

# PROPOSTA DE ESTRUTURAÇÃO DE UM CURSO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (versão final)

## A GEOLOGIA DE ENGENHARIA VISTA COMO UMA GEOCIÊNCIA APLICADA INTIMAMENTE ASSOCIADA AOS PARADIGMAS CONCEITUAIS E METODOLÓGICOS DE SUA CIÊNCIA MATRIZ, A GEOLOGIA

Geol. Álvaro Rodrigues dos Santos\*

**Resumo** – Os cursos brasileiros de Geologia têm até hoje revelado uma certa relutância em entender a Geologia de Engenharia como uma atribuição própria do campo da Geologia, pelo que o ensino e o desenvolvimento técnico-científico dessa geociência aplicada, que entende o Homem como agente geológico, não têm sido percebidos como uma atividade de importância estratégica pela Universidade. Tem esse trabalho o objetivo de defender e propor a estruturação de um curso de Geologia de Engenharia intimamente associado à sua ciência de sustentação, a Geologia, entendendo o “raciocínio geológico” como seu principal instrumento de trabalho.

**Abstract** – Brazilian Geology courses have so far shown a certain reluctance to understand Engineering Geology as an attribution of the field of Geology, so the teaching and technical-scientific development of this applied geoscience, which understands Man as a geological agent, have not been perceived as an activity of strategic importance by the University. This paper has the objective of defending and proposing the structuring of a course in Engineering Geology closely associated with its support science, Geology, understanding “geological reasoning” as its main working tool.

**Palavras-Chave** – Geologia de Engenharia, Ensino, Geociência Aplicada

\*Geólogo, Ex-pesquisador Sênior V do IPT, Diretor Executivo ARS Geologia Ltda., [santosalvaro@uol.com.br](mailto:santosalvaro@uol.com.br)

## **SUMÁRIO**

**1 - INTRODUÇÃO – EXPOSIÇÃO DE MOTIVOS**

**2 - A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA NO BRASIL**

**3 - O CURSO PROPOSTO**

**3.1 – MÓDULOS**

**3.2 - DISCIPLINAS E CARGAS HORÁRIAS**

**3.3 - EMENTAS DISCIPLINARES**

**3.4 – BIBLIOGRAFIA DE APOIO**

## **1 - INTRODUÇÃO – EXPOSIÇÃO DE MOTIVOS**

Não estaríamos exagerando se afirmássemos que, salvo raríssimas exceções, hoje ainda não se ensina Geologia de Engenharia aos geólogos brasileiros em nossos cursos de graduação em Geologia. É importante observar que se está falando de Geologia de Engenharia e não de Mecânica dos Solos ou Mecânica das Rochas ou Geotecnia, disciplinas com que muitos ainda imaginam estar aprendendo ou ensinando Geologia de Engenharia. Estamos aqui nos referindo especificamente à Geologia de Engenharia, especialidade aplicada da Geologia, com sua história, conceitos e métodos próprios de trabalho, e que tem por missão maior a vital responsabilidade de compatibilizar tecnicamente as intervenções do Homem no planeta com as características geológicas naturais de cada região ou local afetado. De uma forma concisa, podemos entender a Geologia de Engenharia como a Geociência Aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico.

Por outro lado, a GE só conseguirá cumprir cabalmente essa responsabilidade, e assim ser útil à Engenharia e à sociedade em um sentido mais amplo, na medida em que não se descole de suas raízes disciplinares, de sua ciência-mãe, a Geologia, o que significa exercitar e priorizar seu principal instrumento de trabalho, o raciocínio geológico. Essa precaução a fará sempre ter como ponto de partida a consciência de que qualquer ação humana sobre o meio fisiográfico interfere, não só limitadamente, em matéria pura, mas significativamente, em matéria em movimento, ou seja, em processos geológicos, sejam eles menos ou mais perceptíveis, sejam eles mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, estejam eles temporariamente contidos ou em pleno desenvolvimento.

