



ENCHENTES E DESLIZAMENTOS: causas e soluções 2ª Edição

Áreas de risco no Brasil

Geólogo **ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS**



Enchentes e deslizamentos: causas e soluções - áreas de risco no Brasil
©COPYRIGHT EDITORA PINI LTDA.

Todos os direitos de reprodução ou tradução reservados pela Editora Pini Ltda.

2ª edição

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Santos, Álvaro Rodrigues dos
Enchentes e deslizamentos : causas e soluções :
áreas de risco no Brasil / geólogo Álvaro
Rodrigues dos Santos. -- São Paulo : Pini,
2012.

ISBN 978-85-7266-262-8

1. Águas pluviais 2. Deslizamentos 3. Encostas
(Mecânica de solos) 4. Geotecnologia ambiental
5. Inundações 6. Inundações - Previsão 7. Saneamento
I. Título.

12-08016

CDD-551.307

Índices para catálogo sistemático:

1. Controle de enchentes : Geologia 551.307
2. Controle de deslizamentos : Geologia
551.307

Coordenação Manuais Técnicos: Josiani Souza
Projeto Gráfico e Capa: Mauricio Aires
Diagramação: Mauricio Aires
Revisão: Mônica Elaine G. S. da Costa

Editora Pini Ltda.
Rua Anhaia, 964 – CEP 01130-900 – São Paulo – SP – Brasil
Fone: (011) 2173-2300 – Fax: (011) 2173-2466
www.piniweb.com – manuais@pini.com.br

1ª edição - julho 2012
2ª edição - maio 2023

ENCHENTES E DESLIZAMENTOS

ÁREAS DE RISCO NO BRASIL

CAUSAS E SOLUÇÕES

2ª edição revista e atualizada

Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos

“A cidade, sem saber dissimular, reproduz fielmente em seu desenho urbano as perversidades sociais da sociedade que a constrói e habita”.

Álvaro

APRESENTAÇÃO - 2ª EDIÇÃO

Ano a ano a população brasileira tem testemunhado o aumento de vítimas, muitas delas fatais, e de pesadas perdas patrimoniais e financeiras por decorrência de enchentes urbanas e deslizamentos de encostas. Diferentemente de países castigados por fenômenos de origem totalmente natural, como terremotos, vulcões e furacões, no Brasil essas recorrentes tragédias hidrológicas, geológicas e geotécnicas estão direta e intimamente associadas à ação humana, por ela diretamente provocadas ou por ela potencializadas, especialmente no que toca ao enorme descompromisso com que as administrações públicas e privadas têm tratado as relações entre a expansão urbana e as características naturais dos terrenos ocupados.

Ou seja, no caso brasileiro essas tragédias não são exatamente naturais, podendo, portanto, ser evitadas apenas no depender de decisões humanas.

Como em qualquer atividade, um exato diagnóstico das causas dos problemas é essencial para a concepção e implementação das ações necessárias a evitá-los. Aí está o objetivo maior dessa publicação: esclarecer e conscientizar os administradores públicos, as empresas privadas, o meio técnico e a população para que, a partir de uma perfeita noção das causas que propiciam a ocorrência dos fenômenos de enchentes e deslizamentos, conheçam e compreendam as soluções que devam, cada qual em seu âmbito, implementar para evitá-los.

Em relação à sua 1ª edição, essa 2ª edição trás novas considerações e informações sobre o grave problema das áreas de risco no contexto urbano e inclui várias novas imagens que auxiliam a compreensão dos fenômenos tratados.

O Autor

DEDICATÓRIA

Dedico esse livro aos milhares de brasileiros que perderam suas vidas, seus entes queridos e suas poucas posses ao meio da brutalidade das tragédias associadas a enchentes e deslizamentos.

Com a mesma emoção dedico também o livro a todos aqueles que, com destemor e espírito solidário, ajudaram a salvar vidas e mitigar sofrimentos nos momentos mais críticos desses trágicos acontecimentos.

Por fim, cabe-me lembrar os profissionais que, movidos por sentimentos de respeito e solidariedade à população e pelo propósito de extinção das áreas de risco das cidades brasileiras, têm dedicado sua competência técnica à produção dos conhecimentos e informações necessários à correta gestão preventiva e corretiva das relações entre as ações humanas e o meio físico geológico.

O Autor

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

PREFÁCIO

INTRODUÇÃO

- AS QUESTÕES TÉCNICAS E SOCIAIS ENVOLVIDAS NA TRAGÉDIA GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA-HIDROLÓGICA DAS ZONAS DE EXPANSÃO URBANA

ENCHENTES URBANAS: CAUSAS E SOLUÇÕES

- ENCHENTES URBANAS: DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO
- CRIAR BOSQUES FLORESTADOS
- CALÇADAS AJARDINADAS – SARJETAS DRENANTES
- RESERVATÓRIOS DOMICILIARES E EMPRESARIAIS DE ACUMULAÇÃO, USO E INFILTRAÇÃO
- PÁTIOS, ESTACIONAMENTOS, PAVIMENTOS E DISPOSITIVOS DRENANTES
- TAXA DE PERMEABILIDADE OU COTA DE ACUMULAÇÃO/INFILTRAÇÃO POR LOTE?
- IMPEDIR A EROÇÃO , EVITAR O ASSOREAMENTO
- ENTULHO: É PRECISO CONSUMI-LO EM GRANDES QUANTIDADES, O QUE IMPLICA ESTIMULAR SEU USO BRUTO OU SEMI-BRUTO
- É PRECISO ADENSAR AS CIDADES
- ENCHENTES: PRECISAMOS E PODEMOS NÃO PRECISAR DOS PISCINÕES
- MINUTAS DE LEIS MUNICIPAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE COMBATE ÀS ENCHENTES

DESLIZAMENTOS: CAUSAS E SOLUÇÕES

- ÁREAS DE RISCO: CONVIVER OU ELIMINAR?
- GROTAS, FEIÇÕES DE RELEVO VEDADAS À URBANIZAÇÃO
- ELEMENTOS BÁSICOS DE UM PROGRAMA DE GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS
- A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA DINÂMICA GEOLÓGICA NATURAL DE UMA DETERMINADA REGIÃO. O EXEMPLO DA SERRA DO MAR
- O ESPAÇO URBANO E O CÓDIGO FLORESTAL
- ÁREAS DE RISCO, GEOLOGIA E ARQUITETURA. TÉCNICAS DE OCUPAÇÃO ADEQUADAS A TERRENOS DE ALTA DECLIVIDADE
- CARTA GEOTÉCNICA: UMA REFERÊNCIA OBRIGATÓRIA PARA OS PLANOS DIRETORES E PARA OS CÓDIGOS DE OBRA
- OBRAS SIMPLES TEM ESPECIAL INDICAÇÃO NOS SERVIÇOS DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA DE ÁREAS DE RISCO

PREFÁCIO

Conheci o Álvaro Rodrigues dos Santos em 1985, quando, engenheiro civil formado há 4 anos, fui trabalhar no Instituto de Pesquisas Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT, com o objetivo ainda um tanto difuso de me tornar engenheiro geotécnico. O IPT naquela época, sob a liderança técnica do Álvaro, na área de Geologia Aplicada, e do Carlos de Souza Pinto e Faíçal Massad, na Engenharia Geotécnica, buscava, a partir do entendimento dos processos do meio físico responsáveis pelos graves desastres associados a escorregamentos nas encostas da Serra do Mar nas décadas anteriores, bem como pelos acidentes geotécnicos que se tornavam cada vez mais frequentes na Região Metropolitana de São Paulo, então em franco processo de avanço sobre as periferias das zonas leste e oeste, desenvolver novos instrumentos para subsidiar o planejamento urbano – as cartas geotécnicas de aptidão à urbanização - e implementar novas metodologias de projeto de obras geotécnicas.

Foi nessa época que aprendi a lição mais importante para o engenheiro geotécnico: antes de procurar determinar os parâmetros necessários para nossas equações de análise de estabilidade de talude, precisamos entender o que está acontecendo na Natureza, quais as forças que estão agindo para instabilizar o talude e a partir daí, entendendo as causas, elaborar as propostas de intervenção para controlá-las e reestabelecer o equilíbrio. Mais observação da Natureza e menos ensaios de laboratório, dizia o Álvaro!

Neste livro, o Álvaro aplica, às propostas de políticas públicas para prevenção de desastres naturais, este conceito tão simples, que na década de 1970 era inovador e hoje, espantosamente, continua sendo inovador: entender as causas para propor as soluções!

Entender as causas significa, nas condições geológicas prevalentes no nosso País, começar por colocar entre aspas o termo “desastre natural”. Afinal, poderia ser considerada Natural a ausência de condições para prover moradia adequada para a população pobre, obrigando-a a construir suas residências de forma irregular em áreas de elevada declividade, sobre antigos depósitos de lixo ou junto às calhas dos rios? Ou a impermeabilização radical da superfície urbana? Ou o padrão de ocupação de áreas de maior declividade baseado em extensivos cortes e aterros que instabilizam as encostas e potencializam os processos erosivos?

Discutindo as causas responsáveis pelos desastres naturais urbanos, Álvaro apresenta propostas de políticas públicas que nos farão avançar efetivamente na direção de cidades mais seguras, para todos.

Os acadêmicos das áreas de Geologia e Engenharia Civil vão encontrar neste livro todo o rigor conceitual que tanto prezam em seus artigos técnicos e, muitos deles, vão se surpreender com a possibilidade de se traduzir esses conceitos de forma clara e acessível. Os estudantes de Geologia e Engenharia terão uma fonte essencial para construir seus conhecimentos e desenvolver suas carreiras. Os engenheiros, arquitetos e urbanistas encontrarão elementos de reflexão para a adequação de seus projetos e planos. Os legisladores encontrarão até exemplos de normas legais. E nós, que nos governos municipais, estaduais e federal, nos dedicamos a construir uma política nacional de prevenção de desastres e gestão de riscos, teremos um exemplo de rigor técnico, competência e dedicação à causa pública para guiar nossas ações.

Engº Celso Santos Carvalho

**Engenheiro civil, mestre e doutor pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Especialista em infraestrutura do governo federal.**

Diretor de Assuntos Fundiários e Prevenção de Riscos do Ministério das Cidades.

INTRODUÇÃO

AS QUESTÕES TÉCNICAS E SOCIAIS ENVOLVIDAS NA TRAGÉDIA GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA-HIDROLÓGICA DAS ZONAS DE EXPANSÃO URBANA

Como o leitor se aperceberá, esse livro tem como pilar expositivo a percepção da prioridade estratégica que deverá ser atribuída às medidas de caráter preventivo nos programas de redução e eliminação dos riscos urbanos de caráter geológico, geotécnico e hidrológico. No âmbito da abordagem preventiva é imprescindível ter claro que as causas essenciais das tragédias associadas a áreas de risco envolvem duas vertentes, a técnica e a social. No que diz respeito à vertente social, as questões habitacionais da população de baixa renda destacam-se como a variável de maior importância.

A análise a seguir utiliza como laboratório de campo a Região Metropolitana de São Paulo, mas suas considerações e conclusões são válidas para todo o contexto urbano brasileiro, em especial de suas médias e grandes cidades.

Hoje uma família de baixa renda (até 3 ou 4 salários mínimos) somente consegue constituir moradia, própria ou alugada, que caiba em seu parco orçamento com alguma combinação entre as seis seguintes variáveis: distância, periculosidade, insalubridade, desconforto ambiental, precariedade construtiva e irregularidade fundiária. Essa condição leva inexoravelmente a população pobre a três alternativas: favelas, cortiços ou zonas periféricas de expansão urbana. Especialmente nessa última condição a população de baixa renda tem sido protagonista ativa e passiva da grave tragédia geotécnica que incide generalizadamente em áreas de relevo mais acidentado e margens de córregos, tragédia que põe a perder por erosão, deslizamentos, assoreamento e enchentes a já precária infra-estrutura urbana, as próprias habitações, patrimônios públicos e privados e, não raramente, vidas humanas.

De fato, estudos demográficos recentes apoiados no Censo Demográfico de 2.010 mostraram que na última década e meia enquanto as áreas centrais e os bairros mais antigos consolidados dos maiores municípios das metrópoles brasileiras tiveram decréscimo ou estabilização populacional, nas zonas periféricas de expansão urbana houve uma verdadeira explosão populacional com taxa de crescimento médio de até 8% ao ano, passando a abrigar mais de 30% da população total.

