros devem ser construídos com materiais adequados e controle tecnológico. As obras devem ter acompanhamento técnico para garantia de sua qualidade e depois ser monitoradas durante sua vida útil com vistas a prevenção ou reparação de eventuais erosões, instabilidades e outros problemas geotécnicos.

Nesse capítulo são descritas as características gerais das torres das linhas de transmissão de energia elétrica e aerogeradores dos parques eólicos, sua interação com o terreno e os condicionantes geológico-geotécnicos que interferem com os traçados, *sites* e fundações, bem como os critérios e metodologias utilizados para sua investigação, avaliação e medidas de projeto a ser adotadas.

31

Dutovias

Milton Assis Kanji
Claudio Luiz Rebello Vidal

Este Capítulo apresenta as várias modalidades de implantação de dutos para o transporte de diferentes tipos de fluidos, assumindo diversos nomes conforme o produto transportado. Assim temos os dutos para água (adutora), esgoto (interceptores), etanol (etanolduto), gás (gasoduto), petróleo (oleoduto), dutos

para gasolina e outros derivados de petróleo, além de dutos para transporte de minério na forma de lama (mineroduto).

A implantação de dutos pode ser em superfície, em vala, sob rios ou outros obstáculos, na forma de micro túneis ou túneis de grande diâmetro. Para todos os casos, se descreve a influência da geologia, a necessidade de definir de antemão as características geológico-geotécnicas do terreno, bem como suas condicionantes de projeto e seus métodos construtivos. Esse meio de transporte encontra cada vez maior aplicação nos tempos modernos, motivo pelo qual o seu estudo e divulgação são muito importantes.

32

Aeropostos

Eugênio Vertamatti
Márcio Angelieri Cunha
Ronaldo Gonçalves de Carvalho

Este Capítulo apresenta uma abordagem sobre a implantação de aeropostos, em particular no tocante à escolha de sítios aeroportuários.

Inicialmente, foram apresentadas informações gerais sobre aeropostos (diretrizes, normas, classificação, órgãos reguladores etc.). A seguir, foram tratados fatores importantes considerados na escolha de sítios aeroportuários (área necessária, interações urbanas, impactos ambientais e outros). Na sequência, foram abordados os condicionantes geológicos e geotécnicos na implantação de sítios aeroportuários, tratando de materiais naturais como os solos tropicais, em particular os lateríticos (concrecionados, de textura fina, transicionais e plintíficos), bem como a introdução e uso do conceito de Plataforma Genética, metodologia que integra os mapas geológicos, geomorfológicos e pedológicos, a partir das bases desenvolvidas pelo Projeto Radambrasil. A seguir, duas das principais tecnologias de solos tropicais passíveis de uso na implantação de aeropostos foram abordadas: a Classificação MCT-M (com destaque para o grupo de solos transicionais) e o Ensaio DCP, além de procedimentos e técnicas tradicionais da geologia de engenharia e geotécnica para a investigação do subsolo e especificações

de materiais. Finalmente, abordou-se a questão dos impactos ambientais em aeroportos decorrentes da dinâmica superficial (erosão e subsidência).

Com o intuito de facilitar a aplicação de conceitos, foram apresentados roteiros para a escolha de sítios aeroportuários e para estudos de viabilidade técnica e econômica. Ao longo do texto foram referenciadas diversas situações reais e apresentados estudos de casos ilustrando as discussões, tratando-se, ao final, do caso particular da rede aeroportuária implantada na Amazônia no tocante à realidade de ocorrência de materiais.

33

Fundações

Ricardo Antônio Abrahão

Clóvis Ribeiro de Moraes Leme (*in memoriam*)

Obras civis são construídas sobre ou dentro de maciços de solos e rochas, cujas características de resistência são condicionadas pela natureza. As obras tratadas neste Capítulo dizem respeito aquelas construídas sobre os solos ou rochas, cujos apoios são denominados genericamente de fundações. A seguinte citação resume a interdependência dos aspectos abordados: “*Todas as estruturas de engenharia têm de ser suportadas, de alguma maneira, pelos materiais que formam a parte superior da crosta terrestre. Existe, portanto, uma conexão inevitável entre as condições geológicas e o projeto e construção de fundações*” (Legget, 1962).

As fundações podem ser agrupadas em dois tipos básicos: as fundações superficiais e as profundas. Também chamadas rasas ou diretas, as fundações superficiais são aquelas em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente, pelas pressões distribuídas sob a base da fundação. As fundações profundas, por meio de estacas, transmitem a carga ao terreno pela base, por sua superfície lateral, ou por uma combinação das duas.

Após considerar os tipos de fundações, rasas e profundas, o Capítulo descreve as exigências de projeto, com base nos requisitos, principalmente capacidade de carga, o conceito de segurança e o controle de qualidade. Em seguida aborda, com exemplos, os principais condicionantes geológicos e geotécnicos.

A concepção da fundação se origina na definição da estrutura a ser construída e no modo que a fundação vai ser solicitada. Por esses motivos se faz necessário conhecer as unidades geológicas que compõem o meio que será modificado, com base na sua gênese e características de resistência, deformabilidade e hidrogeológicas. Esse conhecimento se faz por meio de análise de dados secundários, mapeamentos e investigações de campo e laboratório. É muito importante avaliar a faixa de variação desses valores para o estudo dos coeficientes de segurança e risco envolvido na decisão do tipo de fundação e desenvolvimento do projeto.

Ressalta-se que, havendo edificações prontas na área de influência da obra, deve ser avaliado o efeito do processo construtivo nessas estruturas, para evitar danos e custos não considerados na equação financeira que rege o empreendimento. Deve-se ter em conta que o sucesso da construção também é função do atendimento às normas vigentes, regulamentos e recomendações existentes, bem como do controle de qualidade da execução e dos materiais utilizados.

34

Avaliação de Impactos

Omar Yazbek Bitar
Renato Dell'Erba Ortega
Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo

Uma das principais frentes de aplicação do conhecimento da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) ao ambiente é a da Avaliação de Impactos (AI), definida como o processo de identificação e análise das consequências futuras de uma ação atual ou proposta. AI compreende uma família de instrumentos técnicos e procedimentais aplicáveis a diferentes iniciativas de planejamento, como políticas, legislação, planos, programas e projetos, em que a perspectiva de melhoria da qualidade ambiental e da equidade social representa o conjunto de resultados esperados com sua utilização. Destaca-se o caso da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de projetos, enquanto ferramenta de AI mais bem difundida no mundo e adotada pela maioria dos países e organismos internacionais. Para uma aplicação adequada, devem ser apreendidos os principais conceitos e etapas

do processo de AIA de projetos. Devem ser também reconhecidas situações frequentes na utilização dos conhecimentos da GEA e das geociências em geral para fins de Licenciamento Ambiental (LA) no País. Incluem-se as fases de planejamento, instalação, operação e eventual desativação, contemplando especialmente obras relacionadas a empreendimentos de infraestrutura e da indústria de base, segmentos nos quais a contribuição da GEA adquire importância maior.

Nas etapas iniciais de AIA, cabe salientar as atividades de apresentação do projeto proposto e de triagem para fins de definição do tipo de LA a seguir, estabelecendo-se se este será simplificado ou se deverá ser executado mediante AIA detalhada. As etapas intermediárias de AIA compreendem a definição do escopo e a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima), revisão técnica e tomada de decisão acerca da viabilidade ambiental do projeto. A execução do EIA/Rima requer a análise de alternativas tecnológicas e locacionais, diagnóstico ambiental das áreas de influência, análise detalhada dos impactos prováveis, identificação de eventuais riscos envolvidos, formulação das medidas de mitigação e monitoramento e dos planos e programas correspondentes. O conhecimento das formações geológicas e dos processos geodinâmicos é essencial em todas essas atividades. Nas etapas pós-aprovação do projeto, discute-se o papel da GEA e das geociências aplicadas também no acompanhamento das obras de instalação e na gestão ambiental da operação. Finalmente, citam-se alguns desafios e temas emergentes correlatos, como impactos cumulativos, mudanças climáticas, resiliência a desastres e serviços ecossistêmicos.

35

Áreas Contaminadas

Reginaldo Bertolo
Carlos Castro Alves
Alexandre Maximiano

Este Capítulo objetiva introduzir os principais conceitos e informações relacionados com o tema de áreas contaminadas, que atualmente representa um assunto de notável relevância social e econômica, já que contaminantes no

ambiente podem trazer danos à saúde pública e aos ecossistemas, além de desvalorização de propriedades e obstáculos ao desenvolvimento. Um primeiro assunto abordado refere-se ao comportamento de contaminantes em subsuperfície: quais são esses contaminantes, suas proveniências, como eles interagem com o meio geológico, como eles se deslocam e se transformam. Os conceitos mencionados neste item são importantes para a obtenção de respostas a perguntas fundamentais na gestão de problemas de áreas contaminadas: onde está e para onde vai o contaminante em subsuperfície? Alguém estará exposto à contaminação em concentrações inaceitáveis neste caminho?

O assunto do segundo item relaciona-se com a seguinte pergunta: como se obtém as informações que possibilitam a caracterização de uma área contaminada? Desta forma, são apresentadas as principais técnicas convencionais e modernas para a investigação e caracterização das áreas contaminadas. O terceiro assunto descreve como se dá a realização das diferentes etapas de gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil, tal como previsto na legislação, nas etapas de seu reconhecimento e descoberta, da sua caracterização e quantificação detalhada, da determinação dos riscos e das intervenções necessárias no local para a eliminação dos riscos. Dada a grande amplitude dos temas, estes assuntos são tratados de forma introdutória neste texto. Para maior aprofundamento, o texto também oferece uma base de referências bibliográficas e de sugestões de sítios na internet.

36

Gestão de Resíduos Sólidos

Francisco Nogueira de Jorge
Ana Elisa Silva de Abreu

A gestão dos resíduos sólidos é regulamentada por políticas públicas e normas técnicas e a disposição final dos rejeitos é realizada em aterros projetados de acordo com o tipo: perigosos (Classe I) ou não perigosos (Classe II). A escolha da área para implantação de aterros ambientalmente adequados considera aspectos geológicos, biológicos e socioeconômicos.

Um aterro de resíduos sólidos é projetado e operado utilizando procedimentos e soluções de engenharia visando a segurança e estabilidade geotécnica,

e com a implantação de dispositivos de proteção ao meio ambiente e à saúde pública, como: drenagem de nascentes, camadas de impermeabilização de fundo e das laterais do maciço, drenagem interna (de gases e líquidos), elementos de cobertura final, drenagem superficial de águas pluviais, além de dispositivos de controle de recebimento dos resíduos e de tratamento dos efluentes gerados.

Durante a operação e mesmo após o encerramento da disposição de resíduos, o aterro construído é monitorado, tanto do ponto de vista geológico-geotécnico, para garantir sua estabilidade física, quanto do ponto de vista ambiental, para controlar e evitar que ocorram contaminações e danos ambientais.

Este conjunto de ações e o controle técnico-operacional permitem que os aterros sejam uma forma ambientalmente adequada para disposição final de rejeitos e desempenhem atualmente um papel importante na gestão dos resíduos sólidos.

37

Gestão de Riscos Geológicos

Eduardo Soares de Macedo
Fabrício Araujo Mirandola

A gestão de riscos geológicos é reconhecida em todo o mundo há algum tempo, tendo ênfase na década de 1990, a qual foi declarada pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o Decênio Internacional para a Redução dos Desastres Naturais (DIRDN). A partir daí, até 2015, três Conferências Mundiais sobre Prevenção de Desastres Naturais foram realizadas, apresentando importantes mudanças com relação à gestão, sendo a principal delas a do enfoque, saindo da gestão do desastre para a gestão do risco, tendo a redução do risco como objetivo, e não apenas a redução das perdas.

Os assim chamados Desastres Naturais são responsáveis por numerosas vítimas e vultosos danos econômicos e sociais em todo o mundo. No Brasil, dentre os movimentos de massa, os escorregamentos causam o maior número de óbitos e as enchentes e inundações os maiores danos econômicos. Partindo deste cenário,

o entendimento e o trabalho na gestão destes riscos no presente Capítulo foram sistematizados em duas partes principais: (1) avaliação de riscos, através da identificação e análise; e (2) o uso de produtos para a gestão de riscos, que contemplam laudos e relatórios, as cartas de risco, os Planos Preventivos de Defesa Civil, o planejamento e atendimento para situações de emergência, a disponibilização de informações públicas e o treinamento de equipes. Em função da larga abrangência geográfica e do aumento da frequência desses desastres no Brasil, as ações ligadas à gestão de risco geológico foram objetos de muitas discussões devido a um extenso e crescente histórico de desastres geológicos associados a inundações e deslizamentos nas encostas, dentre os quais se destacam os desastres em Santa Catarina, em 2008, e na Serra Fluminense, em 2011, razão pelo qual a Geologia de Engenharia e Ambiental tem sua importância cada vez mais reconhecida.

Para uma boa gestão dos processos de escorregamentos, enchentes e inundações, o trabalho inicial se dá pela avaliação do risco, com sua identificação e análise qualitativa e quantitativa. Ressalta-se que, no Brasil, a maior parte dos estudos e mapeamentos realizados é de caráter qualitativo. Outras ferramentas são apresentadas no Capítulo e seu uso é fundamental para a gestão de riscos geológicos, como é o caso, por exemplo, da redução das consequências dos acidentes por meio da remoção preventiva e temporária da população instalada nas áreas críticas, e a determinação técnica abalizada do momento adequado para a adoção desta medida, as quais são feitas com a elaboração e operação de Planos Preventivos de Defesa Civil (PPDC). Não menos importante é o trabalho voltado às ações de informações públicas e treinamento. Esta etapa envolve diferentes formas de disseminação de informações, tanto para a comunidade técnico-científica, como para interessados não-especializados, como administradores públicos, equipes de Defesa Civil, de Corpo de Bombeiros, de prefeituras municipais e a população.

Quando da ocorrência de graves acidentes geológicos há a necessidade da realização de atendimentos de emergência, voltados aos trabalhos de mitigação dos efeitos do acidente geológico, ao auxílio em buscas de vítimas, à identificação dos motivos da ocorrência do acidente e recomendação de medidas a serem adotadas, nos casos onde haja possibilidade de ampliação do acidente.

Edézio Teixeira de Carvalho
Álvaro Rodrigues dos Santos
Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Edilson Pissato

Este Capítulo aborda a atuação da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) em áreas urbanas, que se revela de grande diversidade, acompanhando a multiplicidade das solicitações da cidade ao meio físico. De fato, as cidades abrigam as concretizações locais do atual processo civilizatório, que tem como uma das suas características o crescimento da população que vive nas cidades e redução da que vive no campo. A GEA, como ferramenta de gestão de temas urbanos, tem caráter multidimensional que reflete a necessidade de adequação das abordagens técnico-científicas às realidades dos problemas enfocados, em seus contextos específicos.

De forma geral, as solicitações ao meio físico de um processo de urbanização iniciam-se pela alteração do balanço hídrico, com a perda da cobertura vegetal, impermeabilização dos terrenos, obras de cortes e de aterros etc. Esses impactos resultam em processos de erosão ou movimentação de massa e alteração dos processos de escoamento superficial, pluviais e fluviais, e dos escoamentos subterrâneos, com frequente contaminação dos solos e das águas. Neste sentido o Capítulo apresenta os problemas urbanos mais comuns da inter-relação da cidade com o meio físico, tais como enchentes e inundações, deslizamentos, processos erosivos, contaminação do solo e das águas e outros. Para enfrenta-los o Capítulo discute a atitude profissional dos que lidam com as questões de GEA e dá ênfase a interdisciplinaridade, apresentando as ferramentas de trabalho a serem utilizadas. Quanto à interdisciplinaridade, embora a abordagem de cada problema de GEA nos municípios seja específico, em geral deverá, em maior ou menor grau, considerar, além das dimensões geológicas e geotécnicas do problema, outras dimensões tais como administrativas e legais.

A natureza interdisciplinar das cidades impõe aos profissionais (geólogos, engenheiros, arquitetos, geógrafos e outros), além do domínio do campo próprio da GEA e da Engenharia Geotécnica, um razoável conhecimento de algumas ciências aplicadas afins, como o Urbanismo, a Hidrologia, a Climatologia, o Direito Urbanístico, e uma boa capacidade de interlocução com os profissionais dessas áreas. Além disso, é fundamental um bom conhecimento da legislação pertinente às cidades. O Capítulo comenta as diferentes abordagens da GEA – preventiva, corretiva e emergencial – na gestão de riscos geológicos, uma das principais preocupações ao âmbito municipal e que mereceu tratamento específico no Capítulo 37 do livro.

Ao final, são apresentados sete estudos de casos, que abordam: enchentes urbanas, recalques, disposição de entulhos, fenômenos cársticos, danos em obras civis, problemas em zonas costeiras e estabilização de blocos de rocha.

39

Gestão de Recursos Hídricos

Ney Maranhão
Luís Eduardo Gregolin Grisotto
Carlos Alberto Amaral Oliveira Pereira
João Jerônimo Monticeli
Antonio Melhem Saad

A Gestão de Recursos Hídricos – GRH pode ser considerada um conjunto organizado de procedimentos e atividades de natureza política, sócio econômica e tecnológica, que tem por finalidade assegurar – em termos de quantidade e qualidade – o acesso e o uso das águas, às gerações atuais e futuras. Trata-se de área multidisciplinar, essencialmente de planejamento, em constantes mudanças e aperfeiçoamentos, tanto do ponto de vista legal e institucional (instituições públicas e privadas envolvidas), quanto ao que se refere aos métodos e tecnologias de identificação e resolução dos problemas.

A parte inicial do Capítulo aborda os fundamentos legais e as instituições participantes do sistema de gestão. É onde se situam as maiores complexidades decorrentes, entre outras, da necessidade de integração entre os entes federativos, já que nas principais bacias brasileiras estão presentes rios de domínio da União, dos Estados e do Distrito Federal. O uso das águas (barragens, canais e hidrovias, captação para abastecimento, diluição de efluentes, mineração em rios etc.) exige a necessidade de cadastro e obtenção de autorização (outorga) junto ao órgão público estadual, do Distrito Federal ou da União. Os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, a outorga do direito de uso, a cobrança pelos usos, a compensação a municípios e o sistema de informações são os seis instrumentos de gestão a serem implantados nas bacias hidrográficas, juntamente com a criação dos comitês e agências de bacia. A divisão hidrográfica no Brasil – com mapa ilustrativo e um quadro contendo uma síntese de algumas grandes bacias brasileiras (Doce, Paraíba do Sul, São Francisco e Tapajós) – ajuda a entender a enorme diversidade entre as bacias hidrográficas brasileiras e, conseqüentemente, os diferentes estágios de implantação dos instrumentos de gestão.

Os Planos de Recursos Hídricos (PRH) configuram-se com um dos principais documentos de planejamento e gestão territorial no Brasil. São tratados como “planos diretores” e previstos em três níveis, nacional, estadual e por bacias, sem prejuízo de outras configurações possíveis, como: plano municipal, plano diretor regional, plano de ação de recursos hídricos de bacias afluentes e outros. O Capítulo traz indicações de conteúdo e de metodologia para elaboração do Plano de Bacia e aborda os principais desafios de implementação dos mesmos. Destaca-se, ainda, a importância da segurança hídrica, que suscitou intensos debates, decorrente da crise hídrica que se abateu no sudeste do país em 2014.

Na parte final do Capítulo são abordados procedimentos de âmbito municipal para a proteção de mananciais, que incluem mecanismos de identificação de nascentes, comentários sobre o novo Código Florestal e o pagamento por serviços ambientais.

Leandro Eugenio da Silva Cerri
Sérgio Nertan Alves de Brito (*in memoriam*)

Imprevistos Geológicos são conceituados como situações geológicas que não foram identificadas durante as investigações geológico-geotécnicas em determinada fase de um projeto ou de execução e funcionamento de uma obra civil, mesmo que tenha sido respeitada a boa prática profissional e que as investigações tenham sido realizadas incluindo procedimentos, técnicas e métodos de investigação adequados. Desta forma, Imprevistos Geológicos não correspondem a “surpresas” decorrentes de condutas investigativas e de construção e operação inadequadas de obras. As perícias são aplicadas para avaliar as causas de um acidente, envolvendo conjunto de exames de caráter técnico e especializado, consolidado em um laudo adequadamente fundamentado.

A demanda por perícias técnicas no campo da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) aumentou significativamente nos últimos anos no Brasil, embora a literatura nacional sobre o tema ainda seja escassa. Perícias técnicas no campo da GEA têm sido realizadas em três situações: determinação das causas de acidentes registrados em obras de engenharia; ações civis e criminais envolvendo aspectos ambientais, propostas sobretudo pelo Ministério Público; e casos de litígios entre empresas (públicas e/ou privadas). Por vezes, a determinação das causas de acidentes em obras de engenharia equivale a verificar se uma condição adversa constatada durante ou após a construção de uma obra caracteriza, ou não, uma situação de Imprevisto Geológico.

Tendo em vista que a questão remete às responsabilidades em jogo o capítulo apresenta as formas de contrato de obras civis no Brasil, destacando o modelo EPC (*Engineering Procurement and Construction*), também chamado de *turn – key*, ou seja, quando a empresa ou consórcio de empresas se responsabilizam desde o projeto até a entrega da obra pronta para a operação do empreendedor. O Capítulo apresenta a forma de levar em conta os imprevistos nos projetos, nos contratos e nas obras, discutindo as incertezas existentes nas investigações e no estabelecimento do modelo geológico, mas direcionando a postura do profissional

a manter sua responsabilidade, evitando cair na ideia comum de que a culpa é sempre da natureza.

O Capítulo prossegue apresentando método e etapas de execução de perícia, com base em hipóteses que são investigadas em três fases principais, da coleta de dados, da análise e interpretação e da formulação das conclusões, destacando a importância do nexos casual, ou seja, da consistência das relações causa – efeito dos fenômenos analisados.

DEPOIMENTOS SOBRE O LIVRO GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, DA ABGE

4ª Capa Volume 1

“De um projeto editorial inédito na sua magnitude resultou esta obra monumental – onde especialistas exploram por inteiro a temática da terra, e onde o firme compromisso com os valores constitucionais da ética e da ecologia coexiste com o rigor científico e a didática exemplar”.

Francisco Rezek. Advogado, professor titular da Universidade de Brasília, ministro aposentado do Supremo Tribunal Federal, chanceler da República (1990-1992), juiz da Corte Internacional de Justiça das Nações Unidas (1997-2006).

O texto reúne amplo leque de temas tratados por autores competentes e que são fundamentais para o ensino e formação de futuros profissionais, que irão atuar no vasto campo da Geotecnia”.

Lázaro Valentin Zuquette, Geólogo, Doutor em Geotecnia, Professor Titular do Dep. de Geotecnia da EESC-USP, Assessor do CNPq, CAPES, Fapesp e Faperj.

“Não se trata apenas de um livro didático, mas de um manual de boas práticas, essencial para a formação e a vida profissional”.