Já com tantos geólogos praticando a GE, e por tantos anos, e com tão importantes serviços prestados à sociedade, impacta o fato de ainda a grande maioria dos cursos de Geologia não ter acolhido devidamente essa especialização. A ponto de, a bem da verdade, o geólogo de engenharia brasileiro continuar sendo, em boa parte de sua formação, um autodidata. Ressalte-se a enorme e estratégica importância, nas circunstâncias atuais de enfraquecimento de nossas instituições públicas de pesquisa e das empresas nacionais de engenharia, de nossas Universidades e seus cursos de Geologia assumirem a formação acadêmica em Geologia de Engenharia. A Universidade deveria se projetar como o futuro e fantástico espaço para a discussão, formação e desenvolvimento da Geologia de Engenharia brasileira.

Do que foi exposto depreende-se a necessidade estratégica das escolas brasileiras de Geologia assumirem definitivamente como atribuição e responsabilidade suas a formação disciplinar em Geologia de Engenharia dos estudantes de geologia, entendida a GE, em toda suas essência, como uma Geociência Aplicada.

É preciso insistir e persistir, uma boa formação escolar é condição elementar para o oferecimento de bons profissionais para o mercado de trabalho e para o mundo da pesquisa.

## **2 - A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA NO BRASIL**

Vargas (1985) destaca os relatos do Engenheiro Miguel Arrojado Lisboa sobre as obras de prolongamento da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, em 1907, como o primeiro registro documental da utilização da Geologia em apoio a obras de engenharia no Brasil.

Antes e após esse evento, Vargas (1985) e Ruiz (1987) consideram a possibilidade real de outras contribuições equivalentes da Geologia, mas sem recuperação documental, e destacam como o segundo grande marco histórico a criação, em 1937, da Seção de Geologia e Petrografia no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, sob a chefia do Engenheiro Luis Flores de Moraes Rego, e, já em 1938, com o nome de Seção de Geologia e Minas, sob a chefia de Tharcisio Damy de Souza Santos; ambos, aliás, autores do histórico Boletim nº 18 do IPT, *Contribuições para o Estudo dos Granitos da Serra da Cantareira*, em colaboração com os então assistentes-alunos Fernando Flávio Marques de Almeida e Ernesto Pichler, que tanto viriam marcar a história da Geologia no país.

Foi, no entanto, com os trabalhos práticos intensivos e a produção bibliográfica de Ernesto Pichler, nas décadas de 40 e 50, que a Geologia de Engenharia brasileira foi pela primeira vez disciplinarmente individualizada.

Nas décadas de 60 e 70, já com a então Seção de Geologia Aplicada do IPT sob o dinâmico comando do Engenheiro Murillo Dondici Ruiz, ex-assistente-aluno de Pichler, a Geologia de Engenharia brasileira, respondendo à implantação de grandes e diferenciadas obras de infraestrutura, observou um espetacular desenvolvimento, dando efetiva e reconhecida colaboração para alçar a Engenharia Nacional ao nível da melhor engenharia internacional, com soluções avançadas e aplicadas às características fisiográficas e socioeconômicas do país e de suas diferentes regiões.

Nessa fase o exercício da GE no Brasil, contando com o precioso aporte da consultoria e ensinamentos de formidáveis geotecnologistas do exterior — Terzaghi, Fox, Cabrera, Deere —, foi natural e forte mente influenciado pelo ritmo das inúmeras grandes obras em implantação em todo o país e pelos paradigmas técnicos da Engenharia Geotécnica, o que a levou a priorizar o esforço de parametrização geotécnica, ou seja, pela simples busca de informações e parâmetros geotécnicos solicitados pela Engenharia. Desta fase resultou, como fator extremamente positivo, uma singular intimidade dos geólogos de engenharia, que se formavam autodidaticamente neste período já em diversos estados brasileiros, com os mais diversos aspectos dos grandes empreendimentos de engenharia e das diferentes solicitações ao meio físico geológico por eles provocadas nas diversas fases de sua implantação e de sua posterior operação. Esta singularidade histórica, como ressalta Ruiz (1987), foi responsável pelo perfil objetivo e eficiente que marca a Geologia de Engenharia brasileira frente às suas congêneres internacionais.