Ou seja, as zonas periféricas vêm se comportando como a válvula de escape para o abrigo da população de baixa renda em uma clara tendência de espraiamento geográfico horizontal, com o que seguidas porções do território, incluindo seus mananciais de água, vão sendo incorporados à tentacular e temerária mancha urbana metropolitana.

No que se refere ao meio físico de suporte, considerada especialmente sua variável geológica, e tendo o caso da cidade de São Paulo como exemplo, considere-se que a ocupação urbana da metrópole paulista desenvolveu-se até meados do século XX preponderantemente no interior do vértice dos rios Tietê e Pinheiros, ocupando terrenos sedimentares terciários e quaternários de topografia suave e de características geológico-geotécnicas favoráveis à ocupação urbana. Com o crescimento explosivo após a metade do século, vêm sendo ocupados, e sem nenhum critério técnico diferenciado, os terrenos mais periféricos, de relevo progressivamente mais acidentado e com solos de alteração de rochas cristalinas extremamente mais vulneráveis à erosão (os solos de alteração de rochas cristalinas são até 100 vezes mais erodíveis que os solos superficiais laterizados e os solos argilosos dos sedimentos terciários). Assim, a expansão urbana periférica vem se processando, via de regra, através de intensas e extensas terraplenagens implicando em exposições cada vez maiores e mais prolongadas dos solos de alteração (mais profundos, menos argilosos, mais erodíveis) aos processos erosivos. Uma prática nociva e nada criativa do ponto de vista técnico, pela qual persistentemente se privilegia a adaptação dos terrenos aos projetos ao invés de adequar os projetos às características naturais dos terrenos.

Essa expansão urbana baseia-se em dois tipos principais de ocupação habitacional: os loteamentos regulares, com projetos aprovados pelas administrações municipais, e as ocupações irregulares (loteamentos clandestinos e invasões) de terrenos privados e públicos. Via de regra os loteamentos

regulares são implantados através de extensas terraplenagens, arrasando morros e encostas e aterrando vales, com a venda e início de ocupação dos lotes antecedendo a instalação completa da infra-estrutura urbana básica (ruas pavimentadas, sistemas de drenagem de águas pluviais, saneamento básico, proteção de taludes contra a erosão). Loteamentos clandestinos e invasões, por seu lado, têm ocupado especialmente encostas de grande declividade e fundos de vale. Nas encostas, com a implantação de arruamento precário, sem proteção alguma, e ocupação lote a lote, cada qual encaixado por escavação da encosta. Na mesma ordem de total anarquia técnica, as ocupações irregulares acontecem em fundos de vale e margens de córregos.



Loteamento irregular sem nenhuma infraestrutura instalada sendo destruído pela erosão. Foto IPT

Ambas as formas de ocupação, loteamentos regulares e loteamentos irregulares/invasões em terrenos de alta declividade e margens de córregos, são catastróficas do ponto de vista geotécnico, expondo enormes superfícies de solo aos processos erosivos e colaborando para o assoreamento das drenagens. Em ambos os casos há a agravante da produção sistemática de áreas de riscos; nas encostas de alta declividade, por deslizamentos, nos fundos de vale e margens de córregos, por solapamento e enchentes.



Loteamento irregular também sendo totalmente degradado pelos processos erosivos. Foto ARSantos

O resultado não poderia ser diverso, Na Região Metropolitana de São Paulo, a perda média de solos por erosão está estimada em algo próximo a 13,5 m³ de solo por ha/ano, o que implica na produção anual por erosão de até 8.100.000 m³/ano de sedimentos e sua decorrente liberação para o

assoreamento da rede de drenagem natural e construída. Especialmente as frações arenosas desse volume (3.250.000 m³) depositam-se nos leitos de rios e córregos, e as frações silto-argilosas (4.850.000 m³) são levadas em suspensão. Como resultado, boa parte da rede de drenagem natural e construída chega a perder até mais de 50% de sua capacidade original de vazão.

Os processos erosivos em terrenos de maior declividade têm assim uma dupla perversidade geotécnica: degradam a infra-estrutura urbana nas áreas onde ocorre a erosão - área fonte dos sedimentos, com destruição de ruas, edificações, sistemas de drenagem e produção de áreas de risco, e provocam o intenso assoreamento das drenagens naturais (córregos e rios) e construídas (bueiros, galerias, canais) - áreas de destino dos sedimentos, constituindo hoje uma das principais causas das enchentes que assolam a metrópole. Centenas de milhões de dólares são anualmente comprometidos na perda total e em custos de reconstrução de patrimônios públicos e privados nas áreas submetidas à erosão, nas despesas com os extensos e intermináveis serviços de desassoreamento das drenagens e nas graves conseqüências econômicas e sociais das enchentes decorrentes de todo esse terrível processo.

Adicionalmente, nas ocupações irregulares de fundos de vale e margens de córregos, o lixo urbano não recolhido e o entulho de construção civil lançado irregularmente colaboram para o agravamento do fenômeno de assoreamento das drenagens. As ocupações de encostas íngremes e de fundo de vale e margens de córregos são assim, ao mesmo tempo, agentes e vítimas dos graves problemas geotécnicos por elas mesmas provocados.

De várias ordens são as providências necessárias a reduzir a nível mínimo essa verdadeira catástrofe geotécnica: legal, técnica, educacional, administrativa, política, assistencial. Porém há uma providência que se não equacionada e resolvida tornará ineficaz qualquer outro tipo de ação. Trata-se da necessidade de implementação de uma política habitacional que resulte de fato em uma substancial redução da pressão de ocupação sobre a zona periférica da metrópole, considerados aí especialmente os fundos de vale e as encostas com alta declividade. Essa política deverá indispensavelmente proporcionar à população de baixa renda familiar (3 a 4 salários mínimos) moradias a um custo ao menos similar ao que ela vem encontrando com a combinação daquelas 6 variáveis: distância, periculosidade, insalubridade, desconforto ambiental, precariedade construtiva e irregularidade fundiária. Sem essa condição orçamentária de partida não haverá solução para o problema, uma vez que frente a qualquer alternativa de maior custo a família pobre continuará optando por aquela mais barata provida pelas 6 variáveis.

De minha experiência técnica pessoal junto às zonas periféricas de expansão urbana não me restam dúvidas que **essa tão necessária política habitacional deverá se basear extensivamente em um programa que combine o método do lote urbanizado com o método da autoconstrução assistida técnica e financeiramente**. Não como o único, mas como seu programa de maior fôlego e capacidade de atendimento.

Do ponto de vista tecnológico, por mais que a Universidade, os Institutos de Pesquisa e as Agências de Fomento tenham investido na procura do barateamento da habitação popular, nenhuma experiência nesse sentido vingou exitosamente em lugar algum. Justamente porque pesquisadores e instituições esqueceram-se de algo tão simples: a logística de comercialização de materiais de construção e de oferecimento de serviços em construção civil e manutenção (pedreiros, encanadores, etc., etc.). A população de baixa renda elegeu então autônoma e espontaneamente a tecnologia possível para ter sua casa, a autoconstrução com base no bloco/laje. Hoje as zonas periféricas de expansão urbana em quase todas as grandes cidades metrópoles brasileiras constituem um verdadeiro oceano de habitações auto-construídas em bloco-laje. A própria família constrói, no ritmo permitido por seu tempo e por seu dinheiro, e a cada 500 metros existe uma casa de materiais de construção onde possa ir adquirindo homeopaticamente os materiais necessários (são comuns nessas condições materiais de baixa qualidade, os “não conformes”, mas de qualidade suficiente consideradas as modestas edificações de destino). Além disso, não lhes faltam parentes próximos ou amigos que saibam ou concertar um encanamento, uma instalação elétrica ou encher uma nova laje. Ainda que a habitação assim resultante seja tecnicamente precária, com baixíssimo conforto ambiental, o problema maior dessa população não está na edificação em si, mas na quase total ausência de infra-

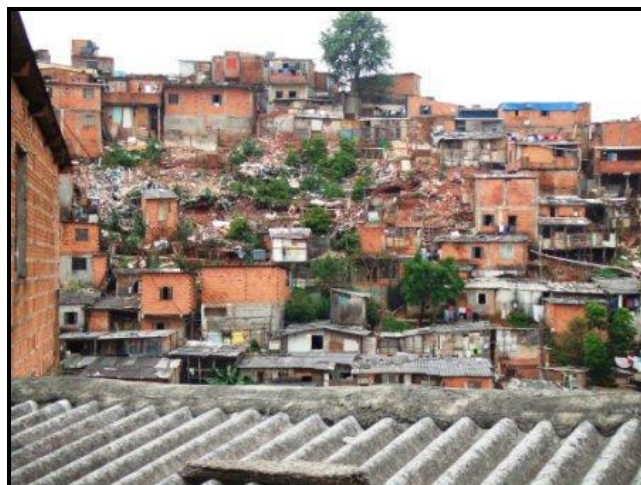
estrutura urbana, nas péssimas condições de saneamento e na deterioração acelerada de toda a área ocupada, especialmente por processos erosivos.



Auto-construção: um oceano de casas hoje nas zonas de expansão urbana das cidades brasileiras. Com todos seus problemas técnicos foi a tecnologia espontaneamente “eleita” pela população de baixa renda e que tem proporcionado moradia para milhões de brasileiros. Uma contundente lição das ruas para os planejadores (bem intencionados) públicos e privados. Foto ArSantos



Auto construção em bloco/laje. A tecnologia que possibilitou ao cidadão de baixa renda comprar material quando sobra um dinheiro para tanto e trabalhar na construção de sua casa quando sobra algum tempo para si e para amigos e parentes. Logisticamente, sempre encontrará um depósito de materiais de construção em um raio de menos de 500 metros. Foto ARSantos





Auto construção sem qualquer assistência técnica criando áreas de risco. Fotos ARSantos

Por outro lado, as experiências com lotes urbanizados, ou seja, o lote é colocado à disposição para a construção da habitação somente após toda a infra-estrutura urbana básica ter sido devidamente implantada, têm convencido ser essa a melhor alternativa para assegurar a integridade física geral da área e de seus equipamentos. O mesmo pode-se dizer da autoconstrução assistida técnica e financeiramente como expediente proporcionador de uma habitação segura e com adequado conforto ambiental.

Fechando a equação, existem ainda nas vastas áreas já urbanizadas das metrópoles um grande número de “vazios urbanos”, pequenos, médios ou grandes terrenos fisicamente adequados para a ocupação habitacional, e que, por motivos diversos, especialmente a especulação imobiliária, ainda não foram ocupados. Um programa de compra ou desapropriação desses terrenos por interesse social geraria em somatória área suficiente a abrigar grandes contingentes humanos que hoje estão instalados em áreas degradadas da zona periférica, ou estão sendo orçamentariamente levados a produzi-las.

Combinando virtuosamente esses dados de entrada, ou seja, a capacidade de autoconstrução da população de baixa renda, o comprovado sucesso da técnica do lote urbanizado e da autoconstrução assistida técnica e financeiramente, assim como a existência de um enorme número de terrenos vazios adequados para a ocupação habitacional, estão colocadas as bases de uma Política Habitacional capaz de oferecer em curto espaço de tempo moradias para centenas de milhares de famílias e de, por alívio da pressão de ocupação, por termo à catástrofe geotécnica que castiga a atual zona periférica de expansão urbana.

ENCHENTES URBANAS: CAUSAS E SOLUÇÕES

IMPORTÂNCIA E IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

Os textos a seguir, tendo em conta o diagnóstico expresso dos fenômenos de enchentes urbanas, compõem uma série dedicada à demonstração da importância das medidas ditas não estruturais no combate ao grave problema. Esses textos estão concebidos para didaticamente demonstrar a imperiosa necessidade da adoção de uma nova cultura técnica para a gestão dos problemas de drenagem urbana e para orientar ações que podem perfeitamente ser adotadas pela sociedade e pelas administrações públicas e privadas desde já, por sua simples deliberação, sem nenhuma necessidade burocrática que as desestimule a tanto.

Os textos dedicados às medidas não estruturais de combate às enchentes tiveram como laboratório privilegiado o meio físico geológico-hidrologico-urbano da Região Metropolitana de São Paulo. No entanto, seu conteúdo, respeitadas as especificidades de nossas diferentes cidades, tem validade para os mais variados contextos urbanos.

