TÍTULO

ESTUDOS GEOLÓGICOS

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Instrução. Estudos. Geológicos.

APROVAÇÃO	PROCESSO
	PR 007476/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 RESUMO 3
2 OBJETIVO 3
3 DEFINIÇÕES 3
3.1 Solo Sedimentar 3
3.2 Solo Laterítico 3
3.3 Solo Coluvionar ou Colúvio 3
3.4 Tálus 3
3.5 Solo Eluvial ou Residual Maduro 3
3.6 Solo de Alteração de Rocha 3
3.7 Maciço Rochoso Alterado 4
3.8 Maciço Rochoso São 4
3.9 Modelo Geológico/Geomecânico 4
4 FASES DO PROJETO 4
4.1 Estudos Preliminares 4
4.2 Projeto Básico 5
4.3 Projeto Executivo 7
5 ELABORAÇÃO DO PROJETO 8
5.1 Pesquisa de Dados Existentes 8
5.2 Fotointerpretação 9
5.3 Levantamento de Campo 9
5.4 Mapeamento Geológico da Faixa de Domínio 9
5.5 Investigações Geológicas 10
6 FORMA DE APRESENTAÇÃO 12
6.1 Estudos Preliminares 12
6.2 Projeto Básico 13
6.3 Projeto Executivo 15
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15
ANEXO A - MODELO GEOLÓGICO 18
ANEXO B - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO 21

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 RESUMO

Esta Instrução de Projeto apresenta os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados para a elaboração de estudos geológicos de sistemas viários para o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 OBJETIVO

Definir e padronizar os procedimentos a serem adotados para a elaboração de estudos geológicos no âmbito do DER/SP. A presente norma é aplicável aos casos relacionados à implantação de rodovias.

3 DEFINIÇÕES

Para efeitos desta instrução de projeto são adotadas as seguintes definições:

3.1 Solo Sedimentar

Solo originado de transporte e sedimentação em ambiente fluvial ou marinho, podendo ser aluviões ou sedimentos terciários, de acordo com a idade. No primeiro caso, são características as argilas orgânicas de coloração preta ou acinzentada. No segundo, como exemplo, citam-se as argilas cinzas da Bacia de Taubaté, os solos variegados da Formação São Paulo e as areias e argilas cinzas da Formação Resende.

3.2 Solo Laterítico

Solo originado de processos de laterização, qual seja o enriquecimento, por lixiviação, de hidróxidos de ferro e alumínio em ambientes tropicais. É caracterizado por elevada porosidade e cor avermelhada ou amarelada.

3.3 Solo Coluvionar ou Colúvio

Solo resultante de erosão e transporte por água e gravidade, que se deposita no dorso das encostas.

3.4 Tálus

Tipo de solo coluvionar de regiões de serra, caracterizado por granulometria bastante heterogênea, com blocos e fragmentos de rocha em matriz arenosa a argilosa. Em geral encontra-se saturado e submerso, com NA elevado.

3.5 Solo Eluvial ou Residual Maduro

Solo homogêneo evoluído pedologicamente, que não apresenta vestígios a olho nu de estrutura ou textura da rocha que lhe deu origem, a rocha mãe ou rocha matriz.

3.6 Solo de Alteração de Rocha

Solo com vestígios de estrutura ou textura da rocha. Pode apresentar horizontes de rocha alterada e matacões.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

3.7 Maciço Rochoso Alterado

Maciço de transição solo/rocha, bastante resistente, com a textura e estrutura da rocha que lhe deu origem preservadas. Também conhecido como saprolito.

3.8 Maciço Rochoso São

Unidade geológica constituída por rocha, descontinuidades como fraturas, diáclases, estruturas geológicas e, em alguns casos, água subterrânea.

3.9 Modelo Geológico/Geomecânico

Modelo teórico construído com base nos dados obtidos por mapeamento e investigações geotécnicas de uma determinada área. Tenta definir a distribuição das litologias e descontinuidades e seu comportamento mecânico frente à implantação de uma obra de engenharia, conforme descrito no Anexo A.

4 FASES DO PROJETO

Os estudos geológicos devem ser elaborados para as três etapas do projeto geométrico:

- estudos preliminares;
- projeto básico;
- projeto executivo.

4.1 Estudos Preliminares

No caso de implantação de rodovias, os estudos preliminares de geologia devem ser desenvolvidos como parte integrante do projeto funcional, conforme instrução de projeto correspondente, para auxiliar na definição das alternativas mais viáveis de traçado e das soluções de engenharia mais adequadas para implantação.

Especificamente no âmbito dos estudos geológicos, a fase preliminar envolve a definição dos fatores condicionantes geológicos na região, como litologias, estratigrafia e estruturas, para o auxílio do estudo de alternativas de traçado viáveis.

4.1.1 Levantamento Bibliográfico sobre a Região

Devem ser levantados dados concernentes a mapeamentos existentes, cartas topográficas, mapas pedológicos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, sismológicos, relatórios anteriores, documentos de avaliação de impactos ambientais etc.

Tais dados podem ter diversas origens: bibliográficas, informações de obras semelhantes, interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélites, levantamento de campo por mapeamento expedito, investigações em pontos de maior relevância com métodos de baixo custo, como por trados, geofísica etc.

Fontes para sua aquisição são universidades, institutos de pesquisas, órgãos governamentais, como por exemplo a Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. –

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

EMPLASA, para rodovias situadas na Região Metropolitana de São Paulo, páginas gráficas na internet, testemunho do pessoal local etc.

4.1.2 Revisão de Dados Geotécnicos

Devem ser obtidas informações a respeito de projetos executados na região ou em unidades geológicas semelhantes, como comportamento de obras, dados históricos, sondagens e ensaios existentes, perfuração de poços etc.

Se necessário, podem ser efetuadas investigações geotécnicas localizadas e específicas, como sondagens e ensaios, porém em número reduzido. Pode-se realizar, por exemplo, sondagem rotativa em região de túnel para determinação de característica de maciço, seção geofísica para determinação da melhor área para emboque de túnel etc.

4.1.3 Levantamento de Campo

Deve ser feito mapeamento expedito de campo ao longo da região de estudo das alternativas de traçado visando à identificação das unidades litológicas e seus contatos, das regiões que possam apresentar afloramentos de rocha, solos de baixa capacidade de suporte, cicatrizes de antigos escorregamentos e quaisquer outros sinais que possam levar à identificação de possíveis problemas geotécnicos.

A identificação das unidades litológicas ao longo do traçado permite estimar o comportamento geotécnico na execução das obras de engenharia.

Da mesma forma, deve-se identificar fontes de materiais de construção: tipos de solos, maciços dos cortes a serem executados, características gerais desses maciços, existência exploração comercial de areia, brita e concreto localizadas na região de interesse etc.

4.2 Projeto Básico

Nesta fase, a diretriz de traçado escolhida preliminarmente deve ser analisada segundo os fatores condicionantes geológicos levantados durante os estudos preliminares. O objetivo é a otimização do traçado e indicação das soluções mais adequadas, considerando, inclusive, os aspectos ambientais.