Nas décadas subsequentes (70, 80, 90), respondendo aos novos desafios técnicos que lhe foram colocados pelo acelerado e diversificado processo de interferência do crescimento econômico brasileiro em sua fisiografia de suporte, resultando em uma diferenciada gama de problemas urbanos, rurais e ambientais, e apreendendo que tão importantes como as características

geotécnicas intrínsecas dos materiais (solos e rochas) afetados por um determinado empreendimento, são os processos geológicos e geomorfológicos locais e regionais e sua relação biunívoca com as solicitações então impostas, a Geologia de Engenharia brasileira galgou, com a participação ativa e adesão dos geólogos pioneiros, um patamar disciplinarmente mais personalizado. Neste novo patamar, destacam-se, de um lado, a revalorização dos conhecimentos e dos instrumentos e procedimentos metodológicos próprios da Geologia e, de outro, a percepção definitiva de que os patrimônios naturais, de alguma forma afetados pela atividade humana, são finitos e têm propriedades e comportamentos próprios que, uma vez não levados em conta, podem concorrer para respostas catastróficas ante os interesses maiores da sociedade.

Em 1976, o autor desse texto apresenta ao 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia o trabalho “*Por Menos Ensaios e Instrumentações e por uma Maior Observação da Natureza*”, que marca definitiva e conceitualmente o movimento de aproximação metodológica da Geologia de Engenharia com a Geologia, entendida então como sua ciência matriz.

Também emblemática desse período foi a participação dos Profs. Fernando Flávio Marques de Almeida, José Moacyr Vianna Coutinho e Yociteru Hassui — reconhecidamente entre os mais brilhantes geólogos brasileiros — como consultores permanentes da Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT para o apoio a diversas pesquisas e projetos de Geologia de Engenharia desenvolvidos pela referida Divisão. Foram então definitivamente incorporados à prática da GE brasileira atributos e responsabilidades, como modelagem geológica/geomorfológica, identificação e avaliação de processos, análises e modelagens fenomenológicas, análises de previsibilidade e risco, avaliação e tratamento de impactos ambientais, etc.

Pelo exposto, percebe-se que a década de 70 foi excepcionalmente marcante para a GE brasileira, abrigando tanto as ações e fatos que corroboraram para sua definitiva consolidação no cenário tecnológico brasileiro, como já os elementos fundamentais que marcaram as características da fase posterior, quando deu-se sua definitiva personalização disciplinar e a diversificação de suas aplicações, e tendo como sua mais virtuosa marca o resgate da GE brasileira para o domínio conceitual e metodológico da Geologia. A tabela adiante apresenta, esquematicamente, as diversas fases históricas da GE brasileira identificadas: Primórdios, Maturação, Consolidação e Personalização/Diversificação.

<b>FASES</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MARCOS</b>
Primórdios	Até 1930	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oferecimento de informações geológicas gerais e/ou acadêmicas.</li> <li>• Ausência de uma experiência nacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisa de materiais naturais de construção.</li> <li>• Implantação de ferrovias e obras de saneamento.</li> </ul>
Maturação	1930 ≅ 1960	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crescente valorização das informações geológicas pela engenharia.</li> <li>• Primeiros equacionamentos conceituais e disciplinares para GE.</li> <li>• Ações pontuais e baixa participação de geólogos nas decisões de engenharia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação em 1937 da Seção de Geologia e Petrografia do IPT.</li> <li>• Atuação prática e produção bibliográfica de Ernesto Pichler.</li> <li>• Vinda de Terzaghi ao Brasil.</li> <li>• Implantação de obras viárias e energéticas na Serra do Mar.</li> <li>• Implantação e estudos de UHEs em todo o país.</li> </ul>
Consolidação	1960 ≅ 1975	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceitação indiscutível da informação geológica como instrumento indispensável da engenharia.</li> <li>• Grande influência dos paradigmas da Engenharia na GE brasileira. Priorização da parametrização de variáveis geotécnicas.</li> <li>• Início da participação de geólogos na concepção de projetos e soluções de engenharia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formatura das primeiras turmas de geólogos brasileiros.</li> <li>• Presença no país dos melhores geotecnologistas do mundo.</li> <li>• Normatização de ensaios e técnicas de investigação.</li> <li>• Explosiva implantação de obras de infraestrutura viária e energética em todo o país.</li> <li>• Constituição de equipes permanentes de geotécnicos em empresas públicas e privadas.</li> <li>• Fundação e atuação da APGA/ABGE.</li> <li>• Realização do Congresso Internacional da IAEG no Brasil.</li> </ul>
Personalização e Diversificação	1975 até hoje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resgate da GE para os domínios conceituais da Geologia.</li> <li>• Priorização do raciocínio geológico e da interpretação fenomenológica.</li> <li>• Participação crescente e decisiva de geólogos na concepção de projetos e soluções de engenharia e de planejamento do uso do solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação extensiva da GE em problemas urbanos e rurais.</li> <li>• Explosão da problemática ambiental.</li> <li>• Uso intensivo das ferramentas cartográficas.</li> <li>• Refinamento de técnicas diretas e indiretas de investigação.</li> <li>• Intensa produção bibliográfica na GE brasileira. Edição do primeiro livro-texto brasileiro.</li> </ul>

