

**MANUAL BÁSICO
PARA A ELABORAÇÃO
E USO DA
CARTA GEOTÉCNICA**

Geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos

*“A pessoa que gosta de agir sem teoria é qual marinheiro
que sobe a bordo de um navio sem leme
e bússola e nunca saberá onde aportar.”*

Leonardo da Vinci

*“Viver, eu suponho,
É chicotear a realidade
Montado no sonho.”*

Alvaro Posselt

*“Faz-se ciência com fatos, como uma casa
com pedras;
Porém, uma acumulação de fatos não é ciência, como
um montão de pedras não é uma casa.”*

Henri Poincaré

DEDICATÓRIA

Dedico esse Manual a todos aqueles brasileiros que perderam seus pobres patrimônios, seus entes queridos ou suas próprias vidas por, pressionados por suas parcas posses, terem erguido suas casas e barracos em terrenos de alto risco geológico, sob os olhos omissos e permissivos da sociedade e do poder público.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente às empresas e instituições patrocinadoras dessa edição: MAUBERTEC, ENGESOLOS, SECOVI, CPRM/SGB, GEOBRUGG e TECNOGEO, por propiciarem, com seu apoio, um franco e fácil acesso a esse Manual por parte de grande parte de seus potenciais usuários.

Da mesma forma agradeço à Editora Rudder por seu dedicado e ativo envolvimento na edição dessa obra.

SUMÁRIO

•	UM BREVE PRÓLOGO GEOLÓGICO	11
•	APRESENTAÇÃO	13
•	PREFÁCIO	15
	1 – DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS AO SUPORTE DAS AÇÕES HUMANAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	19
	2 – CARTA GEOTÉCNICA – A QUESTÃO CONCEITUAL	22
	3 – ALGUNS CONTEXTOS E FENÔMENOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS SUGESTIVOS DE UMA CARTA GEOTÉCNICA	24
	4 – A QUESTÃO CONJUNTURAL	55
	5 – PROPOSTA DE UMA CORRETA ABORDAGEM NA GESTÃO DE ÁREAS DE RISCO	56
	6 – A CRUCIAL QUESTÃO DAS ESCALAS	58
	7 – EQUIPE INTERDISCIPLINAR DE TRABALHO PARA A ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS	59
	8 – A ELABORAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS. PASSOS METODOLÓGICOS	60
•	8.1 – Aquisição e/ou produção dos mapas temáticos e aplicados da área objeto	60
•	8.2 – Definição das feições fisiográficas críticas	65
•	8.3 – Compartimentação geotécnica	65
•	8.4 – Sobre os recursos computacionais	69
•	8.5 – Estabelecimento das obrigatoriedades técnicas para a ocupação urbana dos compartimentos geotécnicos dados como ocupáveis pela Carta Geotécnica	69
•	8.5.1 – Tabela-resumo	69
•	8.5.2 – Folheto Técnico	72

9 – O USO PRÁTICO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS	77
• 9.1– A Carta Geotécnica de Aptidão Urbana e as legislações de uso do solo urbano	77
• 9.2 – O Grupo Técnico responsável pela aplicação da Carta Geotécnica	80
• 9.3 – Participação das comunidades	80
10 – AS CARTAS DE RISCO	81
11 – BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA	84
12 – ANEXOS DE INTERESSE PRÁTICO	86
• 12.1 – Tabela de conversão de unidades de declividade	88
• 12.2 – Tipos de relevo	89
• 12.3 – Classificação de movimentos de massa típicos de regiões serranas tropicais úmidas	90
• 12.4 – Classificação geológico-geotécnica de solos e rochas segundo seu perfil de intemperismo	92
• 12.5 – Um melhor entendimento sobre a pertinência de delimitação de APPs (Áreas de Preservação Permanente)	93

UM BREVE PRÓLOGO GEOLÓGICO

Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, saúde, comunicação etc.), o homem é inexoravelmente levado a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, extração de minérios, exploração florestal, indústria, usinas elétricas, estradas, portos, canais, obras de saneamento, dutos, disposição de lixo doméstico ou resíduos industriais etc.), o que já o transformou no **mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície do planeta.**

Ao modificar as condições naturais preexistentes no meio físico geológico, o homem está interferindo em um estado de equilíbrio dinâmico natural, resultado de um incessante conflito de forças e agentes naturais ao longo de um espaço de tempo que tem milhões de anos como sua unidade de medida. Como resposta à ação do desequilíbrio imposto pela intervenção humana, há uma mobilização de forças naturais orientadas, como reação, a buscar por um novo estado de equilíbrio. Caso esse empenho de busca de um novo equilíbrio se dê isoladamente pela própria natureza, as consequências para o homem costumam ser catastróficas: deslizamentos, rupturas de fundações, colapsos de obras subterrâneas e superficiais, violentos processos erosivos e assoreadores, enchentes etc. Para que essas consequências negativas sejam evitadas, controladas ou ao menos minimizadas, é necessário que a intervenção humana traga já consigo, em sua concepção e providências associadas, as formulações compensatórias do desequilíbrio imposto. Condição que exige, liminarmente, que o homem conheça perfeitamente as características e os processos naturais do meio geológico em que está interferindo.

Nesse contexto, fica ressaltada a enorme importância de uma abordagem preventiva e de planejamento, condição essencial para alterarmos a trágica tradição brasileira em que as geociências aplicadas são, especialmente no que diz respeito ao espaço urbano, na maior parte das vezes, chamadas a dar suporte a ações de cunho corretivo ou emergencial, situação em que, infelizmente, os grandes prejuízos para a sociedade, não raras vezes envolvendo a perda de vidas humanas, já ocorreram.

“Qualquer ação humana sobre o meio natural interfere, não só, limitadamente, em matéria bruta, mas, significativamente, em matéria em movimento, ou seja, em processos geológicos, sejam eles menos ou mais perceptíveis, sejam eles mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, estejam eles temporariamente contidos ou em franco desenvolvimento.

Do que decorre que nas Ciências Naturais, e na Geologia em especial, o primeiro e essencial passo está em descobrirmos e assimilarmos as leis básicas da Natureza. Isso feito, as cortinas se abrem e a compreensão dos fenômenos naturais ou induzidos pelo homem surge clara à nossa frente.”

APRESENTAÇÃO

As recorrentes tragédias associadas a deslizamentos e enchentes que vêm anualmente se abatendo sobre um grande número de municípios brasileiros, fazendo milhares de vítimas fatais, grande número de desabrigados, ocasionando a destruição de patrimônios familiares e públicos, tiveram ao menos como saldo “positivo” a consolidação da consciência sobre a importância em se ter em conta as características geológicas, geotécnicas e hidrológicas dos terrenos no processo de ocupação dos territórios urbanos.

Nesse aspecto, importante considerar que, mesmo não atingindo o caráter de desastres mais clássicos associados a enchentes e deslizamentos, vários outros graves problemas decorrem de erros na ocupação de espaços urbanos, de uma forma mais difusa, mas não menos deletéria do ponto de vista econômico, social e ambiental, como abatimentos e recalques de terrenos, solapamentos de margens de cursos d’água, colapso de obras superficiais e subterrâneas, comprometimentos de fundações e estruturas civis, contaminação de solos, de águas superficiais e do lençol freático, deterioração precoce de infraestrutura urbana, acidentes ambientais, degradação do meio físico geológico e hidrológico etc.

Nesse contexto, vem a cada dia firmando-se a consciência sobre a prioridade estratégica que deve ser dada às ações de caráter preventivo e de planejamento, ou seja, ações que objetivam inteligentemente impedir, já de início, a instalação de situações de inconformidades ou riscos geológicos, geotécnicos e hidrológicos. No âmbito dessa abordagem preventiva, que implica em perceber-se que em nosso país a questão áreas de risco está direta e prioritariamente vinculada às políticas públicas de planejamento urbano e habitação popular, destaca-se como instrumento-chave a Carta Geotécnica municipal, documento cartográfico que informa sobre o comportamento dos diferentes compartimentos geológicos homogêneos do território municipal frente às solicitações de ocupação urbana, e complementarmente indica as melhores opções técnicas para que essa intervenção se dê com pleno sucesso técnico e econômico.

Não foi por outro motivo que o meio técnico brasileiro – geólogos, engenheiros geotécnicos, geógrafos, arquitetos, urbanistas, hidrólogos, profissionais de Defesa Civil etc. – que lida diretamente com os problemas associados a áreas de risco saudou efusivamente a aprovação da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil), o SINPDEC (Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil) e o CONPDEC (Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil), que determina alterações positivas no Estatuto das Cidades e promove a obrigatoriedade de elaboração e aplicação da Carta Geotécnica por parte dos municípios brasileiros mais vulneráveis a situações de risco geológico.

Da mesma forma, refletindo esse mais qualificado entendimento da questão de riscos urbanos, os Planos Diretores, como o caso do recentemente revisto e aprovado Plano Diretor Estratégico da cidade de São Paulo, vêm institucionalizando o papel orientativo, e formalmente legal, da Carta Geotécnica nas relações da cidade com seu meio fisiográfico de suporte.

Como reflexo natural desse novo quadro, a elaboração de Cartas Geotécnicas municipais já constitui expressiva e crescente demanda de serviços junto a instituições e empresas brasileiras que trabalham no campo da geologia de engenharia e da geotecnia. Essa nova realidade impõe a premente necessidade do meio técnico brasileiro aprimorar e uniformizar, no âmbito de uma linguagem normativa, seu entendimento sobre os principais aspectos conceituais e metodológicos envolvidos na elaboração e na aplicação de Cartas Geotécnicas, única forma de se garantir o nível de qualidade e equivalência exigido para o tão estratégico instrumento de gestão geológica e geotécnica do uso do solo urbano. Essa mesma normatização é igualmente essencial para uma qualificada elaboração dos editais licitatórios que comandarão a contratação das Cartas Geotécnicas pelos entes públicos federais, estaduais e municipais.

Esse é justamente o principal objetivo desse Manual, colaborar para a consolidação normativa dos aspectos conceituais e metodológicos envolvidos na elaboração e no uso das Cartas Geotécnicas.

O autor

PREFÁCIO

Cidade, bem de raiz, nasce do solo. E do subsolo.

Num país onde a construção de cidades, habitação e sistema viário à frente é completamente dependente de terra barata para se reproduzir e que foi ardilosamente convencido de que estas mesmas cidades cresceram sem planejamento e que agora é tarde, onde a sociedade se acostumou a reconhecer como inconteste uma urbanização dispersa que é socialmente onerosa, excludente, injusta e ambientalmente devastadora e, enfim, num país onde pessoas, para nosso horror anual, perdem tudo ou chegam a morrer por morarem em locais sabidamente inadequados, que inundam ou desmoronam, qual o papel de uma publicação como este MANUAL BÁSICO PARA A ELABORAÇÃO E USO DA CARTA GEOTÉCNICA?

A resposta é mais simples do que parece: o papel deste Manual é, acima de tudo, nos prover da possibilidade de superação destas limitações a partir da difusão, de maneira objetiva, didática e acessível, de um conhecimento técnico acumulado de grande importância e utilidade para políticos, técnicos, gestores, estudantes e quaisquer outros cidadãos preocupados em compreender mais a fundo o fenômeno urbano, seus riscos e suas qualidades.

Para melhor entender a importância desta obra, vale lembrar que o Brasil está dividido em mais de 6.000 municípios dos mais variados portes e que da maior metrópole ao menor deles, assistimos anualmente a catástrofes ditas naturais, pessoas perdendo seus patrimônios, muitas vezes suas vidas. E, para surpresa de muitos, por motivos completamente evitáveis caso alguns cuidados técnicos e geotécnicos fossem minimamente observados.

Para a compreensão deste fenômeno, a existência de conhecimento técnico não utilizado, é preciso também compreender, e superar, algumas certezas que nos são inculcadas e que não correspondem a verdades incontestáveis.

A maior delas é a de que nossas cidades, principalmente as grandes, cresceram sem planejamento. Ao contrário, nossas cidades foram rigorosamente planejadas, só que para ser o que são. E este é o problema.

Desde a Revolução Industrial europeia no final do século XVIII, a dobradinha cidade / industrialização se estabeleceu vitoriosa. Uma passa a ser insumo da outra, numa relação simbiótica impressionante.

O Brasil, por sua vez, é um país que cresceu vertiginosamente ao longo do século XX. Os 50 anos em 5 de Juscelino Kubitschek são um marco simbólico deste crescimento, mas o fato é que de 1930 a 1980 o Brasil saiu de uma condição de país totalmente rural e agrário para um país completamente urbanizado e industrial. Hoje a taxa de urbanização da população ultrapassa os 85% enquanto a média mundial é de pouco mais de 50%. O país percorreu em 50 anos uma trajetória que países do primeiro mundo levaram 250 anos para cumprir e consolidar.

É neste quadro que se insere o crescimento de nossas cidades, de nossas metrópoles. Em meio a um modelo econômico concentrador de riqueza e renda, e num contexto de transição velocíssima, coube à cidade o papel de se organizar para receber a qualquer custo, desde que de baixo custo, a atividade econômica e abrigar, de qualquer maneira, a mão de obra e o mercado consumidor. E assim se fez.

Não por outro motivo, durante 50 anos o melhor negócio existente no Brasil foi a compra de terra por alqueire e sua revenda por metro quadrado. A palavra de ordem neste período foi parcelar e ocupar, e não urbanizar. E, sempre, sob o olhar complacente e conivente das estruturas públicas responsáveis pela gestão da cidade, seu território e seus serviços, que neste caso se vestiu sempre se ineficaz como que a justificar assim seu papel neste pouco complexo sistema.

Em poucas palavras, isto explica em parte a situação atual de nossas cidades. E explica, certamente, os motivos pelos quais nossa urbanização se deu prescindindo de apuro técnico, tanto no que diz respeito ao uso e ocupação do solo quanto, e sobretudo, ao uso e ocupação do subsolo. Dependente de áreas baratas, de pouco valor, com a justificativa da necessidade da urbanização expressa se estabeleceu um sistema que se pode chamar de extrativismo urbano, que se serviu sempre de áreas periféricas ou problemáticas, quando não de ambas, para se materializar.

Áreas ganhas de encostas, de rios e cursos d'água, feições geológicas críticas... De tudo um pouco. Do buraco de Cajamar às encostas de Niterói ou Petrópolis, das avenidas de fundo de vale presentes em todo o Brasil aos sistemas de captação de água e lançamento de esgotos, nada ou quase nada se deu em respeito às condições geológicas presentes ou futuras dos territórios ocupados.

Neste início de século XXI, esta situação começa a mudar radicalmente. Cada vez mais a sociedade se dá conta de que a cidade não é apenas um palco inanimado da vida urbana, mas sim um agente, presente e atuante, na organização das relações humanas de qualquer natureza, entre pessoas ou grupos.

No Brasil, as jornadas de maio-junho de 2013 deixaram claros os reclamos da sociedade por uma cidade melhor, que preste serviços melhores, que agrida menos as pessoas e o ambiente.

Temos no momento sinais claros destas mudanças, inclusive nas ações do poder público. A inclusão da necessidade de utilização das Cartas Geotécnicas no Plano Diretor Estratégico de São Paulo, que deverá ser paradigmático para boa parte dos municípios brasileiros, a liberação de fundos do Governo Federal para que os municípios possam preparar suas cartas e, sobretudo, a elevação do nível de consciência dos profissionais envolvidos, arquitetos e urbanistas, engenheiros, sanitaristas, médicos, biólogos, geógrafos, geólogos e tantos outros são alvissareiros.

Por isso, esta obra é um instrumento de transmissão de um conhecimento imprescindível para a melhoria da construção das cidades e, portanto, da elevação da qualidade de vida de toda a população.

Deste modo, preparada pelo experiente geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos, é muito mais do que um manual técnico. Trata-se de um instrumento político, na medida em que difunde e socializa um conhecimento necessário e que todo conhecimento é, necessariamente, libertador.