SUMÁRIO

- ENCHENTES URBANAS: DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO
- CRIAR BOSQUES FLORESTADOS
- CALÇADAS AJARDINADAS – SARJETAS DRENANTES
- RESERVATÓRIOS DOMICILIARES E EMPRESARIAIS DE ACUMULAÇÃO, USO E INFILTRAÇÃO
- PÁTIOS, ESTACIONAMENTOS, PAVIMENTOS E DISPOSITIVOS DRENANTES
- TAXA DE PERMEABILIDADE OU COTA DE ACUMULAÇÃO/INFILTRAÇÃO POR LOTE?
- IMPEDIR A EROSÃO, EVITAR O ASSOREAMENTO
- ENTULHO: É PRECISO CONSUMI-LO EM GRANDES QUANTIDADES, O QUE IMPLICA ESTIMULAR SEU USO BRUTO OU SEMI-BRUTO
- É PRECISO ADENSAR AS CIDADES
- ENCHENTES: PRECISAMOS E PODEMOS NÃO PRECISAR DOS PISCINÕES
- MINUTAS DE LEIS MUNICIPAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE COMBATE ÀS ENCHENTES

ENCHENTES URBANAS: DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO

Apesar dos grandes recursos financeiros já investidos em obras e serviços de infraestrutura hidráulica, como ampliação das calhas de seus grandes rios, a dura realidade vem mostrando que um enorme número de médias e grandes cidades brasileiras estão cada vez mais vulneráveis a episódios de enchentes. Há uma explicação elementar para tanto: resistindo a admitir o total fracasso do modelo adotado para o enfrentamento do problema, todas essas cidades continuam a cometer os mesmos erros básicos que estão na origem causal das enchentes urbanas.

Ainda que com importantes características próprias de cada local, e que devem ser sempre levadas em conta, as enchentes urbanas que vêm castigando um número cada vez maior de cidades brasileiras obedecem uma equação hidráulica comum: **“volumes crescentemente maiores de água, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão”**.

Esse aporte maior de águas pluviais para as drenagens decorre, invariavelmente, da aplicação de uma cultura técnica urbanística desde há muito equivocada, pela qual as águas pluviais são consideradas um inimigo do qual o perímetro urbano deva se livrar o mais rapidamente quanto possível. Para o cumprimento desse amalucado impulso cultural os principais absurdos amplamente cometidos são a impermeabilização generalizada da cidade e a extensiva retificação e canalização dos cursos d'água.



Região Metropolitana de São Paulo: um selo de concreto e asfalto impermeabilizando mais de 4 mil km². A mesma cultura urbanística da impermeabilização se faz presente praticamente em todas as cidades brasileiras.

Ou seja, a cidade, por força de sua impermeabilização, perde a capacidade de reter as águas de chuva, lançando-as em grande volume e rapidamente sobre um sistema de drenagem – valetas, galerias, canais, bueiros, córregos, rios – não dimensionado para tal desempenho. E aí, as enchentes. Ao menos em seu tipo mais comum.

Excessiva canalização de córregos e o enorme assoreamento de todo o sistema de drenagem por sedimentos oriundos de processos erosivos e por toda ordem de entulhos de construção civil e lixo urbano compõem fatores adicionais que contribuem para lançar as cidades a níveis críticos de dramaticidade no que se refere aos danos humanos e materiais associados aos fenômenos de enchentes. E, lamentável e inexplicavelmente, as cidades continuam a cometer todos esses erros. Para se ter uma idéia da dimensão desse problema da impermeabilização da área urbanizada considere-se que o Coeficiente de Escoamento Superficial - índice que mostra a relação entre o volume total da chuva e a parte desse volume que escoam superficialmente em direção às drenagens, está nas grandes cidades brasileiras em torno de 85%; ou seja, 85% do volume de uma chuva escoam superficialmente comprometendo rapidamente o sistema de drenagem. Em uma floresta, ou um bosque florestado urbano, acontece exatamente o contrário durante um temporal, o Coeficiente de Escoamento fica em torno de 20%, ou seja, cerca de 80% do volume das chuvas é retido. E para se ter idéia do perverso efeito do binômio erosão/assoreamento saiba-se que é responsável por reduções de até 80% da capacidade original de vazão das drenagens urbanas.



A cidade lançando suas águas pluviais em grande volume e pequeno espaço de tempo sobre seu sistema de drenagem, que nessas condições é totalmente incapaz de lhes dar a devida vazão



São incalculáveis os prejuízos patrimoniais, logísticos, econômicos, sociais e humanos que as enchentes impõem à sociedade. Apesar das contínuas promessas e planos a situação revela contínuo agravamento.



Conquanto as enchentes jornalisticamente mais espetaculares sejam as que atingem setores nevrálgicos no transporte urbano, aquelas que atingem bairros populares são de conseqüências humanas terríveis. Em minutos perde-se em ao meio de uma lama altamente poluída e contaminada economias familiares que exigiram anos para serem adquiridas. Fotos FSP.

Frente a isso não há outra alternativa, é indispensável romper radicalmente com a velha cultura técnica, o que significa de início entender as águas de chuva como amigas da cidade, que a limpam de suas poeiras, que dão vida a seus verdes, que alimentam seus mananciais profundos e de superfície, matam sua sede, amenizam seu clima e atendem inúmeras necessidades suas. Em termos técnicos e práticos isso significa recuperar a capacidade da cidade em reter as águas de chuva e retardar seu escoamento. Objetivo que poderia também ser explicitado pela busca da máxima redução possível do Coeficiente de Escoamento Superficial urbano.

Nesse contexto, para garantir resultados confiáveis o combate às enchentes urbanas deve indispensavelmente atacar combinada e concomitantemente duas grandes frentes técnicas:

1 - a primeira frente diz respeito às medidas hidráulicas estruturais, ou seja, aquelas diretamente vinculadas ao sistema natural e construído de drenagem. Correspondem às obras de alargamento e aprofundamento dos rios principais, aqueles que definem os níveis hidrológicos de base da região, ao permanente desassoreamento de todos os rios, córregos e drenagens construídas e à eliminação de pontos de estrangulamento representados por pontes, galerias e sistemas de drenagem antigos que já não suportam mais as vazões a que são submetidos.

2 - a segunda frente é representada pelo conjunto de medidas que vamos chamar de não estruturais, ou seja, com ação fora das calhas hidrográficas, atuando diretamente sobre as causas: a) expedientes e dispositivos voltados ao aumento da capacidade de retenção de águas pluviais nas sub-bacias afluentes: reservatórios domésticos e empresariais de acumulação e/ou infiltração e/ou uso de águas de chuva, disseminação de bosques florestados, calçadas, valetas, pavimentos e pátios drenantes...; b) ações voltadas a reduzir ao máximo o assoreamento das drenagens naturais e construídas através da redução da erosão nas frentes de expansão metropolitana, do lançamento irregular do lixo urbano e do entulho de construção civil; b) medidas de planejamento urbano em atendimento à necessidade de se conter a forte tendência de espraiamento geográficos apresentada por grande parte de nossas cidades, com o que segundas áreas naturais são incorporadas à mancha urbana implicando em sucessivas sobrecargas aos sistema urbano de drenagem.

COMBATE ÀS ENCHENTES URBANAS (AÇÃO COMBINADA E COMCOMITANTE EM 2 FRENTES)

MEDIDAS ESTRUTURAIS

- *AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VAZÃO DAS CALHAS DOS RIOS PRINCIPAIS*
- *DESASSOREAMENTO PERMANENTE DE TODA A REDE DE DRENAGEM*
- *AMPLIAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGENS CONSTRUÍDAS*

MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

- *AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA POR INFILTRAÇÃO E ACUMULAÇÃO*
- *RADICAL REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE ASSOREAMENTO: SEDIMENTOS, ENTULHO, LIXO.*
- *PLANEJAMENTO DO CRESCIMENTO URBANO. REVERSÃO DA TENDÊNCIA DE ESPRAIAMENTO GEOGRÁFICO*

As medidas estruturais, relacionadas na primeira frente técnica, são caracteristicamente dispendiosas, e as administrações públicas têm investido bilhões de reais em sua implementação. As medidas não estruturais, constantes da segunda frente técnica, implicam em investimentos de ordem financeira expressivamente menor. Se não suficientes para o total controle das enchentes, as medidas não estruturais propiciarão, adicionalmente a seus benefícios hidráulicos diretos, uma fantástica redução da necessidade de medidas estruturais, especialmente em suas dimensões, com decorrente e proporcional economia de recursos públicos.

No entanto, um essencial primeiro passo deve definitivamente ser dado por nossas administrações municipais, sem o que desqualifica-se qualquer prognóstico mais otimista: tomar a mínima, elementar e cristalina decisão de **PARAR DE ERRAR**. Incrivelmente, diante de todas as repetidas tragédias, nossas cidades continuam a se expandir praticando os mesmos erros que estão na origem causal das enchentes, impermeabilizando o solo, canalizando seus córregos e provocando erosão. Apesar de todas as repetidas tragédias, de todas as repetidas cobranças da sociedade, apesar de todas as insistentes proposições do meio técnico e, especialmente, apesar de todas as emocionais promessas de nossas autoridades, o fato real é que a cada ano nossas cidades encontram-se em piores condições de enfrentar as enchentes em relação aos anos anteriores. E esta será a tendência para os anos que se seguem caso uma completa inversão de atitudes e ações não aconteça. Sem exagero, para muitas cidades brasileiras a situação pode ser descrita como dramática no que toca ao agravamento dos problemas decorrentes das enchentes.

CRIAR BOSQUES FLORESTADOS

Por sua eficiência e propriedades ambientais essa pode ser considerada o símbolo das medidas ditas não estruturais de combate às enchentes.

Bosque florestado urbano é um espaço, uma praça, um terreno público ou privado, inteiramente tomado por árvores de pequeno, médio e grande portes. Comporta-se como se fosse uma porção de uma verdadeira floresta natural. Um bom e conhecido exemplo seria a parte alta do Parque do Trianon, na badalada Av. Paulista da cidade de São Paulo. Serapilheira é aquele espesso colchão de folhas caídas e restos vegetais que vai se acumulando no chão das florestas naturais. É a serapilheira que proporciona a proteção do solo contra a erosão, dá vida biológica ao solo e o enriquece agronomicamente, torna o solo mais fofo e permeável. Outra característica formidável da serapilheira é reduzir a energia de escoamento superficial das águas de chuva, aumentando seu tempo de infiltração no solo, e absorvendo ela própria, de imediato, como uma esponja, uma grande quantidade dessas águas, do que decorre uma enorme redução do o volume que escorre sobre a superfície do solo e que acabaria chegando aos cursos d'água.

Para que os bosques florestados realmente cumpram um papel quantitativo mais representativo no combate às enchentes teriam que ser disseminados em profusão por toda a área urbana, o que do ponto de vista ambiental já seria um espetacular ganho. Pode-se trabalhar no sentido de ao final de um determinado prazo cada sub-bacia hidrográfica urbana contar com um mínimo de 10% de sua área total cobertos por pequenos, médios e grandes bosques florestados. À parte os fantásticos benefícios ambientais para a sub-bacia, inclusive na mitigação das ilhas de calor, esses bosques florestados, na proporção sugerida, estariam cumprindo, portanto, um importante papel suplementar no esforço de máxima retenção possível de águas de chuva.

E como marca de nossa inteligência, e símbolo da necessária mudança da cultura técnica urbana, esses bosques não mais teriam sua serapilheira absurdamente raspada, varrida e removida pelos serviços públicos e privados de limpeza pública, como hoje comumente acontece nos bosques já existentes, mas sim protegida, conservada e, porque não, reverenciada pelo bem que irá nos fazer.

Diga-se de passagem que a decisão de manutenção da serapilheira não exige nenhum dispositivo legal para acontecer, é uma iniciativa que pode desde já didaticamente ser adotada por nossos paisagistas, arquitetos, urbanistas, líderes comunitários, ou quaisquer cidadãos que possam ter algum poder de influência sobre um espaço urbano privado ou público já hoje ocupado por árvores.



Campinas - SP



Maringá - PR



A Serapilheira. Um colchão de restos vegetais no chão das florestas e bosques florestados. Enriquece e torna o solo mais fofo e permeável. Ela própria absorve grande parte das águas de chuva. Foto ARSantos



Uma pequena praça. Há milhares desses espaços, públicos e privados, em toda a metrópole. E mais milhares podem ser criados. O comum hoje: limpeza e chão batido. Errado, praticamente toda a água de chuva escorre pela superfície e vai para o sistema de drenagem colaborando para as enchentes. Foto ARSantos.



Como deveria ser. Preservando a serapilheira, absorvendo a água de chuva, tornando o solo mais permeável. É o que seria correto. E se plantar mais algumas árvores, melhor ainda. Arte DanielRSantos.