### 3 - O CURSO PROPOSTO

A Geologia de Engenharia brasileira desenvolveu-se basicamente fora do contexto acadêmico, devendo esse desenvolvimento em grande parte a esforços autodidatas de caráter essencialmente empírico. Como já referido, desde meados dos anos 50, a GE brasileira sofreu grande influência dos paradigmas técnicos da Engenharia Geotécnica, o que a levou a priorizar o esforço mais simplório de parametrização geotécnica. A partir de meados da década de 1970 ganha espaço na GE brasileira a tendência em resgatá-la para o campo dos paradigmas e dos métodos da Geologia, guindando-a a um patamar disciplinarmente mais personalizado e tecnicamente mais resolutivo e influente para as decisões de engenharia.

No entanto, ainda que extremamente positiva e rica, essa abordagem geológica da Geologia de Engenharia ainda carece de consolidação no âmbito da prática geral da GE brasileira, para o que, não resta dúvida, lhe seria fundamental o abrigo do ambiente acadêmico, cultivador da reflexão teórica, do desenvolvimento prático e formador de profissionais através do exercício docente nos níveis de graduação, pós-graduação e especialização.

Refletindo essa circunstância histórica e as considerações expostas nos itens anteriores, o curso proposto é composto por 5 módulos, cada qual com seu objetivo devidamente individualizado e refletido nas respectivas disciplinas e atividades que os compõem.

- O curso proposto pode ser considerado tanto como um referencial didático para a disciplina de Geologia de Engenharia hoje existente em vários cursos de graduação universitária de Geologia, como também para o oferecimento de cursos de especialização ou de pós-graduação em GE.
- Os módulos e suas disciplinas estão apoiados na perspectiva de plena integração docente dos diversos departamentos que compõem o curso acadêmico de Geologia.
- O curso está proposto em seus marcos fundamentais: **Justificativa, Módulos, Disciplinas e Ementas**. Os demais detalhamentos, como tópicos disciplinares, bibliografias, créditos por disciplina, etc., deverão ser definidos pelas Universidades que venham a adotá-lo.

#### 3.1 – MÓDULOS (Conteúdos básicos e Objeto)

##### Módulo I

**QUESTÕES CONCEITUAIS E METODOLÓGICAS** – Geologia de Engenharia, uma geociência aplicada que vê o homem como agente geológico (**Objeto: o que é e como trabalha a GE**)

##### Módulo II

**CENÁRIOS GEOLÓGICOS QUE RECEBEM E INTERAGEM COM INTERVENÇÕES HUMANAS** - disciplinas de apoio e sustentação (**Objeto: as intervenções humanas no planeta interagem com processos geológicos**)

### **Módulo III**

**CAMPOS DE APLICAÇÃO** – tipos de intervenções humanas e suas solicitações típicas sobre a natureza geológica (**Objeto: a prática da GE**)

### **Módulo IV**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GEOLOGIA DE ENGENHARIA** - Integração de dados georreferenciados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) incluindo imagens de alta resolução, levantamentos geofísicos, dados de Radar, e dados de investigações geológico-geotécnicas aplicados em estudos e/ou monitoramento de eventos relacionados com a Geologia de Engenharia (**Objeto: ferramentas modernas de apoio à prática da Geologia de Engenharia**)

### **Módulo VI**

**ATIVIDADES ESPECIAIS – ATIVIDADES DE CAMPO - OFICINAS** (**Objeto: os principais problemas geológico/geotécnicos/ambientais de caráter regional**)

### **Módulo VII**

**MONOGRAFIA** (**Objeto: desenvolvimento de tema de livre escolha**)

## **3.2 - DISCIPLINAS E CARGAS HORÁRIAS (aulas teóricas, de campo e laboratoriais)**

### **Módulo I (Objeto: o que é e como trabalha a GE)**

	<b>Disciplinas</b>	<b>Carga Horária</b>	<b>Docente</b>
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fundamentos conceituais e metodológicos</li><li>• Posicionamento disciplinar</li></ul>	40	--
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evolução no mundo e no Brasil.</li><li>• Geologia de Engenharia e Engenharia Geotécnica – trabalho integrativo/responsabilidades profissionais.</li></ul>	30	--