Essas soluções devem determinar os quantitativos de materiais e serviços e o orçamento das obras com maior precisão em relação à fase anterior.

4.2.1 Mapeamento de Campo

O projeto básico inicia-se com a execução do mapeamento geológico-geotécnico de campo e deve ser executado a partir da aferição dos dados coletados durante os estudos preliminares e da incorporação dos dados de traçado, como greide e *off-sets*.

Essa etapa deve gerar uma base cartográfica com indicação do traçado e da estaca de início e fim das obras, onde devem ser indicados os métodos de investigação a ser executados.

Os afloramentos em rocha devem receber atenção especial, com levantamento das atitudes das descontinuidades e suas descrições conforme as normas indicadas pela Sociedade Brasi-

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

leira de Mecânica de Rochas. O levantamento de atitudes deve ser em número suficiente para montagem dos estereogramas de distribuição, de maneira que se possa formular um modelo geológico-estrutural para a região.

Esses dados devem auxiliar no estudo de estabilidade dos taludes, de emboques e de túneis ao longo do traçado.

4.2.2 Investigações Geológicas

As investigações geológicas visam à caracterização da região de implantação do projeto e à elaboração do modelo geológico e geomecânico local.

Deve-se utilizar aerofotointerpretação da área, mapas geológicos, pedológicos, geotécnicos, topográficos, análise de investigações geológico-geotécnicas eventualmente existentes como sondagens mecânicas e geofísicas, ensaios etc., dados de obras semelhantes e quaisquer outros dados que caracterizem os maciços ocorrentes.

Deve-se levantar dados quanto à natureza da litologia, formação e idade a que pertence, textura e estrutura, morfologia, presença de formações superficiais e de maciços alterados e suas características.

Deve-se levantar ainda dados quanto ao grau de fraturamento do maciço rochoso e as características de espaçamento, persistência, abertura, rugosidade e alteração das paredes e preenchimento das descontinuidades identificadas. As descontinuidades devem ser objeto de levantamento sistemático de suas atitudes, isto é, direção e mergulho, devendo ser apresentados estereogramas de distribuição que auxiliem na elaboração do modelo estrutural para a região e para obras específicas.

Também se deve anotar dados a respeito da água subterrânea, incluindo a estimativa de valores de permeabilidade dos maciços e a surgência de água e do nível do lençol freático.

O detalhe das investigações geológicas a serem feitas está ligado ao tipo de obra a ser implantado e à complexidade da natureza geológica local. Exemplo: a implantação de cortes extensos ou túneis em região de ocorrência de formações pré-cambrianas, com diversas litologias e estruturas geológicas associadas, demandará extensa campanha para sua caracterização. Por outro lado, regiões mais homogêneas fisiograficamente e geologicamente são caracterizadas mais facilmente.

A execução de investigações geológicas deve complementar os dados levantados a partir do mapeamento geológico e deve ser planejada de acordo com as necessidades do projeto e os métodos mais adequados tanto aos maciços mapeados como à complexidade das obras a serem implantadas.

Para escavações subterrâneas é indispensável, a partir dos resultados das investigações, a elaboração de modelo geomecânico que diminua as incertezas durante a escavação, conforme Anexo B. O modelo deve prever os maciços ocorrentes, os contatos entre eles, a presença de descontinuidades, as condições hidrogeológicas, o tipo de ruptura previsto e, se possível, a localização das condicionantes para auxiliar na compartimentação e previsão do passo de avanço e dos métodos de suporte mais adequados da escavação.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Além do mapeamento das unidades ocorrentes ao longo do traçado previsto, as investigações geológicas devem indicar áreas de fornecimento de materiais de construção: areais, pedreiras e cascalheiras.

Nas pedreiras devem ser anotadas as características dos materiais ocorrentes: litologia, presença de solo superficial, grau de alteração e fraturamento, assim como os volumes estimados de exploração e de expurgo.

No caso de areais e cascalheiras, deve-se anotar dados quanto à granulometria, diâmetro dos pedregulhos, presença do nível d'água e de solo superficial a ser removido e volumes estimados.

4.2.3 Pesquisa de Áreas para Deposição de Materiais Excedentes e Indicação para os Estudos Ambientais para Eventual Aproveitamento

As áreas consideradas adequadas para deposição de materiais excedentes devem ser indicadas durante o levantamento e mapeamento de campo, nos relatórios e plantas. Essas áreas somente serão utilizadas na obra se aprovadas pelos estudos ambientais a serem executados. Também ficará a cargo da equipe de estudos ambientais o licenciamento desses locais junto aos órgãos competentes.

4.3 Projeto Executivo

Nesta fase deve ser detalhada a solução apontada no projeto básico. Também devem ser investigados os pontos mais sensíveis da obra ou os que tiveram alteração da solução, seja por indicação dos estudos ambientais, por adequação no traçado geométrico etc.

Devem ser elaborados estudos detalhados para as regiões onde forem indicadas soluções construtivas que demandem estudos mais pormenorizados, como túneis, contenções, viadutos etc. O mesmo procedimento deve ser seguido no caso de regiões complexas do ponto de vista geológico-geotécnico, como áreas de subsidência, escorregamentos, solos moles ou colapsíveis etc., cujas investigações, executadas nas fases anteriores, não tenham sido suficientes para adoção de soluções mais adequadas do ponto de vista técnico-econômico.

Basicamente, os estudos constam da execução da seqüência de procedimentos indicados no projeto básico, complementando os dados levantados e os documentos elaborados, alimentando o modelo geológico do local no sentido da otimização.

Os estudos geológicos contribuem na otimização do traçado e das soluções de implantação e definição de:

- taludes de cortes e aterros e proteção superficial;
- métodos de escavação a serem utilizados, equipamentos e plano de fogo;
- necessidade e dimensionamento das obras de contenção;
- drenagem superficial e subterrânea;
- fundação de aterros e obras de arte;
- túneis, sua localização, tipos de emboques e sistemas de contenção necessários, geo-

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

metria da escavação, sistemas de revestimento e tratamento dos maciços;

- origem e distribuição dos materiais de construção;
- caracterização tecnológica dos materiais de construção.

Salienta-se que, na fase de construção, o acompanhamento técnico de obras, ATO, é particularmente importante na execução de túneis, cortes altos ou em maciços de filitos, folhelhos, solos expansivos etc. O trabalho consiste no mapeamento geológico-estrutural das frentes de escavação para confirmação dos materiais e observação de seu comportamento para alimentação do modelo geomecânico adotado.

Deve-se verificar a compatibilidade entre o comportamento previsto no projeto e a realidade de implantação. Devem ser tomadas providências quanto à adaptação de soluções adotadas, aferição de estimativas de quantidades, solução para condicionantes geológico-geotécnicos não identificados etc.

Devem ser elaborados documentos descritivos das atividades e memórias justificativas que apresentem a cota de fundação dos viadutos e pontes, tipo e quantidade de sistemas de revestimento e contenção de túneis mostrados em desenhos, croquis etc. de maneira a constituir a memória como construído, o *as built* da obra.