Acima, o Largo da Concórdia hoje, desertificado, a favor das enchentes. Abaixo, o mesmo largo hipoteticamente florestado, contra as enchentes. Arte Daniel R Santos sobre imagem Google

CALÇADAS AJARDINADAS – SARJETAS DRENANTES

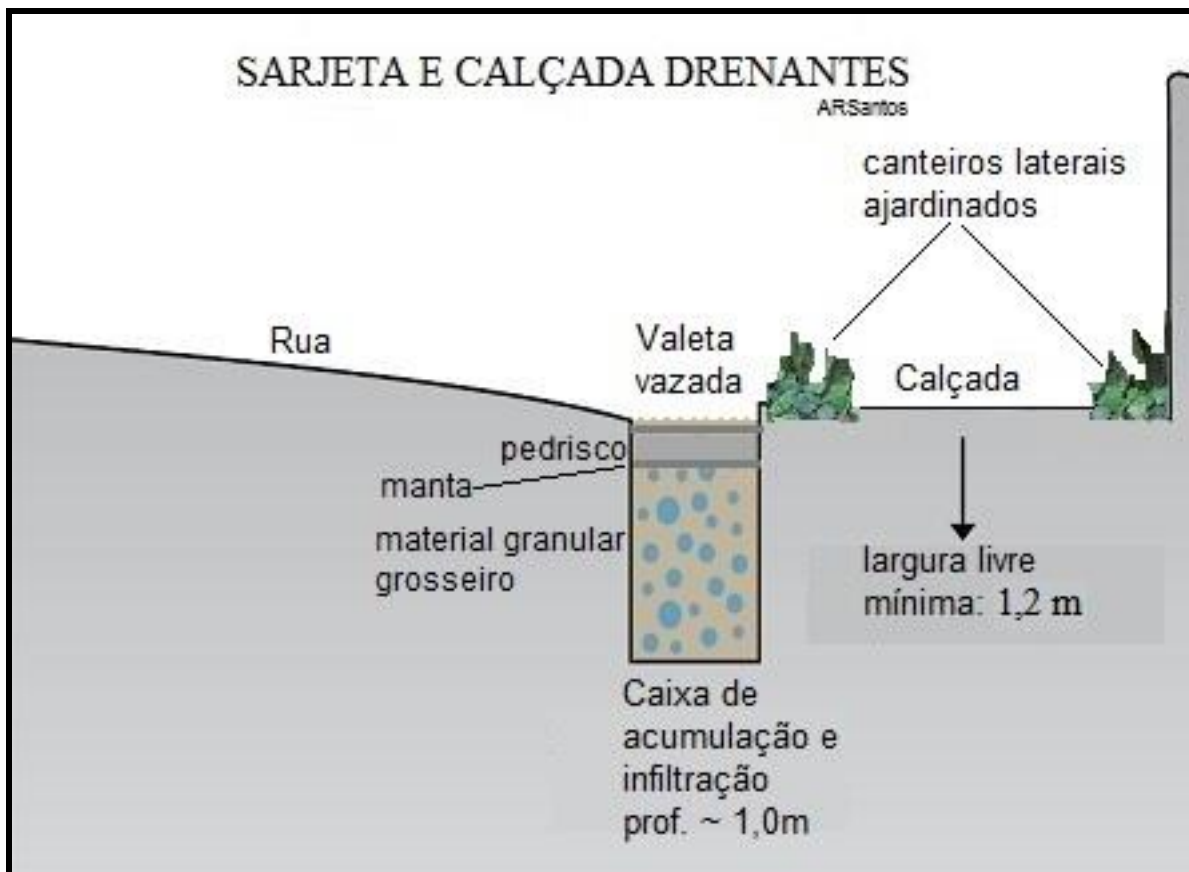
Considerada a enorme importância em reter ao máximo as águas de chuva e retardar seu escoamento faz algum sentido nossas cidades adotarem calçadas em sua quase totalidade impermeáveis? Somente a cidade de São Paulo tem cerca de 17 mil quilômetros de ruas. Obviamente, há nesse conjunto ruas e calçadas de todos os tipos, mas vamos considerar que em ao menos metade dessa extensão total haja condição de se implantar faixas permeáveis nessas calçadas, cuidando sempre de se manter uma faixa cimentada lisa mínima de ao menos 1,0m para o trânsito de uma cadeira de rodas). Ainda no exemplo da cidade de São Paulo, e considerando uma faixa ajardinada total de 1,0 m, teríamos então algo como 17.000.000 m² (incluídas as duas calçadas de cada via) de áreas francamente apropriadas para absorver e reter águas de chuva.

Para o estímulo á adoção dessa simples e agradável providência, uma boa idéia seria haver um incentivo tributário para o proprietário frontal implantá-las e mantê-las. Medida isoladamente suficiente para evitar enchentes? Claro que não, mas que, se considerada como parte de um grande conjunto de outras medidas não estruturais de mesma natureza, seguramente estará colaborando em muito para mudar a história desses fenômenos urbanos.

Vamos a um outro ótimo expediente, as **sarjetas drenantes**. As águas de chuva que caem sobre a cidade em algum momento correm sobre sarjetas, o que as torna excelente “armadilha” para reter essas águas. Hoje, paradoxalmente, nossas sarjetas são totalmente impermeáveis. Sarjetas orientadamente projetadas para permitir a infiltração e até a acumulação de águas de chuva colaborariam expressivamente para a redução do escoamento superficial; vejam nas fotos a ilustração desses inteligentes expedientes. Em um programa de implantação progressiva dessas sarjetas drenantes, e ainda usando o exemplo da cidade de São Paulo, teríamos ao final a colossal extensão de 34 mil quilômetros de um ótimo expediente de retenção de águas de chuva.



Uma agradável e funcional calçada ajardinada executada e mantida pelo morador. Foto ARSantos



Croqui executivo do conjunto sarjeta e calçada drenantes.



A atual incongruência impermeabilizante pró enchentes. Foto ARSantos.



Como deveriam ser as sarjetas e calçadas no âmbito de uma nova cultura urbanística voltada a evitar as enchentes. Arte Daniel R Santos.

RESERVATÓRIOS DOMICILIARES E EMPRESARIAIS DE ACUMULAÇÃO, USO E INFILTRAÇÃO

Os dispositivos de acumulação de águas de chuva, seja por simples reservação para utilização ou posterior descarte, seja por reservação com infiltração, pelo que muito agradeceriam nossas águas subterrâneas, destacam-se entre as medidas não estruturais de combate às enchentes pelo grande volume que podem reter e pelos resultados rápidos que proporciona; isto é, esses dispositivos aumentam em muito a capacidade de retenção das águas pluviais no momento de pico de um episódio pluviométrico com potencial de causar inundações. Importante ainda considerar que os dispositivos e providências a seguir descritos não são frutos de uma imaginação criativa, são com sucesso e largamente utilizados em cidades americanas, européias e japonesas que, como São Paulo, são submetidas ao risco de enchentes.

Sua adoção deveria ser de obrigatoriedade legal, mas será extremamente recomendável que, ao menos em uma fase inicial, houvesse do poder público algum tipo de incentivo fiscal que em parte compensasse os gastos privados em sua implantação.

Sobre esses dispositivos há já para a cidade de São Paulo a inovadora Lei das Piscininhas, **Lei n.º 13.276, de 4 de janeiro de 2002**, a qual obriga lotes urbanos que tenham mais de 500 m² de área impermeabilizada a implantar reservatórios para acumulação de águas de chuva. Uma lei pioneira, mas que por um inegável desinteresse das administrações públicas e por alguma complexidade de seu entendimento acabou não gerando os resultados esperados. Pode-se evoluir nessa legislação, tornando-a mais abrangente e de fácil entendimento e fiscalização, a qual trabalhe com uma expectativa de acumulação mínima de 1m³ de água para cada 100 m² de área do lote urbano com mais de 300m² de área total, e de acumulação mínima de 0,5 m³ para cada 100 m² do lote urbano com menos de 300m² de área total. Uma legislação assim concebida deverá ter validade tanto para áreas privadas como para áreas públicas. Áreas extensas, privadas ou públicas, com baixa ou nenhuma ocupação predial, como praças, parques, terrenos desocupados, também deverão estar submetidos a uma legislação específica que os obrigue a acumular águas de chuva. Mais adiante nesse livro essa proposta será tratada em detalhes.

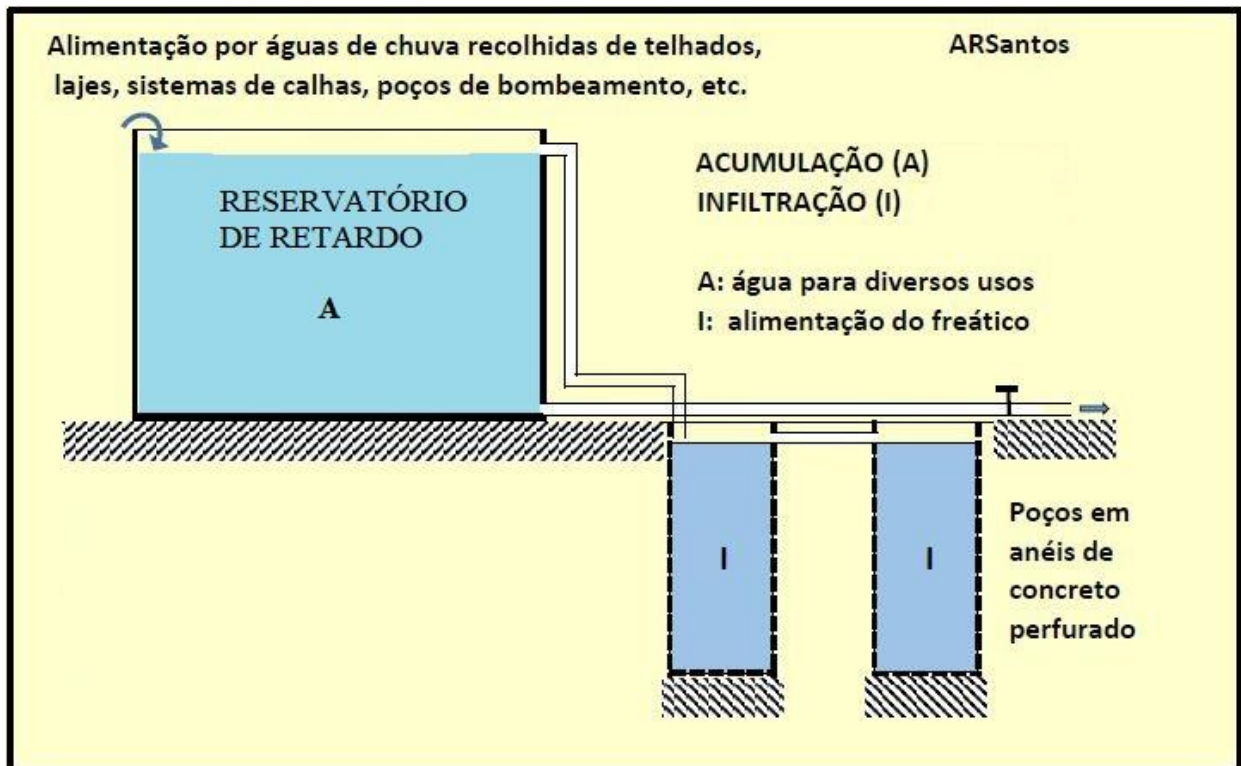
Para que se obtenha a maior funcionalidade desses dispositivos dentro de um programa de combate às enchentes a operação de acumulação e esgotamento deverá ser coordenada centralizadamente pelo município, de forma que frente a cada nova possibilidade de chuvas críticas a capacidade de acumulação esteja sempre totalmente disponível.

Quantos aos famosos piscinões, grandes reservatórios de retenção de águas de chuva que têm sido construídos no espaço urbano público, o grande problema é que, diferentemente das cidades de países desenvolvidos que os adotam, nossas grandes cidades apresentam dois fenômenos gravíssimos, que obrigam técnicos, administradores públicos e sociedade entenderem o piscinão como a última das alternativas técnicas a se lançar mão para o retardamento da velocidade de escoamento das águas de chuva: a enorme e perigosa carga de poluição de suas águas superficiais e a fantástica carga de sedimentos originados especialmente da erosão nas zonas periféricas de expansão urbana que, acrescidos de lixo e entulho de construção civil, acaba por assorear e entulhar rapidamente esses dispositivos. Assim, além dos transtornos urbanísticos a eles associados, os piscinões constituem gravíssimos focos de riscos sanitários e ambientais, fato comprovado pela desvalorização imobiliária que provoca em sua área de entorno.

