

GLOSSÁRIO / CONCEITOS BÁSICOS (ABGE, 2012 e ABGE, 2018)

Investigações geológico – geotécnicas correspondem aos procedimentos e técnicas de campo e laboratório de pleno conhecimento do meio técnico do país, visando obtenção de informações do meio físico de interesse ao projeto, construção e operação de obra civil, mineira ou de natureza ambiental. As investigações incluem ensaios *in situ* e em laboratório.

Investigações geológico- geotécnicas correspondem a:

- (i) levantamento de superfície: contempla, principalmente, mapeamentos geológicos (litológico, estrutural, formas de relevo, uso e ocupação do solo, dinâmica superficial etc.) e inspeções de campo, antecedidos por pesquisa bibliográfica e estudo de imagens; e:
- (ii) levantamentos de sub superfície: a) do tipo direta e semidireta: poços e trincheiras, sondagens mecânicas a trado, percussão, rotativas e mistas, com ou sem imageamento das paredes dos furos; e b) indireta: ensaios ou levantamentos geofísicos (geofísica aplicada).

Os ensaios são de dois tipos:

- (iii) *in situ*, quando realizados em furos de sondagens ou em amostras, no campo;
- (iv) em laboratório, quando em amostras convenientemente coletadas e transportadas e realizadas em instalações apropriadas para tanto.

Os ensaios *in situ* (campo) dividem-se em dois grupos principais:

- (i) os hidrogeológicos, para estimativas da permeabilidade ou condutividade hidráulica e do comportamento hidrogeotécnico dos aquíferos como, por exemplo, ensaios em furos de sondagens, do tipo infiltração (solo) e de perda d'água sob pressão (rocha). Além dos aquíferos pode-se considerar os ensaios em hidrocarbonetos e contaminantes que circulam no meio natural;
- (ii) os de investigação das características físicas e mecânicas dos solos e das rochas como, por exemplo: em solo, os ensaios de penetração de cone (CPTu), ensaio de palheta (Vane Test) e o ensaio dilatométrico (DMT); e, em rocha, os ensaios de compressão puntiforme e esclerométrico. E, ainda, os ensaios geofísicos em furos de sondagens, tais como a perfilagem sísmica (acústica) e a transmissão sísmica (acústica) entre furos (*cross hole*).

Os ensaios de laboratório são realizados em amostras de solos e de rochas para determinação da permeabilidade e das características físicas e mecânicas, como, por exemplo:

- em solos: ensaio de Darcy (permeabilidade), limites de Atterberg (limite de liquidez e de plasticidade), índices físicos (índice de vazios, porosidade, grau de saturação, peso específico), análise granulométrica, compactação, compressibilidade (adensamento) e ensaios de resistência a compressão (triaxial e simples) e ao cisalhamento, com medições da coesão, ângulo de atrito e da deformabilidade (Módulo de Young e Coeficiente de Poisson);

- em rochas: apreciação petrográfica de lâminas delgadas, ensaios de determinação do peso específico, porosidade e de absorção de água, da resistência a compressão simples e triaxial, (com medida da coesão e dos módulos de Young e Coeficiente de Poisson), ensaios de cisalhamento em descontinuidades e na rocha intacta, ensaios de caracterização quantitativa da alteração, reatividade potencial, desagregabilidade e outros.

Obs.:

a) os solos podem ser testados na condição in natura, sendo os ensaios realizados em amostras deformadas ou indeformadas; ou compactados, neste caso os ensaios visam simular uma obra de solo, como um aterro;

b) há ensaios, como o de compressão puntiforme e esclerométrico, que podem ser realizados tanto no campo, como em laboratório.

Os ensaios ou levantamentos geofísicos principais são: métodos elétricos, sísmicos, potenciais, perfilagens em furos de sondagens, batimetria e sonografia, estes dois últimos direcionados às áreas submersas. Os ensaios e levantamento geofísicos devem fazer parte do conjunto das investigações e serem interpretados e integrados, tanto quanto possível, juntos com os demais trabalhos, principalmente os levantamentos de sub superfície diretos e semi diretos (poços, sondagens mecânicas etc.).