As atitudes das descontinuidades, a descrição da litologia escavada, o comportamento hidrogeológico e todas as observações adicionais que se julguem importantes devem ser anotadas e representadas adequadamente nos relatórios e desenhos.

5 ELABORAÇÃO DO PROJETO

5.1 Pesquisa de Dados Existentes

As investigações nesta fase devem indicar a viabilidade geológica, os riscos geológicos, e devem determinar as condições geológicas gerais através do levantamento de bibliografia e de obras semelhantes que forneçam dados a respeito da região, como por exemplo:

- topografia e relevo;
- hidrologia e hidrogeologia;
- mapas geológicos regionais;
- evolução geológica da região;
- sismicidade e outros riscos geológicos.

Podem ser levantadas informações a respeito de jazidas de materiais de construção, como: tipos de solos; maciços dos cortes a serem executados; características gerais dos maciços, pesquisadas por bibliografia e pela experiência com materiais semelhantes de empresas comerciais de exploração de areia, brita e concreto, localizadas na região.

Em particular, informações como as que constam do Anexo B devem ser consideradas.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.2 Fotointerpretação

Esta atividade consiste na análise interpretativa de fotografias aéreas e utilização de tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica - GIS de imagens de satélite para obtenção de dados a respeito de:

- geomorfologia;
- litologias e estruturas;
- riscos geológicos;
- cartografia de síntese geológica.

Estes dados servirão de base para o levantamento de campo em mapeamento expedito, envolvendo investigações em pontos de maior relevância, com métodos de baixo custo tais como trados e geofísica. Se necessário, podem ser efetuadas investigações mais aprofundadas, como sondagem rotativa em região de túnel para determinação de característica de maciço. Porém, tais investigações devem ser em número adequado à complexidade da obra, lembrando tratar-se de fase inicial de estudo de alternativas.

5.3 Levantamento de Campo

O levantamento de campo visa à caracterização das feições e dos processos geológico-geomorfológicos naturais locais e regionais presentes e envolve:

- reconhecimento de solos e rochas presentes na região;
- falhas e estruturas;
- dados hidrogeológicos e drenagem;
- geomorfologia, estabilidade de taludes, subsidências, afundamentos, regiões de inundações etc.;
- problemas geoambientais;
- vias de acesso e possibilidades de investigações *in situ*.

Devem ser levantados aspectos relativos ao uso e ocupação do solo na região, cobertura vegetal, rede hidrográfica, acessos etc.

5.4 Mapeamento Geológico da Faixa de Domínio

Após a aprovação pela fiscalização do traçado e das alternativas viáveis para implantação da obra, deve-se realizar o mapeamento geológico ao longo da faixa projetada. Seu objetivo é identificar os processos geológicos originalmente presentes e, além disso:

- presença de solos expansivos, saturados, compressíveis etc.; ocorrência de rocha e de surgências de água,
- determinação da categoria dos materiais de escavação;
- indicação dos maciços de fundação para cortes, obras de arte correntes e obras de arte especiais;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

- indicação dos locais necessários à instalação de obras de contenções;
- determinação das características dos maciços para as camadas de pavimentos;
- indicação das áreas para fornecimento de materiais de construção;
- indicação das áreas para deposição de materiais excedentes, em conjunto com os estudos ambientais a serem desenvolvidos;
- indicação das condições hidrogeológicas locais e dos dispositivos de drenagem eventualmente necessários;
- elaboração de modelo geomecânico com a indicação do comportamento dos maciços terrosos e rochosos frente à implantação das obras subterrâneas, taludes e fundações.

O objetivo é definir os elementos a seguir.

- cortes: taludes com inclinação adequada ao maciço presente; necessidade de contenções; categoria dos materiais de escavação;
- aterros: taludes com inclinação adequada ao material utilizado para sua execução; necessidade de contenções; eventual necessidade de tratamento de fundação, como por exemplo a remoção de solos compressíveis;
- materiais de construção: volumes necessários à complementação dos serviços de terraplenagem; necessidades de substituição de solos; solos adequados para uso em camada final de terraplenagem e estrutura de pavimento; jazidas para fornecimento de areia, brita, cascalho e suas distâncias de transporte; empresas comerciais para o fornecimento de materiais para concreto e pavimento.

5.5 Investigações Geológicas

Investigações *in situ* constituem parte essencial dos estudos geológicos necessários para projeto e construção de uma obra de engenharia. Devem obter parâmetros e propriedades que definam as condições do terreno onde se realizarão as obras. Seu objetivo é, dentre outros:

a) determinar as condições geológicas da área de trabalho:
   - tipo e características dos materiais geológicos;
   - características dos maciços rochosos;
   - orientação e características das descontinuidades.

b) determinar dados dos maciços necessários para o projeto da obra:
   - solos, matriz rochosa e maciço rochoso;
   - dados para classificações geomecânicas.

c) conhecer os problemas geológicos que podem afetar a construção:
   - infiltrações importantes;
   - zonas tectonizadas, estruturas geológicas e cavidades
   - solos expansivos;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

- rochas brandas;
- rochas agressivas ou reativas, quando utilizadas como agregados de concreto;
- rochas abrasivas e duras.

A programação de investigações geológicas deve ser feita em unidades homogêneas, definidas durante a pesquisa bibliográfica, a interpretação aerofotogramétrica e o levantamento de campo. Essas unidades devem refletir maciços de comportamento uniforme, como áreas de baixa capacidade de suporte localizadas em fundos de vale, regiões de encostas íngremes, com possibilidade de ocorrência de rocha etc.

A aplicabilidade dos métodos de investigação e a experiência dos técnicos devem definir a densidade e a localização das sondagens e pontos de amostragem.

As normas a serem seguidas para execução desses serviços devem ser aquelas consagradas e aceitas pelo meio técnico. Entretanto, as normas a serem seguidas devem inicialmente ser analisadas e discutidas pela projetista em conjunto com o DER/SP para eventuais adaptações ou substituições.

As normas de serviços geotécnicos, editadas pelas principais entidades normalizadoras mundiais, como *American Association of Highway and Transportation Officials* - ASSHTO, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e *American Society for Testing and Materials* - ASTM, além de quadros com valores de referência para utilização de agregados para pavimentos rodoviários e concretos, podem ser encontradas na publicação "Tecnologia de Rochas na Construção Civil"[(1)].

Os procedimentos para a verificação das características dos agregados para utilização devem determinar suas propriedades geológicas, como características petrográficas e mineralógicas, características químicas como a reatividade potencial e adesividade, características físicas como a massa específica, porosidade, sanidade etc., e características mecânicas como a resistência, módulo de deformação, abrasão etc.

Também podem ser adotadas as normas da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - ABGE para sondagens e ensaios *in situ*, conforme indicado a seguir:

- Ensaios de permeabilidade em solos - Orientações para sua execução[(2)];
- Ensaios de perda d'água sob pressão - Diretrizes[(3)];
- Manual de Sondagens da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia[(4)].