A seguir são ilustrados vários exemplos de dispositivos de acumulação e infiltração de águas pluviais, ressaltando-se, entretanto, que o tema admite ainda uma extensa dose de criatividade e inventividade técnicas, ou seja, de inovações tecnológicas que permitam a escolha mais adequada para cada situação particular considerada.



Expedientes para recolhimento e uso doméstico de águas de chuva incidente sobre telhados.



Efficiente sistema predial acoplado de acumulação e infiltração.



Sede da Prefeitura de Sumida, com capacidade de acumulação de 1.000 m³ de águas de chuva. Região Metropolitana de Tóquio.

PÁTIOS, ESTACIONAMENTOS, PAVIMENTOS E DISPOSITIVOS DRENANTES

Em uma cidade que adota generalizadamente uma cultura técnica urbanística e construtiva que está na origem causal das enchentes, a presença e multiplicação de grandes áreas contínuas impermeabilizadas, como estacionamentos e pátios de serviços, representa a forma mais ostensiva de desrespeito à população no que toca à questão das enchentes urbanas, mais até que o caricaturado e odiado ato de um cidadão jogar lixo em plena rua; especialmente considerando-se o pleno conhecimento que se tem dos males que causam às cidades suas áreas impermeabilizadas.

Cresce ainda essa indignação ao sabermos que desde há muito há tecnologias especialmente desenvolvidas para dotar esses amplos espaços de considerável condição de permeabilidade para acumulação e infiltração de águas de chuva. Ainda hoje, está no campo dos pavimentos permeáveis uma das principais e férteis frentes de inovações tecnológicas da engenharia nacional e internacional. Excetuando-se a área viária urbana, que exige condições técnicas especiais de desempenho, para o que as novas tecnologias de pavimentos drenantes ainda não encontraram solução financeiramente razoável (mas está próxima), todas as outras áreas de menor trânsito e a menores velocidades, pátios, estacionamentos, estão amplamente contempladas com soluções drenantes já comercialmente disponíveis em todo o país.

Essas soluções podem envolver tanto o desenho de um estacionamento como a constituição de seu pavimento. Do ponto de vista paisagístico não há porque um estacionamento ou uma área aberta para feiras e eventos não possam ser esteticamente agradáveis, com muito verde e sombreamentos naturais. A idéia do estacionamento esteticamente e ambientalmente estéril é de uma pobreza imaginativa ímpar.

Ainda no que se refere ao desenho do estacionamento, pode-se trabalhar com os espaços destinados a ficar sob o veículo em condição drenante, com longos canteiros arborizados nos limites dos bolsões, com valas ajardinadas dotadas centralmente de trincheiras drenantes para receber eventuais águas de escoamento, enfim, com um conjunto enorme de arranjos destinados a reduzir substancialmente o Coeficiente de Escoamento Superficial da área total utilizada.

No que se refere aos pavimentos drenantes as possibilidades também são várias: pisos intertravados assentados sob base de areia, blocos vazados, concreto permeável, piso asfáltico permeável, ou até alguma combinação dessas possibilidades. O concreto permeável e o piso asfáltico permeável chegam a permitir uma infiltração de até algo como 300 l/m² /min.

Há pavimentos de tal ordem drenantes que a limitação de infiltração acaba sendo definida pela permeabilidade do solo natural de base. Importante nesse sentido, que cuidados construtivos, como por exemplo a escarificação anterior desse solo natural, a execução de bases granulares mais espessas, de trincheiras drenantes, etc., sejam adotados para possibilitar sempre a máxima infiltração.

Da mesma forma, cuidados construtivos deverão ser adotados para a conformação de uma base permeável composta por material granular devidamente compactada, de forma a evitar-se com o tempo deformações indesejáveis. Enfim, procedimentos que a engenharia domina por completo.

Estudos realizados sobre o desempenho de pisos drenantes, seja qual for sua natureza, desde que adotados os cuidados técnicos inerentes aos objetivos definidos, qual seja permitir a máxima infiltração de águas de chuva, indicam que o Coeficiente de Escoamento chega a ser reduzido a até 5%, número irrisório se comparado ao Coeficiente de Escoamento de um pavimento comum impermeável, em torno de 90%, o que demonstra a eficácia desse dispositivo como elemento de um programa de combate às enchentes urbanas.

Uma legislação específica para que os proprietários de estacionamentos e pátios sejam obrigados a adotar dispositivos drenantes pode vir a ser interessante. Em próximo capítulo é sugerida a minuta de uma legislação específica.



Os espaços ocupados por estacionamentos e pátios impermeáveis nas grandes cidades são enormes. Sua implantação e manutenção configuram uma das mais ostensivas formas de desrespeito à população no que toca à questão das enchentes urbanas. Na foto, um exemplo na metrópole paulistana: estacionamentos totalmente impermeabilizados que circundam um grande Shopping Center.





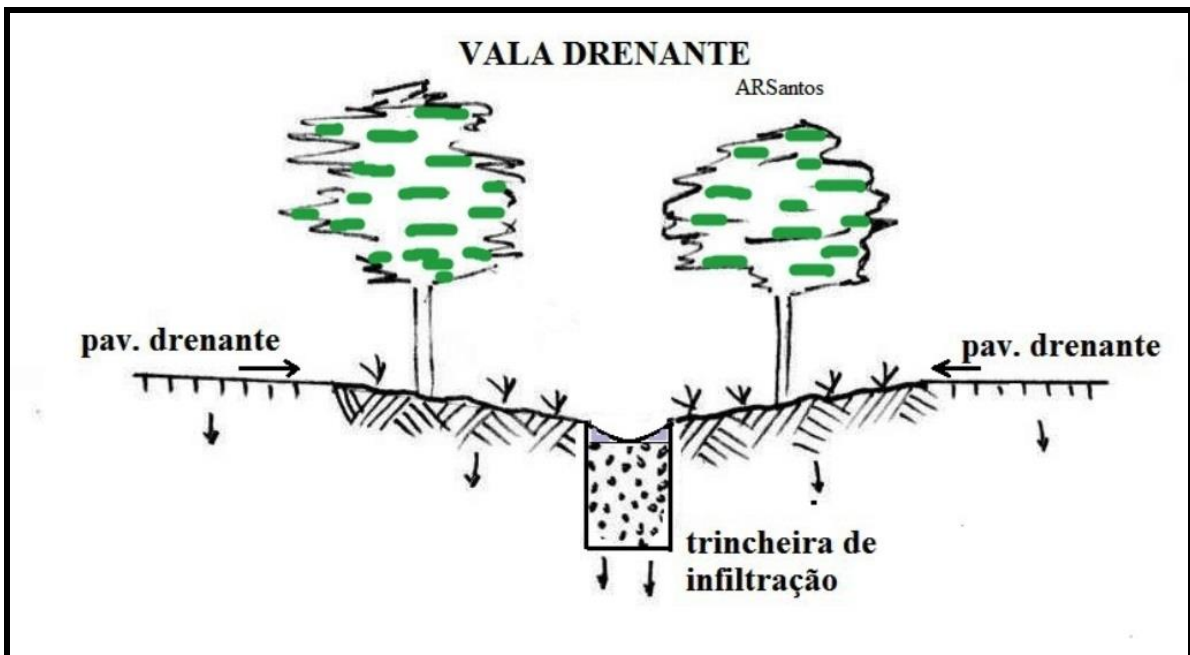
Não importam as dimensões, grandes, médios ou pequenos os estacionamentos primam pela completa impermeabilização



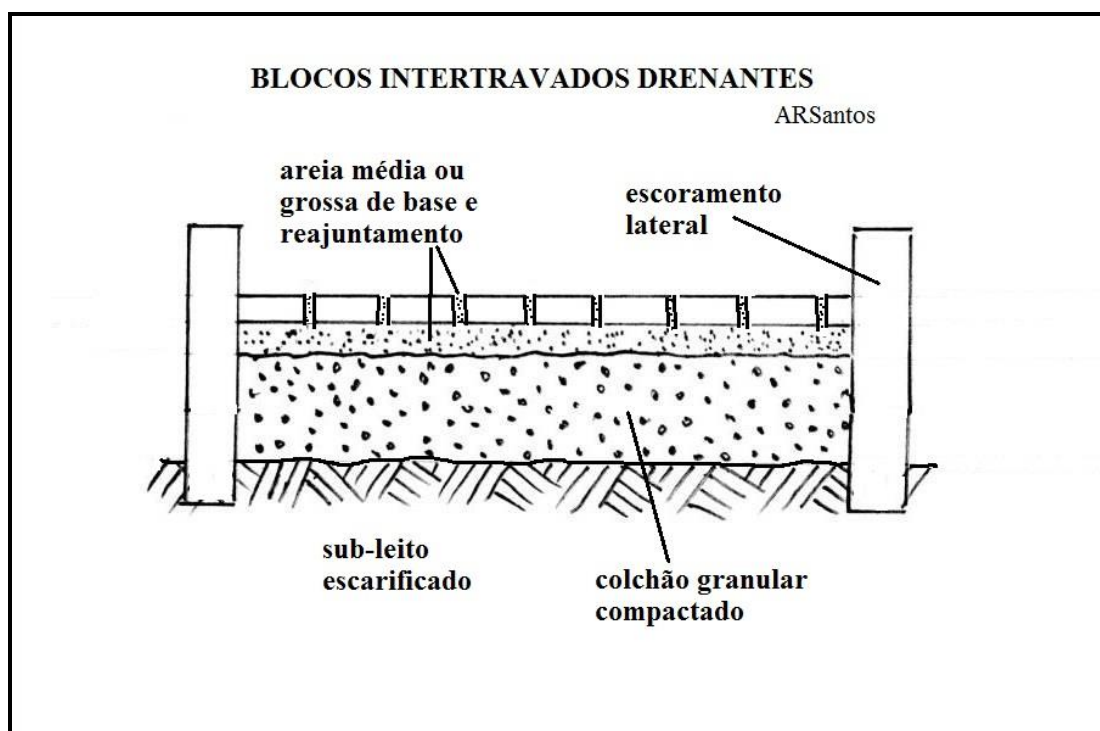
Estacionamento arborizado e pavimento drenante sem perda de espaços. Porque não?



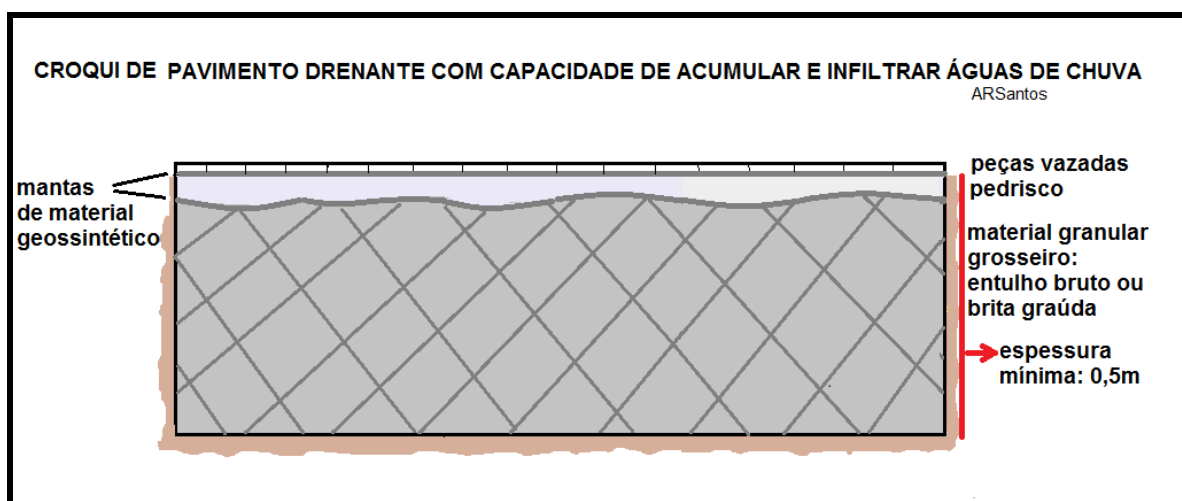
Pisos drenantes: combinação entre blocos vazados, pisos intertravados e trincheira de infiltração