Valter Caldana

Arquiteto e urbanista, mestre e doutor pela FAUUSP (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo), professor e diretor da FAU (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo) da Universidade Presbiteriana Mackenzie

1 – DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS AO SUPORTE DAS AÇÕES HUMANAS DE USO E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO GEOLÓGICO

Ao menos quatro tipos de documentos cartográficos se destacam no objetivo de oferecer informações relativas ao comportamento do meio físico-geológico frente às mais diferenciadas formas de uso e ocupação do espaço territorial:

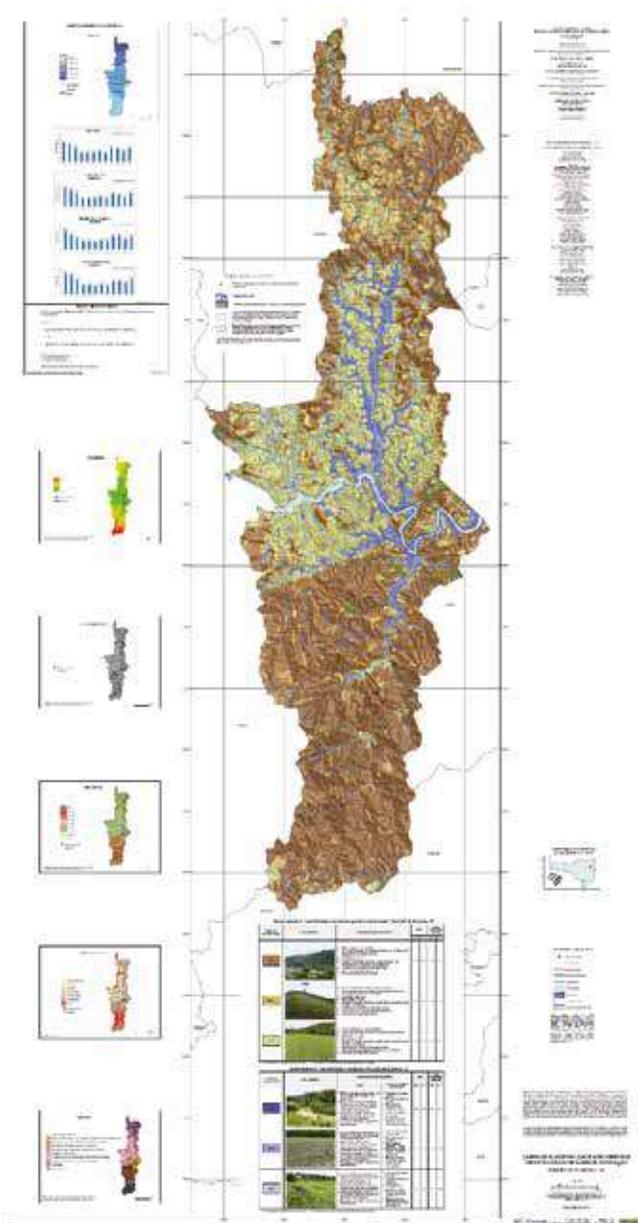
- MAPAS DE GEODIVERSIDADE
- MAPAS DE SUSCETIBILIDADE
- CARTAS GEOTÉCNICAS
- CARTAS DE RISCOS

O fator distintivo maior entre os Mapas de Geodiversidade, Suscetibilidade e Cartas Geotécnicas e Cartas de Risco está nos objetivos colimados por cada um desses instrumentos e, por decorrência, na escala em que são produzidos e apresentados e no nível de detalhamento das informações oferecidas.

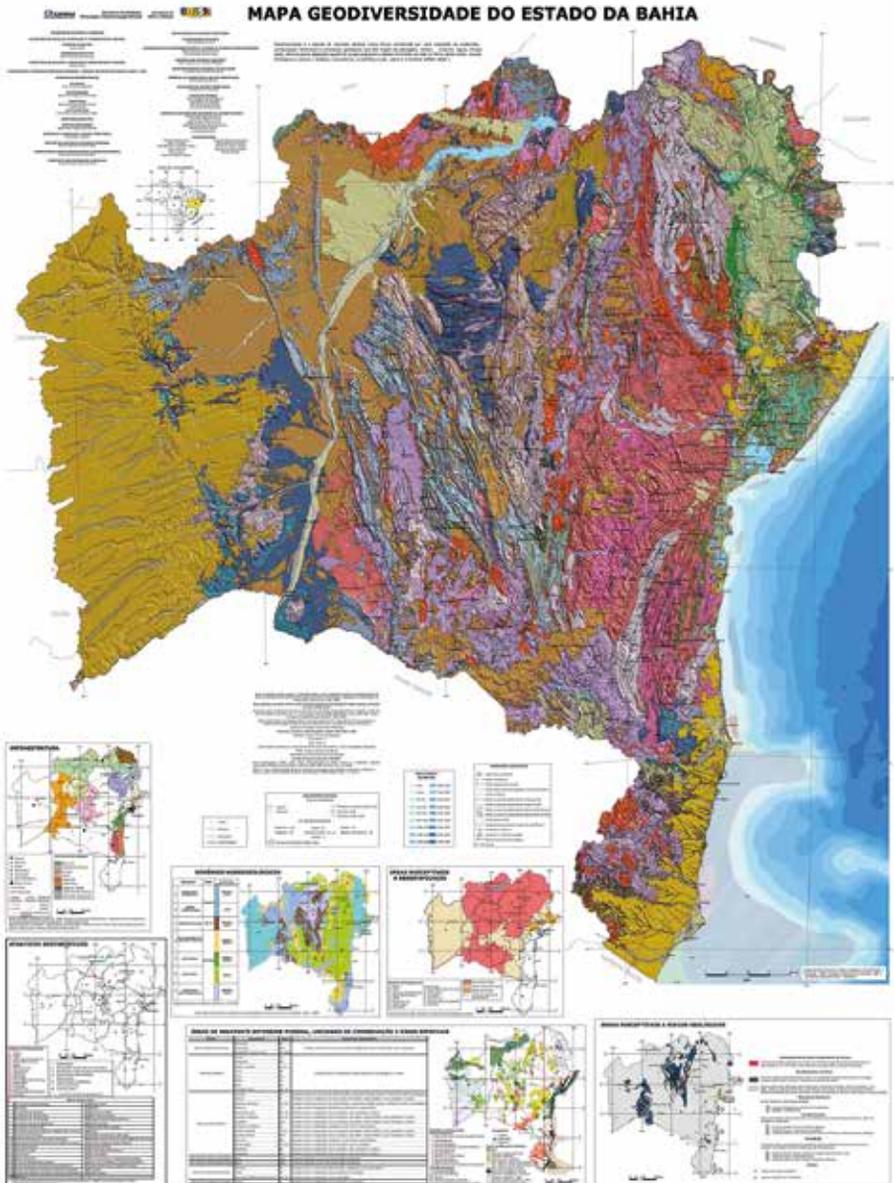
Os Mapas de Geodiversidade, que no Brasil vêm sendo produzidos pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, trabalham com escalas amplas (os Mapas de Geodiversidade por estados são produzidos na escala 1:1.000.000) e objetivam a macrocaracterização dos principais compartimentos ambientais e geológicos do território, destacando as composições e os processos geológicos que interferem na definição das diferenciadas paisagens. Dão suporte a decisões de macroplanejamento territorial.

Os Mapas de Suscetibilidade trabalham com escalas entre 1:60.000 e 1:25.000 e têm como objetivo caracterizar um espaço territorial, por exemplo um território municipal, frente à possibilidade de ocorrência de um determinado fenômeno (deslizamentos, enchentes, sismos etc.). Permitem decisões de macroplanejamento urbano/municipal. As Cartas Geotécnicas trabalham com escalas entre 1:10.000 e 1:1.000, tendo como foco mais comum o perímetro urbano de um município. Permitem, como se verá nesse Manual, a regulação geotécnica e hidrológica da urbanização, refletindo-se nas legislações de uso e parcelamento do solo urbano e propiciando decisões de detalhe em escala de campo.

As Cartas de Risco trabalham nas mesmas escalas das Cartas Geotécnicas e têm como objetivo específico orientar decisões corretivas e emergenciais sobre áreas de risco já instaladas em uma determinada sub-região municipal. Essas cartas também serão melhor descritas nesse Manual.



Carta de suscetibilidade de Blumenau/ SC



Mapa de geodiversidade do Estado da Bahia

2 – CARTA GEOTÉCNICA – A QUESTÃO CONCEITUAL

A *Carta Geotécnica* é um documento cartográfico que informa sobre o comportamento dos diferentes compartimentos geológicos e geomorfológicos homogêneos de uma área frente às solicitações típicas de um determinado tipo de intervenção, e complementarmente indica as melhores opções técnicas para que essa intervenção se dê com pleno sucesso técnico e econômico.

As Cartas Geotécnicas mais comuns são aquelas orientadas à ocupação urbana – Cartas Geotécnicas de Aptidão Urbana – caso em que define os setores cuja ocupação urbana não é recomendável e os setores vocacionados para a ocupação uma vez obedecidos os critérios técnicos estabelecidos para tanto pela própria carta.

Importante frisar esse conceito: uma Carta Geotécnica implica necessariamente na conjugação do mapa de compartimentação geotécnica de uma área com as recomendações técnicas para sua correta ocupação.

Por conclusão, a Carta Geotécnica é um instrumento básico de planejamento urbano, de cunho preventivo, predecessor dos Planos Diretores e de suas legislações de uso do solo correlatas.

Uma Carta Geotécnica tem em foco fenômenos geotécnicos e hidrológicos que interfiram com a ocupação pretendida, por exemplo, deslizamentos, enchentes, erosões, abatimentos de terreno, solapamentos de margens etc. A decisão de se representar em uma mesma carta o comportamento dos terrenos frente a vários tipos de fenômenos problemáticos para a ocupação dos terrenos tem caráter visual-cartográfico, pois a representação gráfica concomitante de terrenos suscetíveis a variados fenômenos pode implicar em uma carta graficamente congestionada, de difícil visualização por técnicos e leigos.

Por exemplo, em um determinado projeto há a intenção de informar sobre o risco de deslizamentos, erosões, mas também sobre o risco de contaminação de solos e águas subterrâneas, nesse caso com o objetivo de orientar a locação de cemitérios, aterros sanitários e industriais, indústrias produtoras de resíduos tóxicos etc. As componentes geológicas e morfológicas associadas a deslizamentos e erosões têm uma racionalidade razoavelmente aproximada, o que permite e sugere sua representação em uma mesma

carta. Já os parâmetros essenciais para a definição do risco de contaminação de solos e águas subterrâneas são a profundidade do nível freático em relação à superfície do terreno e a permeabilidade dos solos superficiais e sub-superficiais. Certamente a representação de todos esses diferentes tipos de risco – deslizamentos, erosões, contaminação de solos e águas subterrâneas – em uma mesma carta poderá implicar em um considerável congestionamento de legendas gráficas, fato que sugere como melhor decisão a produção de Cartas Geotécnicas independentes.

Por fim, é essencial ter-se em conta que as Cartas Geotécnicas distinguem-se em conteúdo e objetivos das Cartas de Risco, as quais são instrumentos de programas de Defesa Civil. No item 10 desse Manual essa questão é devidamente esclarecida.

3 - ALGUNS CONTEXTOS E FENÔMENOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E HIDROLÓGICOS SUGESTIVOS DE UMA CARTA GEOTÉCNICA

A seguir são ilustradas algumas situações e fenômenos de natureza geológica, geotécnica e hidrológica que sugerem a elaboração de uma Carta Geotécnica como meio preventivo de evitá-los em sua totalidade ou reduzir em muito seus impactos.

Importantíssimo, para a correta gestão técnica e urbanística das situações de riscos geológicos, geotécnicos e hidrológicos é fundamental considerar as duas diferentes naturezas desses riscos, naturais e induzidos:

AS DUAS DIFERENTES NATUREZAS DOS RISCOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E HIDROLÓGICOS

Riscos naturais: ocorrem espontaneamente, associados unicamente a fatores fisiográficos naturais

Riscos induzidos: ocorrem associados a algum tipo de intervenção humana

3.1 – RISCOS ASSOCIADOS A TERRENOS DE ALTA DECLIVIDADE E ALTA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NATURAIS E/OU INDUZIDOS

Estudos geológicos e geotécnicos mostram que a partir de uma determinada declividade inicia-se a probabilidade crescente de ocorrência de deslizamentos naturais em encostas de maior declividade. Nas regiões serranas tropicais úmidas, esse limite de declividade situa-se em torno de 30° (57,7%), o que sugere que áreas com declividade igual ou superior devem ser terminantemente definidas como *non aedificandi* (impedindo qualquer tipo de edificação), dada sua enorme suscetibilidade ao fenômeno.



Ocupação de encostas íngremes em regiões serranas úmidas. Teresópolis – RJ



Idem. Rio de Janeiro – RJ



Idem. Rio de Janeiro – RJ



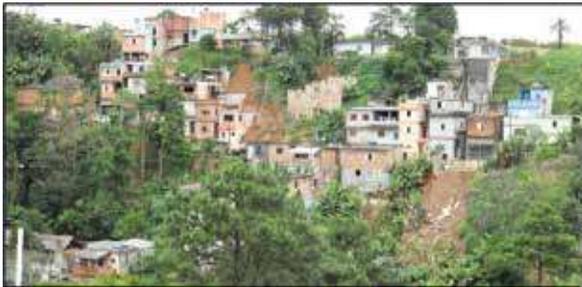
Idem. Aliando a ocupação de encostas de alta declividade ao uso de técnicas inadequadas.
Salvador – BA. Foto cedida por Luiz Edmundo



Idem. Campos do Jordão – SP. Foto: IPT



Idem. Serra do Mar. Cubatão – SP. Foto: AR Santos



Idem. Mar de Morros. São Bernardo do Campo – SP



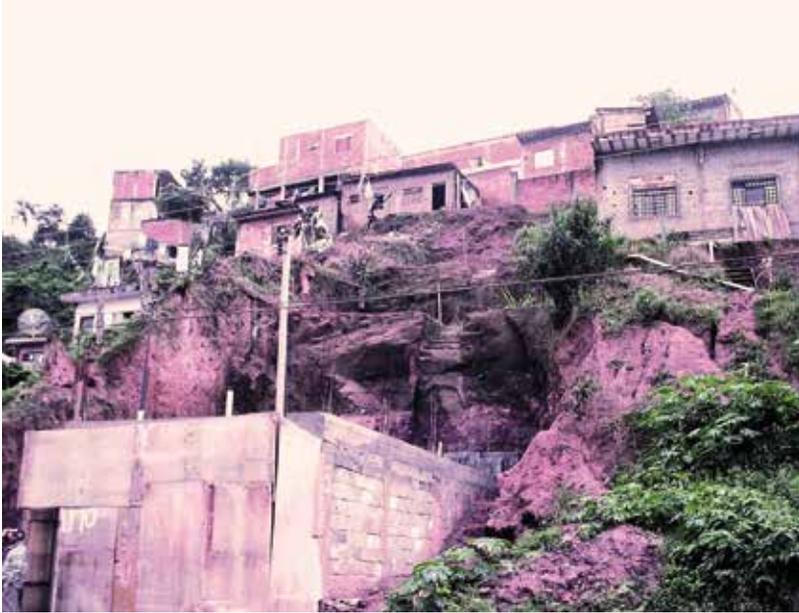
Avanços urbanos sobre regiões serranas (Serra da Cantareira – São Paulo – SP), propensão à ocupação de áreas de alta suscetibilidade natural a deslizamentos. Imagem Google



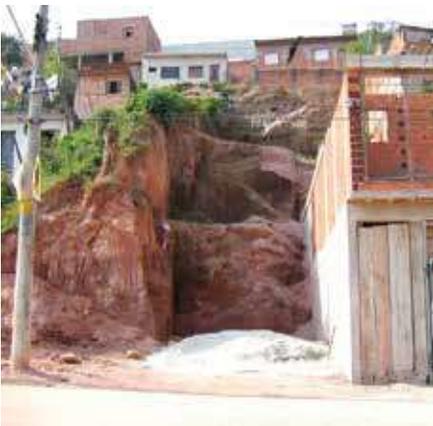
Idem. Serra do Mar. Cubatão – SP. Foto: AR Santos

3.2 – RISCOS INDUZIDOS PELA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS INADEQUADAS NA OCUPAÇÃO DE TERRENOS POTENCIALMENTE URBANIZÁVEIS DE MÉDIA A ALTA DECLIVIDADE

Cenas comuns especialmente em bairros periféricos de cidades instaladas em relevo montanhoso. Sem dúvida, ao menos para regiões de relevo medianamente montanhoso, como os clássicos mares de morro, e inclusive nas próprias regiões serranas tropicais, o maior número de áreas de risco instaladas no país deve-se à utilização de técnicas urbanísticas e construtivas totalmente inadequadas para a ocupação de terrenos que poderiam receber uma urbanização segura se tecnicamente controlada. Ou seja, são áreas de risco induzidas pela ação humana. A falta de modelos urbanísticos aplicados ao caso e a obsessão por produzir platôs planos através de cortes e aterros constituem a base cultural dessa incompatibilidade técnica. O fato reforça a imperiosa necessidade da Carta Geotécnica ser acompanhada da indicação das técnicas urbanísticas e construtivas que devem ser respeitadas na ocupação dos setores dados como ocupáveis.