Emílio Velloso Barroso, Geólogo, Professor Doutor da graduação e pós-graduação do curso de Geologia da UFRJ.

“As abordagens sobre solos e rochas, investigações geotécnicas, mapeamento geotécnico, taludes e gestão de riscos geológicos constituem um material didático fundamental ao ensino nos cursos de Engenharia Civil, Minas, Ambiental e correlatos”.

Luiz Antônio Bressani, Eng. Civil, PhD em Mecânica dos Solos, Professor Titular do Dep. de Engenharia Civil da UFRGS.

“Autores e editores estão de parabéns por disponibilizar temas multidisciplinares que interessam a várias profissões, entre as quais as da agronomia”.

Roberto Rodrigues, Eng. Agrônomo, Doutor *Honoris Causa* pela UNESP, Coordenador de Agronegócios da FGV-SP e Ministro da Agricultura (2003-2006).

”A Geologia de Engenharia e Ambiental é abordada de maneira clara e eficaz, mostrando a sua importância ao ensino, à pesquisa e à prática profissional da engenharia geotécnica”.

Roberto Quental Coutinho, Eng. Civil, Professor Titular do Dep. de Eng. Civil e Ambiental e Coordenador da pós-graduação de Engenharia Civil da UFPE, consultor Ad hoc da CAPES e do CNPq.

“A interdisciplinaridade dos temas tratados é de grande importância aos professores, profissionais e entidades públicas e privadas que atuam em licenciamento ambiental”.

Edmilson Comparini Maturana, Geólogo, Analista Ambiental da Diretoria de Licenciamento Ambiental do IBAMA-SP, Coord. Geral de Lic. Ambiental de Petróleo e Gás do IBAMA (2006/2011).

“Material indispensável ao ensino de graduação em Geografia e Gestão Ambiental e de apoio às disciplinas de pós-graduação e MBA em meio ambiente”.

Kátia Canil, Geógrafa, Doutora em Geografia Física, Profa. do curso de graduação em Planejamento Territorial na UFABC.

“Como sócio da ABGE, conheço as suas publicações e as utilizo. O presente trabalho constitui material didático abrangente, indispensável à formação de bons profissionais. Parabéns”.

Ricardo Oliveira, Geólogo, Doutor em Geologia de Engenharia pelo LNEC-Portugal, Doutor Honoris Causa pela Univ. Complutense de Madrid, Past President da IAEG (1990/94), Professor Titular (aposentado) do Dep. de Eng. Civil da Univ. Nova de Lisboa.

“Excelente livro, equiparado aos de padrão internacional, com técnicas, métodos e exemplos de aplicações que engrandecem a engenharia geotécnica brasileira”.

Tarcísio Barreto Celestino, Eng. Civil, Professor Doutor do curso de Pós-Graduação em Geotecnia, da EESC-USP, Presidente da ITA – International Tunneling and Underground Space Association – Gestão 2016-2019.

“Considero a Geologia de Engenharia de fundamental importância à formação dos engenheiros civis e o livro da ABGE é excelente para professores, alunos e profissionais”.

Eugênio Vertamatti, Eng. Civil, Professor Doutor, docente por 37 anos no curso de Engenharia Civil Aeronáutica do ITA.

“Ao reunir temas como cartografia geotécnica e geambiental, resíduos sólidos, licenciamento ambiental, recursos hídricos e gestão municipal tornou-se livro único do gênero no Brasil”.

Eduardo Goulart Collares, Eng. Geólogo, Doutor em Geotecnia, Professor Adjunto e Diretor da pós-graduação, pesquisa e extensão na UEMG-Passos.

SELLS AND INFORMATION:

ABGE EXECUTIVE SECRETARY

Av. Prof. Almeida Prado, 532 – IPT – Prédio 11

Cidade Universitária – São Paulo – SP CEP 05508-901

Telefone: (11) 3767-4361 / (11) 3719-0661

Email: abge@abge.org.br

Home Page: www.abge.org.br

Graphic Design/Layout and Cover:

Rita Motta/Editora Tribo da Ilha

BOOK “ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY”

English version: Gianna Maria Garda

Antonio Manoel dos Santos Oliveira¹
João Jerônimo Monticeli²
(Editors)

The launch of the book “**Engineering and Environmental Geology**” is part of the 50th anniversary celebration of ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (Brazilian Association for Engineering and Environmental Geology), which is the Brazilian sector of IAEG – International Association for Engineering Geology and the Environment.

Engineering and Environmental Geology is the science dedicated to the investigation, study and solution of Engineering and Environmental problems, which are caused by the interaction between the natural terrain (soil, rock, water, hydrocarbons) and human activities.

This technical-scientific area was created and developed from projects, construction and monitoring of large-scale engineering works, such as dams, highways, railways and open-pit and underground excavations for civil and mining engineering works, which are fundamentally dependent on good projects, safety and correct budget estimation.

¹ Geologist (1967) and has a M.Sc. degree in Application Geology (1981) by the Institute of Geosciences of São Paulo University and a Ph.D. degree in Physical Geography by the Faculty of Philosophy, Sciences and Letters of São Paulo University (1994).

² Geologist graduated from the Geosciences Institute of São Paulo University (1971) and has a M.Sc. degree in Geotechnics by the Engineering School of São Carlos – São Paulo University (1984).

Together with **Soil and Rock Mechanics** the **Engineering and Environmental Geology** constitutes the **Geotechnics**, engineering area of relevance to projects and infrastructural works.

And when it is applied to environmental problems, the focus is maintained: it is not restricted to the description of processes, it also pursues in the study of these phenomena with the aim of intervening (Engineering) for correction or prevention. **Engineering and Environmental Geology** is a science that has grown by solving practical Engineering and land use problems.

The book is composed of three volumes: “**Volume 1 – The Structure of The Book**” contains Prefaces, Presentations, Acknowledgments, Authors (CV and e-mail addresses), References and Table of Contents. “**Volume 2 – Methods and Techniques**” contains twenty-three chapters, and “**Volume 3 – Applications**” contains another seventeen chapters, totalizing 40 chapters.

The 40 chapters effectively browse through issues related to planning, environmental control, geological risk, geological and geotechnical investigation, project and construction of engineering works, teaching, ethics and profession, geological unpredictability, among other themes.

Ninety-three authors willingly produced their texts and transferred the commercial rights to ABGE: fifty-six and twenty-four have obtained their Ph.D. and M.Sc. degrees from renowned public universities in Brazil and abroad; thirteen are expert professionals, eleven of which having more than 40 years of experience.

The prefaces were written by the presidents of ABGE also of important technical-scientific agencies, such as IAEG, ABMS, SBG, ABES, ABAS, CBDB, ABRH and ABEQUA.

BOOK SUMMARY

Book “**Engineering and Environmental Geology**” – ABGE

Volume 1 – Structure of the Book

Prefaces

Presentation

Acknowledgments

Authors

References

Table of Contents

Volume 2 – Methods and Techniques

Volume 3 – Applications

VOLUME 2

METHODS AND TECHNIQUES

1

Introduction

Antonio Manoel dos Santos Oliveira
João Jerônimo Monticeli

The conceptual landmarks of Engineering and Environmental Geology (EEG), which in Brazil is represented by ABGE – Brazilian Association for Engineering and Environmental Geology, are implicit in its own name: Geology (Geosciences) as the scientific basis, and Engineering as the application. In other words, EEG links the field of knowledge and history of the Earth to the field of transformation techniques developed by Mankind. EEG has been created and developed with a major focus on Engineering activities, contributing to the preparation of projects, monitoring of the construction and operation of large-scale enterprises, such as hydroelectric dams, highways and railways. Therefore, EEG studies have always been engaged in the search for solutions. Even when applied to environmental problems, *e.g.* erosion, EEG still maintains its focus by studying the phenomenon, rather than being limited to the description of the process, aiming to intervene (Engineering) for correction or prevention.

Engineering Geology, together with Soil and Rock Mechanics, composes the Geotechnics areas. Thus, teaching, research and practical works in these three areas are articulated and integrated. This particularity is reflected in public and private companies and in teaching institutions that offer post-graduation courses in EEG and Geotechnics, such as Federal University of Rio de Janeiro (CCMN-IGEO) and São Paulo University (Engineering School of São Carlos).

The EEG work methods are based on Geology scientifically and on engineering solutions. Theory and observation in equal doses feed both the deductive (search for general rules from the observation of isolated and individual facts) and inductive (characteristic of the praxis of the so-called exact sciences)

reasoning, when facing geotechnical problems. The main objective of this action is to predict the progression of interaction engineering work *versus* environment, by the preparation of the so-called phenomenological, geological-geotechnical or geomechanical models.

These models correspond to a synthesis of the parameters and factors that constrain the mechanisms expected to play a role in the problem in question.

This Chapter presents the historical evolution of EEG from its beginning to the present day, highlighting some pioneer names who greatly contributed to the area, such as Eng. Murillo Dondici Ruiz, icon of the Brazilian EEG.

2

Climate

Diego Oliveira de Souza
Marília Guedes do Nascimento
Clara Miho Narukawa Iwabe

The main concepts regarding the climate are presented in this Chapter, which are fundamental for the understanding of the processes that affect the Earth's surface, with immediate applications to Engineering and Environmental Geology (EEG), both in the control of such processes and in the preparation of engineering works.

The most used classifications and the main climatic characteristics of Brazil are presented. The climate diversification in Brazil is a consequence of its territorial size, including a latitude range from the equatorial zone, with its homonymous climate, to the subtropical zone to the south, being regionally and locally influenced by altitude, varied relief forms, and an extensive coastal zone, influenced by oceanic currents.

The different climatic conditions interacting with different geological substrates determine an important geodiversity of superficial dynamic processes, which are of interest to EEG. In this sense, this Chapter focuses on the behavior of the two most important meteorological parameters in the country: temperature and rainfall.

Different meteorological systems act upon Brazil, in particular the El Niño phenomenon and the Southern Oscillation in the context of the tropical dynamics. The main aspects of global climatic changes are presented with their main effects in Brazil, also including the importance of local changes, influenced by human action, represented by urban heat isles.

3

Soils in Engineering Geology

Luiz Ferreira Vaz
Magali Dubas Gurgueira

This Chapter deals with soils in Engineering Geology, focusing on their genetic classification in order to aid projects and execution of civil and mining engineering works. This classification is defined by the nature of the soil, *i.e.*, soils found in the same place where they were produced are called residual or *in situ* soils, and soils that underwent some sort of transport, which are called transported soils. These are the main groups of soils treated in this Chapter.

The classification considers the weathering (or alteration) profile, which must be used for the correct genetic denomination. The two main schools dedicated to weathering studies are highlighted in this Chapter, with the indication of the corresponding references: the American, of Deere and Patton, and the European, of Dearman, followed by Zhao and adopted by ISRM.

In Brazil, several authors address weathering profiles by identifying, in general, two residual soil horizons characterized, among other features, by being excavatable with a steel blade and by corresponding to the First Category, as referred to in excavation contracts.

The weathering profile considered in this Chapter corresponds to that of Vaz (1996), in which the upper soil horizon is named eluvial soil (or mature residual soil), characterized by being homogeneous and isotropic.

The lower horizon of the residual soil is the alteration soil (or young residual and, in some cases, saprolitic soil), because structures from the original

rock are recognized in this horizon, characterized by being heterogeneous and anisotropic.

The second group of soils is the transported ones, that is, soils that were removed from a place, transported and deposited in another place, and that were modified during transport. Alluvium, colluvium, talus, fluvial terrace deposits, marine sediments and eolian soils belong to this group.

This Chapter focuses on the criteria used for the identification of soil genetic types and s horizons and indicates the terminology suggested for classification.

4

Soils in Engineering

Rita Moura Fortes
Roberto Cardieri Ferreira

Soils have been studied and classified under the point of view of Engineering Geology (Chapter 3) and Pedology (Chapter 5), and more recently under the anthropic point of view (Chapter 21). This Chapter adopts the Civil Engineering or, more specifically the Soil Mechanics approach, science dedicated to the study of the behavior of soils in face of the implantation of an engineering work or their use as construction material. We do not intend to present a synthesis of Soil Mechanics in this Chapter, but to highlight aspects and concepts of major interest to Engineering and Environmental Geology (EEG). For the reader interested in knowing in detail the procedures and equipment used in Soil Mechanics tests, specific bibliography is indicated, such as Pinto (2011) and Massad (2016).

Soil characterization for civil engineering works takes into account a series of physical parameters, among which Moisture, Real Grain Specific Mass (or Grain Density), Atterberg Limits and Granulometric Analysis. The soil physical parameters can be used to infer mechanical properties by empirical correlations between the behavior of the finished works and the soils that constituted them. However, caution is recommended regarding these correlations, mainly in a country of the size of Brazil, where tropical soils predominate. These are very different from soils in countries of temperate or cold climates and for which correlations are more feasible.

The Chapter presents an overview of certain soil characteristics, such as permeability, compaction and compactness, compressibility, shear strength, erodibility and dispersivity, and tries to highlight the importance of these characteristics in tropical regions. Attention is called to the difficulty in using conventional soil classifications in engineering in Brazil and shows that at present the trend is to look for specific classifications based on the geotechnical, tactile-visual identification and the geological origin of the soil, and on the choice of a few discriminating physical and mechanical parameters.

Finally mention is made to the importance of experimental landfills and tracks, resulting from the variety of soils and natural construction materials available in Brazil.

5

Soils in Pedology

Franklin dos Santos Antunes
Fernando Ximenes de Tavares Salomão

In this Chapter soil is treated under the point of view of Pedology, science dedicated to the understanding of its origin, evolution and transformation, broadening the perspectives of the Engineering and Environmental Geology (EEG) approaches to this important unit of the physical environment, both for its application in engineering works and use in general. Initially, soil is explained in conceptual and genetic terms, emphasizing the pedogenetic factors and processes responsible for its formation, to later on present the criteria used in soil characterization, mapping and application to EEG.

Finally, the pedological units, following the Brazilian System of Soil Classification (SiBCS), are exposed and characterized, so as to aid the understanding of the geo-pedological correlations, highlighting the soil hydric functioning, physical environmental processes and geotechnical behavior.

6

Minerals and Rocks

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá
Pedro Luiz Pretz Sartori

This Chapter focuses on minerals and rocks of major interest to Engineering and Environmental Geology (EEG). Rocks constitute natural materials widely used in engineering works. Mineralogical and petrographic characterization, together with basic geological information, such as geotectonic setting and evolutionary history – which strongly influences the rock behavior – is a fundamental tool for the prediction or correction of the rock response to engineering and mining works and for use of rocks as construction materials.

In this Chapter references are made to certain mineral properties, such as lust, color, streak, cleavage, among others. The main classes of primary and accessory minerals present in rocks are described, such as silicates and non-silicates. Silicates are the predominant rock-forming minerals: quartz, feldspars, pyroxenes, amphiboles, and micas are among the main constituents of igneous and metamorphic rocks. Included in the silicate class are alteration or secondary minerals such as clay minerals (phyllosilicates), the most common species being kaolinite and montmorillonite, which usually result from the weathering of feldspars and mafic minerals – are present in soils, sedimentary rocks (*e.g.* argillites and shales), and also in igneous and metamorphic rocks, when altered. The characterization and quantification of clay minerals (and other alteration or secondary minerals) are of great importance to EEG, because their properties significantly interfere in the behavior of soils and rocks.

7

Characterization of Aggregates and Rock Materials for Construction

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá
Antenor Braga Paraguassu

A great variety of rock types with intrinsic, practically exclusive characteristics (mineral composition, texture, structure) are used in Engineering. These characteristics are dependent on certain genetic conditions of the rock mass, and in turn, constrain its technological properties. The assessment of these properties by field and laboratory tests is essential for the project, planning and execution of engineering works, in order to comply with quality standards, costs and deadlines.

The main uses of rocks in construction, both as aggregate (for paving, base and substrate, ripraps, drains and filters) and as building and ornamental stone (façades, floors and walls), are presented with emphasis on the functions of the rock material in these applications and on properties required for the proper performance under operating conditions.

The determination of the different properties is the focus of extensive normalization, such as ABNT and similar norms and routine laboratory tests to identify the presence of deleterious minerals and characterize certain properties, such as density, water absorption, resistance to uniaxial compression, thermal expansion and others. Some specifications that guide the analysis of the results obtained in these tests are shown, which may corroborate or constrain the use of these materials.

Finally the concepts of weatherability of rocks and accelerated weathering tests, which are designed to simulate the weathering of the rock material and prediction of its behavior under selected operating situations, are presented and discussed.

José Augusto Miotto
Fábio Soares Magalhães
Ginaldo Ademar da Cruz Campanha

The rock mass is treated in this Chapter as a unit formed by the rock itself or the rock matrix with its structures, considering the forces and movements that have affected or affect it and that are characterized as stress and strain or deformation. Special emphasis is given to the anisotropic and heterogeneous character of the rock mass.

The geological structures most important for projects and engineering and mining works are treated under the point of view of their relationship with the stresses applied to the rock mass and the resulting deformation. The main structures under ductile regime, such as folds, foliations, lineations, boudins and shear zones, and under brittle regime, such as faults, joints, dikes and veins, are described. A brief notion of the mechanical behavior of rock masses and the relationship with the tectonic structures thus generated is presented, as well as of the main laboratory tests concerning rock mechanics.

The procedures of a structural geology survey and analysis, with emphasis on the study of discontinuities and on the characterization of parameters of geotechnical interest, such as attitude, spacing, persistence, rugosity and aperture, are presented in this Chapter and complemented by other chapters that deal with the same theme but using different approaches. A brief presentation of the principles and applications of the stereographic projection is given, as well as an extensive bibliography on this and other topics, for a deeper study of the theme.

The main concepts and methods to determine the stress state of rock masses in regional and local scales are also presented. *In-situ* tests, such as seismicity (focal mechanism), geostructures (straight dihedrals), break-out, overcoring, flat jack and hydraulic fracturing are described, using examples of their application in hydroelectric power stations, and of a case study in mining, in which the structural geology survey aided the expansion of the pit.

9

Surface Waters

Francisco Nogueira de Jorge
Aluísio Pardo Canholi

This Chapter deals with the main concepts related to continental surface waters, processes involved in the hydrological cycle, the relationship between rainfall and runoff, applications in the design and management of hydraulic works, and prevention and control of flood.

The physical characteristics of the hydrographic basins, the drainage net patterns and the varied forms of behavior and circulation of water in the processes that compose the hydrological cycle are described. Some parameters that characterize rainfall are presented, such as the rainfall-DF (intensity-duration-frequency) relationship, and the runoff processes, involving concepts such as minimum, medium and maximum flows, how these parameters are measured, quantified and applied in the design of hydraulic works, definition of water availability during dry seasons, and measures for control and prevention of floods, among others.

Phenomena such as erosion, transport and deposition of sediments and overflow of water courses and flooding are described so as to characterize fluvial morphology and dynamics.

The Chapter presents and comments the solutions for urban drainage and structural and non-structural measures for control and prevention of overflows and flooding. The traditional solutions based on the increase of flow velocities, such as canalization, are compared to non-conventional measures, such as reservoirs and structures for flood control and retention/detention basins to manage stormwater runoff, showing the necessity to associate the two concepts and regulate land use and occupation.

Environmental quality parameters of water bodies are presented, as well as conditions and reference standards for the definition of fresh water classes, based on presently preponderant and intended uses; quality indexes used in the environmental management of hydrographic basins, and information on the environmental quality of water for public supply, protection of life and aquatic communities and balneability.

10

Underground Waters

Adalberto Aurélio Azevedo
José Luiz Albuquerque Filho
Malva Andrea Mancuso

In the context of Engineering and Environmental Geology (EEG), the study of the mechanical effect of groundwater on the implantation and stability of civil engineering works, as well as on the stability of natural massifs, is of paramount importance. The geological formations that store water and favor water circulation in natural conditions and in significant quantities are called aquifers. Beneath the terrain surface, these formations allow water circulation in the non-saturated (or aeration) zone and in the saturated zone (where all intergranular spaces are filled with water). It is possible to analyze the groundwater movement in the saturated zone, as well as direction and sense of flow, using an aquifer potentiometric map. The groundwater flow is related to the capacity of water to percolate a massif. In porous media, water circulation occurs as a function of the intercommunication between pores. When this medium favors the free circulation of water, the laws governing water flow in porous media, such as Darcy's Law, are valid. In a fractured medium, flow is determined by the permeability of the rock matrix and the hydraulic conductivity of the discontinuities.

During its natural movement, water exerts forces that can cause instabilities and change of the strength and deformability characteristics of the rock mass. It is fundamental to assess the underground flow behavior in order to analyze: (i) the mechanical effect triggered by groundwater, such as subpressures that affect the rock mass and the engineering structures; (ii) the effect of the fluid percolation forces, such as soil liquefaction and the regressive internal tubular erosion (piping), and (iii) the phenomena resulting from groundwater level drawdown, such as subsidence and consolidation.

11

Relief and Superficial Dynamics

Nilton Fornasari Filho
Mariana Sgarbi Claro Faria

The main concepts concerning the study of the relief in the ambit of Engineering and Environmental Geology (EEG) are presented in this Chapter in a summarized and didactic way. Prioritizing terminology and definitions, a general overview of relief forms and processes of the superficial dynamics that predominate in the tropical humid environment are presented.

With emphasis on the morphological analysis of the relief, the first part presents the main parameters for the analysis of the relief, the most commonly analyzed morphometric attributes, and the main morphologic elements considered in the EEG scale of analysis. In the transition to the processes of superficial dynamics, factors that condition the relief modelling processes and the main features resulting from these processes are discussed.

In the second part, the superficial dynamics is addressed under the EEG point of view, highlighting the main physical environment processes and typical features usually studied in Brazil. To aid the reader, processes such as erosion, mass movement, silting, flooding, subsidence and collapse, as well as coastal processes, are didactically described and illustrated by means of records in characteristic landscapes of the Brazilian territory.

12

Control of Erosion

Oswaldo Yujiro Iwasa
Roberto Fendrich
Gerson Salviano de Almeida Filho

In this Chapter erosion is treated under the point of view of Engineering and Environmental Geology (EEG), concentrating on urban erosion. Agronomy

has traditionally dealt with erosion in rural zones, that is, laminar erosion. Urban erosion occurs as ravines and gullies (*boçorocas*), whose diagnosis of the involved phenomena is essential for the design of corrective projects. However, preventive measures are in fact of fundamental importance and include mapping of areas that will be subject to urbanization or infrastructure works, especially highways. This matter complements the one treated in Chapter 20 – Geotechnical and Geoenvironmental Cartography.

The present Chapter focuses on investigation methods and techniques necessary for EEG, engineering and urbanistic preventive or corrective actions, presenting those especially related to the urban land use. Guidelines, project criteria and examples of structures designed for erosion control, such as spillways and benched structures, are indicated as corrective actions.

13

Erosion and Silting of Reservoirs

Adalberto Aurélio Azevedo
Maurício Fava Rubio

All reservoirs are prone to marginal erosion and silting because its implantation promotes deep modifications in the environment and change of the river water regime.