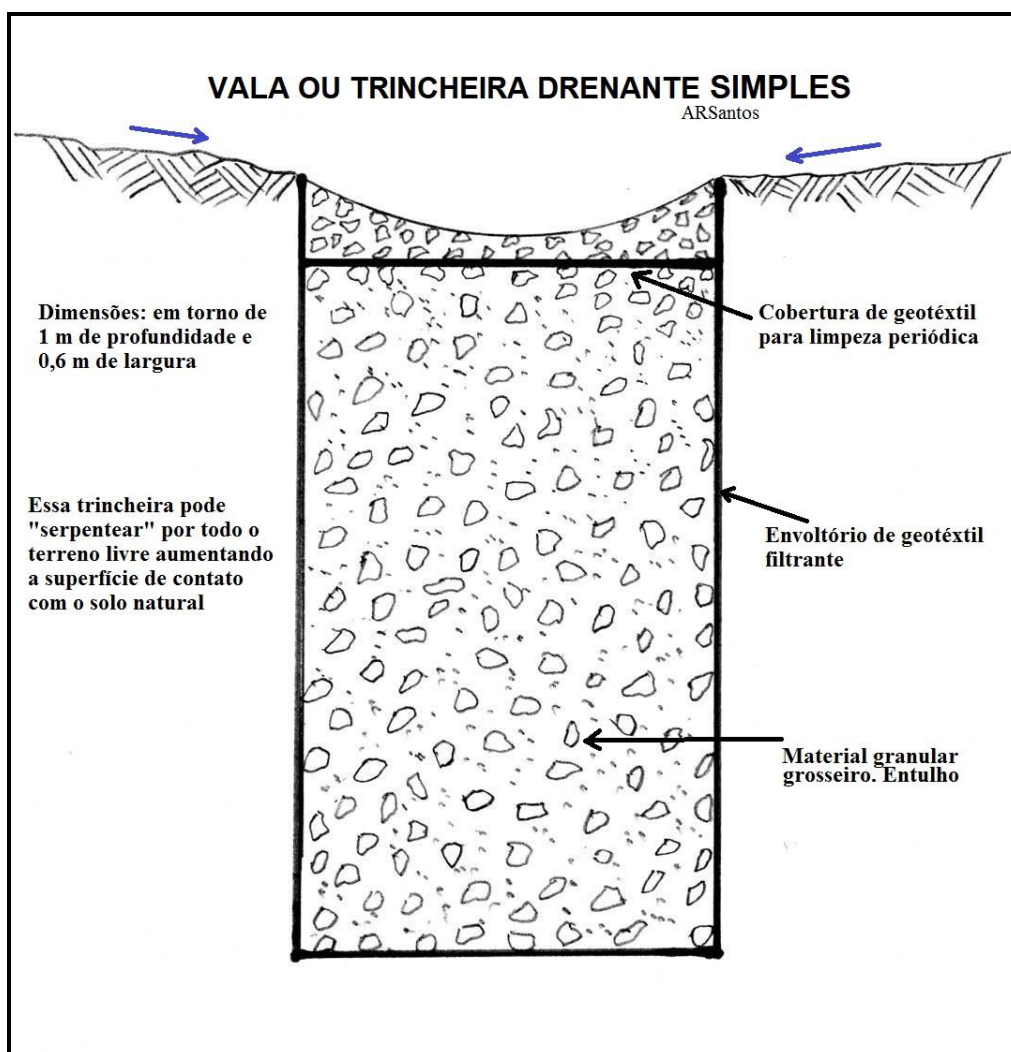
Vala drenante para separação de bolsões de estacionamento ou finalidades similares



Esquema de assentamento do piso intertravado drenante. Os espaços entre blocos, a serem rejuntados com areia média a grossa, deverão ter espessuras da ordem de 5mm.



Pavimento drenante com capacidade de acumulação. Para uso em pátios e estacionamentos.



Trincheira drenante simples. Eficiência, facilidade de execução e manutenção. O mesmo esquema construtivo pode ser utilizado para a implantação de poços drenantes.



Trincheira drenante implantada.

TAXA DE PERMEABILIDADE OU COTA DE ACUMULAÇÃO/INFILTRAÇÃO POR LOTE?

A busca de resultados mais efetivos para os programas de combate às enchentes estimula a reflexão sobre uma questão técnica controversa, sobre a qual abre-se então uma convidativa oportunidade para uma revisão prática e conceitual. Trata-se da Taxa de Permeabilidade, ou seja, do percentual de área não edificável de um lote que deva oferecer condições de infiltração de águas de chuva.

Como se sabe, as enchentes urbanas têm sua principal causa na incapacidade das cidades em reter as águas de chuva, o que as faz, pela impermeabilização generalizada de sua superfície, lançar essas águas em enormes e crescentes volumes, e em tempos progressivamente reduzidos, sobre um sistema de drenagem que não lhes consegue dar a devida vazão. O excesso de córregos canalizados e o intenso assoreamento por sedimentos, lixo e entulho que atinge todo o sistema de drenagem urbana só fazem agravar o problema.

Como providência de grande importância, por se tratar de uma rara medida não estrutural de combate às enchentes, foi na última década introduzido na legislação urbana de várias cidades brasileiras o conceito da Taxa de Permeabilidade, o que significou a obrigatoriedade de se manter um percentual da área de um lote em condições de permitir a infiltração de águas de chuva. A Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004, de parcelamento e uso do solo na capital paulista, determina como Taxa de Permeabilidade em média 20% da área total do lote, assim definindo essa taxa: é a relação entre a área permeável que permite a infiltração da água no solo, livre de qualquer edificação ou pavimentação não drenante na área do lote.

Mesmo levando em consideração a boa intenção dessa legislação, seus resultados hidrológicos ficam muitíssimo aquém do que seria hidraulicamente necessário para cumprir um real significado no combate às enchentes. Vejamos por quê.

Importante registrar que a infiltração é normalmente um processo lento e os expedientes de retenção não podem depender apenas dela para cumprirem seu papel. No combate às inundações ou se retém de imediato as águas de um forte episódio pluviométrico, ou os efeitos hidrológicos serão mínimos. Para tanto, todos os sistemas de maior retenção devem especialmente cumprir a função primeira de acumulação. Será esse volume imediatamente acumulado que irá aliviar o sistema público de drenagem urbana de um determinado volume de águas de chuva. Obviamente, a infiltração interessa, mas por outro motivo, para a alimentação do sacrificado lençol freático da área urbanizada, mas, mesmo que imaginemos a hipótese ilusória de que toda a chuva que incida sobre a parcela “permeável” de 20% da área de um lote seja nela retida por molhamento e infiltração, esse lote continuará jogando sobre a cidade (conceitualmente um claro impacto de vizinhança de consequências extremamente negativas) perto de 80% das águas de chuva que recebe, desta maneira pouco ou nada colaborando para o rebaixamento do Coeficiente de Escoamento Superficial urbano, hoje, como já foi dito, perto de 80%. E há que se considerar as diferentes permeabilidades naturais dos solos da cidade, os diferentes graus de compactação desses solos (terra batida), a existência de lajes superiores de garagens subterrâneas a baixa profundidade, a forma como essas áreas teoricamente permeáveis são computadas etc., fatores todos que implicam em consideráveis reduções do volume de água realmente retido e infiltrado.

Muito mais eficiente no objetivo de combater as enchentes, via o aumento da capacidade de retenção das águas de chuva no espaço urbano, seria adotarmos cotas obrigatórias de acumulação de águas de chuva no interior dos lotes. Esses dispositivos de acumulação imediata de águas de chuva deverão também contar com expedientes de infiltração, de forma que ao menos uma parte das águas acumuladas infiltrem-se alimentando nosso já deplecionado lençol d’água subterrâneo urbano. Buscando a máxima simplicidade para seu fácil entendimento e aplicabilidade, a nova proposta constituiria na determinação de que todos os lotes, já ocupados ou não, maiores que 500 m² fossem obrigados a implantar dispositivos de acumulação/infiltração na proporção de 2 m³ para cada 100 m² do terreno total. Em termos hidrológicos isso significaria que um lote maior que 500 m² estaria em condições de acumular durante o momento crítico de um episódio pluviométrico de 20

mm/hora, intensidade pluviométrica que começa a ser crítica para a ocorrência de enchentes urbanas, 100% do volume total das chuvas que recebe. Para um episódio de 30 mm/hora estaria acumulando 66,5% desse volume. Lotes menores que 500 m² estariam obrigados a instalar dispositivos de acumulação/infiltração na proporção de 1 m³/100m².

Considerando que em uma região de urbanização consolidada a área ocupada por lotes corresponde a cerca de 50% ou mais da área total urbanizada, depreende-se o alcance hidrológico de tal operação e seu significado na redução do atual altíssimo Coeficiente de Escoamento Superficial urbano.

Note-se, pela importância, que diferentemente dos problemáticos “piscinões”, que por interceptarem córregos acumulam água de alto grau de contaminação, o que os transforma em verdadeiras ameaças sanitárias e ambientais, os reservatórios por lote acumularão águas relativamente limpas, o que proporcionará a oportunidade de seu uso para serviços internos de irrigação e limpeza geral, trazendo benefícios paralelos enormes para economias no uso da água tratada.

Importante ter em conta que esses dispositivos de acumulação são de baixo custo e de fácil instalação, devendo a Prefeitura Municipal orientar os usuários com projetos básicos de vários modelos e diretrizes para sua instalação, manutenção e operação. A nova legislação deverá, por óbvio, estabelecer uma tolerância de alguns anos para que os lotes já construídos se adaptem às novas regras, assim como deverão ser propiciados incentivos e o apoio técnico necessário que se façam pertinentes.

Quanto à área de 20% do lote, reservada pela legislação da Taxa de Permeabilidade, seria conservada, mas especialmente em atendimento ao indispensável cumprimento de atributos ambientais urbanos.

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO/INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS DE CHUVA NA ÁREA URBANA, CONSIDERADO O INTERIOR DE LOTES COM OU SEM OCUPAÇÃO PREDIAL

PROJETO DE LEI Nº.....

Estabelece regras e orientações técnicas para a retenção de água de chuva no interior de lotes imobiliários privados ou públicos com ou sem ocupação predial na cidade de e dá outras providências.

Considerando que:

- a principal causa das enchentes urbanas refere-se à generalizada impermeabilização das cidades, que faz com que volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sejam escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão;
- essa condição urbana impõe a necessidade de recuperar a capacidade da cidade em reter grande parte das águas de chuva como condição absoluta para o sucesso de programas de combate às enchentes;
- o uso das águas de chuva em operações que não exijam sua potabilidade implica em uma virtuosa oportunidade de economia do uso de águas tratadas distribuídas pela rede pública;
- uma maior infiltração de águas de chuva é adicionalmente essencial para a recarga dos aquíferos subterrâneos, reservas estratégicas de água para a população, a presente lei determina:

Art. 1º – Esta lei objetiva a redução da ocorrência e da intensidade de enchentes, a economia no uso de águas tratadas distribuídas pela rede pública, assim como uma recarga mais

efetiva do lençol d'água subterrâneo através do aumento da capacidade de retenção das águas de chuva na área urbana do município de

Art. 2º – Todo lote urbano, ocupado ou não por edificações, com área total igual ou maior que quinhentos metros quadrados (500 m²) deverá instalar, operar e manter em condições de plena operação dispositivos de acumulação e/ou acumulação e infiltração de águas de chuva na proporção de 2 m³ de água para cada 100 m² da área total do lote.

Art. 3º – Todo lote urbano, ocupado ou não por edificações, com área total menor que 500 m² (quinhentos metros quadrados) e maior que 150 m² (cento e cinquenta metros quadrados), deverá instalar, operar e manter permanentemente em condições de plena operação dispositivos de acumulação e/ou acumulação e infiltração de águas de chuva na proporção de 1 m³ de água para cada 100 m² (cem metros quadrados) da área total do lote.

Art. 4º – As penalidades previstas na presente lei aplicar-se-ão a proprietários ou responsáveis legais, privados e públicos, das propriedades urbanas como as especificadas nesta lei e que não estejam observando suas determinações.

Parágrafo único – A penalidade será calculada em função do tamanho total do lote considerado.

Art. 5º – O Poder Público Municipal deverá oferecer a orientação técnica necessária ao cumprimento dessa lei.

§ único – O Poder Público Municipal deverá oferecer estímulos fiscais e apoio material para que proprietários de lotes urbanos menores que cento e cinquenta metros quadrados (150 m²), que não se enquadram nas especificações dessa lei, adotem dispositivos de acumulação e infiltração de águas de chuva em proporção a ser definida caso a caso.