A temerária obsessão pela produção de platôs planos através de uma sucessão de cortes e aterros. São Paulo – SP. Foto: ARSantos



A temerária obsessão pela produção de platôs planos através de uma sucessão de cortes e aterros. São Paulo – SP. Fotos: ARSantos



Idem. Recife – PE



Idem. Nova Friburgo – RJ. Foto: Heleno da Costa Miranda



Ocupação irregular Vila Operária. Guarulhos – SP. Foto: ARSantos



Projeto urbanístico público. O mesmo erro técnico de concepção urbanística e construtiva se repetindo em ocupações irregulares e em ocupações regulares e institucionais



Espraiamento urbano sobre relevo de mar de morros: propensão à instalação de áreas de risco induzidas. RMSP – SP. Imagem Google



Idem. Belo Horizonte – MG. Imagem Google



Idem. Avanço urbano sobre relevo de mar de morros. Santo André – SP. Foto: ARSantos

3.3 – RISCOS ASSOCIADOS À OCUPAÇÃO DE MARGENS DE CURSOS D'ÁGUA

Pela legislação ambiental, as margens de cursos d'água não poderiam ser objeto de ocupação urbana, por constituírem-se obrigatoriamente em APPs (Áreas de Preservação Permanente). No entanto, a realidade urbana brasileira trafega em sentido contrário, havendo um passivo enorme de margens de cursos d'água já ocupadas em regiões de urbanização consolidada e a continuidade desse tipo de ocupação, com destaque à instalação de moradias da população de baixa renda.

Se já alto naturalmente, o risco de inundações e solapamentos associado às margens de rios e córregos urbanos e periurbanos tem sido potencializado devido o enorme e crescente volume de águas pluviais que lhes tem progressivamente sido lançado por cidades a cada dia mais impermeáveis e incapazes de reter suas águas de chuva.



Ocupação temerária de margens de cursos d'água. São Paulo – SP. Foto: J. Américo



Jardim Lucélia. São Paulo – SP



Idem. União dos Palmares – AL. Foto cedida por M. Carnaúba



Idem

3.4 – RISCO ASSOCIADO À OCUPAÇÃO DE FEIÇÕES NATURAIS CRÍTICAS: GROTAS – CABECEIRAS DE DRENAGEM

As cabeceiras de drenagem (popularmente mais conhecidas como grotas) constituem feições morfológicas que se destacam no relevo por sua grande energia de evolução, do que resulta sua alta instabilidade natural. Via de regra sua dinâmica evolutiva está associada à concentração de fluxos superficiais e subterrâneos. Em áreas já urbanizadas, as grotas oferecem-se naturalmente a receber toda a sorte de lixo urbano e entulhos de construção civil, o que contribui adicionalmente para o aumento de sua instabilidade natural.



Ocupação indevida de cabeceiras de drenagem (grotas), feições geomorfologicamente críticas que devem ser consideradas áreas *non aedificandi*. Santo André – SP. Foto: ARSantos



Idem. Niterói – RJ. Foto: FAEP



Idem. Favela Paraisópolis. São Paulo – SP. Foto: ARSantos



Idem. Grota do Surucucu. Niterói – RJ



Idem. Grota em Nova Friburgo – RJ



Idem. Deslizamentos em cabeceira de grota. Franco da Rocha – SP. Foto: ARSantos

3.5 – OCUPAÇÃO DE PLATÔS ALUVIONARES DE VALES HISTORICAMENTE SUJEITOS À PASSAGEM DE CORRIDAS DE DETRITOS

São comuns nas áreas baixas de regiões serranas e montanhosas feições de relevo planas ocupando fundos de vale e cones de dejeção. Um exame mais detido da constituição do material aluvionar de preenchimento pode indicar claramente um histórico geológico vinculado a corridas de detritos. Essas áreas baixas e planas têm se mostrado extremamente convidativas para a ocupação urbana, circunstância em que ficam atendidas as condições para a ocorrência de terríveis tragédias.

A Carta Geotécnica deverá decidir, em cada caso específico, sobre a mais adequada orientação: ou definir essas áreas como *non aedificandi*, ou liberar a ocupação sob a condição de execução de poderosas obras de controle das torrentes de detritos e de cuidados especiais na ocupação das vertentes interiores do vale em questão.



Moradias instaladas em áreas baixas de vales historicamente sujeitos à passagem de corrida de detritos. Região Serrana – RJ



Ocupação de áreas de topografia suave, mas sujeitas geologicamente a passagens de corridas de detritos. Teresópolis – RJ



Idem



Idem

3.6 – OCUPAÇÃO DE FAIXAS DE CRISTA E SOPÉ DE ENCOSTAS NATURALMENTE INSTÁVEIS

Um número bastante elevado dos casos de acidentes de cunho geológico-geotécnico em regiões serranas e regiões de relevo acidentado está associado, não à ocupação de encostas instáveis propriamente ditas, mas à ocupação descuidada de faixas de crista e sopé a elas vinculadas. O fato aponta para a necessidade das Cartas Geotécnicas definirem como *non aedificandi* não somente a encosta naturalmente instável, mas necessariamente também as faixas de crista e sopé que lhes são contíguas.



Ocupações de sopé de encostas de grande instabilidade natural.
Angra dos Reis – RJ. Foto: Felipe Dana



Idem. Com ocupações de sopé descalçando as encostas.
Nova Friburgo – RJ. Foto: Heleno da Costa Miranda



Ocupação de sopé de taludes de acentuada declividade – Maceió – AL. Foto cedida por M. Carnáuba



Ocupação de cristas e sopés de encostas instáveis. Salvador – BA



Idem. Angra dos Reis – RJ



Idem. Nova Friburgo – RJ



Idem. Blumenau – SC

3.7 – OCUPAÇÃO DE TERRENOS PROPÍCIOS A UMA RÁPIDA E FRANCA COMUNICAÇÃO DE EFLUENTES SUPERFICIAIS COM O LENÇOL FREÁTICO

Fatores como uma alta permeabilidade de horizontes de solos, sistemas de fraturamento rochoso denso e aberto, presença de cavidades subterrâneas de dissolução, etc., que têm em comum o favorecimento de rápida e intensa infiltração de águas e líquidos superficiais em direção ao lençol freático, devem determinar a proibição de instalação de empreendimentos potencialmente poluentes em terrenos que os apresentem como característica hidrogeológica. Entre esses empreendimentos, destacam-se os aterros sanitários para lixo urbano doméstico, aterros de resíduos industriais, lixões, cemitérios, indústrias que manipulem substâncias tóxicas perigosas ou produzam efluentes de risco.



Contaminação de solos e águas – aterros industriais. Foto: Jackson Muller



Idem. Efluentes e resíduos industriais



Idem. Lixões. Foto: Revista Desafio



Idem. Cemitérios. Foto: Gervásio Baptista

3.8 – OCUPAÇÃO DE TERRENOS CÁRSTICOS

Com o progressivo crescimento das cidades e da ocupação física do território brasileiro e consideradas as numerosas expressões calcárias das formações geológicas no país, tem-se multiplicado as intercorrências de engenharia associadas à presença de estruturas e fenômenos cársticos no maciço de fundação. Os processos cársticos, ainda que todos se relacionem a feições de dissolução preexistentes no maciço, expressam-se segundo diferentes modelos geológicos, pelo que, além da expressa proibição de

operação de poços profundos de exploração da água subterrânea, fator conhecidamente potencializador de afundamentos cársticos, não há outras condutas técnicas que possam ser generalizadamente recomendadas para um exitoso enfrentamento do problema. Desse ponto de vista, a Carta Geotécnica deverá identificar as áreas instaladas em terrenos cársticos e condicionar sua ocupação urbana a um detalhado estudo que necessariamente deverá concluir com as recomendações técnicas sobre sua ocupação. Em dependência do modelo geológico detectado e do grau de perturbação cárstica do maciço, essas recomendações poderão variar de um radical *non aedificandi* à liberação de ocupação via o devido tratamento geotécnico do maciço.



Afundamento cárstico. Teresina – PI



Idem. Cajamar – SP. Foto: IPT



Sumidouros e dolinas. Lapão – BA. Foto: ARSantos

3.9 – OCUPAÇÃO DE TERRENOS SUJEITOS A RECALQUES

São comuns os danos estruturais em empreendimentos causados por recalques superficiais ou sub-superficiais de horizontes de solo componentes dos terrenos de fundação. Esses recalques podem ter diversas origens, como camadas de argilas moles de fundação, efeitos do rebaixamento forçado do lençol freático, presença de camadas de solos colapsíveis etc. Seja qual for sua origem, a possibilidade de recalques deverá ser identificada cartograficamente na Carta Geotécnica, conjuntamente com as recomendações técnicas para o bom enfrentamento do problema.



Danos estruturais provocados por horizontes de solos colapsíveis



Rachaduras e danos estruturais em imóveis vizinhos a locais submetidos a rebaixamento forçado do lençol freático. Situações mais comuns em áreas baixas aluvionares com nível freático próximo à superfície



Inclinação de edifícios devido a recalques em camadas de argilas moles.
Santos – SP. Foto: Felipe Barcelos

3.10 – OCUPAÇÃO DE TERRENOS SUJEITOS AO FENÔMENO DE TERRAS CAÍDAS, CARACTERÍSTICO DA REGIÃO AMAZÔNICA

Com a expansão das atividades urbanas e portuárias na Amazônia, vem crescendo em sua gravidade os problemas relacionados ao fenômeno natural de terras caídas na região. Esse fenômeno tem suas causas ligadas ao rebaixamento rápido dos níveis dos rios locais. A Carta Geotécnica deverá delimitar as faixas marginais mais suscetíveis historicamente ao fenômeno, ou indicando-as como *non aedificandi* ou indicando as medidas técnicas para o controle das rupturas.



Terras caídas. Porto Velho – RO



Idem. Tabatinga – AM. Foto: CG



Terras caídas. Parintins – AM. Foto: CPRM

3.11 – OCUPAÇÃO DE ORLAS SUJEITAS A FENÔMENOS MAIS INTENSOS DE AVANÇO (EROSÃO) E RECUO (PROGRADAÇÃO) DO NÍVEL MARINHO

Não somente, mas especialmente a orla litorânea do Nordeste brasileiro tem sido palco de ações destrutivas vinculadas ao avanço do nível marinho. A redução ou aumento da capacidade fluvial de transporte de sedimentos, o crescimento urbano, a implantação de serviços portuários e empreendimentos turísticos têm atuado como fatores causais coadjuvantes da intensidade desses fenômenos. A Carta Geotécnica deverá delimitar os trechos de orla mais suscetíveis ao fenômeno definindo faixas de segurança que não deverão ser ocupadas e regras técnicas precisas sobre intervenções diretas na dinâmica costeira.



Erosão marinha. Sergipe (SE). Foto cedida por M. Carnaúba



Idem. Barra Nova – Alagoas (AL). Foto cedida por M. Carnáuba

3.12 – OCUPAÇÃO DE TERRENOS ALTAMENTE SUSCETÍVEIS A PROCESSOS EROSIVOS

Os solos de alteração de rochas cristalinas (solos residuais jovens ou solos saprolíticos) e os solos constituintes de camadas arenosas de bacias sedimentares conformam os terrenos brasileiros mais intensamente suscetíveis aos processos erosivos. Esses processos erosivos têm sido promovidos fundamentalmente pela inadequação das concepções urbanísticas e construtivas com que as cidades avançam sobre esse tipo de terreno. O foco de atenção da Carta Geotécnica deverá estar, portanto, na delimitação geográfica desses terrenos e na definição dos cuidados técnicos necessários a se evitar os processos erosivos.



Suscetibilidade de solos à erosão. São Paulo (SP). Foto: IPT



Nítida diferença de suscetibilidade à erosão entre solos de alteração de rochas cristalinas, à esquerda, de matriz silto-arenosa, e solos mais argilosos da Bacia Terciária de São Paulo, à direita. Guarulhos (SP). Foto: ARSantos



Idem. Guarulhos (SP). Foto: ARSantos



Processo erosivo associado a fortes chuvas, solos de alta erodibilidade e equívocos técnicos da drenagem urbana. Natal (RN). Foto: Léo Carioca



Suscetibilidade à erosão no oeste paulista. Foto: IPT



Processos erosivos remnantes decorrentes de falta de cuidados no lançamento de águas pluviais e esgotos urbanos



Ocupação urbana de cabeceira de antiga bossoroca é destruída por propiciar a reativação dos processos erosivos. Campo Alto (SP). Foto: G. Salviano



Processos erosivos remnantes decorrentes do descuido técnico na condução de águas pluviais e servidas para o exterior de zonas urbanas periféricas assentadas sobre terrenos de alta suscetibilidade à erosão. Botucatu (SP). Foto: G. Salviano



Idem. Colapso geral e erosão remontante ativada por sistemas de drenagem mal concebidos e executados. São José do Rio Preto (SP). Foto: G. Salviano

4 – A QUESTÃO CONJUNTURAL

Os recorrentes problemas e desastres urbanos de cunho geológico, geotécnico e hidrológico, consubstanciados em enchentes, deslizamentos, contaminação de solos e de águas superficiais e subterrâneas, colapsos de edificações, deterioração de infraestrutura urbana, degradação do meio físico geológico e hidrológico, acidentes e danos ambientais, com suas decorrentes perdas em vidas humanas, patrimônios públicos e privados e deterioração da qualidade de vida urbana, potencializam-se por força de um quadro em que generalizadamente o crescimento das cidades brasileiras é deixado à deriva de qualquer planejamento mais acurado, especialmente aquele que lhe agregaria a ótica de uma gestão geológica e geotécnica do uso do solo.

Considere-se que nossos Planos Diretores isoladamente não têm expressado o necessário casamento entre a ocupação urbana e as características do meio físico onde se instala, constituindo-se quase sempre em peça omissa frente aos comuns e temerários desencontros entre formas de ocupação e características geológicas e geotécnicas dos terrenos, fonte certa de futuros desastres e tragédias.

Para que essa grave falha seja devidamente corrigida e superada faz-se necessário que os Planos Diretores e demais instrumentos públicos de gestão do uso do solo, como as Leis de Parcelamento do Solo e os Códigos de Obras, referenciem-se e pautem-se por uma Carta Geotécnica do município.

Virtuosamente, com a recente sanção pela Presidência da República da Lei nº12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil) e dispôs sobre o SINPDEC (Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil) e o CONPDEC (Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil), houve um enorme avanço no país no que diz respeito à obrigatoriedade dos municípios cadastrados como suscetíveis a riscos providenciarem a elaboração de sua Carta Geotécnica. Todas as legislações preexistentes e que de alguma forma relacionam-se à ocupação urbana, como o Estatuto das Cidades, estarão se adaptando à referida lei e consagrando essa obrigatoriedade. Dessa forma estará dado o passo fundamental para que, com planejamento adequado, as situações de risco geológico, geotécnico e hidrológico sejam preventivamente evitadas.