Geologia de Engenharia: corresponde ao conjunto de procedimentos, métodos e técnicas que se desenvolve não pela liberdade de pesquisa, base da Geologia Teórica, mas pela capacidade de selecionar os temas e as profundidades da pesquisa geológica para solucionar problemas de engenharia e de uso e ocupação do solo. Ou seja, o compromisso da Geologia de Engenharia é encontrar soluções para a engenharia e não meras descrições, sem alvo no problema. A Geologia de Engenharia apresenta interfaces com outras áreas de conhecimento, tanto das geociências como das engenharias, e, junto com a Mecânica de Solos e das Rochas constitui a **Geotecnia**. Os procedimentos, métodos e técnicas da Geologia de Engenharia constituem o instrumental utilizado para definir os Modelos Geológico-Geotécnicos para as obras de engenharia, em suas diversas fases de projeto, construção, operação (manutenção) e descomissionamento. Vide Mecânica de Solos e Mecânica de Rochas.

Mecânica dos Solos e Mecânica das Rochas: em síntese, é a ciência ou disciplina que trata, respectivamente, dos solos e das rochas, em sua forma natural ou construída, sob o olhar da engenharia, ou seja, estuda as suas características físicas e mecânicas. Junto com a Geologia de Engenharia constituem a Geotecnia. A palavra Geoengenharia (*geo-engineering sciences*), ainda não usada no Brasil, é denominação que reúne a Mecânica de Solos, Mecânica de Rochas, Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica, esta última sendo considerada a aplicação das primeiras em projetos e obras. Vide **Geologia de Engenharia**.

Geotecnia e Engenharia Geotécnica: vide **Geologia de Engenharia**; vide **Mecânica de Solos e Mecânica de Rochas**.

Modelo geológico – geotécnico: as investigações e os ensaios são consolidados em um modelo (com apoio de imagens bi ou tridimensionais, atualmente até mesmo considerando a 4ª dimensão, o tempo) que sintetiza para cada fase do projeto (inventário, viabilidade, projeto básico, projeto executivo) os principais tipos de materiais e horizontes encontrados e seus respectivos parâmetros físicos e mecânicos (do solo, da rocha intacta, das discontinuidades e das interfaces maciço natural - obra) de interesse ao projeto, obtidos de ensaios ou estimados com base em correlações empíricas (classificações de solos e de maciços rochosos), na expertise profissional e na bibliografia. **Modelo geomecânico, modelo geológico e modelo fenomenológico** são denominações correlatas utilizadas, esta última mais comum em estudos de subsidências do terreno e de natureza geoambientais. Obs.: a operação e descomissionamento de empreendimentos (como o caso das obras minerárias), necessitam de modelo geológico – geotécnico específico (à operação e

descomissionamento), que requer investigações compatíveis com os problemas, assunto técnico atual, com métodos e técnicas em desenvolvimento.

Modelo geológico – geotécnico conceitual: corresponde aos modelos elaborados em determinadas fases de projeto, na pré construção da obra. Corresponde, portanto, às fases de inventário, viabilidade e projeto básico. Vide **Fases de um empreendimento**.

Modelo geológico geotécnico real ou final corresponde aquele elaborado na fase de execução da obra, quando o maciço se encontra escavado e visível, sendo possível a observação direta do maciço, ainda que informações complementares possam ser obtidas por investigações adicionais.

Caracterização e classificação de maciço rochoso: o primeiro termo é entendido como o ato de levantar detalhadamente as características geológicas e geotécnicas de um maciço rochoso; o segundo é o ato de eger características representativas do maciço, denominadas de parâmetros de classificação e, a partir destes, estabelecer unidades, zonas ou compartimentos que correspondem a classes de maciço, gradando da mais favorável à menos favorável à obra. Uma classificação pode corresponder ao **Modelo geológico – geotécnico**. As Classificações mais utilizadas são as de Bieniawski, também denominada RMR, a de Barton, Lien e Lunde, denominada Sistema Q e a de Hoek, conhecida como GSI. As classificações têm sido aperfeiçoadas ao longo do tempo e possuem o mérito de aplicação empírica em estudos de estabilidade de fundações de barragens e de taludes escavados e naturais, dimensionamento de suporte de escavações subterrâneas, escavabilidade e erosão a jusante de estruturas hidráulicas.