**Módulo II (Objeto: as intervenções humanas no planeta interagem com processos geológicos)**

	<b>Disciplinas</b>	<b>Carga Horária</b>	<b>Docente</b>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A paisagem fisiográfica na qual o Homem interfere</li><li>• Processos geológicos de formação das paisagens</li><li>• Dinâmica Interna X Dinâmica Externa</li><li>• Geomorfologia aplicada</li></ul>	40	--
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hidrologia, Hidromorfologia, Hidrogeologia, Climatologia</li><li>• Dinâmica Costeira e Fluvial</li></ul>	40	--
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solos - Intemperismo, Laterização, Pedogênese</li></ul>	30	--
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geologia do Quaternário. O Antropoceno</li><li>• Neotectônica</li></ul>	40	--
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mecânica dos Solos. Mecânica das Rochas</li></ul>	60	--
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Técnicas diretas e indiretas de investigação</li><li>• Ensaaios e instrumentações</li></ul>	60	--

**Módulo III (Objeto: a prática da GE)**

	<b>Disciplinas</b>	<b>Carga Horária</b>	<b>Docente</b>
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Principais feições e fenômenos geológicos/geotécnicos de interesse da Geol. de Engenharia</li></ul>	40	--
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estabilidade de encostas e taludes de corte</li><li>• Processos erosivos e assoreadores</li></ul>	40	--
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Barragens. Obras subterrâneas</li></ul>	40	--
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obras lineares. Mineração</li></ul>	40	--
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obras civis. Fundações</li></ul>	40	--
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cidades – principais problemas, causas e soluções. Gestão de Riscos. Mapas de Suscetibilidade, Carta de Riscos, Carta Geotécnica</li></ul>	60	--
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obras marinhas, fluviais e lacustres</li></ul>	40	--
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemas ambientais</li></ul>	60	--

## **Módulo VI (ferramentas modernas de apoio à prática da Geologia de Engenharia)**

	<b>Disciplinas</b>	<b>Carga horária</b>	<b>Docente</b>
<b>17</b>	• Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	40	
<b>18</b>	• Integração de dados de levantamentos geofísicos	40	
<b>19</b>	• Levantamento Interferométrico	30	
<b>20</b>	• Dados de sonar	30	
<b>21</b>	• Modelagem 3D	30	
<b>22</b>	• Modelos Digitais de Terreno de Elevação	30	

## **Módulo V (Objeto: os principais problemas geológicos e ambientais de caráter regional)**

**Carga horária: 100 hs**

## **Módulo VI (Objeto: desenvolvimento de tema de livre escolha)**

**Carga horária: 100hs**

### **3.3 - EMENTAS DISCIPLINARES**

#### **MÓDULO I**

##### **1- Fundamentos conceituais e metodológicos. Posicionamentos disciplinares**

Geologia de Engenharia, uma geociência aplicada com fundamentos conceituais e metodológicos próprios. O Homem como agente geológico. A abordagem fenomenológica. Posicionamentos disciplinares na Geologia e na Geotecnia. Responsabilidades da GE no mundo atual.

##### **2- Geologia de Engenharia: evolução no mundo e no Brasil. Geologia de Engenharia e Engenharia Geotécnica.**

Geologia de Engenharia - evolução no mundo e no Brasil. Geologia de Engenharia e Engenharia Geotécnica: integração colaborativa com diferentes responsabilidades profissionais.

#### **MÓDULO II**

##### **3- Processos geológicos de formação da paisagem. Geomorfologia. Dinâmica Interna X Dinâmica Externa.**

O ambiente geológico dinâmico e mutante onde se dão as intervenções humanas. A relação dialética da interação entre Dinâmica Interna X Dinâmica Externa. Geomorfologia Aplicada

– Formas de Relevo. Diferentes paisagens geológicas e geomorfológicas brasileiras.