5 – PROPOSTA DE UMA CORRETA ABORDAGEM NA GESTÃO DE ÁREAS DE RISCO

É importante ter-se em conta que, diferentemente dos países que convivem com vulcões, terremotos, maremotos, tufões e outros fenômenos nitidamente naturais, sobre os quais o homem não tem possibilidade de qualquer ação redutora direta, o que temos no Brasil não são exatamente desastres naturais. As chuvas não são as culpadas, como também não é culpada nossa geologia pela incidência de nossas áreas de risco. Pelo contrário, a natureza sempre foi extremamente generosa para com os brasileiros. Em sua quase totalidade, essas tragédias, ligadas em sua maior parte a eventos de deslizamentos e enchentes, estão direta e claramente associadas a ações humanas; especialmente considerando as irresponsáveis e tecnicamente equivocadas formas com que vêm se realizando as relações entre essas ações e o meio físico natural rural ou urbano onde interferem. Ou ocupando áreas que por sua instabilidade e características naturais jamais poderiam ser ocupadas, ou ocupando áreas até favoráveis, mas com técnicas tão inadequadas que as transformam também em verdadeiras bombas de retardo, a explodir a cada momento.

Isso posto, conclui-se que, em nosso país, se assim o decidirmos, poderemos ficar completamente livres da presença de áreas de risco de cunho geológico, geotécnico e hidrológico, bastando para tanto que apliquemos, em caráter nitidamente preventivo, os instrumentos técnico-legais propiciadores de um eficiente planejamento e regramento técnico de nossas expansões urbanas e de nossas atividades rurais.

Nesse contexto, é fundamental perceber que, ainda que indispensáveis, as medidas de caráter emergencial, como os sistemas de alertas meteorológicos, não atacam a causa dos problemas. Pelo contrário, se tidas como permanentes essas medidas acabam por avalizar a continuidade dos absurdos técnicos que assistimos na ocupação de áreas de franco risco natural potencial. **É preciso, urgentemente, que os programas de gestão de riscos geológicos, geotécnicos e hidrológicos determinem como sua coluna dorsal as ações preventivas de regulação técnica do uso do solo e de provimento de habitações dignas e seguras para a população de baixa renda.**

Por outro lado, se faz necessário entender de uma vez por todas que grande parte das situações hoje caracterizadas como de alto e muito alto risco não serão resolvidas com a execução de um sem-número de custosas obras de engenharia. Para esse caso, impõe-se como a solução técnica, financeira e humana mais correta e justa a transferência das famílias envolvidas para moradias orientadamente construídas para esse fim em áreas geologicamente seguras.

A tabela a seguir resume o essencial de uma política de Gestão de Riscos Geológicos que tenha o foco estratégico no objetivo de eliminação do risco.

<p style="text-align: center;">GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS – LINHAS DE AÇÃO FOCO ESTRATÉGICO: ELIMINAÇÃO DO RISCO <i>Geól. Álvaro R. Santos</i></p>		
CARÁTER	AÇÕES	INSTRUMENTOS DE APOIO
<p>PREVENTIVO (de primeira ordem, ou seja, visando impedir que o problema se instale)</p>	Regulação técnica da expansão urbana impedindo-se radicalmente a ocupação de áreas de alta e muito alta suscetibilidade natural a riscos.	<ul style="list-style-type: none"> • MAPA DE GEODIVERSIDADE • MAPA DE SUSCETIBILIDADE • CARTA GEOTÉCNICA • PLANO DIRETOR • DESENHOS URBANÍSTICOS • LEI DE ZONEAMENTO • CÓDIGOS DE OBRA
	Regulação técnica da expansão urbana obrigando que áreas de baixa e média suscetibilidade natural a riscos somente possam ser ocupadas com técnicas a elas adequadas.	
<p>CORRETIVO</p>	Reassentamento de moradores de áreas de alto e muito alto risco geológico natural.	<ul style="list-style-type: none"> • CARTA DE RISCOS • AÇÕES DE REURBANIZAÇÃO • INTERVENÇÕES DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA
	Consolidação geotécnica de áreas de baixo e médio risco geológico natural e de áreas de risco induzido.	
<p>EMERGENCIAL</p>	Remoção imediata de moradores de áreas de alto e muito alto risco em situações críticas.	<ul style="list-style-type: none"> • CARTA DE RISCOS • AÇÕES DE DEFESA CIVIL • SISTEMAS DE ALERTA
	Concepção e implementação de Planos Contingenciais de Defesa Civil com participação ativa da população.	

6 – A CRUCIAL QUESTÃO DAS ESCALAS

Diferentemente dos Mapas de Geodiversidade e dos Mapas de Suscetibilidade, que respectivamente prestam-se a dar suporte a decisões de macroplanejamento regional e macroplanejamento municipal, podendo então adotar escalas menores, em torno de 1:1.000.000 e 1:50.000, as Cartas Geotécnicas e as Cartas de Risco devem permitir decisões de campo muito precisas, apropriadas a situações onde será corriqueira a necessidade de diferenciar-se fronteiras entre diferentes compartimentos geotécnicos com precisão da ordem de poucos metros, seja uma rua, uma linha de drenagem, uma linha de ruptura de declive etc. Isso obriga e implica que as escalas desses documentos cartográficos devam ser, por decorrência, de no máximo 1:5.000, com utilização de detalhamentos em torno de 1:1000 sempre que necessário.

Para áreas do território municipal com urbanização já plenamente consolidada (onde do ponto de vista geotécnico já não há muita coisa a se fazer), ou para áreas totalmente virgens, ainda não afetadas pela ocupação urbana, a Carta Geotécnica poderá ser elaborada em escala menor, 1:10.000. Nos casos das áreas virgens, seu maior objetivo está na detecção e indicação de regiões do município que, por suas boas condições fisiográficas, poderão receber com segurança futuras expansões urbanas, novos bairros, que serão para lá então deliberadamente direcionados.

7 – A ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS CONSTITUI UM TRABALHO EMINENTEMENTE MULTIDISCIPLINAR

A produção de uma Carta Geotécnica exigirá sempre uma abordagem multidisciplinar, pelo que serão imprescindíveis os aportes técnicos das seguintes disciplinas: Geologia de Engenharia, Engenharia Geotécnica, Geografia/Cartografia e Arquitetura/Urbanismo. Não se pode descuidar dessa condição profissional para a produção de Cartas Geotécnicas, única forma de se garantir o patamar de qualidade e confiabilidade dessa preciosa ferramenta de regulação técnica do uso do solo urbano.

8 – A ELABORAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS. PASSOS METODOLÓGICOS

As etapas metodológicas, elencadas e descritas a seguir, direcionadas à produção da Carta Geotécnica focam dois objetivos especiais e sequenciais:

- **perfeito entendimento e diagnóstico da dinâmica natural ou induzida dos fenômenos geológicos, geotécnicos e hidrológicos considerados na carta;**
- **compartimentação da área em setores de similar constituição e comportamento geotécnico frente à ação de ocupação urbana.**

Atenção! Para regiões em que já se tenha pleno conhecimento e domínio técnico sobre a dinâmica dos fenômenos geológicos, geotécnicos e hidrológicos, naturais ou induzidos, críticos e ameaçadores para uma ocupação urbana segura, pode-se trabalhar de forma mais direta na elaboração da Carta Geotécnica, dispensando a produção e o uso de alguns mapas básicos e aplicados. Sobressai, nessas condições, a importância do conhecimento e registro cartográfico das feições fisiográficas críticas associadas às referidas dinâmicas e a experiência acumulada pela equipe de trabalho.

8.1 – Aquisição e/ou produção dos mapas temáticos e aplicados da área objeto

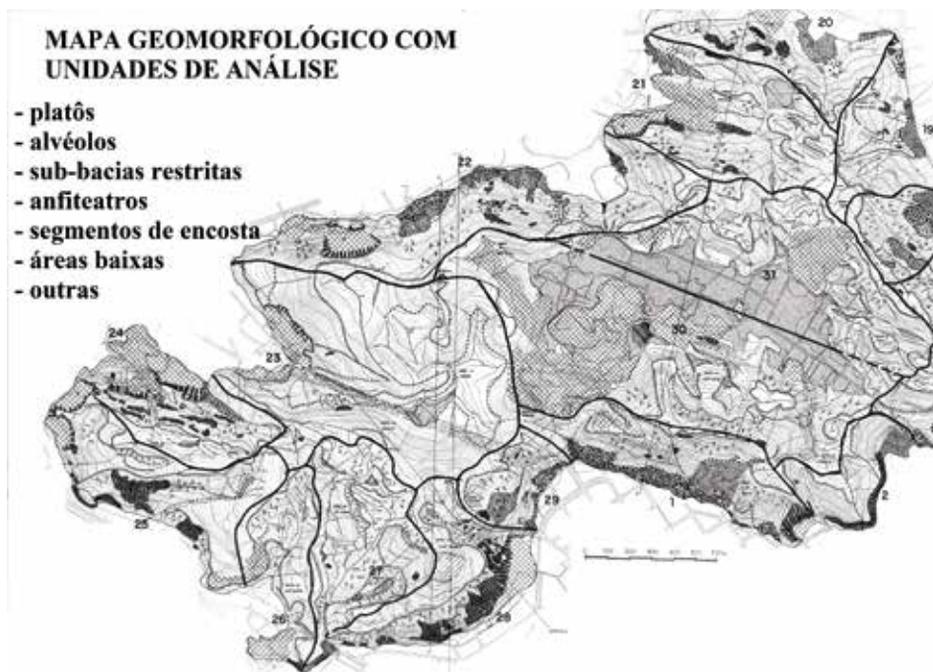
Os trabalhos de produção da CG (Carta Geotécnica) exigem a análise e manipulação dos seguintes mapeamentos temáticos e aplicados básicos: geologia, geomorfologia/unidades de análise, topografia, declividade, mapa de formações superficiais/pedologia, mapa das evidências de destabilizações geotécnicas (escorregamentos naturais e induzidos, erosões, abatimentos, dolinas, solapamentos, etc.), mapa de uso do solo e intervenções humanas destabilizadoras (por exemplo, escavações e aterros), mapa de unidades de proteção ambiental.

De outra parte, pela sua enorme utilidade são excepcionalmente importantes os imageamentos disponíveis sobre a área em resolução adequada às escalas de trabalho. Em muitas situações, o exame de imagens de satélite temporalmente subsequentes traz informações preciosas sobre diversos aspectos da área de estudo. Como material de apoio a trabalhos de campo, as imagens são também extrema-

mente úteis e práticas. Os arquivos adquiridos deverão ser objeto de ortorretificação e georreferenciamento.

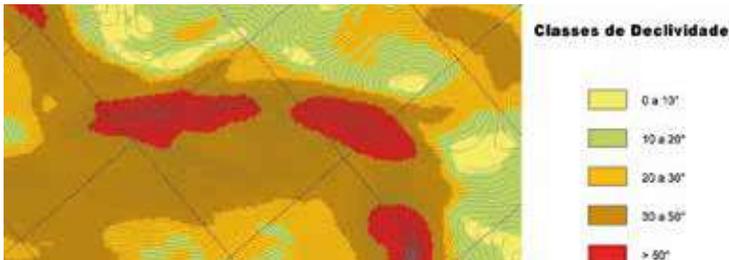
Atenção! Uma exagerada exigência por se ter anteriormente já disponíveis todos esses registros cartográficos básicos, e em escalas apropriadas, deve ser muito relativizada. Por certo, em grande parte dos casos não se terá à disposição todos esses mapeamentos, o que implica que em muitas situações parte dessas informações cartográficas deverão ser produzidas pela própria equipe produtora da Carta Geotécnica. Na verdade, o único mapeamento indispensável que a própria equipe não conseguirá realizar é o topográfico.

- Mapa topográfico: indispensável em escala 1:5.000, com curvas de nível de metro em metro. Poderá resultar de ampliação de mapas 1:10.000, se esses existirem, com o apoio de ajustes de campo e escritório. Do contrário, levantamento específico deverá ser providenciado com empresas para tanto credenciadas.
- Mapa geológico: muito dificilmente será encontrado na escala de trabalho 1:5.000. Deverão então ser produzidos a partir de mapeamentos já existentes, por exemplo nas escalas 1:100.000, 1:50.000, ou outras, com mapeamento e verificações de campo complementares por parte da própria equipe. O mapa geológico deverá também registrar as estruturas geológicas e texturas litológicas que possam influenciar o comportamento geotécnico local.
- Mapa geomorfológico/unidades de análise: muito mais dificilmente estará disponível. Deverá ser produzido pela própria equipe com o auxílio de bibliografia pertinente, fotos, imageamentos e exame de campo. Sem perfeccionismos, com atenção focada em grandes compartimentos morfológicos, que certamente envolverão platôs, sub-bacias hidrográficas, amplas encostas, zonas baixas etc., que se constituirão nas **unidades de análise** elementares no processo de elaboração da Carta Geotécnica.



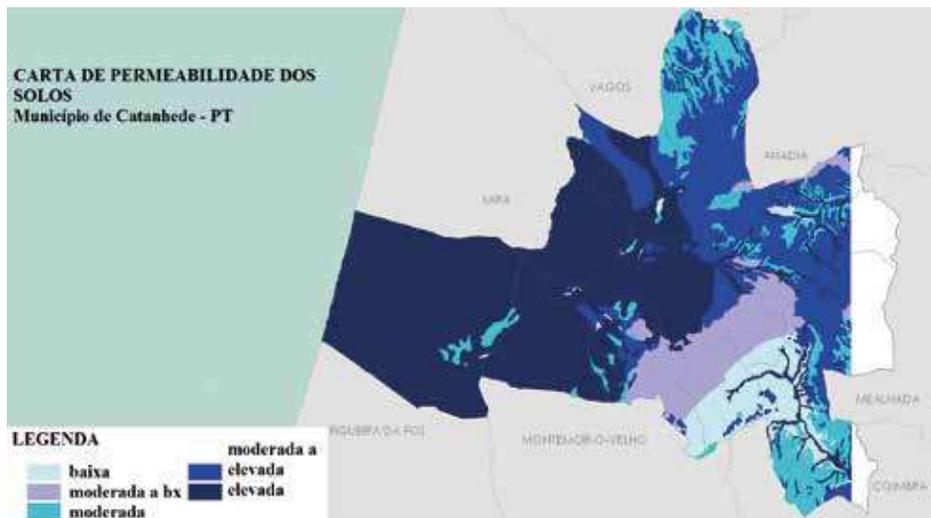
Exemplo de mapa geomorfológico com definição das unidades de análise. Desenho: IPT

- Carta de declividades: indispensável. Deverá ser produzida pela própria equipe. Os intervalos de declividade a serem mapeados não podem ser definidos aleatoriamente. Por exemplo, em nossas regiões serranas tropicais úmidas sabe-se que a partir da declividade de 30° ($57,7\%$) abre-se a possibilidade de ocorrência natural de deslizamentos translacionais rasos, o que indica a importância desse limiar de declividade ser registrado na definição dos intervalos a serem mapeados. As declividades limites nas rupturas de declive, positivas e negativas, constituem outro elemento importante nessa decisão. Ou seja, os intervalos devem referir-se a fenômenos geológico-geotécnicos de interesse e/ou até a leis de uso do solo, como a Lei Lehmann (Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979) e o Código Florestal, de tal forma que cada intervalo tenha um real significado para a ponderação de fenômenos e para a compartimentação geotécnica final objetivada.