Devem ser atendidas, também, as normas da ABNT.

Para a classificação genética dos solos, sugerem-se os critérios preconizados por Vaz, na "Classificação Genética dos Solos e dos Horizontes de Alteração de Rocha em Regiões Tropicais" [(5)].

5.5.1 Material para Construção de Corpos de Aterro

Na medida do possível, o projeto geométrico e de terraplenagem deve equilibrar os volumes dos aterros, utilizando os materiais de cortes obrigatórios ao longo do traçado para a execu-

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ção dos aterros. Dessa maneira, os cortes ao longo do traçado devem ser caracterizados a partir da coleta de amostras e elaboração de ensaios de caracterização e *California Bearing Ratio* - CBR.

No caso de necessidade, deve-se definir áreas de empréstimo economicamente viáveis para exploração, onde serão executadas sondagens em malha, de acordo com as diretrizes sugeridas pela Instrução de Projeto referente a estudos geotécnicos. Da mesma forma, as amostras obtidas devem ser submetidas aos ensaios de caracterização e CBR.

5.5.2 Materiais Granulares para Agregado, Filtros e Colchões Drenantes

Nos areais e cascalheiras, após determinação de seu potencial de exploração, devem ser executados ensaios para verificação de suas características e presença de materiais não adequados para uso, como matéria orgânica.

5.5.3 Materiais Pétreos

Devem ser coletadas amostras representativas de cada litologia presente para execução de ensaios de caracterização tecnológica para o uso, como agregado de concreto, base de pavimento ou fundação de corpo de aterro.

Recomenda-se a execução de análise mineralógica através de lâmina petrográfica, para verificar as características dos materiais e identificar a presença de minerais que possam tornar sua utilização inadequada ou que necessitem de correção na mistura por aditivos.

6 FORMA DE APRESENTAÇÃO

6.1 Estudos Preliminares

6.1.1 Mapa Geológico Regional

Deve ser apresentado com as unidades geológicas ocorrentes na região, em escala 1:10000 ou outra julgada conveniente pela fiscalização, podendo ser feito o reconhecimento de campo nas regiões de contato. Se possível, deve ser elaborado um mapa geotécnico da faixa de domínio em que constem todas as feições de interesse ao projeto.

O mapa geológico deve ser elaborado sobre uma base topográfica, indicando o comportamento dos maciços de solo e rocha presentes, de acordo com a fisiografia.

6.1.2 Relatório Geológico

Deve situar o empreendimento nas unidades geomorfológicas e geológicas do Estado de São Paulo, eventualmente nas 18 unidades definidas na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo [(6)]. Suas recomendações são de caráter preventivo e corretivo.

O relatório geológico a ser elaborado nesta fase de projeto deve incluir todos os dados levantados com a descrição dos aspectos relevantes para a implantação das obras, tais como topografia, geomorfologia, fisiografia, erodibilidade dos solos, tendência a fenômenos de instabilização, comportamento dos maciços quanto à facilidade de escavação, estabilidade em cortes, fundações etc.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Sempre que possível deve-se descrever a fenomenologia típica esperada para as unidades, fornecendo dados para adoção das soluções de engenharia e escolha das diretrizes para o projeto de implantação.

Devem constar no relatório, no mínimo:

- descrição da geologia local;
- condicionantes da escolha do traçado;
- condições hidrogeológicas, tais como águas superficial e subterrânea;
- expectativa do comportamento dos maciços nas diversas obras a serem implantadas: taludes de cortes e aterros, contenções, túneis, fundações, obras de arte especiais, obras de arte correntes, categoria de escavação, características tecnológicas dos maciços;
- pontos a serem detalhados com as investigações geotécnicas;
- jazidas de materiais de construção, áreas para empréstimo e deposição de materiais excedentes.

Devem constar, também, aspectos de caráter regional, como a situação geográfica, clima, solos e vegetação ocorrentes; aspectos fisiográficos e geomorfológicos; aspectos hidrológicos; aspectos estratigráficos, tectônicos, litológicos e quaisquer outros dados que possam auxiliar na descrição da região onde será implantada a obra.

6.2 Projeto Básico

6.2.1 Planta de Locação

A partir dos desenhos elaborados para o projeto geométrico e na mesma escala, deve ser elaborada planta com os dados obtidos no mapeamento e com a locação das investigações executadas. Devem constar o traçado definido, se possível com o *off-set* dos cortes e aterros a serem implantados, a indicação do início e fim das obras mais relevantes, como viadutos, sistema de contenção e túneis, e a estaca de implantação das obras de arte correntes.

Nessas plantas, caso a escala permita, também devem constar as áreas de fornecimento de materiais de construção, além das consideradas adequadas para deposição de materiais excedentes. Caso necessário, deve ser elaborada outra planta em escala apropriada para contemplar essas áreas.

6.2.2 Seções Geológicas

Devem ser analisados os dados das investigações geológicas e elaboradas as seções geológicas interpretativas para as principais obras ao longo do traçado. No caso de insuficiência de dados para a elaboração de seções, as investigações devem ser indicadas nos perfis longitudinais.

Na representação devem constar, no mínimo, número da sondagem, cota e afastamento do eixo, régua com indicação da profundidade, indicação da posição do nível d'água, resultado de ensaios *in situ* e profundidade de paralisação do furo.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Para o caso de sondagem rotativa, também devem ser indicadas as condições de alteração, fraturamento e coerência do maciço e, caso executada, a classe geomecânica obtida a partir do sistema de classificação que melhor se adapte ao tipo de obra ou estudo citado no relatório geológico.

A escala de apresentação deve permitir a plena visualização das informações, admitindo-se a deformação da escala vertical para obras específicas, como túneis e viadutos em vales muito profundos. Essa deformação visa ressaltar as feições dos maciços e evitar que os dados das investigações executadas não possam ser vistos devido à escala obra. Seções transversais, detalhes e estereogramas podem ser indicados nos desenhos.

No caso de sondagens executadas para caracterização dos solos para projeto de pavimentação e de áreas de empréstimo, podem ser elaborados quadros-resumo com os resultados dos ensaios de laboratório executados.