**4- Hidrologia, Hidromorfologia, Hidrogeologia, Climatologia. Dinâmica Costeira e Fluvial.**

Elementos de Hidrologia, Hidromorfologia, Hidrogeologia e Climatologia de interesse para a compreensão da formação da paisagem e de sua interação com as intervenções humanas. Processos geológicos e hidromorfológicos envolvidos nas dinâmicas costeira e fluvial e a importância de sua consideração para o planejamento das intervenções humanas.

**5- Solos - Intemperismo, Laterização, Pedogênese.**

Formação dos solos, principais tipos e característica. Os solos na perspectiva da Agronomia e na perspectiva da Geologia de Engenharia. Os diferentes comportamentos frente à ação dos agentes geológicos e frente às ações humanas.

**6- Geologia do Quaternário. O Antropoceno. Neotectônica.**

Processos geológicos recentes e contemporâneos como palco das ações de uso e ocupação do solo. O conceito de processo contido ou dormente. O Antropoceno – o Homem como agente geológico.

**7- Mecânica dos Solos. Mecânica das Rochas.**

Noções básicas de Mecânica dos Solos e Mecânica das Rochas. Os fenômenos geológicos e os materiais geológicos à luz da Mec. Solos e da Mec. Rochas.

**8- Técnicas diretas e indiretas de investigação. Ensaio e instrumentações.**

Técnicas de investigação de terrenos. Sondagens diretas e sondagens geofísicas, resolatividade e campos de aplicação. Ensaio e instrumentações de caracterização geotécnica de terrenos e materiais.

### **MÓDULO III**

**9- Principais feições e fenômenos geológicos de interesse da Geologia de Engenharia. Modelos geológicos. Os diferentes tipos de obras e suas solicitações típicas sobre o meio físico geológico.**

Elenco de feições e fenômenos geológicos que, pelos riscos associados, geram necessidade de atenção e cuidados especiais por parte das intervenções humanas. A elaboração de modelos geológicos como informação essencial à investigação e à indicação de cuidados e providências para o controle de potenciais problemas. Os diferentes tipos de obras e demais intervenções no meio físico geológico e suas solicitações típicas sobre os terrenos. Interação biunívoca entre solicitação e meio físico geológico.

**10- Estabilidade de encostas naturais e taludes de corte. Processos erosivos e assoreadores.**

Análise aprofundada dos fenômenos estabilidade de taludes de corte e encostas naturais e

processos erosivos/assoreadores. Sua importância na ocupação do território. Modelos geológicos, ações preventivas e corretivas. O crucial papel da vegetação.

#### **11-Barragens. Obras subterrâneas.**

A Geologia de Engenharia aplicada a estudos associados a Barragens e a Obras Subterrâneas. Metodologia de trabalho. Problemas potenciais advindos da interação obras-meio físico e investigações necessárias à sua avaliação e controle. A Geologia de Engenharia nas fases de Projeto, Obra e Operação.

#### **12-Obras lineares. Mineração.**

A Geologia de Engenharia aplicada a estudos associados a Obras Lineares (estradas, dutos, linhas de transmissão, canais...) e a atividades de Mineração. Metodologia de trabalho. Problemas potenciais advindos da interação obras-meio físico e investigações necessárias à sua avaliação e controle. A Geologia de Engenharia nas fases de Projeto, Obra e Operação.

#### **13-Fundações de edifícios, obras de arte e obras especiais.**

A Geologia de Engenharia aplicada a estudos de fundações para edifícios, pontes, viadutos e obras especiais (torres de transmissão, torres de energia eólica, torres de sinalização...). Tipos de obras, tipos de solicitações ao terreno, tipos de fundações mais adequados. A Geologia de Engenharia nas fases de Projeto, Obra e Operação.

#### **14-Cidades. Mapas de Suscetibilidade. Carta de Riscos. Carta Geotécnica.**

Principais problemas decorrentes de intervenções urbanas no meio físico geológico. As informações e restrições de caráter geológico frente ao Estatuto das Cidades, Plano Diretor, Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Código de Obras e demais instrumentos legais de regulação técnica do uso do solo. Gestão de riscos. Cartografia de Geologia de Engenharia como informação privilegiada para a correta gestão das relações entre a cidade e o meio físico de suporte. Mapas de Suscetibilidade, Carta Geotécnica, Carta de Riscos.