Exemplo de uma Carta de Declividades com faixas de declividade de interesse a regiões serranas e de relevo de morros

- Mapa de Formações Superficiais/Pedologia: deverá ser produzido pela equipe sobre o mapa topográfico. Registra as coberturas superficiais: solos superficiais residuais laterizados (eluviões), solos coluvionares, solos residuais maduros e jovens, aluviões, corpos de tálus, coberturas dedríticas, leques de blocos de rocha e depósitos arenosos originados de corridas de massa, costões rochosos, campo de matações superficiais e sub-superficiais etc. Caso a componente pedológica participe efetivamente da dinâmica dos processos focados pela carta, deverá ser acoplado a esse mapa o registro das diferentes formações pedológicas presentes na área.
- Mapa de Permeabilidade dos Solos: Caso o objetivo da Carta Geotécnica inclua a orientação para a instalação de empreendimentos de risco para a contaminação de solos e do lençol freático, como cemitérios, aterros sanitários e de resíduos industriais, indústrias que lidem com insumos e/ou produzam efluentes tóxicos, etc., deverá ser produzido o Mapa de Permeabilidade do Solo e Subsolo, a partir fundamentalmente das informações fornecidas pelo Mapa de Formações Superficiais/Pedologia e, caso necessário, do resultado de campanha de ensaios de permeabilidade de campo.



Exemplo de mapa de permeabilidade de solos. Município de Cantanhede – Portugal

- **Mapa de Evidências:** corresponde ao registro de todos os sinais, vestígios, cicatrizes de antigos e recentes desestabilizações geotécnicas. Para sua elaboração, além do exame de campo e de imagens, é importantíssima a consulta a antigos moradores e a todas as fontes que possam prestar depoimentos e testemunhos a respeito (imprensa, Defesa Civil, Bombeiros, Prefeitura etc.). Os registros devem ser lançados sobre o Mapa Geomorfológico/Unidades de análise ou sobre o Mapa de Formações Superficiais.
- **Mapa de Uso Atual do Solo:** a ser produzido pela própria equipe. Registrará todas as formas atuais de uso do solo na área objeto, por exemplo: área de urbanização consolidada, área de urbanização rarefeita, atividade agrícola, reflorestamento, mata nativa, área agrícola abandonada com vegetação rasteira etc. Nesse mesmo mapa deverão ser registradas todas as formas de intervenções potencialmente desestabilizadoras: minerações, escavações, aterros, lixões, cortes etc. Esse mapa pode ter como mapa-base o Mapa Base o Mapa Cadastral da Prefeitura em sua versão mais atualizada.
- **Mapa de Unidades de Proteção Ambiental:** com base no disposto pelo Código Florestal e legislações estaduais e municipais de cunho ambiental, delimitar as áreas que não poderão ser ocupadas e as que poderão ser ocupadas, respeitadas as restrições ambientais estabelecidas legalmente. Vide item 12.5.
- **Mapa das Feições Críticas:** por sua importância esse produto é detalhado no item a seguir.

8.2 – Definição das feições fisiográficas críticas

Essas feições fisiográficas críticas serão estabelecidas no depender do domínio geológico e geomorfológico em que está inserida a área objeto, correspondendo às feições historicamente associadas a problemas de desestabilização já observados ou potenciais. Em grande parte corresponderão a figuras de relevo que naturalmente demonstram maior energia relativa de evolução geomorfológica. Como uma grota, uma cabeceira de drenagem ou a face jusante de uma ruptura de declive positiva, por exemplo.

Tomando como exemplo as regiões serranas e de topografias acidentadas em clima tropical úmido, como a Serra do Mar e os mares de morro do sudeste brasileiro, esses parâmetros já estão bem estudados e conhecidos, restando poucas dúvidas ou discordâncias a respeito. São eles:

- feições geomorfológicas como as grotas ou cabeceiras de drenagem;
- rupturas de declive positivas e negativas;
- talvegues encaixados e suas vertentes de acentuada declividade;
- encostas com declividade superior a 30°, ou algo em torno desse valor, sendo as encostas retilíneas aquelas que sugerem maiores cuidados;
- feições geológicas de maior instabilidade definidas por posicionamento espacial de estruturas geológicas e texturas petrográficas;
- presença de matacões e blocos de rocha em superfície e sub-superfície;
- faixas de terreno a montante (crista) ou a jusante (sopé) de áreas instáveis (que, portanto, podem ser respectivamente desestabilizadas por descalçamento ou atingidas por material proveniente de deslizamentos);
- áreas baixas de vales sujeitos a corridas de lama e detritos;
- áreas que podem ser atingidas por rolamento de matacões ou queda de blocos e lajes;
- margens de drenagens naturais sujeitas a solapamentos;
- antigos lixões ou bota-fora de entulho;
- áreas a montante ou a jusante de anteriores intervenções humanas desestabilizadoras.

Uma vez definidas as feições fisiográficas críticas elas devem ser registradas em mapa, sendo que o mapa geomorfológico/unidades de análise produzido pela equipe se mostra o mais adequado para receber esses registros.

8.3 – Compartimentação geotécnica

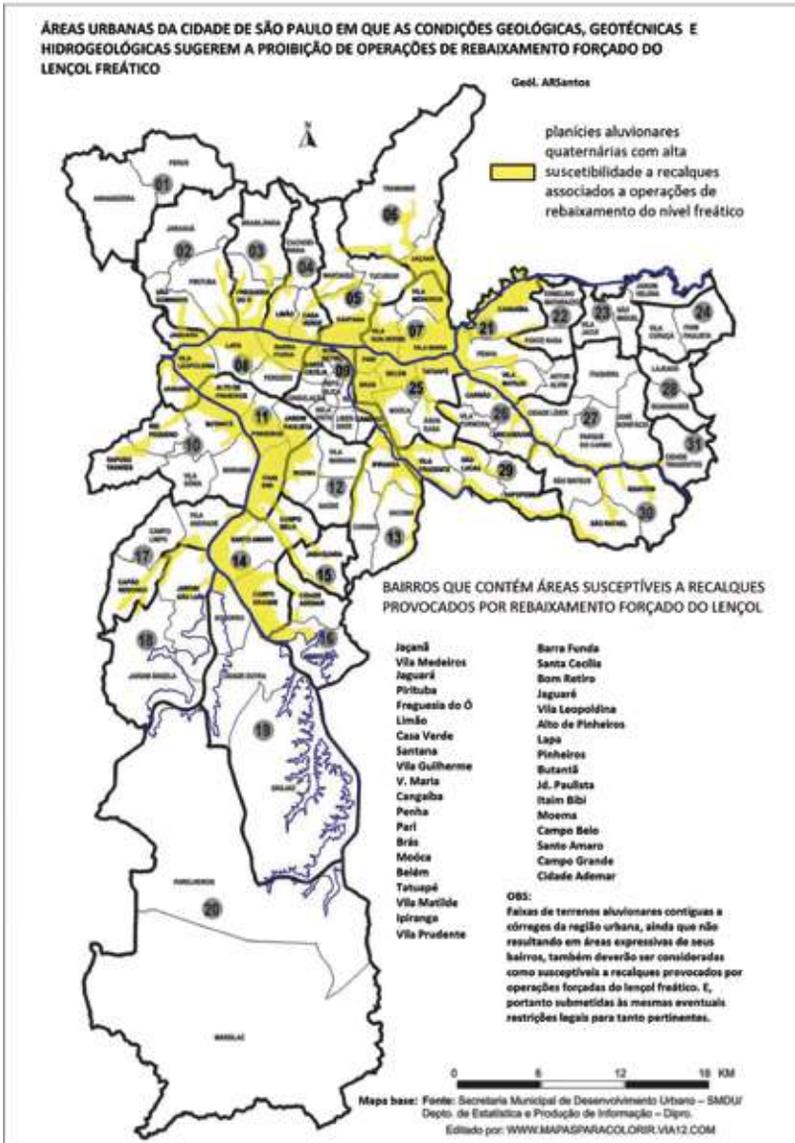
O terceiro passo metodológico volta-se para a produção propriamente dita da carta. Como resultados dos trabalhos anteriores, todos os elementos necessários à compartimentação geotécnica da área objeto estão disponíveis, e será a ponderação das mais diferentes informações registradas que possibilitará o exercício dessa compartimentação.

É necessário sempre ter em conta que o objetivo focal está na compartimentação da área em setores de similar constituição e comportamento geotécnico frente à ação de ocupação urbana.

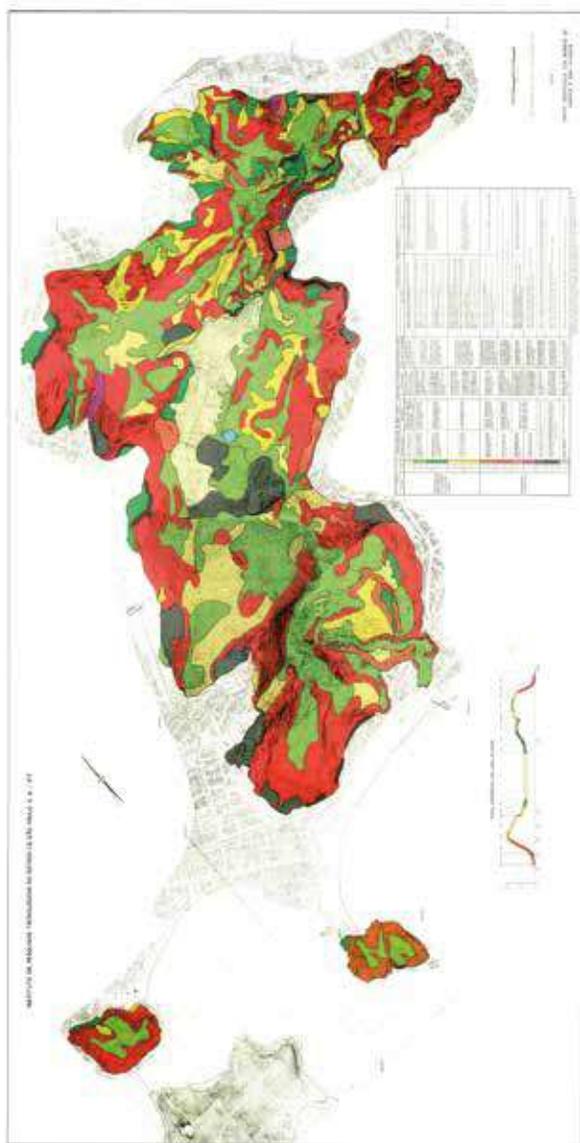
Deve-se sempre procurar trabalhar com compartimentos amplos, evitando-se ao máximo uma carta com um imenso número de pequenos compartimentos diferenciados. Um exemplo, se temos um grande setor com característica mais marcante e geral que desaconselhe sua ocupação urbana, não deverá ser distinguido dentro desse grande setor uma pequena sub-área eventualmente compatível com a ocupação urbana, pois seria injustificável levar toda uma infraestrutura urbana somente para atender essa situação isolada.

Ao contrário, em um grande setor propício à ocupação urbana deverão ser precisamente identificadas as feições críticas (item 8.2) cuja ocupação deverá ser proibida.

Sugere-se como método de trabalho iniciar a compartimentação pela identificação dos setores impróprios à ocupação urbana, ou seja, que serão marcados como “*non aedificandi*”. A seguir, trabalha-se a delimitação dos setores ocupáveis, que serão diferenciados por suas características geotécnicas de risco e de acordo com os cuidados técnicos obrigatórios a serem definidos para que essa ocupação seja legalmente liberada.



Exemplo da delimitação de um setor crítico, no caso áreas aluvionares sujeitas a recalques induzidos por operações de rebaixamento forçado do lençol freático. Figura: ARSantos



A delimitação de compartimentos geotécnicos na Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente (SP). Figura: IPT

8.4 – Sobre os recursos computacionais

As técnicas cartográficas vêm sendo nos últimos anos extremamente favorecidas pelo oferecimento de recursos computacionais aplicados à produção, representação, uso e divulgação de mapas e cartas. Assim, a Cartografia Digital, utilizadora de ferramentas de geoprocessamento eletrônico de dados georreferenciados diversos e múltiplos, impõe-se hoje como um novo campo de especialização profissional que sem dúvida muito contribuirá para o sucesso dos objetivos inerentes às Cartas Geotécnicas.

Nesse contexto, é essencial que os profissionais envolvidos na elaboração das Cartas Geotécnicas compreendam que os recursos computacionais que lhes são colocados hoje à disposição constituem não mais que ferramentas destinadas a facilitar e agilizar suas variadas tarefas técnico-operacionais. Ou seja, nunca terão a propriedade de produzir os qualificados dados básicos de entrada e as análises de correlação demandas, os *inputs*, que sempre serão indispensáveis para se ter a bom termo as definições cartográficas objetivadas pela equipe multidisciplinar de trabalho. Essas responsabilidades básicas sempre estarão diretamente relacionadas à competência técnica e científica dos profissionais envolvidos no projeto.

8.5 – Estabelecimento das obrigatoriedades técnicas para a ocupação urbana dos compartimentos geotécnicos dados como ocupáveis pela Carta Geotécnica

É fundamental ter-se em conta que a Carta Geotécnica não se resume na definição cartográfica de compartimentos ocupáveis e não ocupáveis. A CG indispensavelmente deve estabelecer as orientações técnicas que obrigatoriamente deverão ser adotadas na urbanização dos setores definidos como ocupáveis. Seja no que toca aos arranjos urbanísticos, como ao que se refere às técnicas construtivas.

Essas orientações devem estar registradas em uma **tabela-resumo** (vide adiante um exemplo) e em um **folheto técnico** orientativo e sugestivo, que acompanham e são parte integrante da carta.

8.5.1 – Tabela resumo

A seguir é reproduzida, como exemplo, uma tabela resumo orientativa do entendimento das características dos diferentes compartimentos geotécnicos definidos e da aplicação das recomendações técnicas estabelecidas. Alguns campos estão preenchidos apenas para objetivo de exemplificação.

COMPARTIMENTOS		CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	
GRUPOS	TIPOS	Geomorfologia Geologia	Geotecnia
Áreas passíveis de ocupação	I	Áreas de platô, topografia suave em maciço cristalino	Solos profundos. Solos superficiais mais resistentes à erosão e de melhor comportamento geotécnico. Solos residuais mais profundos com grande suscetibilidade à erosão. Boa qualidade para fundações.
	II		
	III		
	IV	Encostas predominantemente retilíneas com inclinação entre 20° e 30°	Solos rasos (~2,0m), em sua maior parte coluvionares.
Áreas não ocupáveis “NON AEDIFICANDI”	V	Segmentos de encosta com declividades superiores a 30°	Solos rasos (~1,0m) coluvionares podendo haver exposições rochosas. Normalmente trincas, fissuras e solos fofos logo abaixo da ruptura de declive superior.
	VI		
	VII		
	VIII	Faixas de risco situadas na crista ou na base de encostas definidas como suscetíveis a deslizamentos	Solos profundos, podendo haver acúmulo de material escorregado. Topografia suave.

PROBLEMAS EXISTENTES OU ESPERADOS	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS OBRIGATÓRIAS	
	PARA A ÁREA	PARA O LOTE/ CONSTRUÇÃO
Erosões, uma vez removida a camada de solos superficiais (~3m)	Impedir terminantemente que águas servidas ou pluviais sejam lançadas para a encosta jusante sem a proteção adequada.	Atender exigências do Código de Obras para áreas de topografia suave.
Franca possibilidade de deslizamentos a qualquer ação de corte, sobrecarregamento ou recebimento de fluxo de drenagem concentrado originado de montante.	Área de urbanização desaconselhada, somente podendo receber infraestrutura leve associadas a atividades educacionais de lazer-ecoturismo.	Terminantemente proibida a execução de cortes na encosta. Cuidar para que as águas pluviais e recebidas de montante não sejam lançadas para a encosta jusante sem a proteção adequada.
Grande suscetibilidade a deslizamentos translacionais rasos. Grande vulnerabilidade a intervenções antrópicas.	Restrição absoluta a qualquer tipo de urbanização e uso físico da área. Eventuais ocupações existentes deverão ser removidas. Setores desmatados deverão ser reflorestados.	-----
Grande probabilidade de ser atingida ou por descalçamento (crista) ou por material escorregado (sopé)	Restrição absoluta a qualquer tipo de urbanização e uso físico da área. Eventuais ocupações existentes ou deverão ser removidas, ou se uma análise custo/benefício sugerir, protegidas por obras geotécnicas.	-----

8.5.2 – Folheto Técnico

Quanto ao **Folheto Técnico**, deverá ser claro e didático, concentrando-se nas técnicas construtivas e nos arranjos urbanísticos indicados para a correta urbanização dos compartimentos classificados como ocupáveis.