This Chapter presents the main factors that trigger marginal erosion: (i) intrinsic (geological, geomorphological, hydrogeological, pedological and seismic); (ii) extrinsic (rainfall and wind), and (iii) factors that potentialize erosion (the reservoir operational conditions and land use and occupation). The processes involved in marginal erosion are also highlighted, in special the role played by waves formed in the artificial lakes and reach their margins. After presenting methods to monitor the phenomenon, the Brazilian experience in the control of erosion processes in reservoir margins is described.

The main concepts and processes related to silting are presented from the generation, transport to the accumulation of sediments. Several methods and techniques for the investigation and monitoring of silting are shown. Finally, a

brief overview of silting in Brazilian reservoirs is presented and complemented with references.

14

Geotechnical and Geoenvironmental Investigation

Antonio Marrano
Wilson Shoji Iyomasa
Nilton Jorge Miyashiro

The study and investigation of civil and mining engineering works (dams, highways, railroads, waterways, ports, airports, canals, tunnels, subways, open-pit and underground mines etc.), as well as of geoenvironmental projects (contaminated areas, landfills etc.), usually take place in successive phases or stages of increasing detail, with specific objectives and methodologies. The objective of such studies is to assess and quantify the geological-geotechnical characteristics of the terrain, supplying the information necessary for the preparation of the project, the construction and the operation of the engineering work.

From the initial stages of the study, the activities must be guided following a preliminary geological model of the area, from which it will be possible to define the investigation program aiming at the reconnaissance of the characteristics of the terrain and the identification of the geological and geotechnical conditioning factors for the development of the project, construction and operation of the engineering work. In general, the geological features that can constitute geological and geotechnical conditioning factors and that need to be investigated and characterize both qualitatively and quantitatively are those related to rock types; faults or shear zones, folds, bedding planes and foliation, joint and fracture systems; karstic features (caves, hollows and dolines); soft, compressible and collapsible soils; friable and/or disaggregable rocks; rocks of extremely high strength; high virgin stresses; high groundwater pressures and flows, among others.

An overview of the main tools used in geological-geotechnical investigations, which include remote sensing, geological mapping, geophysical

tests and mechanical drilling, is presented with the indication of a complementary bibliography. The most used methods of mechanical investigation are: inspection wells, inspection trenches, auger drilling, rig probing, percussion drilling, rotary drilling, rotary-percussion drilling and galleries. Drill holes can be used for imaging and performing several types of tests or even for instrumentation and monitoring the behavior of the earth and/or rock mass.

The results of the geological-geotechnical investigations must be presented in a clear, organized and objective way, in order to promote an efficient communication between the engineering geologist and the other members of the project team. The most common forms of presentation are drilling logs, geological-geotechnical sections and geological maps that together are the basis for the preparation of the geological-geotechnical or geomechanical models, assembled in a detailed technical report preferentially prepared for each stage of the project, which is checked during the development of the project and construction.

15

Applied Geophysics

Luiz Antonio Pereira de Souza
Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

Geophysical methods are a series of indirect investigation tools with ample application in engineering and environmental projects. Dams, tunnels, bridges, embankments, foundations, ports, marinas, submarine dragging, subaquatic cables and ducts, silting of reservoirs, and waterways are examples of projects in which surface and subsurface information obtained by the application of geophysical methods largely contribute to the preparation of the best geological and/or geotechnical model of the investigated terrain. The application of geophysical methods in the investigation of urban environments is also of special relevance, once the methods are indirect and therefore not-destructive. The possibility of an ample cover of the area of interest in a relatively short time makes the geophysical methods efficient investigation tools, which also corroborate an excellent cost-benefit ratio.

In this Chapter, the fundamentals of the main geophysical methods employed in geological-geotechnical investigation are presented and illustrated with a series of examples. The geoelectrical, seismic, potential methods and geophysical well logging are highlighted, as well as geophysical methods applied to the investigation of submerged areas. References are given to aid the study of the theme in detail.

16

Characterization and Classification of Rock Masses

Luiz Massayosi Ojima
Edgard Serra Junior

The characterization and classification of rock masses are important themes of the Engineering and Environmental Geology (EEG). Characterization is an activity that aims to put in evidence an ample series of information regarding the massif, which can have influence in its behavior after the implantation of a work. Classification is an activity that, based on the selection of the characteristics that contribute to the massif's behavior, aims at the compartmentation/sectorization of the rock mass, in order to guide/subside the engineering project for the implantation of a work, seeking for the most adequate safety/cost binomial.

The present Chapter presents the main parameters for the characterization of a rock mass (rock type, weatherability/coherence, discontinuities, permeability) and the way to describe them, and also indicates the laboratory tests that best subsidize characterization. It also presents the most used classifications, such as the RMR, Q system and GSI systems.

Citations are made along the text to complement the topics presented in this Chapter.

Valdir Costa e Silva
Luiz Cerello
Carlos Magno Muniz

Excavation is the process (mechanical or manual) used to destroy the compaction and cohesion of the soil or rock by means of proper tools and methods, making its removal possible. An excavation can be performed aiming at two different objectives: (i) to obtain mineral goods; (ii) to open spaces for a variety of purposes, such as the construction of engineering works.

The excavation stability can be a function of the characteristics of the rock mass or can be achieved by means of artificial lining and reinforcement of the massif. The excavation project must consider the economic and safety aspects regarding such stability, thus taking into account the smaller or greater quantity of ore and/or tailings to be mined, defining the ideal sizes of pits and bearings (*e.g.* pillars), this way optimizing mining and engineering works.

Brazil has great experience in excavations, which has resulted from major mining works, such as the Cauê and Conceição mines (Itabira – State of Minas Gerais) and the Anglo Gold mines (Carajás – State of Pará). In construction of engineering works, it is worth mentioning the open-pit excavations of the Itaipu Hydroelectric Power Station, which involved 25.4 million m³ of soil and 34.7 million m³ of basaltic rock, creating up to 80 m-high slopes, 1 km of tunnels, and 400 m of wells. More recent examples are the excavation of the Deviation Canal of the Belo Monte Hydroelectric Power Station (State of Pará) and the Transposition Works of the São Francisco River (northeast Brazil).

The Chapter includes open-pit and underground excavations and their geological and geotechnical constraints, calling attention to excavatability as a function of the geological material. It presents the excavation equipment and methods and discusses in detail rock excavation using explosives.

The reader can find in this Chapter terms and basic concepts used in the art of excavation in soils and rocks. The recommended References include traditional books of excellence and respectability, which can aid a deeper study of the theme.

This Chapter deals with the improvement or reinforcement of the characteristics of a natural massif of soil and rock. These measures are necessary every time the geological massif undergoes stress imposed by the construction of an engineering work. In general such demands affect: 1) groundwater circulation in the aquifers, as a result of the water level drawdown; and 2) the massif strength characteristics, leading to deformations. In summary, the aims of treatment are the control or exclusion of groundwater from the construction and the increase of the soil or rock mass strength, adapting it to the demands of the work.

Seven methods of groundwater drawdown are presented in this Chapter: trenches and drainage ditches, deep horizontal drains, relief drains, filtering nozzles, injection wells, deep wells with submerged pump and drainage galleries.

The reinforcement methods for natural (soil and rock) massifs are presented in three separated groups: injections (mainly cement grout and resins), soil consolidation processes (mainly pre-loading, vibro-compaction, dynamic compaction, and jet grouting), and bearing systems (anchor bolts and bars, projected concrete, metal crankshafts and forepoling).

When it comes to groundwater, the phreatic surface drawdown methods involve simple trenches so that surface water can flow to drainage galleries or tunnels. The tunnels remove groundwater from below; despite very efficient, they are costly. The drawdown method efficiency is variable. In general, the most efficient are the most expensive ones. However, simple and low-cost methods, such as DHP's (deep horizontal drains), can solve the problem.

The applicability of each method, either to control groundwater flow or improve the strength characteristics of the massif, is directly related to costs and local geological conditions, which must be correctly assessed. The natural massif

geological-geotechnical characteristics and the geological model that will aid the decisions on the applicability of the methods are treated in several Chapters of this book.

19

Slope Stabilization

Oswaldo Augusto Filho
José Carlos Virgili
Marcus Vinícius Dilácio

This Chapter addresses the basic aspects of the studies regarding slope stabilization, which can be related to a variety of engineering works, such as urban, industrial and mining developments, open-pit excavations, waste disposal, dams etc. Therefore, it is recommended that the other chapters that also deal with these engineering works be consulted, for a better knowledge on the subject.

The analysis of the geological processes involved in slope instabilization, in particular mass movements, is guided by the objective of stabilizing the terrains submitted to these processes. The geological and geotechnical approach converges to the design and the necessary works to control them. The Chapter describes this approach in detail and all the procedures involved: study of the processes that cause slope instability, based on a classificatory system; analysis of the conditioning factors and agents that act more directly and immediately in the deflagration of these processes; investigation methods; instrumentation; field and laboratory tests; methods of stability analysis; computing tools.

Finally the Chapter presents the stabilization works to be considered with a practical example of projects for the stabilization/recovery of slopes in a segment in 35 km of the SP-250 Highway, between the cities of Apiaí and Ribeira (State of São Paulo).

Kátia Canil
Carlos Geraldo Luz de Freitas
Frederico Garcia Sobreira
Eduardo Goulart Collares

The term “geotechnical and geoenvironmental chart” is commonly used to refer to the representation, in maps, of characteristics and behavior of the physical environment as a response to different types of land occupation and use. Seven types of charts are presented in this Chapter: charts applied to engineering works; conventional, territorial planning, susceptibility, aptitude for urbanization, risk and geoenvironmental charts. Attention must always be given to the object of the cartographic work and to the need to communicate the results in an effective way, using adequate scales and language accessible to the final user.

The first steps in the development of geotechnical cartography in Brazil and other countries were linked to the engineers’ requests, so that geologists could offer help to solve construction problems, especially linear works and urban buildings, using geological-geotechnical knowledge and parameters.

This Chapter presents a brief history of the geotechnical and geoenvironmental cartography and how it has evolved in the Engineering Geology context. Brazil has received influences from abroad, with the appropriation and adaptation of methodologies, developing studies in teaching and research institutions, which have become important national reference centers. The main conceptual aspects and methodological procedures are presented, as well as some examples illustrating cartographic aids, which reveal the evolution of the process of chart preparation, and above all the application in engineering works, territorial planning, risk areas and environmental management. A brief description is made of the most used geotechnological tools for imaging, which improve the efficiency of the results and reduce the time of chart preparation.

Several legal diplomas (Federal Law 12608/2012, for example) require the preparation of geotechnical charts, in particular Susceptibility, Risk and Aptitude for Urbanization. The geotechnical risk charts comply with governmental policies

of geological risk management and geotechnical territorial planning charts are used in order to provide to the public manager systematized information that allows the identification and delimitation of areas with aptitude for urbanization, planning of protection for environmentally vulnerable areas, and support for the preparation, approval and management of Municipal Master Plans.

21

Technogene-Anthropocene

Antonio Manoel dos Santos Oliveira
Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Adriana Aparecida de Oliveira

Engineering Geology in the Technogene-Anthropocene, denominations of new geological times proposed to characterize the present epoch in which Humanity plays an intense role as geological agent, has acquired a new way of addressing environmental geotechnical problems – the geotechnogenic approach. This approach considers that the processes that modify the planet correspond to technological actions that directly change natural conditions, such as earth moving, or indirectly change natural processes of the surface dynamics, such as landslide induced by deforesting, which are no more called geological, but geotechnogenic processes. This Chapter presents several classifications of terrains and deposits generated in the technogenic environment.

The geotechnogenic approach focuses on the anthropic environmental transformation that, to be understood, must recollect the previous landscape, if possible, the primitive, natural landscape, consider the technological action as a modifying geological agent and the present, transformed landscape, revealing the cause-and-effect relationships in this transformation.

The Chapter presents several procedures and techniques considered by the approach, from the recollection of the land use history, investigation of present technogenic deposits to the legends of technogenic maps.

The Chapter is concluded with a brief overview of the geotechnical behavior of technogenic terrains and the research perspectives necessary for the development of Engineering Geology in the Technogene-Anthropocene.

Leandro Eugenio da Silva Cerri
Marcos Musso

This Chapter presents a synthesis of the theoretical basis necessary for the reflection on the teaching praxis in the digital era, emphasizing two aspects which are strongly inter-related: i) the behavior and attitudes of the different generations in relation to the teaching-learning process; and ii) the main teaching approaches, according to the role played by the teacher. These two aspects help analyze the relationship between “how students learn more easily” and “what the teachers can do to make learning easier”. The more convergent these approaches are, the more consistent is the result of the teaching-learning process.

This Chapter also describes examples of EEG teaching, which help the students develop competences and abilities that are essential to the professional activity in this application field of the Geosciences. Even recognizing that the didactic practice is dictated by a strong personal component – each teacher is free to choose how to administer his lessons – the examples described in this Chapter aim to motivate teachers to create the dynamics that promotes good results.

When writing the Chapter, two premises were taken into consideration: i) the modern student is mainly responsible for his learning, leaving to the teacher the creation of opportunities that allow the student’s contact with the discipline syllabus; and ii) lectures, through which a certain content is presented to the students, must be kept to an indispensable minimum.

The discipline syllabus should not be restricted to the conceptual basis, understanding of geological processes, investigation methods, geotechnical classifications and study phases in engineering works and in environmental licensing processes, but should stimulate the students to understand how the continuous production and application of the geological and geotechnical knowledge take place. It is indispensable to allow the students familiarize themselves with observation and experimentation techniques, as well as exercise the application of the theory, guide the construction and use of geological and geological-geotechnical models and perform computing simulations.

Summarized in a single phrase, the stress of this chapter is in teaching praxis planning so as to “make study resemble work”, specially aiming to stimulate the student to find his “key element”.

23

Ethics and Profession

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Nivaldo José Bósio
Lucilia do Carmo Giordano

Ethics is a set of rules, principles and ways of thinking that guide the moral attitude of the individual in a society and, professionally, his work environment. The theme Profession is not only related to formation, discipline syllabuses, schedules and to the pedagogic project of technical and higher level courses, but also to a series of legislations that define the professionals’ rights and duties. This Chapter starts by addressing the Ethic principles, among which the need for an honest, dignified and civic conduct, values that are complementary with the need of a profession to be practiced on the basis of the precepts of sustainable development and their interventions in the natural environment, of loyalty in competition and respect among different professionals.

The lack of a formal contract between parties, or an omissive contract, is usually one of the main points to start an inquiry about lack of ethics, being fundamental to clearly define which are the services, the product, deadline, price, responsibilities of the parties involved and form of payment. The reader will find comments on the three legal forms of professional practice by geologists, engineers and graduates in similar areas: Employee, Autonomous and Entrepreneur. When it comes to the practice as Entrepreneur, considerations are made on the alternatives of constitution of “individual” and “limited legal person” and on tributary regimes to which they are subjected to, such as the *Simple Nacional*.

The professional legislation in Brazil is extensive, complex, subject to criticism and full of resolutions, decisions and normative acts, which have influence on the daily life of these professionals. The geologists’ and engineering

geologists' attributions defined by Federal Law 4076/1962 are very old and considered outdated. The CONFEA/CREAs/MUTUA System, of fundamental importance to several professions related to EEG, is commented in the Chapter. Resolution CONFEA 1010/2005 is highlighted, as it states that the professional attributions must be defined not only by the professional title, but must be based on the pedagogic project and content of the disciplines of these courses. The applicability of this Resolution, considered one of the main advances in the process of professional regulation in Brazil, has been suspended.

The professionals' rights and duties constitute an important item in the Chapter, pointing to the obtention of the professional license (CREA record book) and the *Anotação de Responsabilidade Técnica* – Technical Term of Responsibility (ART). Brief comments are made on the nature of trade unions and technical-scientific and representation agencies and the importance to participate in the *Colégio de Entidades Nacionais* (CDEN), which is a collegiate of great importance and influence in the CONFEA/CREA/MÚTUA System. An overview of the professional regulation in other countries is presented at the end of the Chapter, with considerations given to Argentina, Paraguay and Uruguay (Mercosul) and Portugal.

It is recommended that the professionals browse through the CONFEA, CREAs and MÚTUA portals, as well as the main Laws and Federal Decrees that regulate their profession and CONFEA and CREAs resolutions and norms in force, following and becoming acquainted with the changes that constantly occur in the system and regulation and inspection of their profession.

VOLUME 3
VOLUME 3 – APPLICATIONS

24

Dams and Reservoirs

Ricardo Antônio Abrahão
Paulo Teixeira da Cruz

The theme of this Chapter is dams for the accumulation of water for a variety of goals, such as water supply, power generation, flow regulation and leisure. Secondarily dams for disposal of tailings resultant from mining are also discussed.

There are several types of dams of varied shapes and sizes: earth dams, rip-raps with varied conformations of impermeabilization, and concrete dams. In the past, brick and even wood were used as construction material for dams, but these will not be treated in this Chapter.

The choice of the most adequate type of dam is governed by the relief (topography), geological and climatic conditions, availability of construction materials, nature of the foundations, local seismicity, technical and previous experiences, not to mention budget, deadline, and even political reasons. Nevertheless, the aspects that are of most interest in this Chapter are those that encompass natural conditions for the foundation and construction materials. Therefore, the main items that interfere in the project and construction of dams are described, taking into consideration types of soils and rocks (and rock masses) and their relationship with the barrier structures.

Examples are presented as solutions to be considered and to mitigate the deleterious effects of certain natural components of the foundation, which expose the dam to risk, highlighting the shear strength (cohesion and angle of friction) and percolation through the foundations. Percolation, besides adding destabilizing charges to the foundation, can cause erosion, demanding attention throughout the operation of the enterprise.

Aspects related to the reservoirs formed by the construction of dams are described, highlighting watertightness, slope stability, and generation of induced seismicity. Finally, information on the legislation is commented, in special the Dam Safety Law that, at this moment, is in intense process of regulation and implementation, imposing responsibilities to the owners and public inspection agencies.

25

Underground Civil Works

Fernando Olavo Francis
Hugo Cássio Rock
André Pacheco Assis

The underground space has been increasingly important to engineering works, in particular in urban areas, thanks to the technological advances of the last years: (i) reduction of costs; (ii) celerity of the execution methods; (iii) increased safety, thanks to more adequate excavation methods, demolition with explosives, treatment of soil and rock masses; (iv), increasing use of mechanization (greater predictability in the execution); (v) more precise projects, and (vi) adoption of risk analysis techniques that allow for greater security to the contracts.

Tunnels, galleries, wells and caverns are the main types of underground works. The project of an underground enterprise is a very complex system that involves countless input data, legal, economic, operational, geological/geotechnical, technological, environmental, and constructive aspects. For example, during the phases of a tunnel project, several alternatives of engineering solutions are analyzed for the layout, current section, couplings, structural reinforcement etc. Several aspects of project alternatives are constrained by geological and geomorphological factors. Pros and cons are technically and economically analyzed, until the best solution is chosen. The best hit-or-miss decisions take place at this phase (project). The greater or lesser success of the enterprise depends on the greater or lesser objectivity and quality, and less on the quantity of studies carried out. Most of the geological and geotechnical investigations should be

concentrated on the project phases, as well as the acquisition of other basic data, such as interferences with existing structures and environmental impact studies.

The Chapter focuses on some of the main constraints of Engineering Geology in the project and construction of underground works, with comments on the main types of information and criteria that help define construction methods: conventional (NATM, for example) or mechanized, known as TBM – Tunnel Boring Machine. Thus, the importance of rock type, weathering, structures and stress state, hydrogeotechnical conditions (presence of water), among others, is pointed out when projecting and constructing engineering works.

The investigations and geomechanical classifications are similar to those performed in other engineering works. Thus, this theme and the treatment methods (use of anchor bars and concrete lining, water level drawdown, instrumentation etc.) are dealt with in a summarized way, once the reader has at his disposal related information in greater detail in other Chapters.

Considerations are made on the analysis of the safety coefficient of the massif and lining: in most of the underground works, this analysis is made in relation to shearing, the strength being defined as a function of parameters c (cohesion) and ϕ (angle of friction) for discontinuities, in the case of discontinuous massifs, or matrix, in the case of pseudocontinuous media (soils and soft rocks). The required FS values are defined by experience, as a function of the level of the studies and the responsibility towards the structure or involved risks.

The Chapter contains illustrations and tables that complement the text, as well as two Boxes that focus on ATO – *Acompanhamento Técnico da Obra*/ Technical follow-up of the work and Risk Management.

26

Mining

Paulo Cesar Abrão
Sílvio Luiz de Oliveira

Geotechnics, understood as Engineering Geology, Rock Mechanics and Soil Mechanics, participates intensely of all phases of the cycle of life of mining

and mineral transformation enterprises, from planning, project and mining to decommissioning (end of the activity).

With the increase of the mineral activity in the world, restrictions concerning the environment and the increasing size of the enterprises, the technical-scientific application of Engineering and Environmental Geology (EEG) has played an ever-growing prominent role.

EEG applied to mining is distinct, in terms of focus and work methodology, from Mineral Prospecting, whose concern is the definition of location, dimensions and characteristics of the mineralized body, and from Mining Geology, which is dedicated to the spatial distribution of the characteristics and control of the ore quality in the mine and the ore bodies to be mined.

EEG is applied in support services to planning activities and mine operation, such as the design and analysis of the slope stability in open-pit mines and underground excavations, drainage of surface and underground waters, projects for waste and ore beneficiation tailings disposal, and also typical services for the project and implantation of engineering works related to these developments, such as research on construction materials, foundations, earth moving, drainage and paving.

The conceptual meanings of deposit, mine, ore, tailings, waste, among others, are given, as well as the main phases of a mining development are described. The Chapter highlights the main geological and geotechnical constraints involved in the support installations and open-pit and underground mines and some differences and specificities of mining works. The operational excavation and stability conditions required for the slopes of the mining site, for example, are very different from those for the slopes of engineering works, basically because of the dynamics of the excavation and size of the slopes, which may reach hundreds of meters of height and kilometers of length. There are also conditions peculiar to mining, such as safety factors, acceptance of localized failures, coexistence with vibrations caused by the dismantling with explosives, water level drawdown, constant search for steeper slopes (when compatible with the geological conditions of the rock mass), possibility of experimentation of slope angles as mining advances etc.

Another singularity regarding mining is that most of the geotechnical and hydrogeological information can and must be collected during the exploration phase, which is rarely done.

Environmental and safety issues demand more and more the EEG support. Two examples are chemically unstable tailings from mineral deposits exploited

with no monitoring can generate acid waters that will contaminate soil and surface and underground springs, and the project and operation of tailings dams, which are subordinated to the new legislation in the 2010 Federal Law 12334, known as Dam Safety Law.