#### **15-Obras marinhas, fluviais e lacustres**

A Geologia de Engenharia aplicada a estudos associados a Obras marinhas, fluviais e lacustres (canais, hidrovias, portos, diques, molhes, quebra-mares, pier, espigões marítimos, quebra-ondas, emissários submarinos, plataformas offshore ...). Metodologia de trabalho. Problemas potenciais advindos da interação obras-meio físico e investigações necessárias à sua avaliação e controle. A Geologia de Engenharia nas fases de Projeto, Obra e Operação.

#### **16-Problemas ambientais**

Principais e potenciais problemas de ordem ambiental associados aos diversos tipos de obras e intervenções humanas no território. O Código Florestal e as legislações ambientais e suas determinações. Identificação em campo de feições ambientais críticas: nascentes, mananciais, cursos d'água, várzeas, áreas úmidas, encostas e escarpas, áreas de risco geológico, áreas de recarga de aquíferos, restingas, dunas... Expedientes para eliminação e/ou mitigação de danos ambientais.

## **MÓDULO IV**

### **17- Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**

Conceitos e utilização de aplicativos SIG (proprietários e/ou livres) como ferramenta de integração de dados georreferenciados; preparação de base de dados geológico-geotécnicos; métodos de análise espacial de dados; modelagem espacial de dados para elaboração de mapas previsionais; elaboração de cartografia geotécnica em ambiente SIG.

### **18. Integração de dados de levantamentos geofísicos**

Conceitos e métodos geofísicos aplicados à geologia de engenharia incluindo dados de GPR, sondagens elétricas-verticais (SEV), sísmica de refração e reflexão, levantamentos gravimétricos, imagens de RADAR e imagens de sensores óticos de satélite e de drones de alta resolução, entre outras investigações.

### **19-Levantamento Interferométrico**

Conceitos, métodos de aquisição de imagens SAR (Radar de Abertura Sintética) e interferometria. Tratamento e interpretação de dados interferométricos. Conceito e características do Scatter Persistente (Persistent Scatterer). Interpretação de interferograma. Aplicação de dados interferométricos na identificação e determinação das taxas de deformação do terreno em processos de subsidência e afundamentos de terreno, movimentos de massa, e deformações em eixos de barragens, deformação em túneis e escavações lineares, inclinações de prédios e estruturas urbanas entre outros problemas geotécnicos. Limitações e vantagens do método.

### **20-Dados de sonar**

Interpretação e tratamento de dados de sonar em aplicativos específicos (Data Mining, por exemplo) para a elaboração dados 3D para investigações geológico-geotécnicas em minas subterrâneas, túneis, cavernas e outras escavações para determinação do posicionamento espacial, volume e forma das cavidades, e monitoramento e investigação de problemas geotécnicos potenciais ou instalados.

### **21-Modelagem 3D**

Tratamento de dados de sondagens diretas (percussão, mistas ou rotativas) e elaboração da base de dados para a elaboração de seções geológico-geotécnicas 3D e integração com dados provenientes de levantamentos geofísicos e geotécnicos.

### **22-Modelos Digitais de Terreno de Elevação**

Processamento e uso de modelos digitais de terreno (MDT) e modelos digitais de elevação (MDE) para a elaboração de cartas de declividade, aspecto, lineamentos, extração da rede de drenagem, densidade de fraturas, e integração com os dados interferométricos. Fusão dos modelos digitais de terreno e elevação com imagens de alta resolução.

## **MÓDULO V**

Oficinas com apresentações focando os problemas de Geologia de Engenharia mais comuns na região sede da Universidade. Excursões, visitas técnicas orientadas e trabalhos de campo.

## **MÓDULO V**

Monografia com tema de livre escolha.

### **3.4 – BIBLIOGRAFIA DE APOIO**

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL., São Paulo, 2018

ARNOULD, M. Bases theoriques de l'interaction de l'homme et de l' environnement géologique. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 27, 1984, Moscou. Proceedings. Utrecht: VNU Science Press, 1984. v.17, p.1-19.

BONHAM-CARTER, G. F. (1994). Geographic Information Systems for Geoscientists, Modeling with GIS (398 p). Oxford: Pergamon;

BOWEN, R. Geology in engineering. Londres: Elsevier Applied Science, 1984.

CHIOSSI, N. Geologia de Engenharia. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

DEARMAN, W.R.; SERGEEV, E.M.; SHIBAKOVA, V.S. Engineering Geology of the earth. Moscou: Nauka Pub., 1989. 184p.