A seguir são dados alguns exemplos de recomendações técnicas a constarem de um **Folheto Técnico** de acordo com as características fisiográficas dos terrenos considerados.

8.5.2.1 – Exemplos de diretrizes para a urbanização de terrenos de acentuada declividade

- a. Como diretriz conceitual, usar a criatividade e adaptar o projeto à topografia e não a topografia ao projeto;
- b. São dadas como *non aedificandi* áreas com declividade superior a 25° (46,6%). As áreas com declividade superior a 25°, se não incluídas em APPs (Áreas de Proteção Permanente), deverão ser tombadas pela Prefeitura Municipal e destinadas a finalidades de cunho ambiental;
- c. Áreas com declividades entre 25° e 22° (40%) poderão ser liberadas para empreendimentos isolados especiais uma vez obedecidas as orientações técnicas definidas;
- d. Áreas com declividades abaixo de 22° poderão ser liberadas para loteamentos e disposições urbanas regulares, uma vez obedecidas as orientações técnicas definidas;
- e. Não deverá ser ocupada uma faixa de segurança geotécnica mínima de 30 metros de largura no sopé de encostas de alta declividade com demonstrada potencialidade de deslizamentos. Essa faixa deverá ser medida para jusante a partir da ruptura de declive negativa entre a encosta e a base;
- f. Da mesma forma não deverá ser ocupada uma faixa de segurança geotécnica mínima de 30 metros na crista de encostas de alta declividade. Essa faixa deverá ser medida para montante a partir da ruptura de declive positiva entre a encosta e o topo;
- g. Evitar ao máximo cortes e aterros. Se possível, aboli-los por completo;
- h. Adotar lotes com a maior dimensão paralela às curvas de nível (vide croquis);
- i. As edificações deverão ter sua parte frontal apoiada sobre pilotis (ou expedientes equivalentes), assim evitando encaixes na encosta (vide croqui);
- j. Em caso de loteamentos, somente liberar as construções nos lotes após toda a infraestrutura urbana já instalada: arruamento, pavimentação e drenagem;
- k. Demarcar os lotes sem retirar a vegetação e o solo superficial. Somente retirar a vegetação e o solo superficial, se realmente necessário, no momento da construção de cada edificação, ou seja, lote a lote;

- l. Em terrenos muito inclinados reduzir o número de ruas a nível, devendo ser privilegiada a utilização de ladeiras e os acessos a pé até as moradias (*vide croqui*);
- m. Não deverão ser instaladas em hipótese alguma fossas de infiltração. Outro sistema de esgotamento sanitário deverá ser adotado;
- n. Deverá ser instalado um eficiente sistema de captação e drenagem de águas pluviais, de tal forma a evitar que essas infiltrem no solo ou provoquem a erosão;
- o. Todas as edificações deverão instalar calhas para recolhimento das águas do telhado e sua condução a sistema de drenagem apropriado.

Alguns exemplos de croquis e esquemas orientativos para ocupação de terrenos de acentuada declividade que devem constar do Folheto Técnico.

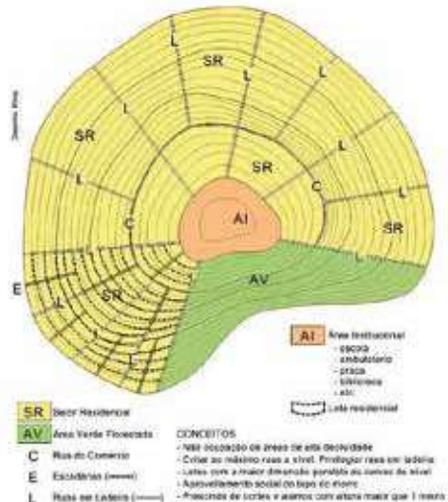
DISPOSIÇÃO DO LOTE E DA EDIFICAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS CURVAS DE NÍVEL. Geól. Álvaro

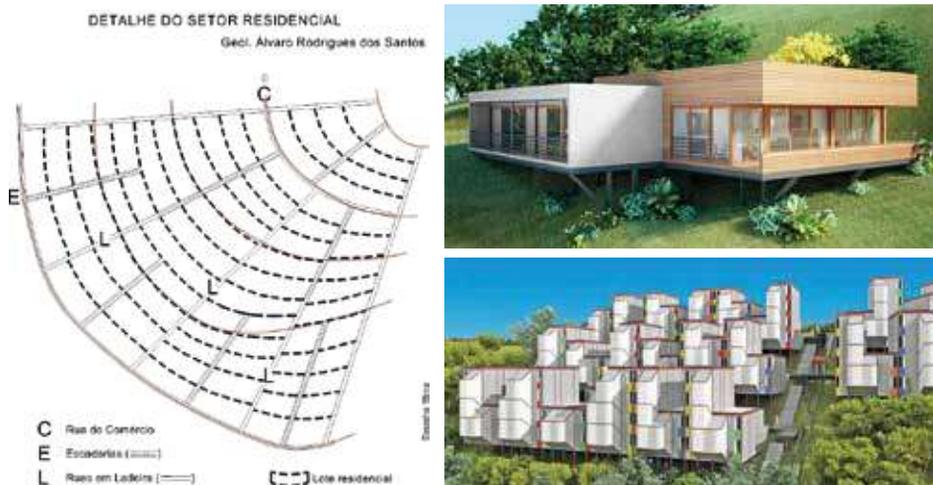


POSIÇÃO DA EDIFICAÇÃO EM RELAÇÃO AO TALUDE Geól. Álvaro



MODELO CONCEITUAL PARA OCUPAÇÃO URBANA DE ENCOSTAS Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos





Exemplos de concepções urbanísticas e arquitetônicas adequadas a terrenos de média declividade. A foto inferior reproduz projeto do Arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) para o programa Minha Casa Minha Vida

8.5.2.2 – Exemplos de diretrizes para a urbanização de terrenos com grande suscetibilidade à erosão

- a. Demarcar os lotes sem retirar a vegetação e o solo superficial. Somente retirar a vegetação e o solo superficial, se realmente necessário, no momento da construção de cada edificação, ou seja, lote a lote;
- b. Em caso de loteamentos, somente liberar as construções nos lotes após toda infraestrutura urbana já instalada: arruamento, pavimentação, drenagem;
- c. Ruas e calçadas deverão obrigatoriamente ser pavimentadas; As águas pluviais recolhidas pelo arruamento não poderão ser lançadas diretamente sobre o solo. Deverão ser conduzidas até uma drenagem natural próxima por sistemas construídos com elementos de concreto (canaletas, bueiros, galerias, escadas de dissipação de energia etc.);
- d. Ravinas e bossorocas eventualmente existentes na área deverão ser estabilizadas, preferencialmente por controle de drenagem de cabeceira e preenchimento da cavidade, assim restaurando a morfologia original do terreno e recuperando a condição natural do nível freático.

8.5.2.3 – Exemplos de diretrizes para a urbanização de terrenos suscetíveis a afundamentos cársticos

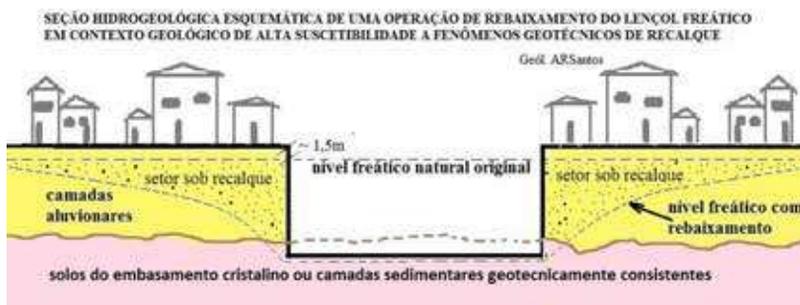
- a. As recomendações técnicas para a ocupação de terrenos cársticos dependem fundamentalmente do modelo geológico válido para cada caso específico, e vão variar desde a proibição de ocupação de determinadas áreas até a possibilidade de ocupação condicionada a tratamentos prévios e/ou à adoção de um determinado tipo de fundação;
- b. Uma recomendação é inteiramente válida para qualquer que seja o modelo geológico com que se esteja trabalhando, trata-se da radical proibição de extração de água subterrânea por poços profundos. Todos os casos de afundamentos cársticos registrados no Brasil foram potencializados pelo rebaixamento do lençol freático induzido pela extração de água subterrânea.



Imagem aérea do Google do município de Cajamar mostrando os três alinhamentos cársticos já com segurança definidos. 1 – Alinhamento Lavrinhas; 2 – Alinhamento Copase; Alinhamento Natura. Desenho de ARSantos sobre Imagem Google. Indicações dessa natureza obrigatoriamente deveriam constar de uma eventual Carta Geotécnica do município, incluindo recomendações técnicas a serem observadas por empreendimentos próximos aos referidos eixos

8.5.2.4 – Exemplos de diretrizes para a urbanização de terrenos suscetíveis a recalques associados a rebaixamento do lençol freático

- a. Operações de rebaixamento forçado do lençol freático vinculadas à execução de pavimentos subterrâneos devem ser terminantemente proibidas em áreas baixas aluvionares com solos compressíveis e nível freático próximo à superfície.



Tipo de croqui explicativo do fenômeno apropriado a constar de um Folheto Técnico orientativo para a aplicação das determinações da Carta Geotécnica

8.5.2.5 – Exemplos de diretrizes para a urbanização de terrenos com alta permeabilidade ou características geológicas que permitam rápida comunicação entre águas superficiais e o lençol freático

a. Deve ser evitada a instalação de cemitérios, indústrias produtoras de resíduos e efluentes tóxicos, aterros sanitários, aterros de resíduos industriais da Classe I e II (perigosos e não inertes) e lixões em terrenos de alta permeabilidade e em terrenos cársticos.

8.5.2.6 – Exemplos de diretrizes para a urbanização de orlas litorâneas sujeitas a fenômenos de avanços e recuos do nível do mar

- Deve ser radicalmente proibida a ocupação de faixa litorânea sujeita a avanços (erosão, retirada de sedimentos) e recuos do nível do mar (progradação, acréscimo de sedimentos). A extensão dessa faixa deverá ser determinada por detalhados estudos de geologia marinha costeira e dinâmica costeira;
- Toda obra litorânea como portos, emissários, diques, aterros etc., somente será autorizada sob estudos técnicos aprofundados que demonstrem sua não interferência na dinâmica costeira.

9 – A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DAS CARTAS GEOTÉCNICAS

A elaboração da Carta Geotécnica é um passo necessário mas não suficiente para que ela venha a se constituir em uma realidade urbana, ou seja, tenha força de lei. Várias providências gerenciais e até próprias de uma virtuosa articulação política deverão ser levadas a efeito para que as prefeituras municipais assumam integralmente a Carta Geotécnica como seu efetivo instrumento de regulamentação técnica do uso do solo urbano. A seguir são descritos os passos mais importantes dentro desse propósito.

9.1 – A Carta Geotécnica de Aptidão Urbana e as legislações de uso do solo urbano

As Cartas Geotécnicas, para bem cumprirem seus propósitos, devem se tornar legalmente oficiais, ou seja, terem força de lei.

Há diversos instrumentos legais pertinentes à regulação técnica do uso do solo, de âmbito federal, estadual e municipal, em que as CGs devem para tanto estar referidas e consagradas. Pela sua importância destacam-se entre esses documentos:

- Estatuto das Cidades

É a Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Em sua própria definição, *“estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental”*.

A Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil) e deu outras providências nesse setor, promoveu alteração no Estatuto das Cidades incluindo o Artigo 42A, pelo qual os Planos Diretores dos municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos devam se referenciar à Carta Geotécnica municipal. Um próximo passo natural será estender essa disposição para todos os municípios brasileiros.

- Planos Diretores

Como determina o Estatuto das Cidades, *o Plano Diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana*. E mais, *a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no Plano Diretor*.

Este Estatuto determina que todas as cidades brasileiras com população maior que 20 mil habitantes são obrigadas a elaborar e seguir seu Plano Diretor.

Ainda que mais atualmente, como foi visto no item anterior, ao menos para os municípios incluídos no cadastro nacional dos municípios com áreas de risco, os Planos Diretores sejam obrigados a referenciarem-se a uma Carta Geotécnica, não faz parte da cultura urbanística brasileira proceder essa inclusão e nem ao menos compreender sua importância. De tal sorte que far-se-á necessário por muito tempo ainda que essa indispensável inclusão seja cobrada e promovida pelo meio técnico que desde há muito está convencido de sua imprescindibilidade.

É sugerido a seguir um arrazoado que poderá ser utilizado nas ações sociais voltadas a incluir a obrigatoriedade da inclusão da Carta Geotécnica nos Planos Diretores de seus municípios.

PROPOSTA DE INCLUSÃO DA CARTA GEOTÉCNICA COMO DOCUMENTO INTEGRANTE DAS DISPOSIÇÕES DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL

JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que

- as tragédias e os acidentes geotécnicos e hidrológicos, assim como a deterioração dos parâmetros fisiográficos urbanos, consubstanciados recorrentemente em deslizamentos, enchentes, contaminação de solos e águas superficiais e urbanas, colapso de edificações, degradação da infraestrutura urbana, comprometimentos do meio físico geológico e hidrológico, danos ambientais, com suas decorrentes perdas em vidas humanas e patrimônios públicos e privados, assim como na deterioração da qualidade de vida urbana, potencializam-se por força de um quadro onde, na cidade de [aqui deve ser inserido o nome da cidade], o crescimento urbano vem sendo deixado à deriva de qualquer planejamento mais acurado no que diz respeito à necessária gestão geológica e geotécnica do uso do solo;

- o Plano Diretor isoladamente não expressa necessariamente o imprescindível casamento técnico entre a ocupação urbana e as características do meio físico onde se instala, podendo por isso constituir-se em peça omissa frente aos comuns e temerários desencontros entre formas de ocupação e características geológicas e geotécnicas dos terrenos, fonte certa de futuros desastres e tragédias;

- a Carta Geotécnica é o documento cartográfico que traz informações sobre todas as deferentes feições geológicas e geomorfológicas presentes no município quanto aos seus comportamentos geotécnicos frente a uma eventual ocupação urbana, definindo os setores cuja ocupação urbana não é recomendável e os setores vocacionados para a ocupação uma vez obedecidos os critérios técnicos estabelecidos para tanto;

*- há a necessidade de atender o disposto na recente Lei Federal nº 12.608, que modificou o Estatuto das Cidades estabelecendo a obrigatoriedade dos Planos Diretores municipais referenciarem-se a uma Carta Geotécnica, **justifica-se plenamente a decisão de***

estabelecer-se a obrigatoriedade do Plano Diretor e de seus decorrentes instrumentos públicos de gestão do uso do solo, como a Lei de Parcelamento dos solos e o Código de Obras, referenciarem-se explicitamente e pautarem-se por uma Carta Geotécnica do município.

Como texto dos artigos que inserem a Carta Geotécnica nos Planos Diretores, sugere-se:

Artigo nº xxxx [aqui deve ser inserido o número do artigo]

Fica instituída a CG (Carta Geotécnica) do Município de [aqui deve ser inserido o nome da cidade], oficialmente conceituada como o documento cartográfico que registra os diferentes compartimentos geológicos e geomorfológicos presentes no município, qualificando-os quanto aos seus comportamentos geotécnicos e hidrológicos frente ao uso urbano e define os critérios técnicos básicos para sua correta ocupação.

Parágrafo primeiro

- Toda a legislação municipal relativa ao uso do solo urbano deverá referenciar-se ao disposto na Carta Geotécnica, adequando, se necessário, seus textos a essas disposições.

Parágrafo segundo

- O Poder Executivo, no prazo de 12 meses, providenciará a elaboração da Carta Geotécnica do Município de [aqui deve ser inserido o nome da cidade] na escala de 1:5.000 (um para cinco mil), com detalhes em escala 1:1.000 (um para mil) quando pertinentes.