6.2.3 Relatório Geológico

Deve ser elaborado a partir dos dados obtidos no mapeamento de campo e na execução das investigações geológicas, constando:

a) introdução com a descrição da obra e sua localização;

b) descrição da metodologia desenvolvida para os estudos e os dados obtidos;

c) indicação dos aspectos geológicos locais obtidos pela pesquisa de dados existentes, como mapas, fotos aéreas etc.;

d) análise dos dados obtidos pela execução do programa de investigações geotécnicas e descrição sumária de obras de arte especiais;

NOTA: no caso do projeto de túneis, pode ser necessária a elaboração de relatório específico em que constem todos os dados levantados, a classificação geomecânica dos maciços e respectiva compartimentação das escavações.

e) recomendações para o projeto quanto aos condicionantes geológicos e as regiões que merecerão maior atenção durante o projeto executivo;

NOTA: essas análises devem fornecer aos demais profissionais envolvidos no projeto, como o proprietário da obra, construtores, seguradores etc. os problemas potenciais a ocorrer durante a implantação e as prováveis soluções, incluindo, de forma geral, a análise de risco para cada uma das soluções.

f) indicação das fontes de materiais naturais de construção a serem utilizados na obra, as recomendações para exploração e transporte, podendo constar descrição resumida da área, incluindo sua localização e proprietário. Esse mesmo procedimento pode ser utilizado para as áreas propícias para deposição de materiais excedentes;

NOTA: no caso de áreas em exploração comercial, devem constar, além da localização, nome da empresa, contato e descrição do material explorado, dados de produção e características tecnológicas dos materiais produzidos por ensaios fornecidos pelos proprietários.

g) anexo com todos os resultados das investigações executadas, como perfis individuais

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

de sondagens mecânicas, perfis geofísicos, boletins de ensaios, resultados obtidos por pesquisa bibliográfica etc. No caso de investigações muito extensas, pode ser elaborado um volume ou relatório à parte, devendo constar no relatório geológico os dados obtidos de forma resumida e com referências.

Sempre que possível, o relatório deve ser ilustrado com mapas, fotografias de afloramentos, amostras, áreas de condicionantes geológicos, imagens de satélite, croquis esquemáticos e outras imagens consideradas adequadas.

6.3 Projeto Executivo

6.3.1 Memorial Descritivo

O memorial descritivo deve consolidar os condicionantes geológicos apresentados no projeto básico e apresentar os resultados de eventuais investigações geológicas complementares.

6.3.2 Plantas do Projeto Executivo

Podem ser utilizados os desenhos apresentados pelo projeto geométrico, em formato A-1, utilizando as escalas 1:1000 horizontal e 1:100 vertical. Nesses desenhos deve-se locar as investigações executadas, os perfis individuais das sondagens e os quadros com resultados de ensaios, contatos geológicos e outros dados que se considerem necessários.

6.3.3 Seções Transversais

As seções geológicas transversais devem ser apresentadas perpendicularmente ao eixo, onde houver dados suficientes. Devem mostrar as obras ou serviços a serem implantados, como regiões de emboques de túneis, cortes extensos etc.

As seções transversais devem ser representadas com suas respectivas estacas devidamente anotadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 FRAZÃO, E.L. **Tecnologia de Rochas na Construção Civil**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2002. 131 p.

2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Ensaios de Permeabilidade em Solos – Orientações para sua Execução**. Coordenação Antônio Manoel dos Santos Oliveira e Diogo Correa Filho. Boletim nº 4, 3ª. Edição. São Paulo, 1996.

3 _____. **Ensaios de Perda d'água sob Pressão - Diretrizes**. Antônio Manoel dos Santos Oliveira, Ricardo Fernandes da Silva e Jayme Ferreira Júnior. Boletim nº 2. São Paulo, 1975.

4 _____. **Manual de Sondagens**. Coordenação de Wilson Shoji Iyomasa. Boletim nº 3, 4ª Edição. São Paulo, 1999.

5 VAZ, L. F. **Classificação Geológica dos Solos e dos Horizontes de Alteração de**

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Rocha em Regiões Tropicais. Solos e Rochas. Revista Brasileira de Geotecnia. Volume 19**,** 1996. 20 p.

6 NAKASAWA, V. A. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo – Esc. 1:500.000**. 1ª Edição. Publicação IPT nº 2089, 2 volumes. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., 1994.

7 SANTOS, A.R. **Geologia de Engenharia: Conceitos, Métodos e Prática**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.; Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2002. 222 p.

8 GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.I.; FERRER, M.; ORTUÑO, L.; OTEO, C. **Ingeniería Geológica**. Madrid: Pearson Educación, 2002. 744 p.

9 BAECHER. **Site Exploration: a Probabilistic Approach**. PhD. Thesis. Cambridge: Department of Civil Engineering Massachusetts Institute of Technology. 1972.

10 BROWN, E.T. (Ed.). **Rock Characterization Testing and Monitoring - ISRM Suggested Methods**. Oxford: Pergamon Press Ltd., 1981. 211 p.

11 PONÇANO, W. L., CARNEIRO, C. D. R., BISTRICHI, C. A., ALMEIDA, F. F. M., PRANDINI, F. L. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Volume I**. Publicação do Estado de São Paulo, 1981. 94 p.

12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA; DIVISÃO DE GEOLOGIA; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE, 1995. 247 p.

13 CARVALHO, Pedro Alexandre Sawaya de (Coordenador). **Manual de Geotecnia: Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e Solução de seus Problemas**. Publicação Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. 1843, 1991.

14 CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS; COMITÊ COORDENADOR DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos, junho de 2000. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/r0estadual/sumario.htm.>

15 GOMES, R.C. **Classificações Geomecânicas de Maciços Rochosos**. Publicação 060/91 – EESC-USP, 1991. 37 p.

16 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A.. **Mapa Geológico (2 vol.) Mapa Geomorfológico (2 vol.)**. Publicação do Estado de São Paulo, 1981.

17 MIOTO J.A. **Mapa de Risco Sísmico do Sudeste Brasileiro**. Publicação IPT nº 1.563. Série Monografias, 10, 1984. 49 p.

18 NOGAMI, J.S. **Principais Rochas de Interesse às Obras Civis**. São Paulo: Depar-

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

tamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1977.

19 OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1988. 586 p.

20 U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION; FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION; FEDERAL LANDS HIGHWAY. **Project Development and Design Manual**. Publication FHWA-DF-88-003, 1996. Disponível em: www.efl.fhwa.dot.gov/design/manual/pddmch06.pdf.

21 TOGNON, A.A. **Glossário de Termos Técnicos de Geologia de Engenharia**. ABGE, 1985. 139 p.

_____

/ANEXO A

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ANEXO A - MODELO GEOLÓGICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Na elaboração de um projeto de engenharia e na adoção de parâmetros que sejam adequados à representação das condições locais, o profissional envolvido em tal tarefa, conscientemente ou não, elabora um modelo geológico para a evolução local.

O ponto de partida para as considerações são aspectos relativos à evolução da geologia regional, associados aos processos de meteorização e características geomorfológicas locais.

Esse modelo é o ponto de partida para o raciocínio indutivo e de lógica dedutiva das condições locais Santos indica em "Geologia de engenharia: conceitos, métodos e práticas"(7) como parte da adoção de hipóteses fenomenológicas e suas aferições, através do empenho observativo e experimental.

De forma prática, o modelo geológico indica uma investigação orientada de dados que se mostrem sugestivos ou que se façam necessários para a comprovação do modelo. As investigações aferem e detalham o modelo, indicando a necessidade de novas investigações, sejam em locais específicos ou por métodos mais complexos.

A tabela a seguir, publicada em "*Ingeniería Geológica*" por Gonzales de Vallejo(8), apresenta as atividades iniciais dos projetos, como a revisão da bibliografia por mapas, publicações técnicas etc. do local, as quais apresentam elevada relação benefício/custo, que diminui à medida que há necessidade de maior investimento para obtenção de dados geotécnicos.