27

Highways and Railways

Roberto Rodrigues
José Antonio Urroz Lopes

Engineering and Environmental Geology (EEG) applied to road works gained notable impulse in Brazil by the end of the 1960's and during the 1970's, when EEG was still known as Applied Geology. After the pioneer initiative of some DERs (Highway Departments, state government autarchies), DNER – National Highway Department (federal autarchy) started adopting EEG systematically in road construction projects. The same happened with the old RFFSA – Federal Railway Net S.A., some regional railway nets and DERSA – Highway Development S.A. (State of São Paulo entity). EEG was very important during the project and construction of the Imigrantes Highway (in the 1970's) in the *Serra do Mar* (Mar Ridge), which had a strong support from the IPT Division of Mines and Applied Geology. This procedure prompted consulting firms to have engineering geologists in their staff to participate in project teams and to monitor the construction of highways.

EEG and in particular Geomorphology govern the characteristics and the problems of a highway or railway along its whole course. This Chapter highlights the importance of the relief (plains, hills and mountains) for the highway and railway project and the main constraints of geological and geotechnical nature, such as: erosion, slope instability, mass movement, landslides (cuts and natural slopes), creeping, fall of blocks, surface and underground water flow, and the presence of talus. The identification and consideration of these geological and geotechnical elements are of fundamental importance to the project and construction, safety of the operation and establishment of costs of the road work.

This Chapter has interfaces with other chapters in this book, which are referred to in the text. It is worth mentioning that the relief, slope stabilization and tunnels, which are of great importance to road works, are specifically treated in Chapters 11, 19 and 25, respectively. Brief comments are made on most commonly used protection works: vegetation cover, use of sprayed concrete and soil nailing, tie-back walls, root piles, reinforced soil and walls (gabion and gravity retaining walls). The basic instrumentation of road and rail works is commented, e.g. fissurometer, topographic landmark, extensometer, inclinometer, water level meter and piezometer.

28

Marine Engineering Works

Jayme Ricardo Costa de Mello
Arthur Ayres Neto
Waldir Lopes Ponçano

This Chapter deals with the oceanic-geological characteristics of the locations chosen for the implantation of marine engineering works, starting with a general overview of the types of works usually projected and constructed in Brazil, such as coast protections (walls, piers, breakwaters, emissaries and others), ports and installations for oil exploitation, with special attention to the latter.

The main oceanic-geological characteristics that can lead to geological risks during construction and oil exploitation correspond to structural geological features, such as active faults, submarine landslides, erosion and the presence of gas. In a summarized way, the dynamics of beach formation, estuaries, platform, continental slope and other coastal compartments is explained in this and in Chapter 11 – Relief and Superficial Dynamics.

In face of its importance to Engineering and Environmental Geology, the main pieces of equipment, sampling techniques and tests that are necessary to geophysical surveys and geotechnical investigations are presented. This information contributes to the knowledge of the marine bed morphology and the characterization of soils, sediments and rocks that compose the stratigraphic sequences, allowing the definition of geotechnical parameters to be adopted in the project of the foundation structures.

Renata Augusta Rock Naves de Oliveira
Fernão Paes de Barros

Canals are natural or artificial conduits designed to aid water flow on a free surface, whereas waterways are also canals, used for navigation.

Canals can be constructed along water courses of the hydrographic net, which is modified according to the needs, or excavated in dry earth. Canals constitute interventions that can cause deep modifications in the physical and biotic environment, affecting the complex substrate-relief-soil interaction and the systems that depend on this equilibrium, particularly the water table and the ecosystems associated with rivers.

This Chapter addresses in a simplified way the most common types of canals and the main geological-geotechnical constraints that must be considered in the various phases of the project: dynamics of the surface and underground waters (calling attention to the importance of the study when the canals are located in alluvial plains), relief and the nature of the massif (soils and rocks), excavation category of the materials, slope stability, demolition with explosives and availability of natural construction materials.

A brief commentary on project criteria and recommendations on the investigations and geological-geotechnical studies in the project and operation phases complement the methodological part of the Chapter. Regarding works carried out in the availability phase, for example, selectin of the layout and the best alternative, the Chapter highlights the importance of the integration between engineering and environmental impact studies, necessary to obtain the preliminary license.

Brief comments, complemented by references, are made on Brazilian study cases, which helped develop work methodologies, such as the Cosipa, Pereira Barreto, and Jaíba canals and the Tietê-Paraná Waterway. Finally, two recent examples of canals, the Transposition of the São Francisco River and the Derivation Canal of the Belo Monte Hydroelectric Power Plant, are presented with illustrations.

Jehovah Nogueira Júnior
Marcos Massao Futai

The towers that support electric energy transmission lines and the aerogenerators that constitute the eolian parks are elements disposed linearly and superficially on the terrain, and intercept soil horizons and the top of rock masses. They produce strains that alter the equilibrium of forces in the supporting region and introduce elements that alter the physico-chemical equilibrium of the subsoil. To know the wind action and the geological-geotechnical constraints of the foundations is of fundamental importance when choosing the best layouts and sites, and determining the size of the excavations, foundations and drainage for the safety and perfect operation of these structures during their useful life.

Soft, corrosive, collapsible or expansive soils and the presence of caverns and geological structures with unfavorable attitudes in the rock mass must be identified and properly characterized and analyzed with the aid of bibliographic research, photointerpretation, field reconnaissance, speleologic surveys, mechanical drilling, geophysical drilling, chemical analyses and geotechnical tests. The cuts in soil and rock and retention of slopes must be designed considering geometry, soil resistance and the presence of water; foundations must be adequate to supply load-bearing capacity and be protected against corrosion if necessary, and the fills must be constructed with adequate materials and technological control. The works should be technically monitored both during the construction to guarantee their quality and during their useful life to prevent or correct possible erosion, instabilities and other geotechnical problems.

In this Chapter the general characteristics of the towers for electric energy transmission lines and the aerogenerators of eolian parks are described, their interaction with the terrain and the geological-geotechnical constraints that interfere with the layout, sites and foundations, criteria and methodologies used in their investigation, evaluation and project measures to be adopted.

31

Pipelines

Milton Assis Kanji
Claudio Luiz Rebello Vidal

This Chapter presents the varied modalities of implantation of pipelines to transport different types of fluids. Different names are introduced, according to the product to be transported. Thus, there are pipelines for water (water duct), sewage (interceptors), ethanol (ethanol duct), gas (gas duct), petroleum (oil duct), pipelines for gasoline and other petroleum derivatives, and ducts for the transport of ore as mud (ore duct).

The implantation of pipelines can be superficial, in ditches, beneath rivers or other obstacles, in the form of microtunnels or large-diameter tunnels. In all cases, the influence of geology, the necessity to define beforehand the geological-geotechnical characteristics of the terrain, as well as project constraints and construction methods, are described. This means of transport has found an increasing application in modern times, which is the reason why the study and dissemination of the information on pipelines is very important.

32

Airports

Eugênio Vertamatti
Márcio Angelieri Cunha
Ronaldo Gonçalves de Carvalho

This Chapter presents an approach on the implantation of airports, in particular when it comes to airport site selection.

Initially, general information on airports (guidelines, norms, classification, regulating agencies etc.) is given. Then, important factors to be considered when

choosing airport sites (necessary area, urban interactions, environmental impacts and others) precede the explanation on geological and geotechnical constraints in the implantation of airport sites, dealing with natural materials such as tropical soils, in particular lateritic (concretional, fine-textured, transitional and plinthic), as well as the introduction and use of the Genetic Platform concept, methodology that integrates geological, geomorphological and pedological maps from bases developed by the Radambrasil Project. Two of the main tropical soil technologies that can be used in the implantation of airports are highlighted: MCT-M Classification (focusing on the transitional soils group) and the DCP Test, besides traditional Engineering and Geotechnical Geology procedures and techniques to investigate the subsoil and specifications of materials. Finally, the issue of environmental impacts in airports resulting from superficial dynamics (erosion and subsidence) is addressed.

In order to make the application of concepts easy, guidelines for airport site selection and studies of technical and economic feasibility are presented. Along the text, several real situations and case studies are presented that illustrate the discussions. Special attention is given to the airport net implanted in the Amazon area, in face of the availability of materials.

33

Foundations

Ricardo Antônio Abrahão
Clóvis Ribeiro de Moraes Leme (*in memoriam*)

Engineering works are constructed on or inside soil and rock masses, whose strength characteristics are determined by nature. The works treated in this Chapter are those built on soils or rocks, whose supports are generically named foundations. The following citation summarizes the interdependence of the aspects addressed in this Chapter: *“All engineering structures must be somehow supported by the materials that form the upper part of the Earth’s crust. Therefore, an inevitable connection exists between geological conditions and the project and construction of foundations”* (Legget, 1962).

Foundations can be grouped in two basic types: superficial and deep foundations. Also named shallow or direct, the superficial foundations are those in which the load is transferred to the terrain, predominantly by pressures distributed beneath the base of the foundation. Deep foundations, usually piles, transfer the load to the terrain by the base, lateral surface, or a combination of the two.

After considering the types of shallow and deep foundations, the demands of the project are described based on load capacity, safety concept and quality control. The main geological and geotechnical constraints are treated with examples.

The foundation conception originates from the definition of the structure to be constructed and how the load-bearing capacity of the foundation is going to be achieved. For these reasons it is necessary to characterize the geological units that compose the medium that will be modified, based on their genesis and strength, deformability and hydrogeological characteristics. This knowledge takes place by the analysis of secondary data, mapping and field and laboratory investigations. It is very important to analyze the range of variation of these parameters for the study of safety coefficients and risk involved when deciding for a foundation type and development of the project.

If there are other buildings in the area of influence of the work, the effect of a construction on these structures must be assessed, to avoid damage and costs not considered in the enterprise budget. It must be pointed out that the success of the construction is also a function of the compliance with norms in force, existing regulations and recommendations, as well as the quality control of the execution and materials.

34

Impact Assessment

Omar Yazbek Bitar
Renato Dell'Erba Ortega
Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo

One of the main fronts of the application of Engineering and Environmental Geology (EEG) to the environment is the Impact Assessment (IA), defined as the

process of identification and analysis of the future consequences of a present or proposed action. IA comprises a family of technical and procedural tools applicable to different planning initiatives, such as policies, legislation, plans, programs and projects, in which the perspective of improving environmental quality and social equity represents a series of expected results from its use. The Environmental Impact Assessment (EIA) is the best known IA tool in the world and is adopted by the majority of the countries and international agencies. For a proper application, the main concepts and phases of the EIA process must be understood. One should also be aware of frequent situations in the use of knowledge related to EEG and Geosciences in general for the purpose of Environmental Licensing (EL). Planning, installation, operation phases and eventually decommissioning are included, specially contemplating works related to infrastructure enterprises and base industry, segments in which the EEG contribution acquires an even greater importance.

In the initial EIA phases, it is worth mentioning the activities of presentation of the proposed project and of screening for the purpose of defining the type of EL to be followed, establishing whether it will be simplified or executed according to a detailed EIA. The EIA intermediate phases comprise the definition of the scope and preparation of the Environmental Impact Assessment/Environmental Impact Report (EIA/EIR), technical review and decision making regarding the environmental feasibility of the project. The execution of the EIA/EIR requires the analysis of technological and locational alternatives, environmental diagnosis of influence areas, detailed analysis of the probable impacts, identification of risks involved, formulation of mitigation and monitoring measures and of corresponding plans and programs. To know the characteristics of the geological formations and the geodynamic processes is essential in all the activities. In the post-approval phases of the project, the role of EEG and applied geosciences are discussed, when dealing with the monitoring of installation works and the environmental management of the operation. Finally, some challenges and correlated emerging themes are cited, such as cumulative impacts, climatic changes, resilience to disasters and ecosystem services.

Reginaldo Bertolo
Carlos Castro Alves
Alexandre Maximiano

The objective of this Chapter is to introduce the main concepts and information related to the theme contaminated areas, which at present represents a matter of notable social and economic relevance, once the contaminants in the environment can bring damage to public health and ecosystems, besides the devaluation of the properties and being obstacles to development. The first subject refers to the behavior of contaminants in subsurface: which these contaminants are, where they come from, how they interact with the geological environment, how they move and transform themselves. The concepts mentioned in this item are important in the acquisition of responses to fundamental questions for the management of problems in contaminated areas: where is and where does the contaminant go in subsurface? Is anybody going to be exposed to contamination in unacceptable concentrations in this route?

The subject of the second item is related to the following question: How is the information that enables the characterization of a contaminated area obtained? In this sense, the main conventional and modern techniques for the investigation and characterization of contaminated areas are presented. The third item describes how the different phases of management of contaminated areas take place in Brazil, as predicted in the legislation, in reconnaissance and discovery phases, their characterization and detailed quantification, determination of risks and necessary interventions for the elimination of risks in the study area. Because of the amplitude of the themes, they are treated in an introductory way in the text. For a deeper analysis, a collection of bibliographic references and suggestions of sites on the internet are given.

36

Solid Waste Management

Francisco Nogueira de Jorge
Ana Elisa Silva de Abreu

The management of solid waste is regulated by public policies and technical norms. Final waste disposal takes place in landfills projected according to the type of waste: dangerous (Class I) or not dangerous (Class II). The choice of the area for the implantation of environmentally adequate landfills takes into account geological, biological and socio-economic aspects.

A solid waste landfill is projected and operated using engineering procedures and solutions aiming safety and geotechnical stability, with the implantation of protection devices, such as: drainage for springs, bottom and lateral impermeabilization layers, inner drainage (gases and liquids), final cover elements, superficial drainage of rain water, and devices for controlling and receiving waste and treating the effluents generated in the landfill.

During the operation and even after the decommissioning of the waste disposal site, the constructed landfill is monitored to comply with geological-geotechnical and environmental requirements – the former to guarantee the physical stability of the landfill and the latter to control and prevent contamination and environmental damage.

This series of actions and the technical-operational control make landfills environmentally adequate solutions for final waste disposal, which play an important role in solid waste management.

37

Geological Risk Management

Eduardo Soares de Macedo
Fabrício Araujo Mirandola

Geological risk management has been acknowledged in the whole world for some time now, with emphasis in the 1990's, a period elected as the International

Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR) by the United Nations Organization (ONU). From then on and until 2015, three World Conferences on the Prevention of Natural Disasters were held, making important changes, the main one focusing the management of the risk, rather than the disaster. The reduction of the risk has been the main objective from then on and not only the reduction of losses.

The so-called Natural Disasters are responsible for countless casualties and heavy economic and social damage worldwide. In Brazil, among the mass movement types, landslides cause the greatest number of casualties, and overflows and flooding the largest economic damage. From this scenario, the understanding and the effort to manage these risks are organized in two main parts in this Chapter: (1) risk assessment by identification and analysis; and (2) the use of products for risk management, which encompass expert reports and alike, risk charts, Civil Defense Preventive Plans, planning and assistance in emergency situations, dissemination of information and training. Because of the dimension and increase in frequency of these disasters in Brazil, the actions linked to geological risk management have been the object of many discussions, due to an extensive and increasing history of geological disasters associated with flooding and landslides, among which the disasters in Santa Catarina, in 2008, and in the Rio de Janeiro highlands in 2011, which explains the ever-growing importance and of Engineering and Environmental Geology.

For a good management of geological processes, such as landslides, overflows and flooding, the study starts with the risk assessment, its identification and qualitative and quantitative analysis. In Brazil, most of the studies and mapping are qualitative. Other tools are presented in the Chapter and their use is fundamental for geological risk management, for example, the reduction of the consequences of the accidents by the preventive and temporary removal of the population settled in critical areas and the technical determination qualified in the proper moment for the adoption of such measure, which are made with the preparation and operation of the Civil Defense Preventive Plans (PPDC). Efforts regarding public information and training are also important. This stage involves different forms of dissemination of information, both to the technical-scientific community and to non-experts, such as public administrators, Civil Defense teams, Fire Brigades, municipal prefectures and the population.

When severe geological accidents occur, there is the need of emergency assistance focusing on the mitigation of the effects of the geological accident,

help in locating victims, identification of the causes of the accident, and recommendation of measures to be adopted, when there is the possibility of the accident to progress.

38

Municipal Management

Edézio Teixeira de Carvalho
Álvaro Rodrigues dos Santos
Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Edilson Pissato

This Chapter addresses the role played by Engineering and Environmental Geology (EEG) in urban areas, which is of great diversity, accompanying the multiplicity of the demands of the cities upon the physical environment. In fact, the cities harbor the local concretizations of the current civilizing process, being one of its characteristics the growth of the population living in the city and the reduction of the population living in the country. EEG as a management tool for urban themes has a multidimensional character that reflects the necessity of adaptation of technical-scientific approaches to the reality of the problems in question in their specific contexts.

In general, the urbanization demands upon the physical environment start with the hydric balance, with the loss of vegetation cover, impermeabilization of terrains, cut-and-fill works etc. These impacts lead to erosion, mass movement and changes in runoff, pluvial and fluvial processes and underground flows, with frequent soil and water contamination. In this sense, this Chapter presents the most common urban problems of the inter-relationship between the city and the physical environment, such as overflows and flooding, landslides, erosion, soil and water contamination, among others. To face these problems, this Chapter discusses the professional attitude of those who deal with EEG issues and focuses on interdisciplinarity, showing the work tools to be used. Regarding interdisciplinarity, although the approach of an EEG problem is specific of each municipality, it will be necessary to consider to a greater or lesser degree, besides

the geological and geotechnical dimensions of the problem, other dimensions, such as administrative and legal.

The interdisciplinary nature of the cities imposes on professionals (geologists, engineers, architects, geographers and others), besides the domain of the EEG and Geotechnical Engineering fields, a reasonable knowledge of some applied akin sciences, such as Urbanism, Hydrology, Climatology, Urban Planning Law, and good interlocution skill with professionals of these areas. Moreover, a good knowledge of the legislation relevant to the cities is fundamental. Different EEG approaches – prevention, correction and emergency – in geological risk management are commented. This is one of the main preoccupations to the municipal level and receives specific treatment in Chapter 37.

Seven case studies involving: urban floods, consolidation, waste disposal, karstic phenomena, damage to engineering works, problems in coastal zones, and stabilization of rock blocks, are presented in the end of the Chapter.

39

Management of Water Resources

Ney Maranhão
Luís Eduardo Gregolin Grisotto
Carlos Alberto Amaral Oliveira Pereira
João Jerônimo Monticeli
Antonio Melhem Saad

The Management of Water Resources – MWR can be seen as an organized series of procedures and activities of political, socio-economic and technological nature, which aims to ensure – in terms of quantity and quality – the access and use of water by present and future generations. It is a multidisciplinary area essentially related to planning that is in constant change and improvement, both from the legal and institutional points of view (public and private institutions), when methods and technology for the identification and solving of problems are concerned.

The initial part of the Chapter presents the legal fundamentals and the institutions participating in the managing system. It is where the complexities

that result from, among other reasons, the necessity of integration between the federation entities are identified, once rivers of the Union, States and the Federal District belong to the main Brazilian basins. The use of water (dams, canals and waterways, catchment for water supply, dilution of effluents, mining in rivers etc.) demands registration and authorization from the public State, Federal District or Union agency. Water resources planning, the classification of water bodies in use classes, the granting of the right-of-use, the charging for water use, compensation to municipalities, and the information system are the six management instruments to be introduced in hydrographic basins together with the creation of committees and agencies. The hydrographic division in Brazil – with a map and chart containing a synthesis of some major Brazilian basins (Doce, Paraíba do Sul, São Francisco and Tapajós) – helps to understand the enormous diversity of the Brazilian hydrographic basins and consequently the different stages of implantation of management instruments.

The Water Resources Plans are among the major documents for planning and territorial management in Brazil. They are treated as “master plans” and predicted in three levels – national, state and for specific basins, without detriment to other possible configurations, such as: municipal plan, regional master plan, action plan for water resources and affluent basins and so on. The Chapter proposes the contents and methodology for the preparation of the Basin Plan and addresses the main challenges of implementing such plans. The importance of hydric safety is highlighted, having arisen intense debates, resulting from the hydric crisis that affected southeastern Brazil in 2014.

The procedures for protection of water courses at the municipal level, which include mechanisms to identify springs, comments on the new Forestry Code and payment for environmental services are presented in the final part of the Chapter.

Geological Unpredictability and Technical Evaluation

Leandro Eugenio da Silva Cerri
Sérgio Nertan Alves de Brito (*in memoriam*)

Geological unpredictability encompasses geological situations that have not been identified during the geological-geotechnical investigation of a certain phase of a project or of the execution and operation of an engineering work, even when the good professional practice has been respected and the investigations have been carried out including adequate investigation procedures, techniques and methods. Therefore, the geological unpredictability does not correspond to “surprises” resulting from inadequate investigation, construction and operation procedures. Technical evaluations are made to assess the causes of an accident and involve a series of technical and specialized analyses, consolidated in an adequately substantiated report.

The demand for technical evaluations in the field of Engineering and Environmental Geology (EEG) has significantly increased in the last years in Brazil, although the literature on the theme is still scarce. Technical evaluations in EEG have taken place in three situations: (i) determination of the causes of accidents recorded in engineering works; (ii) civil and criminal actions involving environmental aspects, mostly brought by the Public Prosecutor’s Office (*Ministério Público*); and (iii) litigation between (public and/or private) companies. At times, determining the causes of an accident in an engineering work is equivalent to verifying whether an adverse condition found during or after construction work characterizes a situation of geological unpredictability.

Having in mind that the issue addresses responsibilities at stake, this chapter presents the contract forms regarding engineering works in Brazil, calling attention to the EPC model (Engineering Procurement and Construction), also called turnkey, that is, when a company or consortium take the responsibility from the design to the handover of the project to the end-user. The Chapter presents the way to take into account unpredictability in projects, contracts

and works, and discusses the uncertainties that exist in the investigations and in establishing the geological model, but guiding the professional to maintain a position of responsibility, avoiding the excuse that it is always Nature's fault.

The Chapter follows with the presentation of methods and stages of the technical evaluation, based on hypotheses that are investigated in three main phases, from data acquisition, analysis and interpretation, and formulation of conclusions, highlighting the importance of the causal nexus, that is, of the consistency of cause-effect relationships of the analyzed phenomena.

COMMENTS ON THE BOOK
“ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL
GEOLOGY” BY ABGE

Volume 1 – 4th cover

“This monumental work resulted from an editorial project unprecedented in its magnitude – where experts entirely explore the Earth’s thematics, and where the firm engagement with constitutional ethical and ecological values coexists with scientific rigor and exemplary didacticism”.

Francisco Rezek. Lawyer, Full Professor of the University of Brasília, retired Minister of the Supreme Federal Court, Chancellor of the Republic (1990-1992), Judge of the International Court of Justice of the United Nations (1997-2006).

The text encompasses an ample range of themes treated by competent authors and that are fundamental for teaching and formation of future professionals, who will practice in the vast Geotechnics field”.

Lázaro Valentin Zuquette. Geologist, Doctor in Geotechnics, Full Professor of the EESC-USP Geotechnics Department, CNPq, CAPES, Fapesp and Faperj deputy.

“It is not only a didactic book, but a manual of good practices, essential for the formation and professional life”.

Emílio Velloso Barroso. Geologist, Lecturer of the graduate and postgraduate UFRJ geology courses.

