

A GRANDE BARREIRA GEOLÓGICA DA SERRA DO MAR

Desde o descobrimento do Brasil e o início da colonização de seu território sudeste, a Serra do Mar apresentou-se como formidável barreira à penetração dos colonizadores para o interior do país e ao escoamento de riquezas para o litoral portuário.

Basta dizer que até perto de 1.800 as vias de penetração da Baixada Santista para o Planalto não passavam de algo pouquíssimo melhor que as pré-existentes trilhas indígenas. Mesmo após a implantação de estradas tecnicamente mais arrojadas, como a Estrada da Maioridade, a São Paulo Railway, o Caminho do Mar, a Estrada de Ferro Sorocabana, os problemas geológico-geotécnicos enfrentados pela operação e pela manutenção dessas vias eram de tal ordem que a Serra do Mar continuou por mais quase 2 séculos a se constituir em um formidável entrave geográfico ao pleno desenvolvimento econômico e social do sudeste brasileiro e do Estado de São Paulo em particular.

O fato é que desde cedo, especialmente a partir do Caminho do Padre José, aberto em 1560, cujas rústicas melhorias buscavam, entre outros propósitos, permitir o transporte de material militar para o planalto em lombo de escravos e mulas, começou-se a perceber que a Serra do Mar não apenas representava uma formidável barreira topográfica. À medida que os meios de transporte exigiam estradas mais largas e com rampas menos acentuadas, foram inevitáveis obras, como cortes e aterros, que implicavam em problemáticas interferências no equilíbrio natural das encostas da serra. Apresentou-se então como problema adicional ao grande desnível topográfico e acentuadas declividades do terreno, a enorme suscetibilidade natural dessas encostas a escorregamentos de solos e rochas, os quais tornaram as obras, como o próprio uso das estradas, uma incrível odisséia técnica e financeira para a sociedade paulista, muitas vezes com tons trágicos de perdas de inúmeras vidas humanas.

Por outro lado, fosse sua topografia um pouco mais suave e suas encostas menos susceptíveis a escorregamentos, por certo a Serra do Mar, com suas maravilhosas e generosas características naturais, teria já sido, a exemplo de outras regiões que lhe são limítrofes, totalmente desmatada e desfigurada — fato que representa hoje uma verdadeira bênção para as enormes concentrações populacionais que lhe são próximas.

Somente bem mais recentemente a Engenharia Brasileira convenceu-se que para bem vencer esse desafio de ordem geológica e geotécnica, precisava-se progredir nos conhecimentos sobre o comportamento das encostas da Serra (deslizamentos, desmoronamentos, corridas de lama), de tal sorte que os projetos e obras de intervenção admitissem características que de alguma forma buscassem contornar as dificuldades colocadas pela natureza. Essa foi uma compreensão importantíssima do problema, pois que possibilitou a migração da anterior postura de “vencer a Serra a qualquer custo” para uma atitude mais inteligente e superior de “entender e respeitar a Serra”.

Esse melhor entendimento do comportamento geológico e geotécnico da Serra do Mar deve-se em grande parte à Geologia de Engenharia e à Engenharia Geotécnica, e pode-se afirmar que os trágicos episódios de escorregamentos ocorridos ainda em 1966 e 1967 na Serra das Araras (RJ) e em Caraguatatuba (SP) constituíram o principal ponto de partida para esse aprofundamento de conhecimentos. Marco especial dessa nova atitude da Geologia de Engenharia foi o histórico feito técnico-científico de geólogos do IPT em 1976 com a descoberta da correlação entre histórico pluviométrico e escorregamentos na Serra do Mar.

Outros trabalhos acabaram por consolidar definitivamente essa “guinada” da Geologia de Engenharia e da Geotecnia brasileiras em atenção às suas responsabilidades disciplinares na explicação de gênese e evolução de fenômenos geológico-geotécnicos da Serra, como em 1976 o lançamento pelo IPT da publicação “Atuação da Cobertura Vegetal na Estabilidade de Encostas: Uma Resenha Crítica” e em 1978 a conclusão e divulgação pelo IPT da Carta Geotécnica dos Morros de Santos, projeto que, pela primeira vez, relacionava a incidência de escorregamentos com determinadas tipologias de encostas e com rupturas positivas de declive.

Em seqüência, vários projetos nos diversos estados do sudeste brasileiro proporcionam o progressivo “desvendamento” da Dinâmica Externa da Serra do Mar, com destaque às Cartas Geotécnicas para municípios do litoral, a continuidade dos estudos sobre correlação entre chuvas e escorregamentos, a aplicação pioneira e plenamente exitosa de programas de Defesa Civil ligados a riscos geológicos.