Feição geológica e condicionante geológico – geotécnico: o primeiro termo tem larga abrangência e engloba elementos do meio físico que possuem relevância ao projeto, construção e operação de obras, como, por exemplo, a litologia (rochas ígneas, sedimentares e metamórficas e suas diversas composições mineralógicas e fácies texturais de interesse), falhas, foliação, fraturas, irregularidades do topo rochoso, cavernas, rochas desagregáveis e friáveis, tensões *in situ*, pressões e vazões elevadas de água subterrânea, águas ácidas, etc. Entende-se por **Condicionante geológico - geotécnico** toda feição geológica que interfere de modo adverso no projeto, construção, operação e manutenção da obra, e exigem atenção cuidadosa, devido impactar a estabilidade, a estanqueidade, a durabilidade e a geometria das escavações e das estruturas, com implicação direta na ocorrência de acidentes e no acréscimos de custos de execução e operação da obra. Os Condicionantes, quando não suficientemente identificados e caracterizados, são os responsáveis pelos **Imprevistos Geológicos** e que conduzem a **Riscos Geológicos**.

Imprevisto Geológico: corresponde a situações de natureza geológica que não foram identificadas durante as investigações geológico – geotécnicas em determinada fase de um projeto ou de execução e funcionamento de uma obra, segundo a boa prática profissional, que considera os conhecimentos, procedimentos, técnicas e métodos de investigação disponíveis na época. Os “Imprevistos” não correspondem a surpresas decorrentes de conduta investigativa e de projeto de engenharia, construção e operação inadequadas.

Risco Geológico: corresponde a variações significativas das interpretações dos condicionantes geológico – geotécnicos apresentados nas fases iniciais de projeto, quando comparados ao encontrado na fase de construção (projeto executivo), em decorrência da exposição visual do maciço e obtenção de informações complementares mais detalhadas. A Gestão de Riscos, tanto de natureza geológica – geotécnica, como outras, deve ser considerada em cada fase de um empreendimento e nos contratos celebrados. O Capítulo

25, do livro Geologia de Engenharia e Ambiental, da ABGE, contém um resumo explicativo sobre o gerenciamento de riscos em obras subterrâneas que, por sua abrangência, pode ser adaptado para uso em obras de infraestrutura em geral.

Fases de um empreendimento:

- (i) Fases de Projeto: tradicionalmente correspondem à quatro etapas: Concepção ou Inventário, Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo, esta última durante a construção ou implantação da obra.
- (ii) Operação/Manutenção;
- (iii) Desativação / Descomissionamento da Obra, no caso de empreendimentos específicos, como mineração e aterros sanitários.

Observações

1ª) Para as Fases de Projeto é comum a utilização de outras duas denominações:

- Anteprojeto: denominação utilizada para estudos anteriores ao Projeto Básico e que, normalmente, incluem o Inventário e a Viabilidade em uma só fase.

- Plano Diretor: denominação correlata ao Inventário ou Concepção, com variados níveis de detalhamento e de informações, às vezes podendo alcançar o nível de Viabilidade.

2ª) Os trabalhos de investigações geológico – geotécnicas e os ensaios devem ser compatíveis com as necessidades do projeto de engenharia de cada fase de projeto. Além disso, as investigações e os ensaios devem atender, tanto quanto possível, às várias etapas do licenciamento ambiental da obra que, comumente, abrangem a licença prévia, de instalação e de operação.

3º) O projeto geotécnico de fundações superficiais e profundas de obras isoladas (edifícios residenciais e industriais, por exemplo) não seguem as fases acima descritas. Basicamente, seriam duas fases: uma inicial, envolvendo desde a Concepção até o Projeto Básico (vide abaixo), e outra final, de Projeto Executivo, durante a construção da obra, que pode requerer ensaios especiais de campo (provas de carga, por exemplo) e mesmo a revisão do projetado, em função das condições reais encontradas.

4º) Os Manuais e Diretrizes para Estudos e Projetos da Eletrobras, disponíveis no site dessa entidade em especial o Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, MME/CEPEL, Edição 2007 contém importantes contribuições ao tema. A separação das Fases de Projeto que constam nesse Glossário (Inventário, Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo) seguem o proposto no Manual de Inventário citado, apesar da necessidade de sua adaptação aos dias atuais, em função de novos procedimentos adotados na concessão de obras públicas (leilões).