Parágrafo terceiro

- A Carta Geotécnica do Município [aqui deve ser inserido o nome da cidade], elaborada nos termos definidos no presente artigo, deverá ser atualizada periodicamente em intervalos de 10 (dez) anos.

- Lei de Parcelamento do Solo

É decorrente das diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor, sendo em termos práticos a legislação mais importante no que toca à regulação técnica do uso do solo urbano. Com referido na legislação em vigor na cidade de São Paulo (tomada como exemplo) “estabelece as normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do município.

Essa lei define o zoneamento do solo urbano segundo seus mais variados usos, estabelecendo para cada zona as características urbanísticas e construtivas a serem observadas. Pelo que depreende-se sua importância para a implementação prática das orientações e determinações registradas na Carta Geotécnica.

- *Código de Obras*

Essa legislação disciplina os procedimentos e as normas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras, edificações e equipamentos, dentro dos limites dos imóveis (lotes) em que se situam. Somente o fato de poder definir a disposição da edificação no lote ocupado sugere a importância de que esteja em total sintonia com as disposições da Carta Geotécnica.

9.2 – O Grupo Técnico responsável pela aplicação da Carta Geotécnica

É essencial a constituição pelas Prefeituras Municipais de um Grupo Técnico permanente que se responsabilize pela plena aplicação das disposições da Carta Geotécnica. Esse grupo deverá estar alocado na Secretaria de Planejamento Urbano, ou Secretaria de funções correspondentes, com funções adicionais de divulgar e expor a Carta para a sociedade e comunidades de bairro, resolver dúvidas, atender a população, conduzir as necessárias interlocuções com outras secretarias e órgãos de governo, providenciar a obrigatória atualização decenal da carta etc.

9.3 – Participação das comunidades

A experiência prática tem mostrado que a ativa participação das comunidades de bairro no zelo pela plena aplicação da Carta Geotécnica, por elas então entendida como instrumento de interesse maior, é fundamental para o sucesso dos objetivos estabelecidos. Será extremamente oportuno que periodicamente a comunidade, através de sua associação de bairro, indique um grupo de moradores responsável por acompanhar os assuntos associados à Carta Geotécnica.

10 – AS CARTAS DE RISCO

Ainda que esse Manual se destine objetivamente à elaboração e uso das Cartas Geotécnicas, é importante, ao menos resumidamente, discorrer sobre as Cartas de Risco, especialmente para precisar e registrar as essenciais diferenças entre essas duas ferramentas cartográficas.

A Carta de Riscos tem conteúdo e objetivos totalmente diversos da Carta Geotécnica. Ela delimita em uma área ou região já ocupada as zonas ou os compartimentos submetidos a um determinado tipo de risco (por exemplo, deslizamentos) frente a um determinado tipo de ocupação (por exemplo, urbana), definindo os diferentes graus de risco. Definidos os diferentes graus de risco, a equipe de trabalho estabelece as providências necessárias associadas a cada um desses graus. A CR é geralmente elaborada para uma situação já com problemas detectados ou ocorridos, constituindo um instrumento de ações de Defesa Civil e/ou reorganização da ocupação. As Cartas de Riscos relacionam-se diretamente com Planos Emergenciais e Contingenciais de Defesa Civil.

Internacionalmente são adotados 4 graus de risco, que podem assim ser definidos:

CLASSIFICAÇÃO E CONCEITUAÇÃO DE GRAUS DE RISCO	
Geól. Álvaro R. Santos	
GRAU DE RISCO	SIGNIFICADO
BAIXO (R1)	Nas condições atuais não há risco evidente de acidentes geotécnicos ou hidráulicos.
MÉDIO (R2)	Nas condições atuais há risco de acidentes geotécnicos ou hidráulicos de pequeno e médio portes.
ALTO (R3)	Nas condições atuais há riscos de acidentes geotécnicos ou hidráulicos graves.
MUITO ALTO (R4)	Nas condições atuais há riscos e alta probabilidade de acidentes geotécnicos ou hidráulicos graves.

Já quanto às recomendações sobre qual decisão indicar sobre cada compartimento de risco segundo seu grau, a equipe de trabalho é colocada diante do seguinte dilema: o que

se imporia como mais indicado, a desocupação da área ou sua manutenção como área urbana ocupada via obras de consolidação geotécnica e de recuperação urbanística?

Importante nessa questão considerar alguns fatores sociais que normalmente compõem o cenário das áreas de risco brasileiras. Ainda que haja casos de edificações associadas a segmentos sociais de alta renda cometendo erros elementares na ocupação de relevos acidentados, e colhendo por isso consequências trágicas, os desastres mais comuns e fatais estão especialmente vinculados a inundações de áreas marginais a cursos d'água e a escorregamentos em encostas de média a alta declividades ocupadas habitacionalmente pela população mais pobre.

E esses acidentes têm aumentado sua letalidade e frequência justamente devido a esse fator social: com o crescimento populacional e o encarecimento dos terrenos mais centrais e geotecnicamente mais apropriados à urbanização, uma família de baixa renda somente encontra condições orçamentárias de ter sua casa própria associando variáveis como distância, periculosidade, insalubridade, irregularidade fundiária etc., o que lhe leva, inexoravelmente, a ocupar encostas de alta declividade e áreas baixas sujeitas a inundações, muitas vezes pelas mãos de loteadores não legalizados e criminosos.

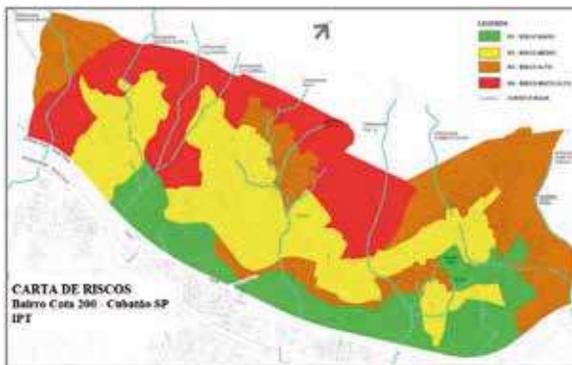
Do convívio profissional íntimo com tantas tragédias, geólogos e engenheiros geotécnicos brasileiros têm consolidado a opinião pela qual, a não ser em casos especialíssimos, a ação corretiva tecnicamente mais indicada e humanamente mais justa para o caso de ocupações urbanas em áreas de alto a muito alto risco geológico-geotécnico é sua remoção imediata com a instalação das famílias envolvidas em áreas geotecnicamente seguras. Por outro ângulo, obras de consolidação geotécnica para esse contexto de alto risco são caríssimas, o que já as coloca com uma alternativa última para situações especialíssimas.

Ou seja, e em resumo, em respeito à vida humana e por um ato de justiça social, os geotécnicos brasileiros, respaldados nas propriedades das Cartas de Risco, devem redobrar seu empenho em convencer e pressionar as autoridades públicas a optar pelo reassentamento das populações que ocupam áreas de alto e muito alto risco geológico-geotécnico, em especial em setores originalmente e naturalmente instáveis já impróprios à ocupação urbana.

As sempre propaladas dificuldades financeiras em se equacionar a disponibilidade de áreas seguras e moradias dignas para as famílias a serem removidas não devem constituir argumento que leve o meio técnico a pender pela opção de consolidação das áreas instáveis via serviços e obras geotécnicas. Se essas dificuldades financeiras são mesmo reais, as administrações públicas é que devem enfrentá-las e resolvê-las de alguma forma. Via de regra o que lhes tem faltado para tanto, na verdade, não são propriamente os recursos financeiros, mas sim vontade e disposição para priorizar o atendimento aos mais desassistidos.

A tabela a seguir propõe uma base de orientações de princípio que certamente auxiliará as equipes de trabalho em concluir suas recomendações.

ÁREAS DE RISCO: QUANDO DESOCUPAR, QUANDO CONSOLIDAR Geól. Álvaro R. Santos		
TIPOS DE SUB-SETORES	GRAUS DE RISCO	AÇÃO RECOMENDADA
Sub-setores classificados em risco geotécnico natural Muito Alto ou Alto originalmente impróprios à ocupação urbana:	3 E 4	DESOCUPAÇÃO
Sub-setores classificados em risco geotécnico induzido Muito Alto ou Alto originalmente passíveis de ocupação urbana:	3 e 4	DECISÃO SOBRE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA OU DESOCUPAÇÃO VIA PONDERAÇÃO CUSTO/ BENEFÍCIO
Sub-setores classificados em risco geotécnico natural Médio e Baixo originalmente propícios à ocupação urbana:	1 e 2	CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA E URBANÍSTICA. ADENSAMENTO DA OCUPAÇÃO EVENTUALMENTE POSSÍVEL



Exemplo de uma Carta de Riscos. Notar a radical diferença gráfica e conceitual em relação a uma Carta Geotécnica

11 – BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – *Anais de Congressos e Simpósios nos campos da Cartografia Geotécnica e Áreas de Risco*.
- ABGE – *Geologia de Engenharia* – editores Antônio Manoel dos Santos Oliveira e Sérgio Nertan Alves de Brito. São Paulo, 1998.
- Alheiros, MM e outros – *Manual de ocupação dos morros da Região Metropolitana do Recife*, FIDEM, 2003.
- Carvalho, E T – *Geologia Urbana para todos: uma visão de Belo Horizonte*, 1999. 175 p.
- Cerri, L E e Amaral C P, 1998 – *Riscos Geológicos*. Em Geologia de Engenharia, ABGE, Cap. 18.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil – *Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro*. Silva, CR da, Editor, 2008.
- Culshaw, M G – *A contribuição da geologia urbana ao desenvolvimento, recuperação e conservação de cidades* – São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2013. – *Diretrizes para o zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo*. Coordenadores: Eduardo Soares de Macedo e Luiz Antônio Bressani. 1. Ed. – São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2013.
- DRM-RJ – Departamento de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. *Cartas de Risco a Escorregamento em Encostas nos Municípios Fluminenses; Cartas de Riscos Remanescentes; Relatórios de Correlação Chuvas/Escorregamentos*, 2010 a 2014.
- GEO-RIO – Prefeitura do Rio de Janeiro – *Manual Técnico de Encostas*. Vários autores, 2009.
- Instituto Geológico IG-SP – *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. Tominaga, LK; Santoro, J; Amaral, R dos (organizadores), 2009.
- Instituto Geológico IG-SP – *O Instituto Geológico na Prevenção de Desastres Naturais*. Brollo, MJ (organizadora), 2009.
- IPT – EMPLASA – *Guia de Utilização da Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (1: 50.000)* – Região Metropolitana de São Paulo, 1990.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – *Manual de Fundamentos Cartográficos e Diretrizes Gerais para Elaboração de Mapas Geológicos, Geomorfológicos e Geotécnicos*. Publicação IPT nº 1773, Maria do Carmo Soares Rodrigues dos Santos, 1990.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – *Carta Geotécnica*

dos Morros de Santos e São Vicente – Condicionantes do Meio Físico para o Planejamento da Ocupação Urbana. Publicação nº 1.153, 1980.

- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *Carta geotécnica e a prevenção de riscos* – documento interno, vários autores, 2011.

- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *Habitação e Encostas*. Flávio Farah. Publicação IPT nº 2795, 2003.

- JTC-1, the joint ISSMGE, IAEG and ISRM Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes. *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning*. Published at Engineering Geology 102 (2008): 83-84.

- Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT-SP – *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios*. Carvalho, CS; Macedo, ES; Ogura, AT (organizadores), 2007;

- Ministério das Cidades/Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – *Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais*. Vários autores, 2008.

- Ministério do Meio Ambiente – Vulnerabilidade Ambiental – *Desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Santos, RF dos (organização), 2007.

- Nakasawa V, Prandini F L, Santos A R, Freitas, C G L – *Cartografia Geotécnica: a Aplicação como Pressuposto*. 2º Simpósio de Geologia do Sudeste. Anais SBG, 1991.

- Pejon, Osni José e Zuquette, Lázaro, 2004. *Cartografia Geotécnica e Geoambiental*. 582 p. ABGE-UFSC.

- Pelógia, A – *O Homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo*. Xamã, 1998.

- Prefeitura de Blumenau – SC – *Gerenciamento de Áreas de Risco Geológico: A Experiência do Município de Blumenau*. 2011.

- Santos, A R – Artigos técnicos associados ao tema publicados em periódicos técnico-científicos e em mídia convencional.

- Santos, A R – *Diálogos Geológicos*, livro, Editora O Nome da Rosa. São Paulo, 2008.

- Santos, A R – *Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções*, livro, Editora PINI. São Paulo, 2012.

- Santos, A R – *Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática*, livro, 207 p. 2ª edição Editora O Nome da Rosa, 2009.

- Santos, A R et al. – *Programa de Recuperação Socioambiental da Serra do Mar. Serra do mar: características geológicas e geotécnicas e importância estratégica*. Os Bairros Cota. 5ª COBRAE – Conferência Brasileiras sobre Encostas, ABMS. São Paulo, 2009, Anais. 1970 – 2014.

12 – ANEXOS DE INTERESSE PRÁTICO

12.1 – Tabela de conversão de unidades de declividade

12.2 – Tipos de relevo

12.3 – Classificação de movimentos de massa típicos de regiões serranas tropicais úmidas

12.4 – Classificação geológico-geotécnica de solos e rochas segundo seu perfil de intemperismo

12.5 – Um melhor entendimento sobre a pertinência de delimitação de APPs (Áreas de Preservação Permanente)

12.1

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES DE DECLIVIDADE

PORCENTAGEM	GRAUS	PORCENTAGEM	GRAUS
1%	0,57	19%	10,76
2%	1,15	20%	11,31
3%	1,72	21%	11,86
4%	2,29	22%	12,41
5%	2,86	23%	12,95
6%	3,43	24%	13,50
7%	4,00	25%	14,04
8%	4,57	26%	14,57
9%	5,14	27%	15,11
10%	5,71	28%	15,64
11%	6,28	29%	16,17
12%	6,84	30%	16,70
13%	7,41	31%	17,22
14%	7,97	32%	17,74
15%	8,53	33%	18,26
16%	9,09	34%	18,78
17%	9,65	35%	19,29
18%	10,20	36%	19,80

PORCENTAGEM	GRAUS
37%	20,30
38%	20,81
39%	21,31
40%	21,80
41%	22,29
42%	22,78
43%	23,27
44%	23,75
45%	24,23
46%	24,70
47%	25,17
48%	25,64
49%	26,10
50%	26,57
51%	27,02
52%	27,47
53%	27,92
57%	29,68
58%	30,11
59%	30,54
60%	30,96
61%	31,38
62%	31,80
63%	32,21
64%	32,62
65%	33,02
66%	33,42
67%	33,82

PORCENTAGEM	GRAUS
68%	34,22
69%	34,61
70%	34,99
71%	35,37
72%	35,75
73%	36,13
74%	36,50
75%	36,87
76%	37,23
77%	37,60
78%	37,95
79%	38,31
80%	38,66
81%	39,01
82%	39,35
83%	39,69
84%	40,03
85%	40,36
86%	40,70
87%	41,02
88%	41,35
89%	41,67
90%	41,99
91%	42,30
92%	42,61
93%	42,92
94%	43,23
95%	43,53

PORCENTAGEM	GRAUS
96%	43,83
97%	44,13
98%	44,42
99%	44,71
100%	45,00

GRAUS	PORCENTAGEM
1	1,7%
2	3,5%
3	5,2%
4	7,0%
5	8,7%
6	10,5%
7	12,3%
8	14,1%
9	15,8%
10	17,6%
11	19,4%
12	21,3%
13	23,1%
14	24,9%
15	26,8%
16	28,7%
17	30,6%
18	32,5%
19	34,4%

GRAUS	PORCENTAGEM
20	36,4%
21	38,4%
22	40,4%
23	42,4%
24	44,5%
25	46,6%
26	48,8%
27	51,0%
28	53,2%
29	55,4%
30	57,7%
31	60,1%
32	62,5%
33	64,9%
34	67,5%
35	70,0%
36	72,7%
37	75,4%
38	78,1%
39	81,0%
40	83,9%
41	86,9%
42	90,0%
43	93,3%
44	96,6%
45	100,0%