Tabela B-1 - Relação Custo/Benefício das Investigações Geotécnicas

Atividade	Custo	Benefício	Relação benefício/custo
revisão bibliográfica	baixo	muito alto	2,7
reconhecimento de campo	baixo a médio	muito alto	2,7 a 1,6
ensaios de laboratório	baixo a médio	alto a baixo	2,3 a 0,6
investigações *in situ* preliminares – anteprojeto	médio a alto	alto a baixo	1,4 a 0,4
investigações *in situ* – projeto	alto	alto	1,0

Por essa razão, as atividades devem ser cuidadosamente planejadas para que se possa obter o máximo proveito de cada fase de estudo e elaborar um modelo geológico-estrutural adequado à região em estudo.

Deve-se levar em consideração, entretanto, o que apresenta Baecher na publicação "*Site exploration:a probabilistic approach*"(9) quanto às diferenças entre os modelos e as condições reais:

Tabela B-2 - Diferenças entre Modelos e Sistemas Reais

Sistema Real	Modelo
mais rico em detalhes	ignora aspectos periféricos, concentrando-se naqueles considerados principais
menos rígido	atribui relações simplistas e rígidas (números)
mais interações com o ambiente e outros sistemas	escolhe uma fronteira de isolamento

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Essas considerações significam que o modelo adotado deve ser o mais próximo possível da realidade, embora ele nunca consiga representá-la totalmente. Como isso implica riscos para a execução da obra, também se conclui que o avanço das investigações geotécnicas na busca de um modelo consistente deve implicar uma minoração desses riscos.

O profissional envolvido nos estudos deve sempre considerar o modelo geológico do local de implantação da obra e buscar os parâmetros mais adequados para sua caracterização. Esse modelo deve ser continuamente aferido e detalhado, tanto nas diversas fases de projeto como na implantação mediante o acompanhamento técnico de obra (ATO) e a verificação do desempenho da obra já finalizada, conforme Santos em “Geologia de engenharia: conceitos, métodos e práticas” [(9)].

Como o modelo é dinâmico e auto-alimentável, as características obtidas em qualquer fase podem melhorar a aproximação ao sistema real e servir como referência para o enfrentamento de novos projetos, mesmo que em situações e condições geológico-geotécnicas distintas.

Como o risco é o produto da incerteza pela conseqüência de sua ocorrência em termos de vidas, saúde, bens e ambiente, devem ser avaliados, na análise de risco de determinada obra, a experiência dos profissionais envolvidos e o grau de conhecimento local.

Essa metodologia é utilizada com sucesso nos sistemas de classificação de maciços adotados para a elaboração de projetos de engenharia, principalmente em escavações subterrâneas. Os sistemas são baseados em formulações teóricas e os pesos dos parâmetros são reavaliados para o desempenho das obras já finalizadas.

———————

/ANEXO B

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ANEXO B - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O comportamento dos maciços frente à implantação de obras de engenharia lineares, como é o caso de rodovias, é influenciado pela fisiografia da região e pelas unidades geológicas ocorrentes.

Geomorfologia

Na descrição da geomorfologia do Estado de São Paulo adota-se como referencial básico o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo [(10)]. O mapa estabelece cinco grandes províncias: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental, além de zonas e subzonas.

No quadro geral do Estado de São Paulo, do Atlântico para o interior, sucedem-se faixas diferenciadas de relevo. De início distingue-se a região litorânea, a qual apresenta contrastes morfológicos entre o litoral norte, onde dominam costas altas, pequenas planícies e enseadas, e o litoral sul, com planícies costeiras mais extensas.

Em seguida, paralelo ao litoral, surge o alinhamento das escarpas das serras do Mar e Paranapiacaba, que se distribuem como uma faixa contínua desde o Rio de Janeiro até as cabeceiras do rio Juquiá, onde se desfazem em manchas.

Ultrapassado esse obstáculo há um extenso planalto dissecado com vias de passagem natural para o oeste, norte e noroeste do território paulista em direção aos tributários do rio Paraná. Nesse planalto também se aloja a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, seccionada por três alinhamentos com orientação nordeste-sudoeste: escarpas da Serra da Mantiqueira, espigões serranos do Quebra-Cangalha e o reverso continental da Serra do Mar.

Nessa faixa planáltica domina em área o relevo de morros, morrotes e colinas, além de serras alongadas e montanhas. Em direção ao ocidente o relevo descai suavemente através de patamares inclinados do planalto, proporcionando uma depressão onde as feições são pouco movimentadas.

Na seqüência surge a faixa das cuestas, um alinhamento irregular cuja morfologia se caracteriza pela presença de um relevo escarpado nos limites com a depressão anterior e por uma faixa de relevo suavizado e monótono, com apenas alguns destaques topográficos através do qual se chega ao limite do território paulista, junto à calha do rio Paraná. A compartimentação geomorfológica regional reflete basicamente o contexto morfo-estrutural, fato justificado pela compreensão de que a influência geológica é determinante: diferentes litologias, estruturas e tectônicas.

Outro fator importante na gênese da distribuição dos planaltos, cujas áreas somam em torno de 90% do Estado, é o reconhecimento de superfícies de aplainamento ou de erosão, de origens diversas, que podem estar associadas a processos de flutuações climáticas e deformações tectônicas cenozóicas.

Nessas unidades de relevo podem ser descritas algumas regiões que devem ter comportamento semelhante para execução de obras de engenharia.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1. Regiões baixas de planície: envolvem a planície costeira, as várzeas e fundos de vale. Caracterizam-se pela ocorrência de sedimentos recentes. Podem ocorrer solos orgânicos e de baixa capacidade de suporte e nível de água próximo à superfície.

   Nas áreas planas os solos são de 1a categoria de escavação; pode haver necessidade de empréstimo; deve-se tomar cuidado quanto aos dispositivos de drenagem superficiais e subterrâneos.

2. Regiões que apresentam baixas amplitudes e encostas com declividades suavizadas.

   O comportamento dos maciços depende de sua gênese e das suas características, como grau de alteração, fraturamento, presença de contatos, estruturas geológicas etc.

3. Regiões que apresentam elevadas amplitudes e encostas com altas declividades.

A combinação desses tipos de relevo com as litologias ocorrentes e seus solos de alteração originam os tipos de maciços que terão comportamentos geomecânicos peculiares.

Geologia

De forma resumida, o território paulista apresenta dois grandes domínios geológicos: Complexo ou Embasamento Cristalino, na porção oriental, e Bacia Sedimentar do Paraná, ocidental. No Embasamento Cristalino ocorrem rochas cristalinas de idades antigas que constituem o substrato de rochas sedimentares e vulcânicas do setor ocidental.