Concepção ou Inventário: corresponde a fase inicial de um projeto, quando são indicadas alternativas de localização e de concepção geral de um empreendimento. As investigações geológico - geotécnicas para o projeto de engenharia baseiam-se principalmente nos levantamentos de superfície e compreendem: análise de imagens aéreas e da documentação existente, como mapas geológicos, estruturais e geomorfológicos (tipos de relevo); pesquisa bibliográfica sobre projetos semelhantes já executados; sobrevoos e visitas de campo. Normalmente, e decorrentes do porte da obra, são executadas investigações de sub superfície expeditas, como poços e sondagens a trado, e, às vezes, levantamentos geofísicos. São raros os casos de execução de sondagens mecânicas do tipo percussão, rotativas ou mistas, salvo em casos de terrenos com geologia complexa e pouco conhecida.

Viabilidade: corresponde a fase de detalhamento de alternativas, comparações entre elas e seleção de uma delas para a fase seguinte, de Projeto Básico. Nesta Fase, as investigações e os ensaios realizados devem dar apoio à definição da alternativa mais viável técnica, econômica e ambientalmente, destacando para a alternativa selecionada o seu modelo geológico – geotécnico conceitual. O modelo geológico – geotécnico conceitual deve ser estabelecido com base na revisão e consolidação das investigações de superfície, iniciada na fase anterior, e das investigações de sub superfície propostas para essa fase. As investigações de sub superfície devem contemplar número, espaçamento e profundidade adequadas às necessidades de projeto. Assim, são recomendadas poços, trincheiras, sondagens mecânicas (trado, percussão, sondagens mistas e rotativas) e levantamentos geofísicos, planejados de forma a obter as informações necessárias que justificam a alternativa selecionada. Nesta fase, com maior ou menor detalhe em função da própria obra e da experiência do Empreendedor e da Projetista, há necessidade, por exemplo, de identificar as feições litoestruturais importantes para o projeto, os condicionantes de relevo e da dinâmica superficial, as indicações preliminares sobre as condições das fundações e da estabilidade de encostas e de taludes, informações sobre as quantidades e condições de escavação dos diferentes tipos de solos e rochas, as disponibilidades e as características físicas e mecânicas dos materiais naturais de construção, estudo da erodibilidade e do assoreamento, avaliações de possíveis fugas d'água e das condições dos aquíferos presentes e identificação das feições e condicionantes geológicos, ou mesmo a possibilidade de ocorrência dos mesmos, em função da experiência em obras e locais semelhantes.

Obs.: apesar de não adotado atualmente no país, seria ideal que após essa fase de projeto de engenharia (e de investigações geológico-geotécnicas) é que os empreendimentos de infraestrutura fossem colocados em leilão. Como isso não tem ocorrido de forma ideal, os concorrentes participantes dos leilões acabam tendo de fazer, com cronogramas curtos, investigações geológico – geotécnicas expeditas, para subsidiar a sua proposta de preço, o que poderá incorrer em riscos.

Projeto Básico: compreende o aprofundamento das investigações sobre a alternativa selecionada na fase precedente, visando a adequação do projeto de engenharia à contratação (ou licitação) da construção da obra. No caso de leilão, cabe ao empreendedor vencedor realizar a revisão e complementação (no que for necessário) das investigações realizadas nas fases precedentes, para então se dedicar ao detalhamento da alternativa selecionada. Isso pode significar, em certos casos, até mesmo escolha de nova alternativa, diferente da até então estudada. Esta etapa de projeto é aquela que, através de plantas e seções, tabelas, memoriais de cálculo e breves relatórios descritivos, define: as condições dos materiais naturais de construção; as quantidades e os diversos tipos dos materiais a serem escavados e seus respectivos métodos de escavação e sustentação; o ângulo de cortes de taludes e de aterros; os estudos de estabilidade e as obras e serviços que asseguram a melhoria na segurança das escavações e das fundações; as possíveis interferências no terreno natural em decorrência de mudanças no lençol freático; os impactos na vizinhança (física, sócio econômica e ambiental), durante a construção e operação da obra, dentre outros. Assim, para atender a esta fase de projeto, as investigações devem definir, com a máxima precisão, o modelo geológico – geotécnico conceitual que atenda ao projeto de engenharia e permita a estimativa dos custos, a mais adequada possível. Para tanto, os mapas e as representações geológico – geotécnicas, bi e tridimensionais, devem ser em escalas que permitam a rápida e precisa correlação com as estruturas da obra, o que exige malha de sondagens mecânicas, de levantamento geofísicos e de ensaios de campo e de laboratório, em números adequados, espaçamento entre sondagens reduzido em relação à fase anterior, e em profundidades que permita identificar todo o perfil de intemperismo (solo, transição e rocha) de interesse, tanto