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Application of geology to engineering practices. New York: Berkey, 1980.

GUIDICINI, G. Relato geral – Geologia aplicada à mecânica de rochas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE MECÂNICA DE ROCHAS, 2, 1986, Porto Alegre. Anais. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1986. v.2, p.251-260.

HATHEWAY, A.W.; KANAORI, Y. Encompassing hydrogeology, environmental geology and the applied geosciences. Engineering Geology, v.57, p.133-153, 2000.

MURA, J.C.; FÁBIO F. G., WALDIR, R P. Monitoramento DInSAR para mineração e geotecnia: a tecnologia DInSar orbital na mineração e geotecnia: monitoramento do espaço de deformações na superfície – I Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

- KRYNINE, D.P.; JUDD, W.R. Principles of Engineering Geology and geotechnics. New York: McGraw-Hill Book, 1957. 730p. Graw-Hill Book, 1957. 730p.
- LEGGET, R.F. Geology and engineering. Tokio: McGraw-Hill/ Kogakusha, 1962. 884p.
- LEGGET, R.F; HATHEWAY, A.W. Geology and engineering. 3.ed. Singapura: McGraw-Hill, 1988.
- LETOURNEUR, J.; MICHEL, R. Geologie du genie civil. Paris: Librairie Armand Colin, 1971.
- MASLOV, N.N. Basic Engineering Geology and soil mechanics. Moscou: Mir, 1987. 551p.
- OLIVEIRA, A.M.S. A abordagem geotecnogênica: a Geologia de Engenharia no quinário. In: Curso de geologia aplicada ao meio ambiente – DIGEO/IPT. São Paulo: ABGE, 1995. p.231-241.
- OLIVEIRA, A.M.S. Novas tendências da Geologia de Engenharia no Brasil. Ciências da Terra, v.2, p.31-3, jan./fev. 1982.
- OLIVEIRA, A.M.S.; SANTOS, A.R. Dois artigos e uma questão: Geologia de Engenharia no tecnógeno. Jornal da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, n.51, jul./set. 1989.
- RAHN, H. Engineering Geology an enviromental approach. New York: Elsevier, 1986.
- PANIUKOV, P.N. Geología aplicada a la ingeniería. Moscou: Mir, 1981. 320p.
- RUIZ, M.D. Evolução tecnológica da Geologia de Engenharia no período 1956–1970. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. 30 anos: História da Geologia de Engenharia no Brasil. São Paulo: ABGE, [s.d.]. p.11-19.
- RUIZ, M.D. A evolução da Geologia de Engenharia no Brasil e suas perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. Anais. São Paulo: ABGE, 1987. v.3, p.29-46.
- SANTOS, A.R. Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática. Livro. 3ª edição, Editora O Nome da Rosa. 2017. 261p.
- SANTOS, A.R. Por menos ensaios e instrumentações e por uma maior observação da natureza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1, 1976, Rio de Janeiro. Anais. São Paulo: ABGE, 1976. v.1, p.177-85.
- SANTOS, A.R. Diálogos Geológicos. Editora O Nome da Rosa, São Paulo, 2008

SANTOS, A.R. Manual Básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica. São Paulo, Ed. Rudder, 2014.

SANTOS, A.R. Cidades e Geologia. São Paulo, Ed. Rudder, 2017.

SERGEEV, E.M. Engineering Geology and protection of the environment. Bulletin IAEG, n.22, 1980.

SUGUIO, K. Geologia do quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?). São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999. 366p.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the technogene. Bulletin IAEG, n.38, p.133-142, 1988.

TERZAGHI, K. Ends and means in soil mechanics. Harvard: Harvard University, 1944. (Graduate School of Engineering; Soil Mechanics Series 24).

TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. Paris: Hassenon, 1965. 496p.

VARGAS, M. Origem e desenvolvimento da geotecnologia no Brasil. Quipo, São Paulo, v.2, n.2, p. 263-279, 1985.

VAZ, L.F. Os geólogos e a Geologia de Engenharia na década de 60. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. 30 anos: História da Geologia de Engenharia no Brasil. São Paulo: ABGE, [s.d.] p.20-85.

ZARUBA, Q. Engineering Geology: some experiences and considerations. Bulletin IAEG, n.1, ago. 1970.