Durante o Pré-Cambriano até o início do Paleozóico, foram geradas rochas diferentes mediante processos diversos que constituem o Embasamento Cristalino. Sobre essas rochas acumulou-se espesso pacote sedimentar, desde o Devoniano até o Jurássico, na depressão que veio a constituir a bacia sedimentar do Paraná. A partir do Jurássico Superior ocorreram novos processos tectônicos tanto na área do embasamento como na bacia. Na bacia do Paraná depositaram-se sedimentos e rochas vulcânicas basálticas, completando o pacote que compõe a cobertura da plataforma. Na região exposta do embasamento formaram-se depósitos sedimentares em áreas restritas. Intrusões diversas afetaram esses dois compartimentos.

Desta forma, a configuração geológica do Estado de São Paulo pode ser assim resumida: porção do Embasamento Cristalino com coberturas sedimentares restritas e intrusões mesocenozóicas; porção da Bacia do Paraná representada por seqüência de rochas sedimentares e vulcânicas com importantes intrusões mesozóicas.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

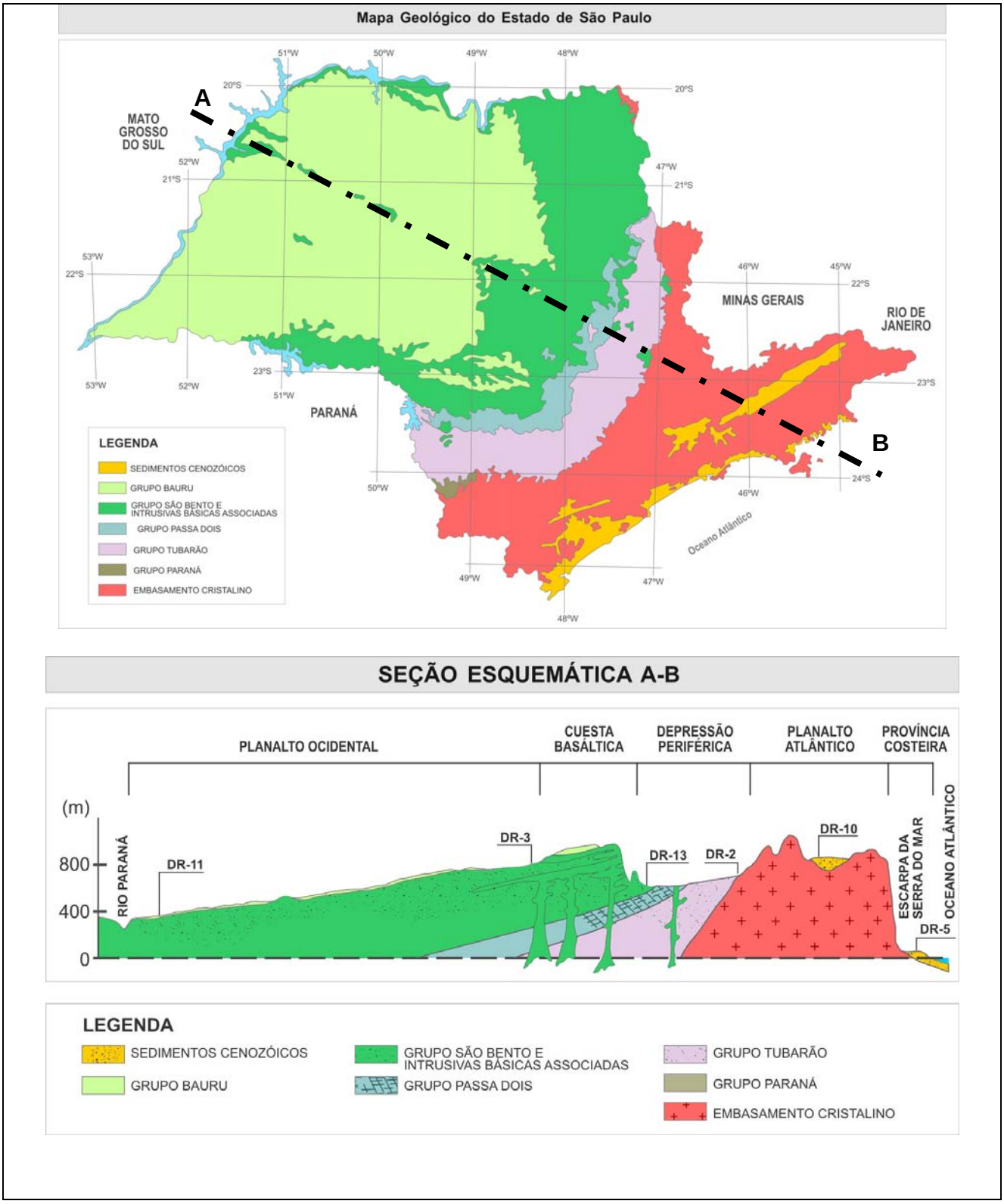


Figura B-1 – Mapa Geológico do Estado de São Paulo

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Solos

Embora variem entre autores em diversas épocas afirmações realçando este ou aquele fator de formação do solo, atualmente é aceito que o solo é produto da ação conjunta de vários fatores: clima, rocha matriz, relevo, tempo e biosfera, sendo esta última composta pelos seres vivos incluindo o homem. Esse conjunto de fatores implica alterações da sua constituição granulométrica, mineralógica e estrutural.

Os solos originados de rochas com estrutura foliada, mineralogicamente com uma grande porcentagem de minerais micáceos e pouco alterados, apresentam tendência a se apresentarem mais expansivos. Dessa maneira, micaxistos, filitos e migmatitos xistosos tendem a originar solos com maior expansão e menor suporte.

Por outro lado, granitos, gnaisses e quartzitos tendem a apresentar solos arenosos devido à sua mineralogia com predominância de quartzo, que não se altera facilmente. Esses solos apresentam baixa expansão e maior capacidade de suporte quando compactados, além de boa drenagem. São os mais indicados para o uso em pavimentação, com exceção dos originados da alteração de quartzito, que possuem alta resiliência.

Solos argilosos a argilo-siltosos são originados da alteração de rochas básicas, que, apesar de apresentarem boas características de suporte e baixa expansão, tendem a ser muito pouco permeáveis. Isso facilita o acúmulo de água e pode prejudicar o pavimento.

As rochas calcárias apresentam solos pouco desenvolvidos e ligados à mineralogia da rocha. Em geral originam solos essencialmente argilosos. Não permitem, devido às condições físico-químicas, laterização muito intensa. Apresentam espessura pequena, além de contato bastante irregular com a rocha sã. Têm distribuição restrita no trecho em estudo.

Além desses solos, nas regiões de elevações com encostas íngremes ocorrem solos denominados tálus. Os corpos de tálus são bastante heterogêneos, constituindo formações a meia encosta bastante instáveis. São formados por solo de granulometria variada, em geral arenosa, com blocos de rocha de diversos tamanhos e distribuição aleatória. Podem conter, ainda, troncos e matéria orgânica na matriz. Em geral apresentam-se saturados e, por suas características, são materiais ruins do ponto de vista geotécnico, tanto em taludes como em aterros compactados.