“The approaches regarding soils and rocks, geotechnical investigations, geotechnical mapping, slopes and geological risk management constitute a didactic material fundamental to teaching in Civil, Mining, Environmental Engineering courses and akin”.

Luiz Antônio Bressani. Civil Engineer, Doctor in Soil Mechanics, Full Professor of the UFRGS Civil Engineering Department.

“Authors and editors are congratulated for making available multidisciplinary themes of interest to several areas, among which Agronomy”.

Roberto Rodrigues. Agronomist Engineer, Doctor *Honoris Causa* by UNESP, FGV-SP Agribusiness Coordinator and Minister of Agriculture (2003-2006).

“Engineering and Environmental Geology is addressed in a clear and effective way, showing its importance to teaching, research and the geotechnical engineering praxis”.

Roberto Quental Coutinho. Civil Engineer, Full Professor of the Civil and Environmental Engineering Department and Coordinator of the Civil Engineering post-graduation course of UFPE, CAPES and CNPq *ad hoc* consultant.

“The interdisciplinarity of the themes treated in this book is of great importance to lecturers, professionals and public and private agencies that deal with environmental licensing”.

Edmilson Comparini Maturana. Geologist, Environmental Analyst of the IBAMA-SP Environmental Licensing Directory, General Coordinator of the IBAMA Petroleum and Gas Environmental Licensing (2006/2011).

“Indispensable for teaching in Geography and Environmental Management graduation courses and support material for post-graduation and MBA disciplines related to the Environment”.

Kátia Canil. Geographer, Doctor in Physical Geography, Lecturer of the UFABC Territorial Planning graduation course.

“As an ABGE member, I am familiar with their publications and use them. This book constitutes a comprehensive didactic material, indispensable to the formation of good professionals. Congratulations”.

Ricardo Oliveira. Geologist, Doctor in Engineering Geology by LNEC-Portugal, Doctor *Honoris Causa* by the Universidade Complutense de Madrid, former IAEG President (1990/94), Full Professor (retired) of the Civil Engineering Department of the Universidade Nova de Lisboa.

“Excellent book, equated with publications of international quality, with techniques, methods and examples of applications that aggrandize the Brazilian geotechnical engineering”.

Tarcísio Barreto Celestino. Civil Engineer, Lecturer of the EESC-USP Geotechnics postgraduate course, President of ITA – International Tunneling and Underground Space Association (2016-2019).

“I consider Engineering Geology of fundamental importance to the formation of civil engineers and this book by ABGE is excellent for lecturers, students and professionals”.

Eugênio Vertamatti. Civil Engineer, Doctor Professor, Lecturer for 37 years at ITA Aeronautics Civil Engineering course.

“After gathering themes such as geotechnical and geoenvironmental cartography, solid waste, environmental licensing, water resources and municipal management, it has become a unique book of its kind in Brazil”.

Eduardo Goulart Collares, Engineering Geologist, Doctor in Geotechnics, Joint Professor and Director of post-graduation, research and extension at UEMG-Passos.

VENTAS E INFORMACIONES:

SECRETARIA EJECUTIVA DE LA ABGE

Av. Profº Almeida Prado, 532 – IPT - Prédio 11

Cidade Universitária – São Paulo – SP CEP 05508-901

Telefone: (11) 3767-4361 / (11) 3719-0661

Email: abge@abge.org.br

Home Page: www.abge.org.br

Graphic Design/Layout and Cover:

Rita Motta/Editora Tribo da Ilha

LIBRO “INGENIERÍA GEOLÓGICA Y MEDIO AMBIENTE”

Versión em español: Marcos Musso

Antonio Manoel dos Santos Oliveira¹
João Jerônimo Monticeli²
(Editores)

La publicación del libro “**Ingeniería Geológica y Medio Ambiente**” (o **Ingeniería Geológica y Ambiental**) hace parte de las celebraciones del 50 aniversario de la *ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, sección brasileña de la *IAEG – International Association for Engineering Geology and the Environment*.

La **Ingeniería Geológica y Ambiental** es la ciencia dedicada a la investigación, estudio y solución de problemas de Ingeniería y del Medio Ambiente, generados por la interacción entre el terreno natural (suelos, rocas, agua, hidrocarburos) y las actividades del Hombre.

Esta área técnica-científica nació y se desarrolló con los proyectos, construcción y monitoreo de grandes obras como represas, carreteras, vías férreas y excavaciones a cielo abierto y subterráneas para obras civiles y minería, donde la necesidad de buenos proyectos, seguridad y correcto cálculo de costos son fundamentales.

¹ Geólogo (1967) y Magister en Geologia Aplicada (1981) graduado en el Instituto de Geociências de la USP y Doctor em Geografia Física por Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de la USP (1994).

² Geólogo graduado en el Instituto de Geociências de la USP (1971) y Magister en Geotecnia por la Escola de Engenharia de São Carlos da USP (1984).

La **Ingeniería Geología y Ambiental** en conjunto con la **Mecánica de Suelos** (Ingeniería Geotécnica) y la **Mecánica de Rocas** constituyen la **Geotecnia, área de la ingeniería importante y relevante** para los proyectos y obras de infraestructura. La **Ingeniería Geología y Ambiental** no se limita a la descripción de procesos, ya que sus estudios aplicados al Medio Ambiente tienen la finalidad de intervenir (Ingeniería) para la prevención o corrección de problemas ambientales. Es una ciencia que se desarrolla resolviendo problemas de uso del territorio y de Ingeniería

El libro tiene tres Volúmenes: el “**Volumen 1 – Estructura del Libro**” contiene Prólogos, Presentación, Agradecimientos, Autores (perfil profesional y correo electrónico) Referencias Bibliográficas e Índice de conceptos. El libro contiene 40 capítulos, divididos en el “**Volumen 2 – Métodos y Técnicas**” que contiene 23 capítulos y el “**Volumen 3 – Aplicaciones**” con diecisiete capítulos.

Los 40 capítulos navegan con eficacia por las áreas de planificación y control ambiental, riesgo geológico, investigaciones geológicas y geotécnicas, proyecto y construcción de obras de ingeniería, enseñanza, ética y profesión, imprevistos geológicos, entre otros temas.

Los autores de los textos son 93, quienes voluntariamente produjeron los textos y cedieron los derechos comerciales a la ABGE: 56 tienen título de Doctor y 24 título de Magíster obtenidos en renombradas universidades públicas de Brasil y del exterior; y 13 son profesionales expertos, 11 de ellos con más de 40 años de experiencia.

El Presidente de la ABGE escribió Prólogo, así como también presidentes de importantes asociaciones científico-técnicas, entre ellas la IAEG, ABMS, SBG, ABES, ABAS, CBDB, ABRH y ABEQUA.

RESÚMENES DE LOS CAPÍTULOS

Libro “**Geología de Ingeniería y Medio Ambiente**”, de la ABGE

Volumen 1 – Estructura del libro

Prólogos

Presentación

Agradecimientos

Autores

Referencias bibliográficas

Índice de conceptos

Volumen 2 – Métodos y Técnicas

Volumen 3 – Aplicaciones

VOLUMEN 2

MÉTODOS Y TÉCNICAS

1

Introducción

Antonio Manoel dos Santos Oliveira
João Jerônimo Monticeli

El marco conceptual de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA), representada en Brasil por la ABGE, está implícito en su propio nombre: la Geología (o Geociencias) como base científica y la Ingeniería como aplicación. La IGA integra el campo de conocimiento de la tierra y su evolución histórica con el desarrollo de las técnicas de transformación de la Tierra por las actividades humanas. La IGA nace y se desarrolla asociada a las actividades de la Ingeniería, colaborando en la elaboración de proyectos, construcción y monitoreo de grandes obras civiles como represas hidroeléctricas, carreteras y vías férreas. Sus investigaciones siempre tuvieron el foco en encontrar soluciones. En problemas ambientales, no sólo interviene para describir o entender por ejemplo los procesos de erosión, sino también para generar las propuestas de intervención (Ingeniería) para prevenir o corregir cuando el problema está ocurriendo.

La Ingeniería Geológica compone junto con la Mecánica de Suelos y la Mecánica de Rocas el área de la Geotécnica. La enseñanza, investigación y los trabajos prácticos articulan e integran las tres áreas. Esto se refleja en las empresas públicas y privadas, en las instituciones de enseñanza que ofrecen cursos de posgraduación en IGA y Geotécnica, como son los casos de la UFRJ/CCMN-IGEO y de la USP/EESC respectivamente.

Los métodos de trabajo de la IGA tienen su soporte en la base científica (la Geología) y en el interés en las soluciones de Ingeniería. Teoría y observación, dosificadas con equilibrio nutren tanto al razonamiento deductivo (búsqueda de reglas generales a partir de observación de eventos aislados e individuales) como al inductivo (característico de las ciencias exactas) para enfrentar los problemas

geotécnicos. El objetivo principal es prever el comportamiento de la interacción obra-medio físico, elaborando modelos fenomenológicos, geológicos-geotécnicos o geomecánicos. Estos modelos contienen la síntesis de los parámetros y factores que condicionan los mecanismos del problema analizado.

En este capítulo se describe la evolución histórica de la IGA desde sus inicios hasta la actualidad, resaltando el aporte de algunos pioneros que contribuyeron de manera importante a desarrollo de esta disciplina como el Ing. Murillo Dondici Ruiz, ícono de la IGA brasileña.

2

Clima

Diego Oliveira de Souza
Marília Guedes do Nascimento
Clara Miho Narukawa Iwabe

Los principales conceptos sobre el clima son presentados en este Capítulo, fundamentalmente para comprender como los procesos que actúan en la superficie terrestre se relacionan con la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) en el control de procesos, así como en proyectos de obras civiles.

Se describen las clasificaciones más utilizadas y las principales características climáticas de Brasil, que tiene diversos climas. Esta diversidad es consecuencia de la extensión territorial de Brasil, abarcando zonas tropicales ecuatoriales, con su clima homónimo, hasta la zona sur subtropical, con influencias regionales y locales por la variación de altitud, de relieves diversos y por la extensa zona costera con la influencia de corrientes marítimas.

Al interactuar las diferentes condiciones y los factores climáticos con la diversidad geológica, se genera una importante geodiversidad de procesos en la dinámica superficial, de interés para la intervención de la IGA. Se destaca en este Capítulo el comportamiento de los dos factores meteorológicos más importantes en el país: la temperatura y la pluviosidad.

Diversos sistemas meteorológicos actúan sobre Brasil, destacándose en el contexto de la dinámica tropical el fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS).

En el Capítulo también se presentan los principales aspectos de las mudanzas climáticas globales y sus principales efectos en Brasil, sin descartar la importancia de los cambios locales, también influenciadas por las acciones humanas, representadas por las islas de calor urbano.

3

Suelos en Ingeniería Geológica

Luiz Ferreira Vaz
Magali Dubas Gurgueira

En este capítulo se analizan los suelos en Ingeniería Geológica desde la visión de la clasificación genética, para los proyectos y la ejecución de obras de ingeniería civil y minera. Conociendo el origen del suelo, la clasificación será de suelos residuales o *in situ* cuando el suelo es producto de la alteración de una roca del lugar, o serán suelos transportados cuando hayan ocurrido algún proceso de transporte. Estos dos grandes grupos serán analizados en este Capítulo.

El concepto de perfil de alteración debe ser utilizado para una correcta denominación genética en la clasificación de suelos. En este capítulo se describen los dos principales modelos sobre perfil de alteración: la americana desarrollada por Deere y Patton y la europea desarrollado por Dearman y actualizada por Zhao, referencia de la ISRM, indicándose la bibliografía correspondiente.

En Brasil varios autores desarrollan en concepto de `perfil de alteración, generalmente identificando dos horizontes de suelo residual caracterizados, entre otros comportamientos por ser excavable con una hoja de acero y corresponde a la Categoría 1 en los contratos de excavación.

El perfil de alteración presentado en este capítulo corresponde a Vaz (1996), denominando al horizonte superior de suelo eluvial (llamado también suelo residual maduro) caracterizado por su homogeneidad e isotropía.

El horizonte inferior del suelo residual es denominado de suelo de alteración (o suelo residual joven o suelo saprolítico), dado que se encuentran estructuras de la roca original, caracterizándose por tener un comportamiento heterogéneo y anisotrópico.

El segundo grupo de suelos son los transportados, aquellos suelos que por un proceso de transporte fueron erosionados del lugar, transportados y depositados en otro sitio, modificándose durante este proceso. Integran este grupo los aluviones, los depósitos de terrazas fluviales, coluviones, depósito de talud, los sedimentos marinos y suelos eólicos.

El capítulo describe los criterios utilizados para la identificación de la génesis y los horizontes de suelos, así como la terminología sugerida para la clasificación.

4

Suelos en Ingeniería

Rita Moura Fortes
Roberto Cardieri Ferreira

En este libro se presenta el estudio y la clasificación de suelos desde diferentes abordajes como la Ingeniería Geológica (Capítulo 3), la Pedología (Capítulo 5) o la visión de la acción antrópica (Capítulo 21). En este capítulo se analiza el estudio desde el punto de vista de la Ingeniería civil, en particular de la Mecánica de Suelos que es la ciencia dedicada al estudio del comportamiento de los suelos cuando se implanta una obra o se usa como material de construcción. Se destacan las facetas y los conceptos más importantes de la Mecánica de Suelos para la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA). Quien desee profundizar en conceptos, procedimientos y equipos de ensayos se indican las publicaciones de Pinto (2011) y Massad (2016) como bibliografía específica.

Existe un conjunto de parámetros físicos que se usan para caracterizar los suelos en ingeniería como la Humedad, Masa Específico de las Partículas Sólidas (o Densidad de los Sólidos), Límites de Atterberg y Análisis granulométrico. Los parámetros físicos permiten inferir propiedades mecánicas de los suelos a partir de correlaciones empíricas obtenidas entre el comportamiento en obra y los suelos de las mismas. Sin embargo, estas correlaciones deben ser consideradas como orientativas, no sustituyen los ensayos específicos en un país de las dimensiones de Brasil donde predominan suelos tropicales, con comportamientos diferentes a

los suelos generados en países de climas templados y fríos, donde las correlaciones fueron desarrolladas.

Las principales propiedades como permeabilidad, compactación y compacidad, compresibilidad, resistencia al corte, erodibilidad y dispersibilidad son analizadas de forma sintética destacándose la importancia de las mismas en los suelos tropicales. Se plantea especial énfasis en las dificultades de usar las clasificaciones clásicas en mecánica de suelos, y se destaca la importancia de clasificaciones específicas, que usan la identificación táctil-visual, el conocimiento del origen geológico y eligiendo pocos parámetros físicos y mecánicos específicos y diferenciadores.

Finalmente se resalta la necesidad de disponer de terraplenes, tramos y pistas experimentales dadas las variedades de los suelos y materiales de construcción disponibles en Brasil

5

Suelos en Pedología

Franklin dos Santos Antunes
Fernando Ximenes de Tavares Salomão

En este capítulo se analiza el suelo desde la visión de la Pedología, ciencia que estudia el origen, evolución y transformación del suelo, extendiendo las perspectivas de abordaje de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) sobre esta unidad del medio físico importante tanto para la aplicación en obras de ingeniería como uso general. Se desarrollan los conceptos y génesis del suelo en función de los factores y procesos pedogenéticos responsable de su formación, para luego mostrar los criterios utilizados para su caracterización, mapeamiento y aplicación en IGA.

Finalmente se describen y caracterizan las unidades pedogenéticas, siguiendo el Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos (SiBCS), de manera de contribuir a la comprensión de las correlaciones geo-pedológicas, destacándose el comportamiento hídrico, los procesos del medio físico y el comportamiento geotécnico.

6

Minerales y Rocas

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá
Pedro Luiz Pretz Sartori

Se presentan los minerales y las rocas de mayor interés para la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA). Las rocas son los materiales naturales ampliamente utilizados en las obras de ingeniería, por lo tanto su caracterización mineralógica y petrográfica junto con el conocimiento del ambiente de formación y la evolución histórica (de gran influencia en el comportamiento de la roca) es la herramienta que permite prever o correlacionar el comportamiento de las rocas en obras civiles y mineras, y su utilización como material de construcción.

En este capítulo se describen las propiedades de los minerales (brillo, color, raya, clivaje, dureza etc.). Se describen las principales familias de minerales principales y accesorios de las rocas como los silicatos y los no silicatos. Los silicatos son los minerales formadores de la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas como los feldespatos, piroxenos, anfíboles, micas, cuarzo, entre otros. Producto de la alteración de los minerales primarios se generan silicatos secundarios como las arcillas, minerales del grupo de los filosilicatos, siendo los más comunes la caolinita y la montmorillonita (originados principales por la alteración de feldespatos, piroxenos, anfíboles y micas). Estos minerales secundarios constituyen los suelos, las rocas sedimentarias (pelitas y arcillitas, por ejemplo) y en las rocas ígneas y metamórficas cuando están alteradas. Caracterizar y cuantificar los minerales arcillosos (y otros minerales de alteración o secundarios) es importante en la IGA pues las propiedades de estos minerales afectan significativamente el comportamiento de los suelos y las rocas.

7

Caracterización de Agregados y Rocas para la Construcción

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá
Antenor Braga Paraguassu

En Ingeniería se utilizan una gran variedad de rocas con características mineralógicas, texturales y estructurales dependientes del ambiente de formación de cada cuerpo rocoso, lo que condiciona sus propiedades tecnológicas. Conocer estas propiedades, utilizando ensayos de laboratorio y campo, es fundamental para asegurar padrones de calidad, costos y plazos esenciales para la correcta planificación y ejecución de obras de un proyecto.

Se presentan los principales usos de las rocas en la construcción civil, como agregado (en pavimentos, vías férreas, enrocados, drenes y filtros) o como revestimiento (fachadas, pisos y paredes) analizando las funciones de los materiales rocosos en estos usos y las propiedades requeridas para el adecuado desempeño sobre las condiciones de uso a las que serán sometidos.

Existen normas para determinar las diferentes propiedades, destacándose las normas (ABNT y otras) y los ensayos de laboratorio necesarios para identificar la presencia de minerales deletéreos y caracterizar las principales propiedades como densidad, adsorción de agua, resistencia a la compresión uniaxial, dilatación térmica entre otros. Son mostradas especificaciones que aprueban o limitan la utilización de las rocas, orientando el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos.

También se detallan y discuten los conceptos de alterabilidad de las rocas y los ensayos de alteración acelerada desarrollados, para prever las alteraciones de las rocas en las condiciones de uso seleccionadas.

8

Estructuras y Estado de Tensiones de Macizos Rocosos

José Augusto Miotto
Fábio Soares Magalhães
Ginaldo Ademar da Cruz Campanha

Un macizo rocoso es el conjunto formado por la roca y sus estructuras, considerando las fuerzas y los movimientos que actuaron o actúan sobre él, definidas como tensiones y deformaciones. Se hace énfasis en este Capítulo en la anisotropía y heterogeneidad intrínseca de los macizos rocosos.

Se analizan las estructuras geológicas, enfocándose en las relaciones con las tensiones aplicadas y las deformaciones resultantes en el macizo rocoso, importantes para conocer el comportamiento en proyectos, obras civiles y mineras. Se describen las principales estructuras en régimen dúctil (pliegues, foliación, lineaciones, *boudins* y zonas de falla) y en régimen reptil (fallas, diaclasas, diques, vetas). Se describe brevemente el comportamiento mecánico de los macizos rocosos y su relación con las estructuras tectónicas generadas, además se describen los principales ensayos de laboratorio en mecánica de rocas.

En el capítulo se detallan los procedimientos de levantamiento y análisis de estructuras, enfatizando el estudio de las discontinuidades y la caracterización de los parámetros de interés geotécnico como orientación, espaciado, persistencia, rugosidad, abertura, relleno (estos estudios se complementan en otros capítulos). El estudio se complementa con una breve descripción de los principios y aplicaciones de proyección estereográfica, indicándose bibliografía complementaria para profundizar en el tema.

Finalmente se presentan los principales conceptos y métodos para determinar el estado de tensiones en macizos rocosos, en escala regional y local de una obra. Se describen los métodos sismológicos (mecanismo focal), geoestructurales (diedros rectos), *beak-out*, *overcoring*, *flat jack* y fracturamiento hidráulico. Se presentan ejemplos de aplicación en represas hidroeléctricas y el caso de un levantamiento estructural aplicado a la localización de la expansión de una explotación minera.

9

Aguas Superficiales

Francisco Nogueira de Jorge
Aluísio Pardo Canholi

En este Capítulo se desarrollan los principales conceptos y procesos del ciclo hidrológico relacionados con las aguas superficiales continentales, la relación entre las precipitaciones y el escurrimiento superficial, y sus aplicaciones para dimensionar obras hidráulicas, gestionar, prevenir y controlar las inundaciones.

Se describen las características físicas de las cuencas hidrográficas, los padrones de las redes de drenajes, el comportamiento y circulación del agua en los procesos del ciclo hidrológico. Se presentan los parámetros que caracterizan los eventos pluviométricos como las relaciones intensidad –duración–frecuencia (IDF) de las lluvias, los procesos de escurrimiento superficial, desarrollándose los conceptos de caudal mínimo, medio y máximo, sus mediciones, cuantificaciones y aplicaciones para dimensionar las obras hidráulicas. Además, se define la disponibilidad hídrica en períodos de déficit hídrico, las medidas de control y prevención de inundaciones.

En la caracterización de la morfología y la dinámica fluvial se describen los procesos de erosión, transporte y depósito de sedimentos, así como los procesos de inundación y desbordamientos de los cursos fluviales.

Algunas soluciones de drenaje urbano, medidas estructurales y no estructurales y el control de las inundaciones son detalladas. Las soluciones tradicionales basadas en aumentar la velocidad de escurrimiento, como canalizar, son comparadas con medidas no convencionales como son obras y estructuras de contención-reserva y piletas de retención/ detención de crecidas, mostrándose la necesidad de asociar los dos conceptos y reglamentar el uso y ocupación del suelo.

Son presentados los parámetros de la calidad ambiental de los sistemas hídricos, las condiciones y patrones de referencia para definir de las clases de agua dulce, considerando los usos actuales y futuros. Además, se presentan los índices de calidad utilizados para el manejo ambiental de las cuencas hidrográficas, así como para informar y divulgar la calidad ambiental de las aguas para

abastecimiento público, la protección de la vida de las comunidades acuáticas y de uso recreativo para baño.

10

Aguas Subterráneas

Adalberto Aurélio Azevedo
José Luiz Albuquerque Filho
Malva Andrea Mancuso

En el contexto de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA), es muy importante el estudio del efecto mecánico de las aguas subterráneas en la implantación y en la estabilidad de las obras de ingeniería civil, así como la estabilidad de los macizos naturales. Se denomina acuífero a las unidades geológicas que almacenan agua y permiten la circulación en condiciones naturales y en cantidades significativas.