Hoje se pode dizer que, graças especialmente à dedicação de seus geólogos, geógrafos e engenheiros, o país encontra-se em um elevado patamar de conhecimentos sobre os escorregamentos de solos e rochas que se verificam natural e induzidamente na Serra, plenamente conclusivo para orientar devidamente qualquer tipo de intervenção de engenharia que seja necessária nessa e em outras serras úmidas tropicais e subtropicais. Sem dúvida, nessa área a Tecnologia Brasileira foi guindada ao nível internacional mais alto de conhecimentos e experiência.

A ocorrência de escorregamentos relaciona-se à conjunção de diversos fatores: pluviosidade, declividade e forma das encostas, características geológicas, grau e tipo de interferências humanas, entre outros.

Dois desses fatores são fundamentais e decisivos para definir a maior ou menor probabilidade de ocorrência desses fenômenos: a pluviosidade e a declividade das encostas. Quanto à pluviosidade, cuja conseqüência problemática é a possibilidade de saturação dos solos superficiais, mais importante que o total de chuvas em um determinado período, ou mesmo que a intensidade de um episódio isolado de chuva torrencial, é o histórico pluviométrico acumulado em um determinado número de dias. A maior probabilidade de ocorrência de escorregamentos, tanto os naturais como os induzidos, se dá quando de um histórico pluviométrico caracterizado por 3 ou 4 dias de chuvas contínuas de saturação, culminado por um episódio de chuva torrencial de grande intensidade. É nessa situação que os solos superficiais atingem níveis críticos de saturação e percolação interna de água com decorrente enfraquecimento limite de suas propriedades geotécnicas.

Obviamente, os escorregamentos induzidos, ou seja, ligados a algum tipo de interferência humana, exigem uma intensidade pluviométrica menor para sua ocorrência em relação àquela necessária ao desencadeamento de escorregamentos naturais.

O fato de ter sido descoberta essa “equação pluviométrica” para a ocorrência de escorregamentos permitiu a adoção de sistemas de defesa civil que, ao detectar a iminência de se configurar o referido histórico pluviométrico crítico, emitem um sinal de estado de alerta que proporciona a interdição de vias, a evacuação de populações em áreas críticas, o isolamento de sistemas industriais e de transporte de combustíveis, etc.

Quanto à declividade das encostas, elas começam a se mostrar mais susceptíveis a escorregamentos a partir de inclinações em torno de 30° e 35°. E quanto à forma, os trechos retilíneos, especialmente os do terço superior dos espigões ou morros isolados, mostram-se nitidamente mais instáveis.

Ainda que esses dados relacionem-se a estudos realizados para a Serra do Mar em seu trecho paulista, pode-se afirmar que sua lógica (chuvas de saturação culminadas por episódio de chuva torrencial, encostas retilíneas e declividades a partir de 30° e 35°) aplica-se a todas regiões serranas quentes e úmidas do país. Nesse sentido, é altamente recomendável a realização de estudos similares em todas as regiões e sub-regiões homogêneas das serras tropicais úmidas brasileiras, especialmente aquelas em que a presença humana tende a conferir um caráter catastrófico à eventual ocorrência de escorregamentos. Esta providência permitiria, para cada caso específico, aferir os limites de segurança e de risco face a situações episódicas de alta pluviosidade, dado de entrada indispensável para a elaboração e implementação de cartas de risco e programas de Defesa Civil.

Quanto à tipologia de escorregamentos que se observa nessas regiões, com base na observação de grande número de situações, foi possível sistematizar padrões de ocorrência quanto à feição desses eventos e relacioná-los à origem dos mesmos. Sem a intenção de nesse artigo aprofundarmos a questão, vejamos um quadro sintético que sistematiza e relaciona os diversos

tipos de escorregamentos (movimentos de massa) possíveis de ocorrer em uma região serrana quente úmida.

CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA (ESCORREGAMENTOS)
(tabela retirada do livro do autor “A Grande Barreira da Serra do Mar”)

TIPOS		CARACTERÍSTICAS
N A T U R A I S	Rastejo, Solifluxão	Movimentos de grande lentidão e intermitência no horizonte superior de solos superficiais
	Escorregamentos translacionais rasos (ou planares)	Desmorte hidráulico de solos superficiais especialmente associado a encostas retilíneas com inclinação acima de 30° e rupturas positivas de declive
	Corridas de lama	Violenta torrente fluida de massa de solo e rocha ao longo dos talvegues de vales encaixados, originada da confluência do material de inúmeros escorregamentos planares ocorridos nas vertentes desses vales
	Desprendimentos em rocha	Queda de blocos e lascas de superfícies rochosas naturais expostas; rolamento de matacões superficiais
I N D U Z I D O S	Movimentação de tálus e corpos coluvionares	Movimentação de grandes massas coluvionares quando cortadas ou sobrecarregadas por algum tipo de intervenção humana
	Escorregamentos rotacionais profundos	Escorregamentos de grandes massas de solo devido especialmente a escavações de pé de talude, sobrepeso, alterações de drenagem, desmatamento, etc
	Escorregamentos translacionais rasos (ou planares)	Por cortes no terreno, concentração de águas superficiais, desmatamento, sobrepesos de aterros ou lixo, etc
	Desprendimentos em rocha	Queda de blocos individualizados ou desmoronamentos de conjunto de blocos por combinação desfavorável de planos estruturais da rocha com plano do talude de corte, vibrações no terreno, descalçamento erosivo de matacões, etc.
	Colapso em saprolito fraturado	Desmoronamento de grandes massas de rocha alterada fraturada pela combinação desfavorável de orientações espaciais de estruturas da rocha, diferentes graus de alteração, inclinação do plano do talude de corte e direção da estrada