Art. 6º – A fiscalização do cumprimento do disposto nesta lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

Parágrafo único – A fiscalização a que se refere este artigo poderá, mediante convênio, ser exercida por outros órgãos ou entidades da Administração Direta e Indireta do Estado ou da União.

Art. 7º – O infrator será notificado da lavratura do auto através de uma das seguintes formas de emissão da notificação:

- I – pessoalmente, sempre que possível, mediante entrega de cópia do auto de infração ao responsável legal pelo imóvel em questão ou a seu representante ou preposto;
- II – por carta, acompanhada do auto, com aviso de recebimento (AR);
- III – por edital, com prazo de 5 (cinco) dias corridos, se desconhecido o domicílio fiscal do infrator.

Art. 8º – Aos infratores das disposições desta lei serão aplicadas as seguintes penalidades:

- I – multa de R\$ por metro quadrado de área do lote considerado.
- II – aplicação de multas diárias, para os casos de reincidência, correspondentes ao valor previstos no inciso I, retro, elevadas ao dobro.

Art. 9º – As penalidades incidirão sobre os autores, sejam eles:

- a) diretos;
- b) locatários, parceiros, posseiros, gerentes, administradores, diretores, promitentes compradores ou proprietários das áreas acionadas, desde que praticadas por estes, por prepostos ou subordinados, e no interesse dos proponentes ou superiores hierárquicos, independente de determinação superior.

Art. 10º – No decreto regulamentador da presente lei será instaurada uma Junta Administrativa de Fiscalização e Julgamento de Recursos, a ser nomeada pelo chefe do Executivo, com as competências deste diploma legal, acrescida de outras prerrogativas que efetivem o seu cumprimento.

Parágrafo único – A Junta Administrativa de Fiscalização e Julgamento de Recursos terá 15 (quinze) dias, a contar da data do seu recebimento, para julgamento dos recursos tempestivamente interpostos.

Art. 11º – Os recursos contra o auto de infração, que não terão efeito suspensivo, deverão ser interpostos no prazo de 15 (quinze) dias, contados da data da ciência da autuação.

§ 1º O prazo para recolhimento das multas previstas nesta Lei será igual ao concedido para a interposição de recurso, podendo ser judicialmente executadas se, lavradas de forma regular, o infrator se recusar a satisfazê-las no prazo legal.

§ 2º – O recolhimento da multa deverá ser feito por meio de DAM (Documento de Arrecadação Municipal), a favor da rubrica orçamentária a ser indicada pelo chefe do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim dispuser.

Art. 12º – O recolhimento das multas aplicadas e o cumprimento das obrigações impostas não desoneram os infratores da presente lei de responder por seus atos em ações judiciais, movidas por quem de direito, na defesa de interesses individuais ou coletivos.

IMPEDIR A EROSÃO, EVITAR O ASSOREAMENTO

Os sistemas urbanos de drenagem, compostos pelas drenagens naturais, como rios e córregos, e pelas drenagens construídas, como galerias, valetas, bueiros, além de sobrecarregados por excessivo volume de águas, como decorrência do crescimento das cidades e da impermeabilização, vêm tendo sua capacidade de vazão adicionalmente comprometida pelo alto grau de assoreamento provocado pelo volumoso aporte de sedimentos, entulho de construção civil e lixo urbano.

É natural que no crescimento das cidades sejam primeiramente ocupadas as áreas de topografia mais suave, sendo com o tempo progressivamente ocupados os terrenos mais periféricos, de relevo mais acidentado e com solos normalmente mais vulneráveis à erosão. Opta-se, nessas novas condições topográficas, em todos padrões sociais de empreendimentos, por produzir artificialmente, através de operações de terraplenagem pontuais ou generalizadas, áreas planas (platôs) e suaves para assentar as novas edificações. Agregando a esse horrível cacoete técnico-cultural a impunidade generalizada à exposição e ao abandono de áreas sob erosão, o resultado está em exposições cada vez maiores e mais prolongadas dos solos aos processos erosivos.



Processos erosivos generalizados em terraplenagens pontuais em loteamento clandestino. Notar o campo de futebol abaixo já totalmente assoreado



Os mesmo processos erosivos verificam-se em terraplenagens extensas para empreendimentos de alto padrão. A questão é cultural, não social.

Para se ter uma idéia desse caos geotécnico, na Região Metropolitana de São Paulo a perda média de solos por erosão está estimada em algo próximo a 13,5 m³ de solo por hectare/ano, do que decorre a produção anual por erosão de até 8.100.000 m³/ano de sedimentos e sua decorrente liberação para o assoreamento da rede de drenagem natural e construída. Especialmente as frações arenosas desse volume (3.250.000 m³) depositam-se nos leitos de rios e córregos, e as frações silto-argilosas (4.850.000 m³) são levadas em suspensão e depositadas mais à frente ou em condições de águas paradas, como os piscinões e ruas e residências atingidas por enchentes.

O diabólico binômio erosão/assoreamento chega a comprometer até 80% da capacidade de vazão das drenagens urbanas, constituindo-se hoje em uma das principais causas de nossas enchentes. Conquanto o lixo urbano represente sérios problemas para o bom escoamento das águas em alguns dispositivos de drenagem como bueiros, galerias, sistemas de bombeamento, o principal componente do assoreamento são os sedimentos originados de processos erosivos, representando mais de 90% do total assoreado.

A correção dessa deformação técnica passa por uma decisão radical de se voltar a categorizar a erosão como um mal de primeira categoria para a engenharia e para a sociedade. Um inimigo a ser batido. Em outras palavras, no âmbito dos procedimentos de qualidade impõe-se uma decisão de se adotar como referência o conceito de Erosão Zero.

Seis cuidados técnicos compõem o suporte tecnológico básico a essa decisão:

1 - do ponto de vista preventivo é imperioso que a arquitetura e a engenharia brasileiras abandonem o preguiçoso cacoete de adequar o terreno aos seus projetos de prancheta ao invés de adequar seus projetos às características geológicas e topográficas naturais do terreno. Ou seja, deixar de “fabricar”, via intensas e extensas terraplenagens, as áreas planas que seus burocráticos projetos exigem. Os serviços de terraplenagem serão dispensáveis, ou ao menos em muito reduzidos, caso os projetos criativamente se adaptem às condições naturais dos terrenos onde serão implantados. Ganha o empreendimento, ganha a estética, ganha o ambiente, ganha a sociedade.



Absurdas e desnecessárias mutilações no terreno natural expõem os solos à erosão

2 - uma vez indispensável a terraplenagem, sempre ter em conta que os solos superficiais (em nosso clima com 2 metros de profundidade em média), por serem geologicamente mais argilosos e pela cimentação de seus grãos por diversos tipos de óxidos, são muitíssimo mais resistentes à erosão do que os solos saprolíticos inferiores. O ideal, portanto, é não se retirar essa camada superficial de solo; mas no caso em que a terraplenagem necessária imponha essa retirada, estocar esse solo superficial para o futuro uso no recobrimento das áreas terraplenadas que ficarão expostas à ação dos processos erosivos. Além de mais resistentes à erosão, os solos superficiais têm melhores características geotécnicas e agrônômicas.

3 - os serviços de terraplenagem têm que ser planejados. É um grave erro proceder-se toda a terraplenagem para só então “iniciar-se” a obra. Esse erro implica que por um grande período, na verdade por todo o tempo de duração da obra civil, as áreas terraplenadas fiquem submetidas à erosão. O correto é que a terraplenagem caminhe junto com a implantação da obra civil, ou seja, vai-se executando a terraplenagem na medida que o avanço da obra a exige.



Conjunto Habitacional na RMSP totalmente degradado pela erosão. Foto IPT.

4 - um outro expediente prático que reduz em muito a erosão é adotar-se uma proteção, ainda que provisória, dos taludes à medida do aprofundamento da terraplenagem. Exemplificando, assim que a terraplenagem produza o primeiro degrau com um talude de dois metros de altura, já de imediato se protege esse talude provisoriamente ou definitivamente contra a erosão. De forma que quando a terraplenagem atingir a cota inferior de projeto todo o talude já estará protegido. Como proteção provisória pode-se adotar, por exemplo, a tecnologia Cal-Jet, que consiste na pulverização de uma calda de cal fluida sobre o talude, ou outra técnica qualquer que apresente essas características de economia e facilidade de aplicação.



Talude sendo protegido da erosão com pulverização de calda de cal – Técnica Cal-Jet.

5 - é indispensável haver uma legislação municipal inibidora da erosão. Alguns municípios já a possuem, mas são invariavelmente complicadas demais para serem prontamente entendidas pela sociedade e pelos órgãos de fiscalização. O autor do livro produziu uma minuta de projeto de lei em que essa necessária simplicidade foi conseguida.

6 - é imprescindível que nossos estudantes de engenharia, arquitetura, geologia, loteadores, técnicos municipais e outros agentes sociais que lidam com o uso do solo urbano sejam devidamente orientados sobre os fenômenos erosivos, sobre como e porque evitá-los. É preciso cultivar uma cultura técnica adversária da erosão. A seguir reproduzimos uma colaboração prática para tanto, o Panfleto Tecnológico contra a Erosão, em que reunimos as principais recomendações práticas para se evitar os processos erosivos.

Enfim, como foi dito, a erosão é madrastra, deteriora a área de origem dos sedimentos e compromete os locais de sua deposição final, mas é perfeitamente possível vencê-la. Apenas uma questão de decisão para a boa Engenharia brasileira.



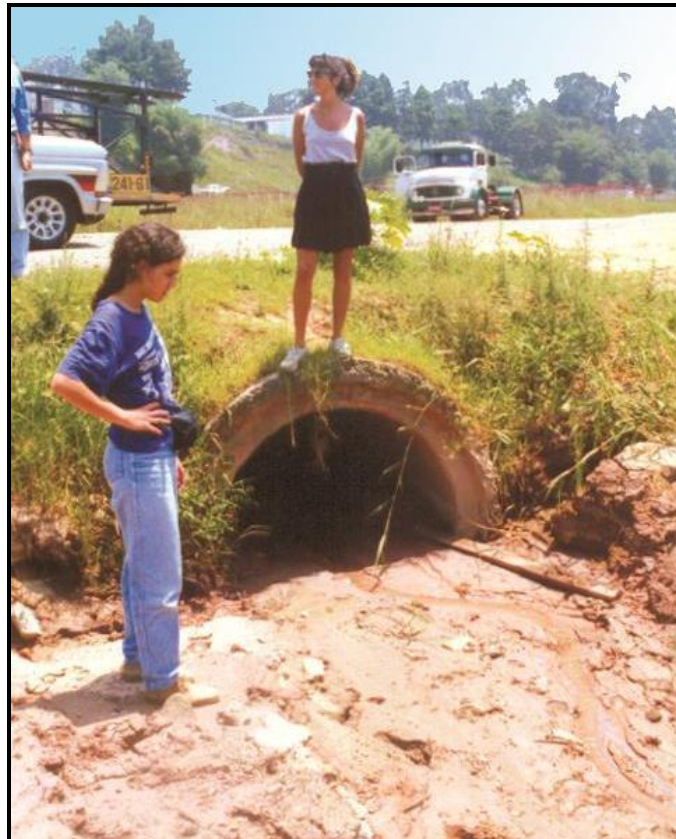
Córrego totalmente assoreado. Capacidade de vazão completamente comprometida



Incrível grau de assoreamento em um dos principais afluentes do Tietê. Redução de cerca de 80% da capacidade de vazão. Foto ARSantos.



Assoreamento extenso no próprio rio Tietê. Foto ARSantos



Assoreamento de bueiro. Redução em cerca de 50% da capacidade de vazão. Foto IPT



Assoreamento de piscinões. Foto ARSantos.



Típica margem de córrego em área urbana. Entulho e lixo em descartes irregulares. Foto IPT.

ENTULHO: É PRECISO CONSUMI-LO EM GRANDES QUANTIDADES, O QUE IMPLICA ESTIMULAR SEU USO BRUTO OU SEMI-BRUTO

Para termos uma pálideza idéia da dimensão dos problemas decorrentes do descarte irregular do entulho inerte de construção civil (ECC) tenha-se em conta que em todo o país algo em torno de 70% do enorme volume de entulho gerado é disposto clandestinamente em terrenos baldios, margens e leitos de córregos, grotas e encostas de alta declividade, laterais de ruas desertas e de bairros periféricos, estradas rurais peri-urbanas e, quando não, no silêncio das madrugadas, até em vias e espaços urbanos já consolidados. Os graves problemas decorrentes são conhecidos, ou fáceis de imaginar: degradação sanitária, ambiental, social e vivencial de áreas urbanas, instalação de áreas de risco a deslizamentos, aumento da população de animais e insetos perigosos como vetores de acidentes e doenças, enchentes associadas ao assoreamento e obstrução da rede de drenagem natural e construída, prejuízos financeiros e patrimoniais diretos e indiretos para o cidadão e para a administração pública, etc.