En subsuperficie por estas unidades geológicas circula el agua en la zona no saturada (existe aire y agua en los poros) y en la zona saturada (todos los poros contienen agua). La elaboración del mapa potenciométrico del acuífero permite analizar el movimiento del agua subterránea, así como la dirección y sentido de flujo. La capacidad de percolación del macizo está relacionada con el flujo de agua subterránea. En acuíferos porosos, la circulación del agua es función del grado de comunicación entre los poros y si el medio permite la libre circulación, es válida la ley de Darcy que rige el flujo en medios porosos. Cuando el acuífero es fracturado el movimiento del agua es determinado por la permeabilidad de la matriz rocosa y por la conductividad hidráulica de las discontinuidades.

Durante el movimiento el agua subterránea ejerce fuerzas que pueden causar inestabilidades, cambiando las características de resistencia y de deformación de los macizos, por lo tanto es fundamental los flujos subterráneas para poder analizar: i) el efecto mecánico provocado por el agua subterránea como las subpresiones, que afectan al macizo rocoso y las estructuras de ingeniería;(ii) el efecto de las fuerzas de percolación del fluido, como los procesos de licuefacción del suelo y de erosión interna (*piping*); y (iii) los fenómenos que ocurren por rebajar el nivel del agua subterránea como subsidencias y asentamientos.

En este Capítulo se presentan los principales conceptos relacionados al estudio del relieve en el ámbito de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA), de forma didáctica y sintética. Se describen las principales formas del relieve y los procesos de la dinámica superficial en las condiciones tropicales húmedas, priorizando los conceptos y sus definiciones.

En la primera parte se presentan los principales parámetros de análisis del modelado priorizando el análisis morfológico del relieve, describiendo los atributos morfométricos analizados y los principales elementos morfológicos considerados en la escala de análisis de IGA. Los procesos de la dinámica superficial, los factores condicionantes de los procesos de modelado del relieve y las principales formas resultantes de estos procesos son descriptos.

En la segunda parte la dinámica superficial es desarrollada desde la visión de la GIA, enfatizando los principales procesos del medio físico y las formas típicas estudiadas comúnmente por esta ciencia en Brasil. Procesos como erosión, deslizamientos de laderas, colmatación, inundaciones, subsidencias y colapsos, dinámica costera entre otros son descriptos de forma didáctica e ilustrada con paisajes característicos del territorio brasileño, permitiendo una mejor comprensión por parte del lector.

12

Control de la Erosión

Oswaldo Yujiro Iwasa
Roberto Fendrich
Gerson Salviano de Almeida Filho

En este Capítulo se presenta el tema de erosión desde la visión de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA), desarrollando la erosión urbana (la cual no es objeto de estudio de la Agronomía que analiza este proceso en la zona rural y es comúnmente de tipo laminar). La erosión urbana, importante para la IGA, se desarrolla en surcos y cárcavas y para elaborar proyectos correctivos es necesario un diagnóstico adecuado de los procesos que ocurren. Sin embargo, es fundamental las medidas preventivas a adoptar en las áreas mapeadas como susceptibles a la erosión cuando se desarrollen ocupaciones urbanas, obras de infraestructura como carreteras o autopistas, asunto que se complementa con los conceptos desarrollados en el Capítulo 20- Cartografía Geotécnica y Geoambiental.

En este Capítulo se detallan los métodos y las técnicas de la investigación necesarias para las acciones de IGA, de la ingeniería y del urbanismo. Las acciones para uso urbano del territorio pueden ser preventivas o correctivas. Las acciones correctivas son desarrolladas con un protocolo de trabajo, criterios de proyecto y ejemplos de estructuras de control de erosión, como vertederos y estructuras en escalones.

13

Erosión y Colmatación en Represas de Agua

Adalberto Aurélio Azevedo
Maurício Fava Rubio

Las represas de agua generan modificaciones en las condiciones ambientales, alterando el régimen de movimiento del curso fluvial. Esto promueve dos procesos: la erosión de las márgenes y la colmatación por acumulación de sedimentos.

En este Capítulo se muestran los principales factores condicionantes de las erosiones: (i) intrínseco (geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, pedológicos y sísmicos); (ii) extrínsecos (precipitaciones y vientos); (iii) aquellos de promoverían la erosión (condiciones de operación de la represa y el uso y ocupación del suelo). Además, se describen diferentes procesos, en particular el efecto de embate en las orillas de las olas generadas en los lagos y ejemplos de la experiencia brasileña de métodos de monitoreo para el control de los procesos erosivos en las orillas de las represas.

Se presentan los principales conceptos y procesos de colmatación desde la producción, transporte y acumulación de sedimentos. Diferentes métodos y técnicas de investigación y monitoreo de la colmatación son descriptas. Finalmente se presenta una breve reseña de la situación de colmatación de reservorios en Brasil, indicándose bibliografía específica.

14

Investigaciones Geotécnicas y Geoambientales

Antonio Marrano
Wilson Shoji Iyomasa
Nilton Jorge Miyashiro

El desarrollo de investigaciones para proyectos de obras civiles y mineras (represas, carreteras, vías férreas, hidrovías, puertos, aeropuertos, ductos, túneles, minería a cielo abierto o subterráneas etc.) y para proyectos geoambientales (recuperación de áreas contaminadas, relleno sanitario etc.) deben ser ejecutadas en etapas sucesivas y aumentando el grado de detalle, con objetivos y metodologías específicas. Estas investigaciones tienen el objetivo de conocer y cuantificar las propiedades geológico-geotécnicas del terreno, suministrando la información necesaria para la elaboración del proyecto de ingeniería, la construcción y la operación de la obra.

Las etapas iniciales de investigación deben desarrollarse teniendo un modelo geológico preliminar del área, a partir del cual se definirá el programa de investigaciones para reconocer las propiedades del terreno e identificar las condicionantes geológicas y geotécnicas para el proyecto, la construcción y la operación de la obra. Existen un conjunto de características geológicas que

pueden resultar en condicionantes geológico-geotécnicas, las cuales necesitan ser investigadas (cuali y cuantitativamente) entre las que se encuentra a litología, las fallas o zonas de falla, pliegues, planos de foliación, sistemas de diaclasas y fracturas, zonas cársticas (cavidades, dolinas etc.), suelos blandos, compresibles y colapsables, rocas desagregadas o de alta resistencia, estado de tensiones elevado, presiones y caudales elevados en agua subterránea, entre otras.

En estas investigaciones se utilizan varias herramientas y métodos, las cuales se describen de forma simplificada, como sensores remotos, mapeamiento geológico, investigación geofísica y perforaciones mecánicas. Los métodos de investigación mecánica más utilizados son: pozo y trinchera de inspección; perforación con taladro, a percusión, rotativa; galería de investigación. Los pozos de los sondeos pueden ser usados para filmar sus paredes, ejecutar ensayos diversos (de resistencia, conductividad hidráulica etc.) o para usarlo para instrumentar y monitorear el comportamiento del macizo (de tierra o rocoso). Se indica bibliografía complementaria sobre estos temas.

La información obtenida en las investigaciones geológico-geotécnicas debe ser expresada de forma objetiva, clara y organizada, propiciando una comunicación eficiente entre el ingeniero geólogo y los demás integrantes del equipo técnico de un proyecto. Las formas usuales de presentación de la información son perfiles individuales de las perforaciones, secciones geológicos-geotécnicos, mapas y plantas geológicas que en conjunto permiten elaborar el modelo geológico-geotécnico o geomecánico. Cada fase de un proyecto debe tener un informe técnico, el cual deberá ser ampliado y revisado cuando se cambia de fase, de anteproyecto a proyecto ejecutivo y a construcción de la obra.

15

Geofísica Aplicada

Luiz Antonio Pereira de Souza
Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

Los métodos geofísicos son el conjunto de herramientas de investigación indirecta de amplia aplicación en proyectos de ingeniería y medio ambiente. Existen muchos ejemplos de proyectos en los cuales las informaciones de superficie y subsuperficie, obtenidos de la aplicación de los métodos geofísicos,

contribuyeron para construir un mejor modelo geológico y/o geotécnico del sitio investigado. Represas hidroeléctricas, túneles, puentes, puertos, dragados, fundaciones, colmatación de reservorios etc. son ejemplos de aplicación de estas técnicas. En ambientes urbanos las aplicaciones de métodos geofísicos de investigación son muy aplicados porque estos métodos indirectos son no destructivos. Permiten cubrir una gran área en un tiempo relativamente corto, ofreciendo una excelente relación costo-beneficio, tornando a los métodos geofísicos una herramienta eficiente.

En este capítulo se muestran los fundamentos de los principales métodos geofísicos empleados en investigaciones geológico-geotécnico, mostrando un conjunto de ejemplos de aplicación. Se describen los métodos geoeléctricos, sísmicos, potenciales y perfilado geofísico en pozo así como los métodos geofísicos aplicados en áreas sumergidas. Se detallan referencias bibliográficas para profundizar en el tema.

16

Caracterización y Clasificación de Macizos Rocosos

Luiz Massayosi Ojima
Edgard Serra Junior

Caracterizar y clasificar los macizos rocosos es importante para la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA). Caracterizar es la actividad que busca mostrar el amplio conjunto de informaciones del macizo que pueden influenciar en su comportamiento durante la implantación de una obra. Clasificar es la tarea que, basándose en la selección de las características que condicionan el comportamiento, permite compartimentar o sectorizar el macizo rocoso con el objetivo de orientar/ayudar al proyecto de ingeniería para implantar la obra, haciendo la más adecuada relación costo-beneficio.

En este Capítulo se presentan los principales parámetros para caracterizar al macizo rocoso (litología, alteración-resistencia, discontinuidades, permeabilidad) y la forma de describirlos, así como indicar los ensayos de laboratorio que auxilian en la caracterización. También se detallan las clasificaciones más utilizadas en el

medio profesional como son los sistemas RMR, Q y GSI. Se sugieren durante el capítulo referencias bibliográficas que permitirán al lector profundizar en la temática.

17

Excavaciones de Suelos y Rocas

Valdir Costa e Silva
Luiz Cerello
Carlos Magno Muniz

Excavar es el proceso mecánico o manual utilizado para romper la cohesión del suelo o la roca, por medio de procedimientos y herramientas que hacen posible su remoción. Una excavación puede tener dos objetivos: (i) extraer un bien mineral, (ii) abrir espacios para diversos fines como son las obras civiles.

La estabilidad de las excavaciones depende de las características intrínsecas del macizo rocoso, la cual será autoportante o se obtendrá usando revestimientos artificiales y refuerzos del macizo. El proyecto de excavación debe considerar los aspectos económicos y de seguridad asociados a la estabilidad, evaluando la mayor o menor cantidad de mineral/estéril a extraer, definiendo las “canteras” ideales y la dimensión de los soportes (por ejemplo, pilares), optimizando de esta forma la explotación minera y las obras civiles.

Existe una experiencia acumulada en Brasil sobre grandes excavaciones, generada a partir de la minería de gran escala como la Mina de Cauê y Conceição (Itabira) y de la Anglo Gold, en Minas Gerais, y Carajás en Pará. En la construcción civil se destaca las excavaciones a cielo abierto para la represa hidroeléctrica de Itaipú, donde 25,4 millones de metros cúbicos y 34,7 millones de metros cúbicos de suelo y roca basáltica respectivamente, fueron movilizadas. Se generaron taludes de hasta 80 m de altura, 1 km de túneles y más de 400 m de pozos de investigación. Otras obras civiles con grandes excavaciones son el canal de desvío de la represa hidroeléctrica de Belo Monte, en Pará, y las obras de Transposición del Río San Francisco.

Se describen las excavaciones a cielo abierto y subterránea, las condicionantes geológico-geotécnicas, enfatizando la excavabilidad en función de la litología encontrada. Son detallados equipos y métodos de excavación, profundizándose en la utilización de explosivos para excavar en roca.

El Capítulo ofrece al lector vocabulario y conceptos básicos utilizados en el arte de las excavaciones de suelos y rocas. La bibliografía recomendada incluye excelentes, reconocidos y tradicionales libros usados en el medio profesional, que ayudarán a los interesados a profundizar en la temática.

18

Tratamiento de Macizos Naturales

Luiz Ferreira Vaz
Ana Elisa Silva de Abreu

Muchas veces cuando un macizo rocoso o de suelo es sometido a las solicitaciones de una obra es necesario realizar tratamiento que produzca una mejora o refuerce alguna de sus propiedades. En el Capítulo se describen y analizan métodos para producir estos cambios. Las solicitaciones más comunes afectan: 1) la circulación del agua subterránea en los acuíferos cuando ocurre un rebajamiento del nivel freático, 2) la resistencia del macizo generando deformaciones. Con los tratamientos se procura controlar o excluir el agua subterránea en la construcción o aumentar la resistencia del macizo, según lo requiera la obra.

Se describen siete métodos para rebajar el nivel del agua subterránea: trincheras de drenaje, drenes horizontales profundos, drenes de alivio, punteros filtrantes, pozos de inyección, pozos profundos con bomba sumergida y galerías de drenaje.

Para el refuerzo de suelos de macizos se presentan tres clases de métodos: inyecciones (lechadas de cementos y resinas), procesos de consolidación de suelos (precarga, vibración, compactación dinámica e inyección a alta presión/*jet grouting*) y sistemas de sostenes (anclajes, hormigón proyectado o lanzado, arcos metálicos y enfilajes).

En el caso del agua subterránea los métodos de rebajamiento del nivel freático se utilizan trincheras para que escurra el agua superficial hasta galerías y túneles de drenaje, estos últimos destinados a remover el agua subterránea por debajo de la obra siendo muy eficientes, pero de alto costo. La elección del método dependerá de cada caso, ya que la eficiencia de cada método es diferente y en general los más eficientes son los de mayor costo. En algunas obras, métodos simples y de bajo costo como los drenes horizontales profundos (DHPs) pueden ser la solución adecuada.

Aplicar un método u otro para controlar el agua subterránea o mejorar la resistencia del macizo está directamente relacionado con las condiciones geológicas locales, las que deberán ser correctamente evaluadas para determinar los costos de la solución adecuada. Varios capítulos del libro profundizan sobre las características geológico-geotécnicas del macizo natural y los modelos geológicos, auxiliando en la elección del método a aplicar.

19

Estabilización de Taludes

Oswaldo Augusto Filho
José Carlos Virgili
Marcus Vinícius Dilácio

Este Capítulo abarca los criterios básicos de los estudios para la estabilización de taludes, presentes en diferentes obras de ingeniería en emprendimientos urbanos, industriales y mineros, excavaciones a cielo abierto, rellenos sanitarios, represas etc. En otros capítulos de este libro se presentan información complementaria sobre estas obras de ingeniería que permite profundizar en la temática.

Analizar los procesos geológicos que ocurren como los deslizamientos son orientadas con el objetivo de estabilizar los terrenos donde ocurren. Un enfoque geológico geotécnico debe culminar en un proyecto con la descripción de obras necesarias para controlar los procesos. En el Capítulo se describen con detalle estos enfoques y sus procedimientos: estudio de los procesos de

inestabilidad de taludes (basados en un sistema de clasificación), análisis de los condicionantes geológicos y los agentes (que actúan de forma directa e inmediata para desencadenar estos procesos), métodos de investigación, instrumentación, ensayos de campo y laboratorio, métodos de análisis de estabilidad, herramientas informáticas.

Al final del Capítulo se detallan las obras de estabilización que deben considerarse, con un ejemplo práctico de elaboración de proyectos de estabilización/recuperación de taludes en un trecho de 35 km de la Carretera SP-250, entre las ciudades de Apiaí y Ribeira, San Pablo.

20

Cartografía Geotécnica y Geoambiental

Kátia Canil
Carlos Geraldo Luz de Freitas
Frederico Garcia Sobreira
Eduardo Goulart Collares

El concepto de “Carta Geotécnica y Geoambiental” es usado para definir la representación en mapas de propiedades y comportamientos del medio físico frente a diferentes formas de ocupación y uso del suelo. En este Capítulo se describen siete tipos de cartas: aplicadas para obras civiles, convencionales, de planificación territorial, de susceptibilidad, de aptitud para urbanización, de riesgo y geoambientales. El trabajo de cartografía debe atender el objetivo específico del mismo, así como considerar el público usuario de las cartas, de forma comunicar los resultados de forma y lenguaje claro y en escala adecuada.

El desarrollo inicial de la cartografía geotécnica, en el mundo como en Brasil, estuvo asociado a la solicitud de los ingenieros de la colaboración de los geólogos para analizar y determinar los parámetros geológico-geotécnicos que permitieran solucionar problemas en las construcciones civiles, especialmente en obras lineares y edificaciones en las ciudades.

Se presenta una reseña histórica y la evolución de la cartografía geotécnica y geoambiental en el área de la ingeniería geológica. El desarrollo de trabajos

en instituciones de enseñanza e investigación en Brasil, que se tornaron centros de referencia del país, tuvieron la influencia de las experiencias del exterior, aplicando y adecuando las metodologías desarrolladas en otros países. Son descriptos los principales conceptos, procedimientos metodológicos y algunos ejemplos de cartografía, que muestran la evolución del proceso de elaboración de las cartas y principalmente su aplicación en obras civiles, planificación territorial, áreas de riesgo y gestión ambiental. Se describen brevemente las herramientas geotecnológicas de procesamiento de imágenes más utilizadas, que mejoran el tratamiento de los resultados y reducen el tiempo de elaboración de las cartas.

Existen varias leyes (Lei Federal 12.608/2012, por ejemplo) que exigen la elaboración de cartas geotécnicas para los casos de Susceptibilidad, de Riesgo y de Aptitud de Urbanización. Las cartas geotécnicas de riesgo auxilian a las políticas de gobierno para la gestión del riesgo geológico. Las cartas geotécnicas de planificación territorial contienen un conjunto sistematizado de informaciones, que otorgan al gestor de las políticas públicas datos para identificar y delimitar áreas aptas para urbanizar, planificar las áreas de protección de regiones ambientalmente vulnerables, así como auxiliar en la elaboración, aprobación y gestión de los Planos Directores Municipales.

21

Tecnógeno – Antropoceno

Antonio Manoel dos Santos Oliveira
Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Adriana Aparecida de Oliveira

La Humanidad es un intenso agente geológico de tal magnitud que se ha propuesto denominar un nuevo tiempo geológico, Antropoceno, a los depósitos generados por el hombre. La Ingeniería Geológica tiene una nueva forma de estudiar los problemas geotécnicos ambientales, el enfoque del Antropoceno, que considera que determinadas intervenciones del hombre generan procesos de modificación del planeta que cambian los procesos de la dinámica superficial. Por lo tanto, estos procesos dejan de ser geológicos a ser antrópicos, como el proceso

de construcción de un terraplén, o la deforestación que puede inducir procesos erosivos, de deslizamiento de laderas, de cambio en la recarga de un acuífero. En este Capítulo se muestran varias clasificaciones de terrenos y depósitos generados en el Antropoceno.

La metodología del Antropoceno busca conocer la acción tecnológica como agente geológico modificador y descubrir en el paisaje actual las relaciones de causa y efecto de esa modificación.

Se presentan en este Capítulo diferentes procedimientos y técnicas de investigación, por ejemplo, para conocer la historia del uso del territorio, los depósitos del Antropoceno generados y leyendas para los mapeamientos.

Se describe una breve caracterización de los comportamientos geotécnicos de los terrenos generados y las perspectivas de investigación necesarias para que la Ingeniería Geológica desarrolle en el Tecnógeno-Antropoceno.

22

Enseñanza

Leandro Eugenio da Silva Cerri
Marcos Musso

En este Capítulo se sintetiza la base teórica para reflexionar acerca de la práctica de enseñanza en la era digital, enfatizando dos aspectos fuertemente interrelacionados: i) las conductas y actitudes de las diferentes generaciones en relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje, y ii) el rol del docente en las principales metodologías de enseñanza. Esto permite analizar la relación entre “como los alumnos aprenden más fácilmente” y “como pueden actuar los docentes para facilitar el aprendizaje de los alumnos”. Si estos dos procesos son convergentes, mejores y duraderos serán los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se describen algunos ejemplos de prácticas de enseñanza de IGA que contribuyen a desenvolvimiento de los alumnos de competencias y habilidades esenciales para su actuación profesional en esta área de aplicación de las Geociencias. Se busca motivar a los docentes a crear dinámicas de aulas con base

en un proceso moderno y eficiente de enseñanza-aprendizaje, proporcionando mejores resultados.

Dos premisas guiaron la redacción del Capítulo: i) el alumno moderno es el actor principal en el aprendizaje, siendo el docente el creador de formas que contribuyan a que el alumno se apropie de los conceptos de la disciplina ii) las aulas expositivas, aquellas en las que se expone un determinado contenido programático, deben ser minimizadas a lo indispensable.

Se enfatiza en estimular a los alumnos a comprender como se genera y aplican nuevos conocimientos geológico-geotécnicos y no restringirse al entendimiento conceptual de los procesos geológicos, de las clasificaciones geotécnicas, de los métodos de investigación y de las diferentes fases en las obras de ingeniería y de licenciamiento ambiental. Los autores consideran que los alumnos deben estar familiarizados con las técnicas de observación y experimentación, así como conocer y aplicar la teoría, orientándolos a construir y utilizar modelos geológicos y geológico-geotécnicos, apoyándose en simulaciones computacionales.

Una frase resume el abordaje del capítulo, planificar la práctica de la enseñanza de manera de que el estudio sea lo más parecido al trabajo, estimulando al alumno a encontrar su propio “elemento llave”.

23

Ética y Profesión

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Nivaldo José Bósio

Lucilia do Carmo Giordano

La ética es el conjunto de reglas, principio y formas de pensar que orientan la actuación moral del individuo en una sociedad, y en el caso profesional en su ambiente de trabajo. El tema Profesión no está solamente relacionado con su formación, currículum, contenidos programáticos y proyecto pedagógico de los cursos terciarios y universitarios, sino también con un conjunto de leyes que definen derechos y deberes de los profesionales. En el Capítulo inicialmente se desarrollan los principios Éticos, siendo necesarios valores como una conducta

ciudadana, honesta y digna complementada con el ejercicio profesional basado en el desarrollo sustentable de las acciones sobre el medio ambiente, lealtad y respeto en las instancias de competencia entre los diferentes profesionales.

Uno de los principales hechos que generan reclamos de falta de ética es la ausencia de un contrato formal entre las partes al acordar un trabajo, contrato omiso, por lo tanto, resulta fundamental definir claramente cuáles son los servicios por realizar, el producto a entregar, plazos, costo, responsabilidades de cada parte y la forma de pago. El lector encontrará explicaciones sobre las tres formas legales de ejercicio profesional de los egresados en geología, ingeniería y áreas afines: Empleado, Profesional Independiente y Empresario. En este último caso se presentan detalles sobre las alternativas de crear una empresa de la clase “persona jurídica individual” y de “responsabilidad limitada”, los sistemas tributarios que las regirán, como el caso del Simple Nacional.