Do ponto de vista ambiental, a percepção pela sociedade que a simples existência da Serra, com sua exuberante Mata Atlântica, vizinhas às maiores concentrações urbanas do país, é uma benção para a saúde física e espiritual de dezenas de milhões de pessoas é cada vez maior na consciência de todos, especialmente de nossa juventude, o que tem induzido a produção de poderoso aparato legal de proteção ambiental para a região. Considere-se, no entanto, que para a preservação deste tão fantástico patrimônio, a contribuição da tecnologia nacional é fundamental, uma vez que somente o conhecimento técnico-científico e a criatividade tecnológica dele decorrente poderão possibilitar que as indispensáveis futuras intervenções humanas junto à Serra (estradas, dutos, linhas de transmissão, sistemas de captação de água, etc.) sejam implantadas e operadas sem afetar as condições geológico-geotécnicas e ecológicas naturais.

Especificamente sobre as futuras obras viárias de transposição da escarpa da Serra do Mar, talvez seja oportuno lembrar o trabalho “Transposição Viária de Regiões Serranas Através de Túneis Longos” apresentado em 1994 pelo autor do presente artigo, pelo engenheiro Tarcisio B. Celestino e pelo geólogo Eraldo L. Pastore ao 3º Simpósio Brasileiro de Escavações Subterrâneas. Nesse trabalho os autores propunham que já para a implantação da pista descendente da Imigrantes fosse considerada a alternativa de adoção de um túnel único ligando o planalto à baixada. O argumento dos autores, plenamente válido e atual, indicava que, ponderadas a suscetibilidade natural das encostas a escorregamentos, as sensíveis questões ambientais envolvidas, as desgastantes e dispendiosas experiências anteriores de obras viárias na região e os enormes avanços em todo o mundo nas técnicas de abertura de túneis, barateando e versatilizando seguidamente esse tipo de obra, devesse essa alternativa ser seriamente considerada.

Se não o foi totalmente considerada na abertura da segunda pista desta fantástica rodovia, pode-se dizer que o foi em grande parte, o que marca positivamente uma tendência que deverá evoluir e ser observada para as próximas obras. Sob o aspecto ambiental e estético, será também interessante nossa arquitetura considerar a alternativa de trechos em viadutos que, por sua concepção, permitam ao viajante a contemplação de um dos mais bonitos espetáculos naturais do meio físico brasileiro, pois que os túneis, ainda que seguros e indicados tecnicamente, inviabilizam tão instigante e virtuoso relacionamento Homem/Natureza.

De um ponto de vista mais geral, considerados todos os variados tipos de obras de engenharia impõem-se como diretrizes explícita e implicitamente assumidas pelos agentes sociais públicos e privados dos estados envolvidos, a decisão de somente interferir na Serra quando de empreendimentos indiscutivelmente indispensáveis à sociedade. Importante registrar que hoje a mais ameaçadora intervenção sobre os domínios da Serra provém não de obras clássicas de engenharia, mas sim da desorganizada expansão urbana dos vários municípios da orla sudeste brasileira. Essa preocupante expansão e os acidentes e problemas dela decorrentes são hoje uma realidade que exige rápida e consistente ação por parte dos poderes públicos e privados envolvidos.

Para o contexto mais geral, e sob o aspecto tecnológico, uma boa e oportuna providência seria a constituição de Comitês Estaduais de Avaliação Tecnológica de Projetos, à análise dos quais obrigatoriamente teriam que ser submetidos e obter aprovação os projetos de todo e qualquer tipo de empreendimento que, de alguma forma, possam vir a interferir nas condições naturais das encostas da Serra.

Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos (santosalvaro@uol.com.br)

- Ex-Diretor de Planejamento e Gestão do IPT
- Ex-Diretor da Divisão de Geologia do IPT
- Foi Diretor Geral do DCET - Deptº de C&T da Secretaria de C&T do Est. de São Paulo, Vice-Presidente Executivo do CONSIP - Conselho das Instituições de Pesquisa do Estado de São Paulo e Coordenador do FUNCET - Fundo Estadual de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo
- Ex-Secretário de Desenvolvimento Econômico e Social de Mogi das Cruzes
- Autor dos livros “Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática”, “A Grande Barreira da Serra do Mar” e “Cubatão”
- Consultor em Geologia de Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente
- Criador da técnica Cal-Jet de proteção de solos contra a erosão