às escavações, como ao estudo de estabilidade e segurança da obra. Ensaio de campo especiais, como prova de carga, aterros experimentais, investigação detalhada do comportamento do aquífero e outros podem ser utilizados. A Classificação Geológico – Geotécnica (**Modelo geológico - geotécnico conceitual**) é feita nesta fase de projeto (simplicadamente, nas fases precedentes) e revista e consolidada no Projeto Executivo (**Modelo geológico - geotécnico final**). Os erros mais comuns que devem ser evitados nessa fase são: sondagens mecânicas muito espaçadas e muito rasas e ausência ou mal-uso dos levantamentos geofísicos. Sondagens mecânicas rasas, dentre outras fragilidades, não permitem caracterizar todo o perfil de material a ser escavado e não identificam presença de **Condicionantes Geológicos- Geotécnicos** abaixo da cota de fundação e que possam causar riscos a obra e mesmo a sua performance econômica.

Projeto Executivo: é fase de projeto (ou sua revisão) durante a construção da obra. Como o maciço natural está sendo exposto pela construção da obra, as investigações geológico – geotécnicas nesta fase devem ser orientadas para a execução de observações de campo cuidadosas e mapeamentos sistemáticos das escavações, que confirmem os trabalhos da fase anterior ou permitam sugerir investigações complementares, com finalidade de reorientar a construção (revisão do projeto). O mapeamento geológico- geotécnico sistemático é um documento que registra como a obra foi construída (*as built*), e é uma prática da engenharia de construção já consagrada em todo o mundo. Como é muito comum a necessidade de investigações complementares, é importante que a obra disponha de empresa de sondagem mecânica no canteiro, assim como facilidade na mobilização de outras empresas de serviços geotécnicos especializados, que possam rapidamente dar atendimento e evitar atrasos na construção. Nesta fase, em obras de maior porte e importância geotécnica como barragens, túneis, escavações de taludes, fundações de obras de arte em terrenos geológicos complexos, é recomendável a proposição do **Modelo geológico – geotécnico final**, que pode ser consolidado simplicadamente em uma classificação do maciço do tipo RMR, Q e SGI, conforme já citado neste Glossário. A boa prática da engenharia de construção recomenda a presença contínua ou de acompanhamento sistemático da construção da obra por engenheiro geotécnico e geólogo de engenharia, tanto em apoio à construção em si, como para revisão e adequação do projeto às condições reais encontradas, procedimento conhecido como ATO – Acompanhamento Técnico da Obra.

Comportamento laterítico de solos e Classificação de solos: designação adotada para diferenciar o comportamento de solos tropicais, comum no Brasil (presença de óxidos e hidróxidos de ferro na fração argila), daqueles de países de clima temperado e frio (USA, principalmente), onde a mecânica de solos e as classificações de solos, ditas convencionais, se desenvolveram. As **Classificações de solos** visam, através de índices e parâmetros obtidos em laboratório, inferir propriedades e parâmetros construtivos. Têm sido úteis para obras rodoviárias e aeroportos, apesar de limitações apontadas por pesquisadores (Massad, 2016, por exemplo). Nogami e Villabor (1988) propuseram uma classificação alternativa às desenvolvidas e adotadas nos USA, mais adequada aos solos tropicais, conhecida como “MCT – Miniatura, Compactado, Tropical”, amplamente utilizada no Brasil.

BIM – Building Information Modelling, é um processo integrado para criar, usar e atualizar um modelo digital de uma obra, podendo ser usado por todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da obra. (NBR/ISO 12006-2, 2018). Por **BIM Geotécnico** deve ser entendido um conjunto de procedimentos, inspirados no BIM, que permite a integração das atividades geotécnicas, entre elas a organização digital das investigações e ensaios geológico-geotécnicos.



ABGE, 2018: Livro “Geologia de Engenharia e Ambiental”, Cord. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e João Jeronimo Monticeli, Volumes 1, 2 e 3, 40 capítulos, 96 autores, editado pela ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental em 2018.

ABGE (2012). Glossário de Termos Técnicos de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2ª Edição, Coord. Antonio Antenor Tognon, publicado pela ABGE em 2012.