En Brasil existe una compleja y extensa legislación profesional muy criticada a lo cual se suman actos administrativos (resoluciones, decisiones etc.) que influyen en el accionar profesional diario. La Ley Federal 4076/1962 que detalla las atribuciones de los geólogos e ingenieros geólogos se la considera antigua y desactualizada. En el Capítulo se explican el Sistema CONFEA/CREAs/MUTUA, fundamentales para varias profesiones que actúan en IGA. Se destaca la Resolución CONFEA 1.010/2005 que establece que las atribuciones profesionales sean definidas no sólo por el título profesional, sino también apoyado en el proyecto pedagógico y el contenido de las disciplinas cursadas. Tal Resolución, que es un avance en el proceso de la reglamentación profesional en Brasil, está suspendida.

Un tema importante en el Capítulo son los derechos y deberes de los profesionales, destacándose el ingreso al registro Profesional (carné CREA) y la Registro de Responsabilidad Técnica (RRT). Se describe brevemente las agrupaciones sindicales, técnico-científicas y representativas de ` profesionales, así como la importancia de estar participando del Colegio de Entidades Nacionales (CDEN), que es un colegiado importante e influyente en el Sistema CONFEA/CREA/MÚTUA. También se muestra la reglamentación profesional de otros países, en particular de Portugal y MERCOSUR (Argentina, Paraguay, Uruguay).

Es recomendado a los profesionales realizar un seguimiento y actualización de los cambios que suceden en la reglamentación y fiscalización de la profesión. Para ello deberían buscar en los portales de CONFEA, CREAs e MÚTUA, además de leer las principales Leyes y Decretos Federales que regulan la profesión, así como las resoluciones y normativas promulgados por el CONFEA y los CREAs.

VOLUMEN 3

APLICACIONES

24

Represas y Reservorios

Ricardo Antônio Abrahão
Paulo Teixeira da Cruz

Las represas para acumular agua con fines de abastecimiento, generación de energía, regular caudales y recreación es desarrollado en este Capítulo, y subordinadamente se presentan las represas de contención de residuos de la industrialización mineral.

Las represas pueden construirse con diferentes materiales, de las que se describirán en detalle: represas de tierra de varios tipos, represas de enrocado con diferentes conformaciones del núcleo impermeable, y de hormigón con diferentes diseños. Aunque en el pasado se construyeron represas con materiales cerámicos y madera, no serán desarrollados en este Capítulo.

Elegir la represa más adecuada para un sitio específico está condicionado por el relieve (topografía), las condicionantes geológicas y climáticas, disponibilidad de materiales de construcción, tipo de fundaciones, sismicidad local, experiencia técnica y antecedentes, además de las consideraciones financieras, de plazos y hasta políticas. El Capítulo se concentrará en las condiciones naturales y en los materiales de construcción, describiéndose las principales interferencias que puede existir en un proyecto y en la construcción de una represa, como son los tipos de suelos y rocas (y los macizos rocosos) y sus relaciones con las estructuras de las represas.

Se describen ejemplos de soluciones sobre como evaluar y mitigar efectos perjudiciales de algunos componentes naturales en la fundación, que afectan la seguridad de la represa. Especial atención debe darse a la resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción interna) y a la percolación por la fundación, la cual

provoca esfuerzos desestabilizadores en la fundación y puede generar procesos erosivos (internos y externos), por lo cual debe ser monitoreado durante la fase de operación de la represa.

La estanqueidad, la estabilidad de las laderas y la generación de sismos inducidos son algunos de los principales efectos generados por las reservas de agua de las represas que se describen. Finalmente se detalla la legislación, en especial la Ley de Seguridad de Represas, que está siendo reglamentada e implementada al momento de escribir este Capítulo, indicando diferentes responsabilidades a los propietarios de la obra y a los organismos públicos de fiscalización.

25

Obras Civiles Subterráneas

Fernando Olavo Francis
Hugo Cássio Rocha
André Pacheco Assis

El uso del espacio subterráneo es cada vez mayor, incrementando las obras civiles en áreas urbanas principalmente porque los avances tecnológicos desarrollados recientemente generan: i) reducción de costos de las obras, ii) rapidez de los métodos de ejecución, iii) mayor seguridad por métodos más adecuados de excavación, de uso de explosivos y de refuerzo de los macizos de suelos y rocas; iv) aumento de la mecanización (mayor rendimiento en excavación); v) proyectos más detallados, e vi) la incorporación de técnicas de análisis de riesgo que generan mayor seguridad en los contratos de obra.

Los túneles, galerías, pozos, espacios subterráneos son las principales obras subterránea civiles. Un proyecto de obra subterránea es un sistema muy complejo, con mucha información que abarcan los aspectos legales, económicos, operacionales, geológico-geotécnicos, tecnológicos, ambientales y constructivos. En la etapa de elaboración de un proyecto de túnel se analizan varias alternativas de soluciones de ingeniería para el trazado, secciones, lugares de inicio, soportes estructurales etc. Los factores geológicos y geomorfológicos condicionan las

alternativas del proyecto, y todos los factores técnicos y económicos (favorables y desfavorables) son evaluados hasta elegir la mejor solución. Los mayores aciertos y errores de decisión ocurren en esta etapa (proyecto). El éxito de un emprendimiento dependerá de la mayor o menor objetividad y de la calidad de los estudios realizados y menos de la cantidad. Es en la etapa de proyecto que deben realizarse la mayor parte de las investigaciones geológico-geotécnicas y obtener otros datos básicos como la interferencia con estructuras existentes y los estudios de impacto ambiental.

En el Capítulo se detallan los principales condicionantes de la Ingeniería Geológica en el proyecto y la construcción de obras subterráneas, destacándose los principales informaciones y criterios que ayudan a definir el método constructivo: convencional (*New Austrian Tunneling Method – NATM*, por ejemplo) o los mecanizados (*Tunnel Boring Machine – TBM*). En todos los casos, para la definición del proyecto y la construcción de la obra es importante conocer la litología, la alteración, la geología estructural y el estado de tensiones del macizo y las condiciones hidrogeológicas (presencia de agua).

Se usan investigaciones y clasificaciones geomecánicas similares a las de otras obras civiles. En forma breve se describen los métodos de tratamientos (uso de anclajes y hormigón proyectado, rebajamiento del nivel del agua, instrumentación etc.) dado que existen otros capítulos del libro que ofrecen mayores detalles e informaciones.

Se aborda el análisis del coeficiente de seguridad del macizo y del revestimiento: en la mayoría de las obras subterráneas esta evaluación se realiza usando la resistencia al corte, definida en función de los parámetros C (cohesión) y ϕ (ángulo de fricción) de las continuidades en el caso de los macizos discontinuos, o de la matriz en el caso de los macizos de solo y rocas blandas. Los valores del Factor de Seguridad (FS) requeridos son definidos por la experiencia, en función del nivel de estudios y de la responsabilidad de la estructura o los riesgos asociados.

El texto del Capítulo es complementado con figuras y tablas, así como dos cuadros que abordan el Acompañamiento Técnico de Obra (ATO) y la Gestión de Riesgos.

Paulo Cesar Abrão
Sílvio Luiz de Oliveira

La Geotécnica, área del conocimiento donde interactúan la Ingeniería Geológica, la Mecánica de Rocas y la Mecánica de Suelos, actúa intensamente en todas las etapas del ciclo de vida de las actividades mineras, desde la fase de planificación, proyecto extracción y hasta el cierre de las actividades.

La aplicación técnica-científica de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) desempeña un papel cada vez más importante en la minería, por el aumento de la extracción, el tamaño de los emprendimientos y por las restricciones ambientales.

La Geología de Prospección Mineral busca definir la ubicación, dimensiones y características del cuerpo mineralizado, así como la Geología de Minas analiza la distribución espacial de las características y control de calidad del mineral en la mina y la extracción. La IGA tiene enfoques y metodologías que se aplican para dar soporte a las actividades de planificación y operación de la extracción, dimensionando y analizando la estabilidad de los taludes de las minas a cielo abierto y de los túneles en la minas subterráneas, el drenaje de las aguas superficiales y subterráneas, los proyectos de disposición de estéril y residuos de procesamiento mineral, así como el apoyo a las obras civiles asociadas a estos proyectos investigando materiales de construcción, fundaciones, terraplenes, drenajes y pavimentos.

Se describen los conceptos de yacimiento, mina, mineral, estéril, residuos entre otros, así como las principales fases de un emprendimiento minero. Se destacan las principales condicionantes geológicas y geotécnicas asociadas a las instalaciones de apoyo y en la extracción a cielo abierto y subterránea, así como las diferencias y especificidad de la actividad minera. La dinámica de la excavación minera genera taludes de decenas a centenas de metros y kilómetros de extensión, con condiciones de estabilidad diferentes de las obras civiles. Algunas condiciones de la minería son factores de seguridad menores, siendo aceptadas roturas locales, convivencia con vibraciones generadas por el uso de

explosivo de desmonte, rebajamiento del nivel del agua, búsqueda de la mínima extracción de estéril generando taludes con mayor inclinación compatible con las condicionantes geológicas del macizo, experimentación de ángulos de taludes durante el avance de la extracción etc.

La mayor parte de las informaciones geotécnicas e hidrogeológicas puede y debería ser elaborada durante la fase de exploración y prospección mineral, sin embargo, raramente se hace.

La IGA tiene la capacidad de apoyar y colaborar en los temas ambientales y de seguridad, como es el caso de depósitos de estériles químicamente inestables que genera contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas por acidificación del agua si no se controla; en el proyecto y operación de represas de residuos (relaves) que están reglamentadas por la Ley Federal 12.334, del 2010, conocida como Ley de Seguridad de Represas.

27

Carreteras y Vías Férreas

Roberto Rodrigues
José Antonio Urroz Lopes

En Brasil a fines de los 1960's y principios de los 1970's la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) se desarrolló por el impulso de obras viales, cuando se la llamaba Geología Aplicada. Algunos Departamento de Carreteras, dependientes de los gobiernos de los estados, fueron pioneros en adoptar la IGA en los proyectos viales de forma sistemática, y luego el gobierno Federal hizo lo mismo desde el Departamento Nacional de Carreteras. También los organismos encargados de las redes ferroviarias nacionales y estatales siguieron caminos similares. La IGA tuvo un rol muy importante en el proyecto y construcción de la Autopista de los Inmigrantes (década del 1970) en la región de la Sierra del Mar en San Pablo, siendo la División de Minas y Geología Aplicada (del Instituto de Pesquisas Tecnológicas -IPT) quien realizó el mayor apoyo. Esta forma de trabajo motivó a las empresas de consultoría a contratar ingenieros geólogos para integrar sus equipos de proyectos y de seguimiento de las construcciones viales.

Características y la problemática de una carretera o vía férrea a lo largo de toda su extensión es el núcleo de las investigaciones de la IGA, apoyada muchas veces en los estudios geomorfológicos. El relieve (planicies, colinas, montañas) junto con las características geológicas y geotécnicas son las principales condicionantes en los proyectos de carreteras y vías férreas influyendo en: erosión, desagregación de taludes, movimientos y deslizamientos (de taludes naturales y artificiales), reptación, caída de bloques, flujos de agua superficial y subterránea, importancia de los depósitos de taludes. Identificar y caracterizar estos procesos geológicos y geotécnicos de forma adecuada benefician al proyecto y a su construcción, así como a la seguridad de operación y a la elaboración del presupuesto para la obra.

Algunos temas son desarrollados en otros capítulos del libro, en particular el relieve, la estabilización de taludes y los túneles, importantes factores en las obras viales, son abordados en los Capítulos 11, 19 y 25 respectivamente. Brevemente se describen las obras de protección comúnmente usadas: recubrimiento vegetal, hormigón proyectado y suelos anclados, cortinas ancladas, pilotes, tierra armada y muros (gaviones y de gravedad). También se detalla instrumentación básica como medidas de fisuras, extensómetros, marcos de referencia topográficos, inclinómetros, medidor de nivel de agua y piezómetros.

28

Obras Marítimas

Jayme Ricardo Costa de Mello
Arthur Ayres Neto
Waldir Lopes Ponçano

En este Capítulo se exponen las condicionantes oceánicas y geológicas que actúan en los lugares donde se implantan Obras Marítimas, mostrándose por una visión general de las obras generalmente proyectadas y construidas en Brasil, como protecciones costeras (muros, muelles, rompeolas, emisarios etc.), puertos e instalaciones para exploración petrolera, a las cuales se destina mayor desarrollo.

Las principales condicionantes oceánicas y geológicas, que podrían generar riesgos geológicos en la fase de construcción de las obras y exploración petrolera,

son las características geológicas estructurales como fallas activas, deslizamientos submarinos, erosión y presencia de gas. De manera breve se describen las dinámicas de formación de playas, estuarios, plataformas, talud continental y otros escenarios costeros, temas tratados en el Capítulo 11 – Relieve y Dinámica Superficial.

Son detallados los principales equipos, técnicas de muestreo y ensayos que son necesarios para realizar los estudios geofísicos e investigaciones geotécnicas, dada la importancia de la Ingeniería Geológica y Ambiental en este tipo de Obras. Estos ensayos permiten conocer la morfología del lecho marino y la caracterización de los suelos y rocas que componen la estratigrafía, permitiendo definir los parámetros geotécnicos a usar en el proyecto de las fundaciones de las estructuras.

29

Canales e Hidrovías

Renata Augusta Rocha Naves de Oliveira
Fernão Paes de Barros

Los canales son conducciones naturales o artificiales por donde se mueve el agua por una superficie libre, mientras que las hidrovías son canales usados para la navegación. Se pueden construir modificando los cursos fluviales de una red hidrográfica, en función de las necesidades, o excavarlos en condición seca. Estas intervenciones pueden causar modificaciones profundas en los ambientes físicos y bióticos, afectando la interacción subsuelo-relieve-suelo y los sistemas dependientes de ese equilibrio, en particular el nivel freático y los ecosistemas asociados a los ríos.

De manera simplificada se describen los tipos de canales usuales y las principales condicionantes geológico-geotécnicas a considerar en las diferentes fases de proyecto: dinámica de las aguas superficiales y subterráneas (en particular cuando los canales se localizan en planicies de inundación), el relieve y el tipo de macizo (roca o suelo), excavabilidad de los materiales, uso de explosivo y disponibilidad de materiales naturales para la construcción. Además, se detallan

brevemente criterios de proyecto y recomendaciones sobre las investigaciones geológico-geotécnicas en fase de proyecto y de operación de las obras. En el Capítulo se destaca la importancia de integrar los estudios de ingeniería con los de impacto ambiental, necesarios para obtener la licencia previa, de forma de seleccionar el trazado y la mejor alternativa en los trabajos en la fase de viabilidad.

Algunos ejemplos de casos brasileños son comentados brevemente, complementados con las referencias bibliográficas. Estos permitieron el desarrollo de metodologías de trabajo como son: los Canales de Cosipa, de Pereira Barreto, Jaíba y la Hidrovía Tietê--Paraná. Además, se presentan ejemplos recientes de canales, con figuras y fotos, de la Transposición del Río San Francisco y del Canal de Desvío de la represa hidroeléctrica de Belo Monte.

30

Líneas de Transmisión Eléctrica y Aerogeradores

Jehovah Nogueira Júnior
Marcos Massao Futai

Se describen las características generales de las torres de las líneas de transmisión de energía eléctrica y de los aerogeneradores de los parques eólicos, la interacción con el terreno y los factores geológico-geotécnicos que condicionan los trazados, los locales de ubicación de las torres y las fundaciones. Además, se detallan los criterios y las metodologías usadas para investigar, evaluar y adoptar medidas de proyecto.

Las torres de las líneas de transmisión de energía eléctrica y los aerogeneradores de los parques eólicos son estructuras colocadas de forma lineal y superficialmente al terreno, afectando los horizontes del suelo y al macizo rocoso. Los esfuerzos que transmiten cambian el equilibrio de las fuerzas en la zona de los apoyos e introducen elementos que cambian las condiciones fisicoquímicas del subsuelo. Es muy importante conocer la acción del viento y las condicionantes geológico-geotécnicas de las fundaciones para la elección de los mejores trazados y localización de torres, así como para dimensionar adecuadamente las excavaciones, fundaciones y drenajes de forma tal que no se afecte la seguridad y el funcionamiento de las estructuras durante su vida útil.

Los suelos blandos, corrosivos, colapsables o expansivos, la presencia de oquedades y estructuras geológicas desfavorables en el macizo rocosos deben ser identificados, caracterizados y evaluados usando revisión bibliográfica, fotointerpretación, reconocimiento de campo, estudios espeleológicos, perforaciones mecánicas, levantamientos geofísicos, análisis químicos y ensayos geotécnicos.

La ejecución de obras en taludes de suelos y roca deben dimensionarse considerando la geometría, los parámetros de resistencia del suelo y la presencia de agua (superficial y subterránea); las fundaciones deben ser adecuadas a la capacidad soporte y si fuera necesario con medidas anticorrosión; los terraplenes construidos con materiales adecuados y control tecnológico. Las obras deben tener acompañamiento técnico durante su construcción para garantizar su calidad, y ser monitoreados durante su vida útil para prevenir o reparar problemas de erosión, inestabilidad u otros problemas geotécnicos

31

Ductos

Milton Assis Kanji
Claudio Luiz Rebello Vidal

Existen varias formas de implantación de cañerías para el transporte de diferentes clases de fluidos. Pueden implantarse en superficie, en trincheras, sobre ríos u otros obstáculos, en micro túneles o en túneles de gran diámetro.

La geología donde se implantarán tiene una gran influencia, siendo necesario definir previamente las características geológico-geotécnicas del terreno, sus condicionantes para el proyecto y los métodos constructivos. En función del fluido transportado cambia su nombre, agua (acueducto), gas (gasoducto), petróleo (oleoducto), aguas domiciliarias (caños de saneamiento), minerales en forma fluida (mineroducto).

Es una forma de transporte cada vez más utilizada en la actualidad, por lo cual los estudios de Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) y su divulgación son muy importantes.

Eugênio Vertamatti
Márcio Angelieri Cunha
Ronaldo Gonçalves de Carvalho

En este Capítulo se analizan diferentes aspectos para la construcción de aeropuertos, desde la elección de los sitios de localización, aspectos reglamentarios de la actividad y las condicionantes geológico-geotécnicas apoyándose en ejemplos y estudios de caso. Inicialmente se describen informaciones generales sobre aeropuertos (reglamentos, normas, clasificación, órganos reguladores etc.) y los factores importantes para la selección del sitio de localización (área necesaria, interacciones urbanas, impactos ambientales, entre otros). A seguir se analizan las condicionantes geológicas y geotécnicas de la implantación de los aeropuertos, describiendo las condiciones de los materiales naturales como son los suelos tropicales, particularmente los suelos lateríticos (con concreciones, de textura fina, transicionales y plintíticos). Se detalla la metodología desarrollada usando el concepto de Plataforma Genética, que integra los mapas geológicos, geomorfológicos y pedológicos usando las bases elaboradas en el Proyecto RadamBrasil. Se describen los procedimientos y técnicas tradicionales de la ingeniería geológica y la geotécnica para la investigación de subsuelo y las especificaciones de materiales. En particular se detallan dos de las principales tecnologías de suelos tropicales aplicables a la implantación de aeropuertos: la Clasificación MCT-M (destacándose el grupo de los suelos tradicionales) y el Ensayo DCP.

Para facilitar la aplicación de los conceptos, se muestran “rutinas-caminos” para elegir sitios de aeropuertos y para estudios de viabilidad técnica y económica. Durante el texto se describen y discuten diferentes situaciones y casos reales, en particular se detalla al respecto de la ocurrencia de materiales para la implantación de la red aeroportuaria en la región Amazónica.

Ricardo Antônio Abrahão

Clóvis Ribeiro de Moraes Leme (*in memoriam*)

Las obras civiles se construyen sobre o dentro de macizos de suelos y rocas, con propiedades de resistencia dependientes de la composición, de la historia de tensiones pasados y presentes. Las obras se apoyan con estructuras en los macizos denominan genéricamente fundaciones. La interdependencia de los temas abordados se resumen en la frase de Legget (1962): "Todas las estructuras de ingeniería tiene que ser soportadas por los materiales que forma la porción superior de la corteza terrestre. Por lo tanto, existe una conexión inseparable entre las condiciones geológicas, el proyecto y la construcción de las fundaciones".

Las fundaciones se agrupan en dos clases, superficiales y profundas. Las primeras, también denominadas rasas o directas, transmiten la carga de forma directa al terreno, predominantemente por la presión distribuidas en la base de la fundación. Las fundaciones profundas trasmiten la carga al terreno por medio de pilotes, por la base, por su superficie lateral, o combinando ambas.

Se describen las exigencias de proyecto, basados en requisitos como de capacidad de carga, seguridad y control de calidad. Con varios ejemplos se muestran las principales condicionantes geológico-geotécnicas. El diseño de la fundación se origina a partir de la estructura a construir y como la fundación recibirá las solicitaciones. Resulta necesario conocer las unidades geológicas que componen el medio a modificar, desde su génesis, características de resistencia y deformación e hidrogeología. Este conocimiento se realiza mediante el análisis de antecedentes, mapeamientos y ensayos específicos de campo y laboratorio para la obra. Es muy importante evaluar la variabilidad de los valores, para determinar los coeficientes de seguridad y el riesgo asociado a la decisión del tipo de fundación y desarrollo del proyecto.

Especial atención debe tenerse durante los procesos constructivos para no afectar edificaciones existentes, evitando daños y costos no considerados en el financiamiento del proyecto. El éxito de una construcción es función del cumplimiento de las normas vigentes, reglamentos y recomendaciones existentes, así como del control de calidad de la ejecución y de los materiales utilizados

Omar Yazbek Bitar
Renato Dell'Erba Ortega
Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo

La Evaluación de Impactos (EI), definida como el proceso de identificación y análisis de las consecuencias en el futuro de una acción actual o propuesta, es una de las principales aplicaciones al ambiente de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA). La EI utiliza un conjunto de instrumentos y procedimientos aplicados con la perspectiva de mejorar la calidad ambiental y de igualdad social, al utilizar los resultados en diferentes iniciativas de planificación, como políticas, legislación, planes, programas y proyectos.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es la herramienta de EI adoptada por la mayoría de los países y organismos internacionales. La aplicación adecuada requiera de aprender los principales conceptos y etapas en el proceso de EIA de proyectos y reconocer cuales son las situaciones donde se utilizan los conocimientos de IGA, y de las geociencias en general, en el proceso de Autorización Ambiental (AA) en Brasil. Se describen diferentes fases de planificación, instalación, operación y desactivación de obras relacionadas con infraestructura e industria básica, en los cuales la contribución de IGA es fundamental.