12.2

TIPOS DE RELEVO (Ponçano, W. – IPT)

RELEVOS DE AGRADAÇÃO – Terrenos de topografia suave/planos ou quase planos

Continentais:

Planícies aluviais

Terraços fluviais

Litorâneos

Planícies costeiras

Terraços marinhos

Mangues

RELEVOS DE DEGRADAÇÃO EM PLANALTOS DISSECADOS

Relevo Colinoso: predominam baixas declividades até 15% e amplitudes inferiores a 100 m

Tabuleiros

Colinas amplas

Colinas médias

Colinas pequenas com espigões locais

Colinas pequenas paralelas

Colinas pequenas isoladas

Relevo de Morros com encostas suavizadas: predominam declividades baixas até 15% e amplitudes de 100 m a 300 m

Morros amplos

Morros alongados

Relevo de Morrotes: predominam declividades médias a altas acima de 15% e amplitudes locais inferiores a 100 m

Morrotes baixos

Morrotes alongados paralelos

Morrotes em meia laranja

Morrotes alongados e espigões

Relevo de Morros: predominam declividades médias a altas acima de 15% e amplitudes de 100 m a 300 m

Morros arredondados

Morros de topos achatados

Mar de morros

Morros paralelos

Morros com serras restritas

Morros isolados

Relevo Montanhoso: predominam declividades médias a altas acima de 15% e amplitudes acima de 300 m

Serras alongadas

Montanhas

Montanhas com vales profundos

RELEVOS DE TRANSIÇÃO

Encostas não escarpadas: predominam declividades médias entre 15% e 30% e amplitudes acima de 100 m

Encostas sulcadas por vales sub-paralelos

Encostas com cânions locais

Escarpas: predominam declividades altas acima de 30% e amplitudes acima de 100 m

Escarpas festonadas

Escarpas com espigões digitados sub-paralelos

12.3

CLASSIFICAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA TÍPICOS DE REGIÕES SERRANAS TROPICAIS ÚMIDAS (ARSantos)

TIPOS		CARACTERÍSTICAS
N A T U R A L I S	Rastejo, Solifluxão	Movimentos de grande lentidão e intermitência no horizonte superior de solos superficiais.
	Escorregamentos translacionais rasos (ou planares)	Desmonte hidráulico de solos superficiais. Especialmente associado a encostas retilíneas com inclinação acima de 30° e rupturas positivas de declive.
	Corridas de detritos	Violenta torrente fluida composta por água, solo, blocos de rocha e material florestal ao longo dos talvegues de vales. É via de regra originada da confluência do material de inúmeros escorregamentos ocorridos nas vertentes desses vales.
	Desprendimentos em rocha	Queda de blocos e lascas de superfícies rochosas naturais expostas; rolamento de matacões superficiais.

CLASSIFICAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA TÍPICOS DE REGIÕES SERRANAS TROPICAIS ÚMIDAS (ARSantos)		
TIPOS	CARACTERÍSTICAS	
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 ou desmoronamentos em rocha	Queda de blocos individualizados ou desmoronamentos de conjunto de blocos por combinação desfavorável de planos estruturais da rocha com o 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, direção e inclinação do plano do talude de corte.

12.4

CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE SOLOS E ROCHAS SEGUNDO SEU PERFIL DE INTEMPERISMO (ARSantos) (CLASSIFICAÇÃO VÁLIDA ESPECIALMENTE PARA ROCHAS CRISTALINAS EM AMBIENTE TROPICAL E SUB-TROPICAL ÚMIDO)		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	CORRESPONDÊNCIA AGRONÔMICA
Solo orgânico	Camada dessimétrica com material orgânico	Horizonte A
Solo superficial, solo laterítico ou solo residual maduro (em algumas situações parte do solo superficial pode ter origem coluvionar)	Camada bastante afetada pelo intemperismo e pelos processos de laterização e pedogênese. Normalmente mais argilosa. Espessura variando de 0,5 m a alguns metros	Horizonte B
Solo de alteração de rocha, solo saprolítico ou solo residual jovem	Camada de solo com minerais já em razoável estágio de alteração físico-química, mas que guarda várias feições herdadas da rocha original. Geralmente de matriz silto-arenosa. Espessuras extremamente variáveis, desde poucos metros até dezenas de metros	Horizonte C
Rocha alterada mole ou Saprolito	A camada guarda todas as feições estruturais e texturais da rocha original. Minerais muito alterados e descoloridos Quebra com facilidade ao golpe do martelo e pode desagregar sob pressão manual	Rocha

CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE SOLOS E ROCHAS SEGUNDO SEU PERFIL DE INTEMPERISMO (ARSantos) (CLASSIFICAÇÃO VÁLIDA ESPECIALMENTE PARA ROCHAS CRISTALINAS EM AMBIENTE TROPICAL E SUB-TROPICAL ÚMIDO)		
Rocha alterada dura	Minerais com vestígios de alteração, mas ainda bem diferenciados. Quebra com alguma dificuldade ao golpe do martelo produzindo fragmentos com bordas ainda cortantes	Rocha
Rocha sã	Minerais totalmente preservados. Quebra com dificuldade ao golpe do martelo produzindo fragmentos com bordas cortantes	

12.5 – UM MELHOR ENTENDIMENTO SOBRE A PERTINÊNCIA DE DELIMITAÇÃO DE APPs (ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE)

Nem sempre tem sido uma tarefa simples a identificação em campo das feições fisiográficas que determinam nos termos do novo Código Florestal – Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – a obrigatoriedade de delimitação de APPs. A falta de consenso para algumas questões conceituais e interpretativas colabora para essa dificuldade. A seguir são feitas considerações e esclarecimentos que deverão auxiliar o bom equacionamento de vários fatores envolvidos nessa questão.

Bom sempre lembrar que uma APP determina a proibição de ocupação do território que delimita com base em critérios que consideram a função ambiental desse território. Desta maneira, as APPs somam-se aos setores da Carta Geotécnica definidos como *non aedificandi* em função de suas características geológicas, geotécnicas ou hidrológicas.

Nascente e Olho d'água

Do Código Florestal:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

.....
XVII – nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá

início a um curso d'água; XVIII – olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente.

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

.....
IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Comentários:

Especialmente para propriedades rurais e urbanas de menor porte, onde a disponibilidade de área para um determinado uso ou empreendimento é questão crucial e decisória, percebe-se a fundamental importância de uma exata interpretação do que possa realmente se definir como uma nascente.

Para um comum e bom entendimento teórico e prático a respeito, é indispensável recuperar uma definição conceitual indiscutível: toda nascente corresponde a uma manifestação em superfície do lençol freático, ou seja, da água subterrânea, entendida essa como a água contida em zona subterrânea de saturação, normalmente sustentada por uma camada geológica inferior impermeável.

O Código estabelece uma diferenciação entre nascente e olho d'água. A nascente tem caráter perene e dá início à formação de um curso d'água, o olho d'água pode ser intermitente e não necessariamente dá início à formação de um curso d'água. Porém, para que a nascente e o olho d'água ensejem a delimitação de uma APP é estabelecido como condição que ambos sejam manifestação do lençol freático em superfície e ambos tenham caráter de perenidade. Esses atributos constituirão sempre os fatores de distinção mais corretos e adequados, e indiscutíveis, para que as dúvidas e polêmicas que têm marcado essa questão sejam solucionadas.

Cursos d'água

Do Código Florestal

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

.....
XIX – leito regular: a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano.

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos

os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Comentários:

A expressão curso d'água, conquanto o Código Florestal não explicita um conceito específico, está implicitamente associada a águas naturalmente correntes em superfície, de caráter perene ou intermitente, ao longo da calha de seu leito regular.

No que concerne aos cursos d'água, sempre o papel comprovador de sua existência será a presença física e historicamente confirmada de uma corrente natural superficial de água sobre um leito regular, sua calha.

Topo de Morro

Do Código Florestal:

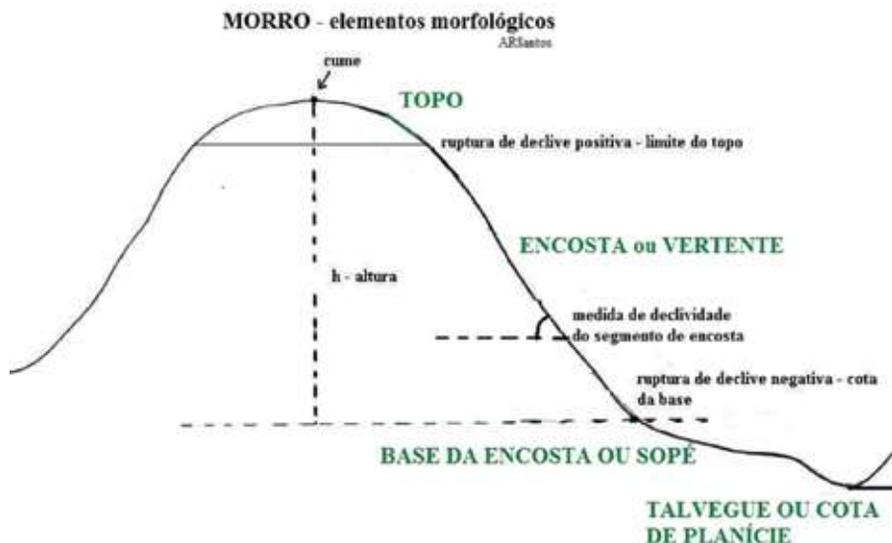
Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

.....
IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Comentários:

Topo de morro refere-se à calota superior de uma elevação do relevo. Seu ponto culminante, mais alto, é o pico ou cume do morro, sendo sua base definida pela curva topográfica correspondente à ruptura de relevo positiva a partir da qual se inicia a encosta. Ainda que os termos legais não tenham sido precisos nessa caracterização, os topos de morro foram considerados áreas de especial interesse ambiental pelo papel que cumpririam na realimentação do lençol freático e na proteção das encostas contra processos erosivos.

Do ponto de vista morfológico distinguem-se diversos elementos em um morro ou montanha: o cume, o topo de morro, a encosta (ou vertente), a base, assim como os parâmetros geométricos da altura e declividade. O esquema a seguir ilustra esses elementos e parâmetros.



Elementos morfológicos de um morro

Especificamente para as condições do espaço urbano, e tendo como referência os riscos geológicos e geotécnicos, como deslizamentos, enchentes e processos erosivos, as áreas de topo das elevações topográficas são extremamente mais favoráveis do que as áreas de encostas para uma segura ocupação urbana. Essa qualidade geotécnica das áreas de topo de morro deve-se à formação de solos mais espessos e evoluídos, portanto, mais resistentes à erosão, e a quase inexistência de esforços tangenciais decorrentes da ação da força de gravidade. Situação inversa ocorre com as encostas de alta declividade, instáveis por natureza e palco comum das recorrentes tragédias geotécnicas que têm vitimado milhares de brasileiros.

Alterações promovidas no novo Código ampliam as possibilidades de ocupação dos topos de morro, montes, montanhas e serras, caso dos aumentos da altura mínima (antes

50, agora 100 metros) e da declividade limite (antes 30% na linha de maior declividade, agora 46,6%) para que uma elevação de relevo deva ser objeto de delimitação de APP de topo de morro. Caso também da determinação pela qual a declividade superior ao limite deverá ser a média das declividades da elevação e da mudança definida para a medição da altura da elevação de relevo, antes tomada do ponto de máxima altitude ao ponto de mínima altitude da elevação, agora do ponto de máxima altitude (cume) à altitude da sela topográfica mais próxima. Entendendo-se aqui sela como a depressão topográfica entre duas elevações. Todas essas elevações de terreno, uma vez atendidas as referidas características geométricas, serão objeto de delimitação da APP de topo de morro em seu terço superior.

Outra alteração trazida pelo novo Código, inciso IX do artigo 4º, diz respeito à extensão direta dessas determinações para todos os tipos de elevações topográficas pertinentes a um relevo ondulado: morros, montes, montanhas e serras.

Encostas de alta declividade

Do Código Florestal:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

.....

V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive.

Comentários:

No que se refere ao aumento de restrições para a ocupação de encostas na área urbana, veja-se que o Código Florestal define como APP (Área de Preservação Permanente) somente as encostas com declividades superiores a 45° (100%). Outra vez a geometria impondo-se à ciência. Os conhecimentos geológicos e geotécnicos mais recentes e abalizados indicam que, especialmente em regiões tropicais úmidas de relevo mais acidentado, há probabilidade de ocorrência natural de deslizamentos já a partir de uma declividade de 30° (~57,5%). Por seu lado, a Lei Federal nº 6.766, de dezembro de 1979, conhecida como Lei Lehmann, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no território nacional, em seu Artigo 3º, item III, proíbe a ocupação urbana de encostas com declividade igual ou superior a 30° (~16,5°), abrindo exceção para situações em que são atendidas exigências específicas de autoridades competentes. Consideremos que essas situações de exceções possam ser admitidas, desde que justificadas e sob responsabilidade técnica expressa, até um limite máximo de 46,6% (25°); pois bem, a leitura geológica e geotécnica dessa questão sugere a providencial decisão de se reduzir

de 45° para 25° o limite mínimo de declividade a partir do qual as áreas de encosta devam ser consideradas APPs no espaço urbano. Imagine-se o ganho ambiental para as cidades brasileiras que decorreria de uma medida de tanta racionalidade como essa, ou seja APPs florestadas em encostas já a partir de 25°, e não mais de 45°.

Ou seja, ainda que o atual Código Florestal seja excessivamente liberal quanto à ocupação urbana de encostas de alta declividade, a Carta Geotécnica poderá ir além dessa liberalidade, indicando a proibição de ocupação urbana de encostas já a partir de declividades de 25° (46,5%).

Veredas

Do Código Florestal

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

.....
XII – vereda: fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com palmáceas, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas.

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

.....
XI – em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.

Comentários:

Importante considerar que vereda é um microambiente específico e exclusivo do grande bioma Cerrado. Ou seja, não ocorre em outros biomas brasileiros. Os cerrados brasileiros, em boa parte já substituídos pela agricultura e pela pecuária, estendem-se amplamente pelos Estados de Minas Gerais, Bahia, todo o Centro-Oeste e parte sul dos Estados do Maranhão e Piauí. É a chamada savana brasileira. A vereda ocorre esparsamente pelo cerrado e constituem pequenas áreas úmidas com tamanho médio em torno de alguns milhares de metros quadrados. Correspondem a baixios rasos brejosos com solos argilosos hidromórficos e vegetação típica, com destaque para a palmeira Buriti. É bastante comum as veredas constituírem cabeceiras de drenagem alimentadoras em caráter perene ou intermitente de pequenos cursos d'água. Em períodos mais secos cumprem o papel de refúgio para a fauna regional por sua permanente disponibilidade hídrica. São feições botânicas que têm baixa capacidade de recomposição quando afetadas por atividades humanas como agricultura, pastagem,

acumulação de água para dessedentamento do gado, etc. É por essa singularidade e fragilidade que foi contemplada pelos dispositivos legais de proteção como uma Área de Proteção Permanente.

A umidade das veredas pode ser consequência do afloramento do lençol freático ou da presença de camadas sub-profundas de grande impermeabilidade que retém as águas de chuva.

Faz-se necessário o cuidado para não se estabelecer confusão entre esse significado do termo vereda e outro significado que lhe é atribuído especialmente entre hidrólogos e agrônomos, qual seja de nascente difusa, isto é, um afloramento difuso do lençol freático, feição geológica possível de ocorrência em todos os biomas brasileiros.

Nas veredas normalmente se distinguem três setores: a “borda”, com predominância de solos mais secos, vegetação campestre, o “meio”, com solos já úmidos e vegetação campestre-arbustiva e o “fundo”, onde estão os solos saturados, área brejosa onde se destacam os buritis.

O novo Código determina que o limite da APP de veredas se estenda a uma distância de 50 metros a partir da linha de contorno do “fundo”, ou seja, da zona saturada da vereda.