Comportamento Geológico

A região leste do Estado de São Paulo é constituída pelas rochas mais antigas, dobradas e falhadas do país e pelas maiores declividades e diferenças de cotas. A implantação de rodovias pode ser feita em regiões de grande variabilidade litológica e com a presença de estruturas geológicas locais e regionais.

Podem ocorrer movimentos de massas em encostas, principalmente em escarpas das serras. Deve-se atentar para a possibilidade de ocorrência de rocha em cortes altos e em túneis e para a possibilidade de ocorrência de matacões em áreas de granitos e gnaisses.

Nas regiões de ocorrência de calcários, mármores e carbonatitos podem ocorrer afundamentos cársticos, originados de cavernas subterrâneas.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Na região central do estado ocorrem litologias da Bacia do Paraná. Deve-se cuidar para a presença de solos arenosos suscetíveis a erosão e para minerais expansivos presentes nas Formações Corumbataí-Estrada Nova, que podem causar problemas de fundação ou de estabilidade de taludes. Tais minerais podem ocorrer na Bacia de Taubaté, de idade terciária, principalmente na Formação Tremembé.

Os derrames de basalto e os diques e *sills* de diabásio pertencentes à Formação Serra Geral aparecem em áreas de ocorrência de rocha de elevada resistência. Constituem-se de material de 3ª categoria de escavação, quando sãos pouco alterados.

O Planalto Ocidental apresenta formações predominantemente arenosas e suscetíveis à erosão, sendo palco de grandes voçorocas. A execução de rodovias nesse tipo de terreno, além do cuidado com o revestimento de taludes de corte e aterros, deve atentar para o disciplinamento das águas superficiais, para que não ocorram erosões a jusante de bueiros e de dispositivos de drenagem.

Ao longo das planícies dos rios e córregos ocorrem planícies com sedimentos recentes e saturados, com possibilidade de ocorrência de inundações e processos de adensamento, originando rupturas e recalques.

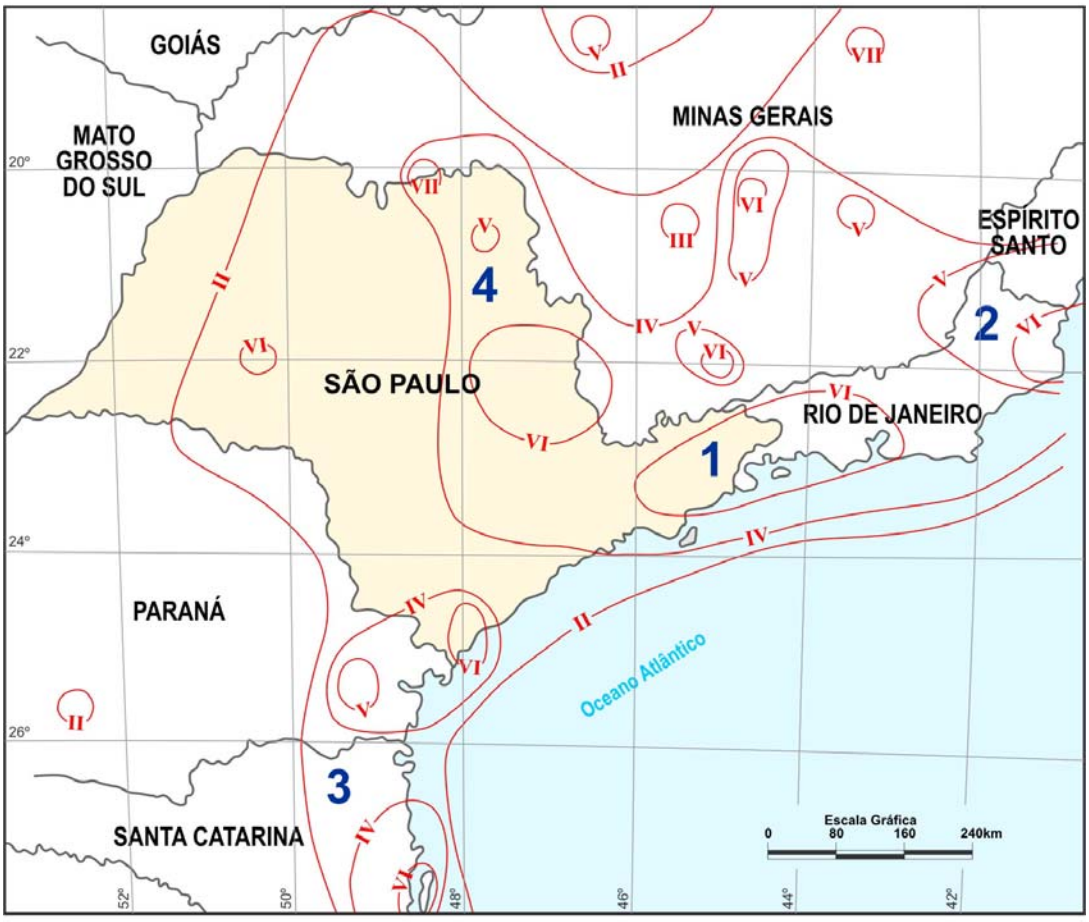
Na Planície Costeira os solos também são recentes. Foram identificas grandes espessuras de solos orgânicos compressíveis, os mangues, na região da Baixada Santista. Esses solos são problemáticos para a implantação de aterros de rodovias e podem requerer fundações bastante profundas em viadutos.

Deve-se considerar, também, a possibilidade de interferência da dinâmica costeira por correntes e marés para rodovias implantadas próximas à linha da costa.

Além das unidades geológicas e geomorfológicas, a análise do comportamento geotécnico dos maciços presentes em uma determinada região deve considerar as formas de uso e ocupação que podem alterar o comportamento original das unidades, como levar a instabilidades de encostas. O que comumente designa-se como “aterro”, nas investigações executadas deve ser mais detalhado. Muitas vezes é preferível a descrição de sua composição e o entendimento de sua constituição para auxiliar nos trabalhos.

Quanto à sismicidade, os estudos indicam a localização do Estado de São Paulo em área de baixo risco em relação a construções.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.



LEGENDA
REGIÕES SISMO-TECTÔNICAS

1 Região do nordeste de São Paulo

2 Região compreendida entre o norte do Rio de Janeiro e o sul do Rio Grande do Sul

3 Região compreendida entre Cananéia e Florianópolis

4 Região norte-nordeste de São Paulo e vale do rio Grande

NOTAS

a) Regiões 1 e 2 consideradas como partes de uma Província Sismo-Tectônica

b) Mapa baseado nos estudos da UnB (1979)

c) ~IV~ Isossista (linha de mesma instensidade sísmica, de IV MM)

LEGENDA DAS INTENSIDADES SÍSMICAS

III MM - não ocorrem danos em construções
IV MM - podem acontecer raros prejuízos em construções comuns
V MM - podem ocorrer eventuais danos em construções comuns
VI MM - podem ocorrer pequenos danos em construções comuns

Figura B2 - Mapa de Isossistas (Mesma Intensidade Sísmica) no Estado de São Paulo

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.