La definición de la AA tiene su inicio en la presentación del proyecto y de la selección del tipo de EIA, simplificada o detallada. En las etapas intermedias, se define el alcance y la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental/ Informe de Impacto Ambiental (EIA/IIA), la revisión técnica y la decisión de la viabilidad ambiental del proyecto. La ejecución del EIA/IIA requiere análisis de alternativas de localización y tecnológicas, diagnóstico ambiental de las áreas de influencia, análisis detallado de los impactos probables, identificación de los riesgos asociados, propuesta de medidas de mitigación y monitoreo, así como los planes y programas correspondientes. El conocimiento de las unidades geológicas y de los procesos geodinámicos es fundamental en todas estas actividades. Aprobado el proyecto, la IGA y las geociencias aplicadas tienen un rol importante colaborando

en las obras de instalación y en la gestión ambiental de operación. Finalmente, algunos desafíos y temas asociados son descriptos como la acumulación de impactos, cambio climático, resiliencia a desastres y servicios ecosistémicos.

35

Áreas Contaminadas

Reginaldo Bertolo
Carlos Castro Alves
Alexandre Maximiano

Las áreas contaminadas constituyen un asunto muy relevante desde el punto de vista social y económico, dado que contaminantes en el ambiente pueden acarrear daños para la salud pública y los ecosistemas, así como desvalorizar áreas y obstaculizar el desarrollo. En este Capítulo se introducen los principales conceptos e informaciones sobre la temática de áreas contaminadas en varios bloques.

El primero, donde se aborda el comportamiento de los contaminantes en subsuperficie: ¿cuales son esos contaminantes, de donde provienen, como interactúan con el medio geológico, como se mueven y transforman? Estos conceptos son importantes para obtener las respuestas a las preguntas fundamentales de la gestión de problemas de áreas contaminadas: ¿dónde está? y ¿hacia dónde se mueve el contaminante en subsuperficie? En ese camino, ¿serán expuestas personas a la contaminación en valores inaceptables?

En el segundo bloque se presentan las principales técnicas convencionales y recientes para la investigación de áreas contaminadas, que ayudan a responder la pregunta de ¿cómo se obtienen las informaciones que permiten caracterizar un área contaminada?

Se describe en el tercer bloque cuáles son las diferentes etapas a cumplir en el manejo de áreas contaminadas en Brasil, siguiendo la legislación, desde la etapa de reconocer y descubrir, la caracterización y cuantificación detallada, la determinación de los riesgos, así como las intervenciones necesarias para eliminar los riesgos asociados al sitio contaminado. Los temas abordados son muy

amplios, por lo cual son tratados de forma introductoria, y con las referencias bibliográficas y de sitios de internet sugeridos el lector podrá profundizar en estos conocimientos.

36

Gestión de Residuos Sólidos

Francisco Nogueira de Jorge
Ana Elisa Silva de Abreu

Existen políticas públicas y normas técnicas para la gestión de los residuos sólidos, y la disposición final de los mismos es realizada en rellenos proyectados según el tipo de residuos: peligroso (Clase I) o no peligrosos (Clase II). Al elegir el área de instalación de un relleno sanitario ambientalmente adecuado, se debe considerar los aspectos geológicos, biológicos y socioeconómicos.

Un relleno sanitario se diseña y opera utilizando procedimientos y soluciones de ingeniería, buscando seguridad y estabilidad geotécnica, colocando dispositivos de protección al medio ambiente y la salud pública como: drenaje de las nacientes, capas impermeables en el fondo y los taludes del macizo, drenaje interna de líquidos y gases, elementos de cobertura final, drenaje superficial de las aguas pluviales, además de dispositivos de control de los residuos ingresados y tratamiento de los efluentes generados.

El relleno sanitario es monitoreado desde el punto de vista geológico-geotécnico como ambiental durante la operación y después del cierre de la disposición de residuos, para garantizar la estabilidad física del macizo, controlar y evitar que ocurran contaminaciones y daños ambientales.

Un relleno sanitario es actualmente una forma de ambientalmente adecuada de disposición de residuos si se realizan el conjunto de acciones detalladas y el control técnico-operacional, desempeñando un rol fundamental en la gestión de los residuos sólidos.

La gestión del riesgo geológico es reconocida hace tiempo en todo el mundo, especialmente en la década del 1990 que fue declarada por la Organización de Naciones Unidas (ONU) como la Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN). Desde ese momento hasta el 2015, fueron realizadas tres Conferencias Mundiales sobre la Prevención de Desastres Naturales. Grandes cambios ocurrieron desde entonces, cuando el foco era la gestión del desastre para pasar en la actualidad a la gestión del riesgo, siendo el objetivo la reducción del riesgo y no sólo la reducción de las pérdidas.

Los Desastres Naturales son responsables de numerosas víctimas y pérdidas económicas y sociales alrededor del mundo. En Brasil, los deslizamientos causan el mayor número de muertes y las crecidas e inundaciones los mayores perjuicios económicos. En este escenario, entender los riesgos y trabajar para la gestión de los mismos fueron sistematizados en dos partes en este Capítulo: 1) evaluación de riesgos, a través de identificación y análisis, 2) el uso de los productos para la gestión de riesgos, que contemplan informes, las cartas de riesgo, los Planos de Prevención de Defensa Civil, planificación y atención de situaciones de emergencia, la disposición de informaciones públicas y el entrenamiento de equipos. Brasil es un país muy extenso geográficamente y aumentaron las frecuencias de los desastres. Las acciones a tomar para la gestión del riesgo fueron ampliamente discutidas como consecuencia del aumento y extensión de los desastres geológicos asociados a inundaciones y deslizamientos de laderas, destacándose los desastres en Santa Catarina en 2008 y de la Sierra Fluminense en 2011, razón por la cual la Ingeniería Geológica y Ambiental es reconocida por su actuación en estos temas.

Una buena gestión de los procesos de deslizamientos, crecidas e inundaciones se inicia con el trabajo de evaluación del riesgo, identificando y analizando cualitativa y cuantitativamente los mismos. En Brasil la mayoría de los estudios y mapeamientos realizados son de carácter cualitativo. En el Capítulo se

muestra otras herramientas cuyo uso es fundamental para la gestión del riesgo geológico, como es el caso de la reducción de las consecuencias de los accidentes por medio de la evacuación preventiva y temporaria de las poblaciones instaladas en áreas críticas, y la determinación técnica que avala el momento adecuado para adoptar esta medida, que son ejecutadas con la colaboración de los Planes de Prevención de la Defensa Civil (PPDC). También es importante el trabajo de informar a la población y entrenarlas para estos eventos. Esta etapa involucra diferentes formas de difundir la información, tanto para la comunidad técnico-científica como para los interesados no especializados como administradores públicos, equipos de Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos, gobiernos municipales y la población.

Cuando ocurren graves accidentes geológicos, existe la necesidad de realizar tareas de emergencia, trabajando en la mitigación de los efectos del accidente geológico, auxiliar en la búsqueda de víctimas, identificar el motivo de la ocurrencia de los accidentes y recomendar las medidas a ser adoptadas, en los casos que puede ocurrir un nuevo accidente.

38

Gestión Municipal

Edézio Teixeira de Carvalho
Álvaro Rodrigues dos Santos
Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Edilson Pissato

En este Capítulo se describe la actuación de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) en áreas urbanas, siendo muy diversa dada las múltiples solicitudes que una ciudad realiza al medio físico. Las ciudades son el producto del proceso de civilización actual, caracterizado por el abandono de las áreas rurales por la población para mudarse a las ciudades. La IGA, como herramienta de gestión de los temas urbanos, es de carácter multidimensional reflejando la necesidad de adecuar los estudios técnico-científicos a las realidades y contextos específicos de los problemas enfocados.

Un proceso de urbanización inicialmente afecta al medio físico alterando el balance hídrico con la pérdida de vegetación, impermeabilizando los terrenos,

realizando obras de corte y relleno etc. Estas afectaciones generan procesos de erosión o deslizamiento de taludes, altera los procesos de escurrimiento superficial, de pluviales y fluviales, del agua subterránea y frecuentemente ocurren procesos de contaminación de suelo y agua.

Se discute en el Capítulo como debe ser la actitud del profesional de IGA para enfrentar estos problemas, dada la interdisciplinaridad y las herramientas de trabajo a utilizar. Otras dimensiones como las administrativas y legales, además de las específicas de la geología y la geotécnica, deben ser consideradas al momento de trabajar cada problema específico en determinado municipio.

Las ciudades son entidades interdisciplinarias que necesitan que los profesionales, geólogos, ingenieros, arquitectos, geógrafos y otros, dominen la disciplina geológico-geotécnica, pero que además estén formados en áreas afines como Urbanismo, Hidrología, Climatología, Derecho Urbanístico, y que tengan una buena capacidad de comunicación con los profesionales de éstas área. Además, es fundamental un buen conocimiento de la legislación de las ciudades. En el Capítulo se describen diferentes abordajes de la IGA (preventiva, correctiva, emergencia) en la gestión del riesgo geológico, una de las preocupaciones de los municipios, el cual es tratado en extenso en el Capítulo 37 del libro.

Finalmente son analizados siete estudios de caso que abordan: inundaciones urbanas, abatimientos del suelo, disposición de desechos de obras, fenómenos cársticos, daños en infraestructura, problemas en zonas costeras y estabilización de bloques de rocas.

39

Gestão de Recursos Hídricos

Ney Maranhão
Luís Eduardo Gregolin Grisotto
Carlos Alberto Amaral Oliveira Pereira
João Jerônimo Monticeli
Antonio Melhem Saad

La Gestión de los Recursos Hídricos – GRH es un conjunto de procedimientos y actividades políticas, socio económicas y tecnológicas que tiene

por objetivo garantizar, en calidad y cantidad, el acceso al uso del agua para las generaciones actuales y futuras. Es un área multidisciplinar, esencialmente de planificación, en constante cambio y perfeccionamiento tanto desde el punto de vista legal e institucional (participan instituciones públicas y privadas) como en los métodos y tecnologías de identificación y resolución de problemas.

Inicialmente en el Capítulo se describen la base legal y las instituciones participantes del sistema de gestión. La necesidad de integrar los organismos federales (las principales cuencas hidrográficas brasileñas son dominio de la Federación), de los estados y del Distrito Federal hace complejo su funcionamiento. El uso del agua (represas, canales e hidrovías, captación para abastecimiento, dilución de efluentes, minería en ríos etc.) exige la necesidad de registro y obtención de autorización (otorgamiento) del órgano público del Estado, del Distrito Federal o de la Federación. Los planes de gestión de los recursos hídricos, la clasificación de los cuerpos de agua en clases de uso, el otorgamiento de derechos de uso, el cobro de canon por el uso, la compensación a los municipios y el sistema de informaciones son los seis instrumentos de gestión que deben ser desarrollados en las cuencas hidrográficas, en conjunto con la creación de los comités y agencias de cuencas. La división hidrográfica en Brasil, con el mapa ilustrativo y una tabla sintetizando algunas de las grandes cuencas brasileñas (Doce, Paraíba do Sul, São Francisco y Tapajós), ayuda a entender la gran diversidad entre las cuencas hidrográficas y los tiempos diferentes que insume la implantación de los instrumentos de gestión.

Los Planes de Recursos Hídricos (PRH) son los principales documentos de planificación y gestión territorial en Brasil. Son considerados como “planes directores” y previstos en tres niveles: nacional, estatal y por cuencas, sin desconsiderar otras configuraciones posibles como: plan municipal, plan director regional, plan de acción de recurso hídricos de cuencas afluentes etc. En el Capítulo se describen las metodologías y los contenidos para la elaboración del Plan de Cuenca y plantea los principales desafíos de implementación de los mismos. Especial atención se da a la seguridad hídrica, la cual fue de amplia discusión en función de la crisis hídrica que ocurrió en el sureste de Brasil en 2014.

Finalmente, en el Capítulo se describen procedimientos de competencia municipal para la protección de manantiales, incluyendo mecanismos de identificación de nacientes, comentarios sobre el nuevo Código Forestal y el pago por servicios ambientales.

Leandro Eugenio da Silva Cerri
Sérgio Nertan Alves de Brito (*in memoriam*)

Se define Imprevisto Geológico como las situaciones geológicas que no fueron identificadas durante las investigaciones geológico-geotécnicas y que ocurren en determinada fase de un proyecto, de construcción o funcionamiento de una obra civil, aunque se hayan respetado la buena práctica profesional y que las investigaciones hayan sido realizadas incluyendo procedimientos, técnicas y métodos de investigación adecuados. Los Imprevistos Geológicos no corresponden con “sorpresas” acaecidas por inadecuados procedimientos de investigación, construcción u operación en las obras. Los peritajes son aplicados para evaluar las causas de un accidente, realizando un conjunto de exámenes de carácter técnico y especializado, reflejado en un informe adecuadamente fundamentado.

La demanda por peritajes en el área de la Ingeniería Geológica y Ambiental (IGA) creció significativamente en los últimos años en Brasil, aunque sean escasas las publicaciones nacionales sobre el tema. Peritajes en el área de la IGA han sido realizadas en tres situaciones: determinar las causas de accidentes registrados en obras de ingeniería, acciones judiciales civiles y penales en temas ambientales iniciadas principalmente por la Fiscalía, y casos de litigios entre empresas (públicas y/o privadas). A veces la determinación de las causas de los accidentes en obras de ingeniería equivale a verificar si una condición adversa constatada durante o después de la construcción de una obra puede ser definido como un Imprevisto Geológico o no.

Considerando que la temática involucra las responsabilidades de las partes, el capítulo describe los tipos de contrato de obras civiles en Brasil, con énfasis en el modelo EPC (*Engineering Procurement and Construction*), también denominado *turn – key* o “llave en mano”. Este procedimiento consiste en que la empresa o grupo de empresas contratadas se hacen responsables de la elaboración del proyecto y entregar la obra concluida para la operación al contratante. En el Capítulo se describe como considerar los imprevistos en los proyectos, en

los contratos y en las obras, discutiendo las incertidumbres existentes en las investigaciones y en establecer el modelo geológico, pero orientado a que el profesional asuma su responsabilidad, evitando caer en la idea común que la culpa es siempre de la naturaleza.

Finalmente se describen los métodos y las etapas de ejecución del peritaje, con base en hipótesis que son investigadas en tres etapas: colecta de datos, análisis e interpretación y formulación de las conclusiones, destacándose lo importante que es la conexión casual, o sea la consistencia de las relaciones causa-efecto de los fenómenos analizados.

COMENTARIOS SOBRE EL LIBRO
“INGENIERÍA GEOLÓGICA Y AMBIENTAL”
DE LA ABGE

4ª Capa del Volumen 1

“Es un proyecto editorial único en su magnitud, dando como resultado esta obra magnífica donde especialistas exploran integralmente la temática de ciencias de la tierra, coexistiendo con fuerza valores constitucionales de la ética y la ecología con el rigor científico y didáctica ejemplar”.

Francisco Rezek. Abogado, profesor titular de la Universidad de Brasíla, ministro jubilado del Supremo Tribunal Federal, Canciller de la República (1990-1992), juez de la Corte Internacional de Justicia de las Naciones Unidas (1997-2006).

“El texto reúne un amplio abanico de temas abordados por competentes autores, que son fundamentales para la enseñanza y la formación de futuros profesionales que actuarán en el amplio campo de la Geotécnica”.

Lázaro Valentin Zuquette, Geólogo, Doctor en Geotécnica, Profesor Titular del Dep. de Geotecnia de la EESC-USP, Asesor del CNPq, CAPES, Fapesp y Faperj.

“No es sólo un libro didáctico, es también un manual de buenas prácticas esencial para la formación y la vida profesional”.

Emílio Velloso Barroso, Geólogo, Professor Doutor da graduação e pós-graduação do curso de Geologia da UFRJ.

“La manera de presentar los temas acerca de suelos y rocas, investigaciones geotécnicas, mapeamiento geotécnico, taludes y gestión de riesgo geológico constituyen un material didáctico fundamental para la enseñanza en los cursos de Ingeniería Civil, Minas, Ambiental y similares”.

Luiz Antônio Bressani, Ing. Civil, PhD en Mecánica de Suelos, Professor Titular del Dep. de Ingeniería Civil de la UFRGS.

“Felicitaciones a los autores y editores por exponer temas multidisciplinares que interesan a varias profesiones, en particular a la agronomía”.

Roberto Rodrigues, Ing. Agrónomo, Doctor *Honoris Causa* de la UNESP, Coordinador de Agronegócios de la FGV-SP y Ministro de Agricultura (2003-2006).

La Ingeniería Geológica y Ambiental es presentada de forma clara y eficiente, mostrando su importancia en la enseñanza, investigación y práctica profesional de la Ingeniería Geotécnica.

Roberto Quental Coutinho, Ing. Civil, Professor Titular del Dep. de Ing. Civil y Ambiental, Coordinador de pos-graduación de Ingeniería Civil de la UFPE, consultor Ad hoc de CAPES y de CNPq.

“Es muy importante la interdisciplinaridad de los temas tratados para los profesores, profesionales y entidades públicas y privadas que actúan en las autorizaciones ambientales”.

Edmilson Comparini Maturana, Geólogo, Analista Ambiental de la Dirección de Autorización Ambiental de IBAMA-SP, Coord. General de Autorización Ambiental de Petróleo y Gas de IBAMA (2006/2011).

“Material indispensable para la enseñanza de grado en Geografía y Gestión Ambiental y de apoyo para los cursos de pos-grado y MBA en medio ambiente.”

Kátia Canil, Geógrafa, Doctora en Geografía Física, Profa. del curso de graduación de Planificación Territorial en la UFABC

“Como socio de la ABGE, conozco sus publicaciones y las utilizo. El libro constituye un material didáctico amplio, indispensable para la formación de buenos profesionales. Felicidades”.

Ricardo Oliveira, Geólogo, Doutor en Ingeniería Geológica por el LNEC-Portugal, Doctor Honoris Causa de la Univ. Complutense de Madrid, Past President de IAEG (1990/94), Profesor Titular (jubilado) del Dep. de Ing. Civil de la Univ. Nova de Lisboa-

Excelente libro, de calidad semejante a la literatura internacional, con técnicas, métodos y ejemplos de aplicaciones que engrandecen a la ingeniería geotécnica brasileña.

Tarcísio Barreto Celestino, Ing. Civil, Profesor Doctor del curso de Pos-Graduación en Geotécnica, de la EESC-USP, Presidente de ITA – International Tunneling and Underground Space Association – período 2016-2019.

“Considero la Ingeniería Geológica muy importante para la formación de los ingenieros civiles y el libro de la ABGE es excelente para profesores, alumnos y profesionales”.

Eugênio Vertamatti, Ing. Civil, Profesor Doctor, docente durante 37 años en el curso de Ingeniería Civil Aeronáutica del ITA.

“Al reunir temas como cartografía geotécnica y geoambiental, residuos sólidos, autorizaciones ambientales, recursos hídricos y gestión municipal es un libro único en la temática en Brasil”.

Eduardo Goulart Collares, Ing. Geólogo, Doctor en Geotecnia, Profesor Adjunto y Director de pos-graduación, investigación y extensión en UEMG-Passos.

CATEGORIAS DE ASSOCIADOS E ANUIDADES



AFILIADO

Estudantes

Graduação e
Nível Técnico

R\$140,00*



TÍTULAR

Profissionais

Profissionais com Nível
Universitário

R\$ 280,00*

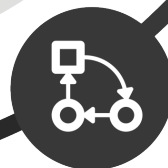


SÊNIOR

Associados

Idade entre
65 e 75 anos

R\$ 140,00**



MASTER

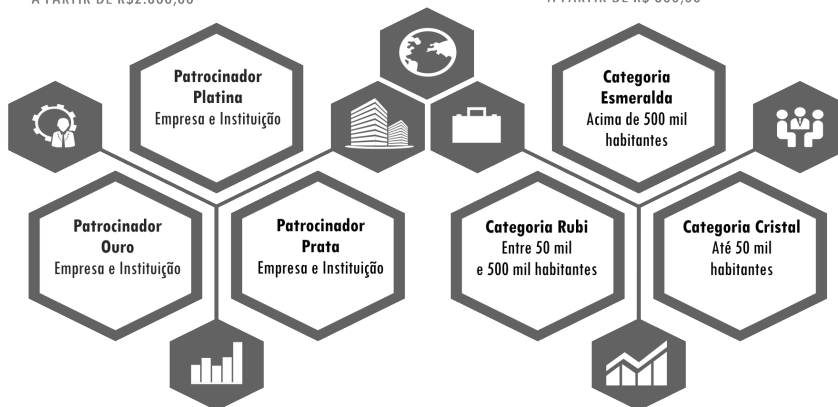
Associados

76 anos ou mais

R\$ 0,00**

SÓCIOS PATROCINADORES EMPRESAS

A PARTIR DE R\$2.000,00



Filie-se à ABGE e participe de uma rede técnico profissional reconhecida como uma das mais proficuas do Brasil e que completou, em 2018, 50 anos de atuação em prol da disseminação de conhecimentos.

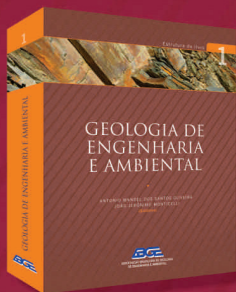
Os associados da ABGE recebem, grátis, todas as publicações editadas pela associação (livros, traduções, artigos técnicos, anais de simpósios e congressos, Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental), descontos em cursos de capacitação e nas inscrições de Congressos, descontos na aquisição de publicações do acervo técnico, informativos eletrônicos e muitas outras vantagens.

*Valor válido até 28/05/2018.

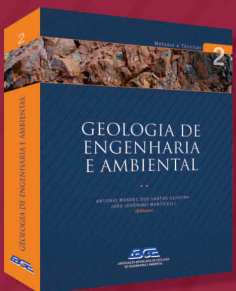
**Sócios Titulares acima de 65 anos são enquadrados como Senior ou Master (acima de 76 anos) e gozam de desconto nas anuidades.

ASSOCIE-SE
ABGE.ORG.BR

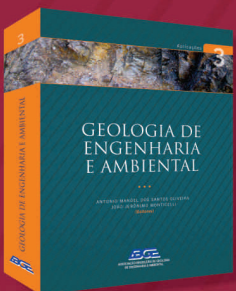
GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL



O livro é composto por três Volumes: o “**Volume 1 – Estrutura do Livro**” contém os Prefácios, Apresentação, Agradecimentos, Autores (perfil profissional e endereço eletrônico), Referências Bibliográficas e Índice Remissivo. O “**Volume 2 – Métodos e Técnicas**” contém vinte e três capítulos e o “**Volume 3 – Aplicações**” contém outros dezessete, perfazendo um total de 40 capítulos.



Os 40 capítulos navegam com eficácia pelas áreas de planejamento e controle ambiental, riscos geológicos, investigações geológicas e geotécnicas, projeto e construção de obras de engenharia, ensino, ética e profissão, imprevistos geológicos, dentre outras.



São 93 autores que voluntariamente produziram seus textos e cederam os direitos comerciais à ABGE: 56 deles possuem títulos de doutores e 24 de mestres, obtidos em renomadas universidades públicas do país e do exterior; e treze são profissionais *experts*, sendo onze deles com mais de 40 anos de experiência.

Prefácios dos Presidentes da ABGE e de importantes entidades técnico-científicas, como IAEG, ABMS, SBG, ABES, ABAS, CBDB, ABRH e ABEQUA.