Como exemplo, a cidade de São Paulo está a produzir cerca de 5 milhões de toneladas de entulho/ano, em grande parte oriundas de uma profusão enorme de pequenas reformas domésticas espalhadas por todo o espaço urbanizado. Estima-se que estejam em operação na cidade cerca de 30 mil caçambas recolhedoras de entulho, das quais perto de 50% em condição irregular. Ou seja, se já é difícil o controle do descarte do entulho recolhido por caçambas regularizadas, o que dizer das irregulares. Pior, opera ainda no município um enorme número, não devidamente quantificado, de caçambas não só irregulares, mas totalmente clandestinas, sobre as quais não há qualquer controle de origem e destino. Tenha-se por fim em conta que o recolhimento em e por caçambas constitui apenas uma das muitas formas que o produtor de entulho tem à sua disposição para se ver livre desse seu indesejável resíduo. Como já referido esses outros expedientes de descarte irregular são responsáveis por mais de 70% do volume total gerado na cidade.

Especialmente a partir da aprovação da Resolução CONAMA nº 307, de 05/07/2002, da qual decorreram termos legais estaduais e municipais dando providências às suas determinações, muitas pesquisas e iniciativas vêm colocando o país em um avançado patamar de conhecimentos e disposições regulatórias para a boa gestão dos resíduos inertes da construção civil. No caso presente, resíduos da Classe A, alvenarias, concreto, argamassas de todo o tipo e materiais granulares naturais ou beneficiados. Um animador número de municípios tem adotado e implementado ambiciosos programas de gestão do ECC, havendo, por decorrência, já boa experiência acumulada na atividade.

Entretanto, esse bom estímulo ao uso do entulho vem privilegiando aplicações que exigem seu beneficiamento industrial, via coleta, armazenamento centralizado, separação primária, britagem e seleção granulométrica, além de uma estrutura logística e comercial específica e operacionalmente capaz dos atendimentos inerentes à comercialização e distribuição desse tipo de insumo de construção. Essas operações, ditas de reciclagem, acabam por conferir um valor real ao produto final que, em grande parte das situações, inibe seu uso mais generalizado.

Diante dessas dificuldades econômicas, comerciais e logísticas, e considerado o altíssimo volume de ECC que vem sendo diariamente gerado por nossas cidades, continua na prática prevalecendo o convidativo convite ao cômodo e barato, ainda que anti-social e criminoso, descarte irregular do entulho gerado.

Não há outro caminho, a única forma de se inibir o lançamento irregular do ECC está em agregar-lhe valor como insumo da própria construção civil, de tal forma que, uma vez lucrativa sua comercialização, as ordens de grandeza entre o entulho produzido e o entulho utilizado venham a ser ao menos similares. Para tanto, paralelamente ao que já vem sendo feito, é preciso criar condições para seu uso em grandes volumes. Essa meta exige como condição elementar a redução máxima de seus custos, o que será possível com o estímulo a aplicações do ECC em estado bruto ou semi-bruto, ou seja, não demandadoras de prévias operações de beneficiamento industrial.

Do ponto de vista mais comercial esse objetivo será tão mais facilmente e rapidamente atingido quanto mais sustentado por legislações municipais específicas que propiciem mercado garantido para a aquisição e aplicação do ECC em estado bruto e semi-bruto. Criado um mercado firme, ou seja, garantida a demanda, certamente o setor privado, com o devido estímulo e regulamentação oficiais, organizar-se-á e equacionará a questão da oferta.

Entre as aplicações de ECC bruto ou semi-bruto, que demandariam grandes volumes desse insumo, destacam-se: aterros e proteções de saias de aterro, barragens de enrocamento, preenchimento de figuras de erosão como ravinas e bossorocas, berços de tubulações, base e reforço de sub-leito de vias urbanas e rurais e grandes pátios abertos, encascalhamento de vias não pavimentadas, obras de proteção costeira, estruturas de contenção de taludes de cortes e aterros, elementos drenantes, sistemas de dissipação de energia hidráulica, etc.



Execução de berço de galeria de drenagem com rachão selecionado e brita graduada, serviço que poderia ser perfeitamente realizado com a utilização de entulho de construção civil em estado bruto ou semi-bruto, com grande economia para a administração pública e enorme benefício para a sociedade. São Paulo, Capital. Foto ARSantos

Enfim, as pesquisas e experiências práticas já executadas e em execução nos proveram conhecimento acumulado para um bom equacionamento dos problemas urbanos gerados pelo lançamento irregular do entulho inerte de construção civil. Todas as condições estão hoje dadas para um passo mais ambicioso à frente, que traria como virtuosa decorrência uma redução drástica das disposições irregulares. O largo uso bruto ou semi-bruto do entulho representa a essência técnico-logística desse novo avanço.

É PRECISO ADENSAR AS CIDADES

Além do grande conjunto de medidas não estruturais diretamente associadas ao objetivo comum de reter ao máximo as águas de chuva, e que foram tratadas nos capítulos anteriores, cumpre decidir mais abrangentemente sobre a forma de crescimento das cidades, pois que as opções para tanto adotadas têm direta relação com as condições gerais da drenagem urbana.

Diferentemente do mundo desenvolvido, onde prevalecem cidades de crescimento nulo ou extremamente baixo, o que circunscreve e facilita tremendamente sua administração, nós brasileiros temos o encargo adicional de administrar a cidade e seu crescimento. Ou seja, cabe-nos, adicionalmente, o ônus do crescimento.

E é no crescimento das cidades onde, desafortunadamente, mais drasticamente se observam as danosas conseqüências da ausência de uma regulação técnica mais efetiva do uso do solo. A forma quase espontânea que tem caracterizado a expansão de nossas cidades tem por décadas sustentado a tendência ao espraiamento geográfico horizontal, o crescimento a partir de suas fronteiras rurais periféricas. Os últimos censos demográficos mostram que se nas áreas mais centrais e bairros mais consolidados de nossos grandes centros urbanos a população inclina-se a estabilizar, nas zonas periféricas de expansão observa-se crescimento populacional que chega a taxas de até 10% ao ano.

Estudos recentes levados a efeito pela FAU-USP mostram que entre 1986 e 2008 a área urbanizada da RMSP passou de 1.473,70 km² para 1.766,50 km², o que significou um incremento de 292,80 km². Por direta decorrência foram totalmente subtraídos, especialmente nas faixas periféricas de expansão, 113 Km² de áreas vegetadas.

Na verdade, a área total já intensamente modificada pela urbanização, seja com urbanização consolidada, seja em processo de consolidação, já é bem maior do que a mancha urbana normalmente considerada. Tendo como base o ano de 2010 sua extensão total já atinge a ordem de 3.000 Km², o que do ponto de vista ambiental e hidrológico tem enorme significado.

Seguidas áreas verdes vão dando lugar à ocupação urbana, mananciais de água vão sendo severamente comprometidos, áreas de risco e processos erosivos vão se instalando, alterações climáticas locais ganham expressiva e preocupante dimensão. Do ponto de vista hidrológico o espraiamento geográfico tem resultado em uma sobrecarga considerável para o sistema de drenagem urbana, na medida que, com a ocupação urbana, seguidas novas áreas passam a gerar incrementos de águas superficiais de escoamento. Do ponto de vista logístico o fenômeno implica em enormes dificuldades para o deslocamento de pessoas e mercadorias, com direta repercussão na qualidade do ar e na qualidade geral de vida de toda a população.

Importante considerar que em termos comparativos com o mundo desenvolvido, nossas grandes cidades e metrópoles são muito pouco adensadas.

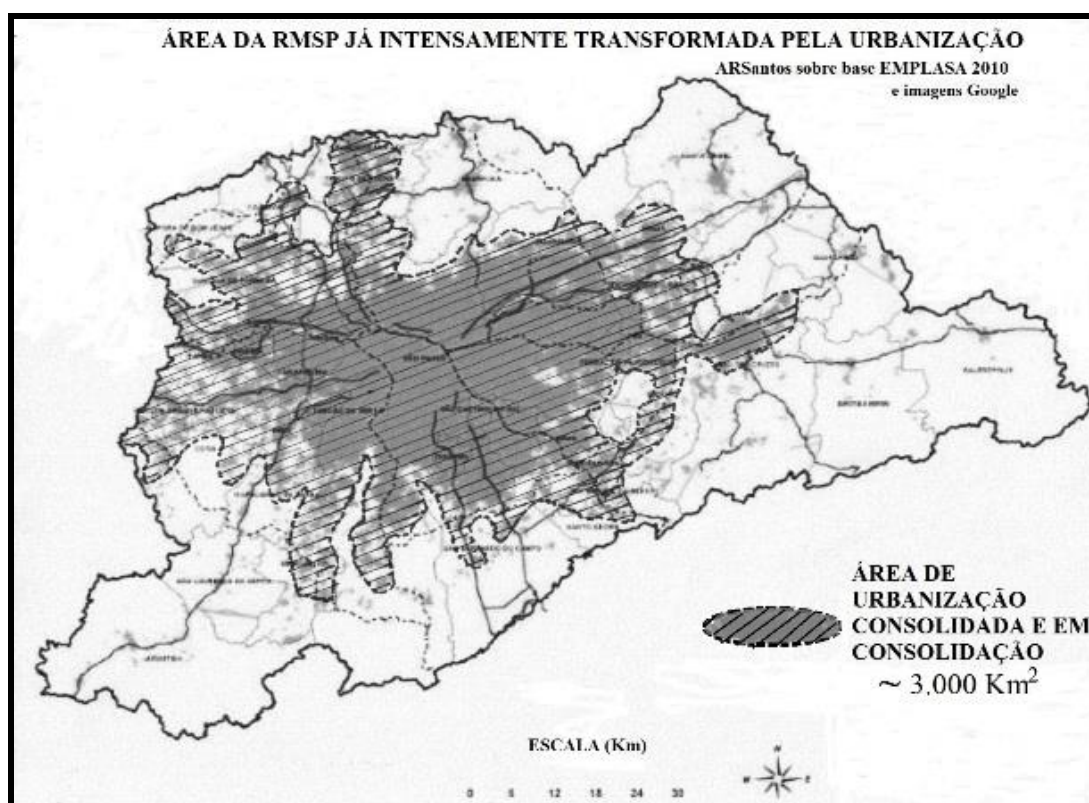
O fato é que, do ponto de vista da drenagem urbana, o espraiamento geográfico da cidade trás consigo a extensão da área impermeabilizada e pouco afeita à retenção de águas de chuva, além de potencializar os problemas decorrentes da comprometedor combinação erosão/assoreamento. Considerado esse fato, não há dúvida da inteira conveniência de um esforço de planejamento urbano voltado a um maior adensamento populacional, seja pela máxima verticalização de bairros que se mostrem para tanto adequados, seja pela plena ocupação de espaços vazios ainda existentes na região de urbanização já consolidada ou parcialmente consolidada. Uma política de incentivos e restrições certamente trará a eficácia necessária a um objetivo dessa natureza, e, na medida da inversão da atual tendência ao espraiamento geográfico, tornará mais factível a complexa e difícil missão de bem gerir as águas superficiais de nossas cidades.

Considere-se, entretanto, que uma política de adensamento urbano, seja por ocupação de espaços vazios, seja por verticalização de setores urbanos apropriados, não deve sacrificar a qualidade ambiental da cidade, para o que será essencial a preservação e multiplicação de espaços públicos verdes para lazer e convívio dos cidadãos e a implantação dos mais diversos dispositivos para a retenção de águas de chuva, seja por infiltração, seja por acumulação. Ou seja, o adensamento

desejado deve ser devidamente planejado, de forma a incorporar os atributos próprios da sustentabilidade ambiental.

Por outro lado, o principal vetor do crescimento urbano por espraiamento geográfico está na busca de moradias pela população de baixa renda compatíveis com seu precário orçamento familiar. Ou seja, a reversão dessa tendência exige a disponibilização de unidades habitacionais no interior de áreas já urbanizadas para essa população na mesma faixa orçamentária que ela hoje só encontra nas fronteiras urbano/rurais.

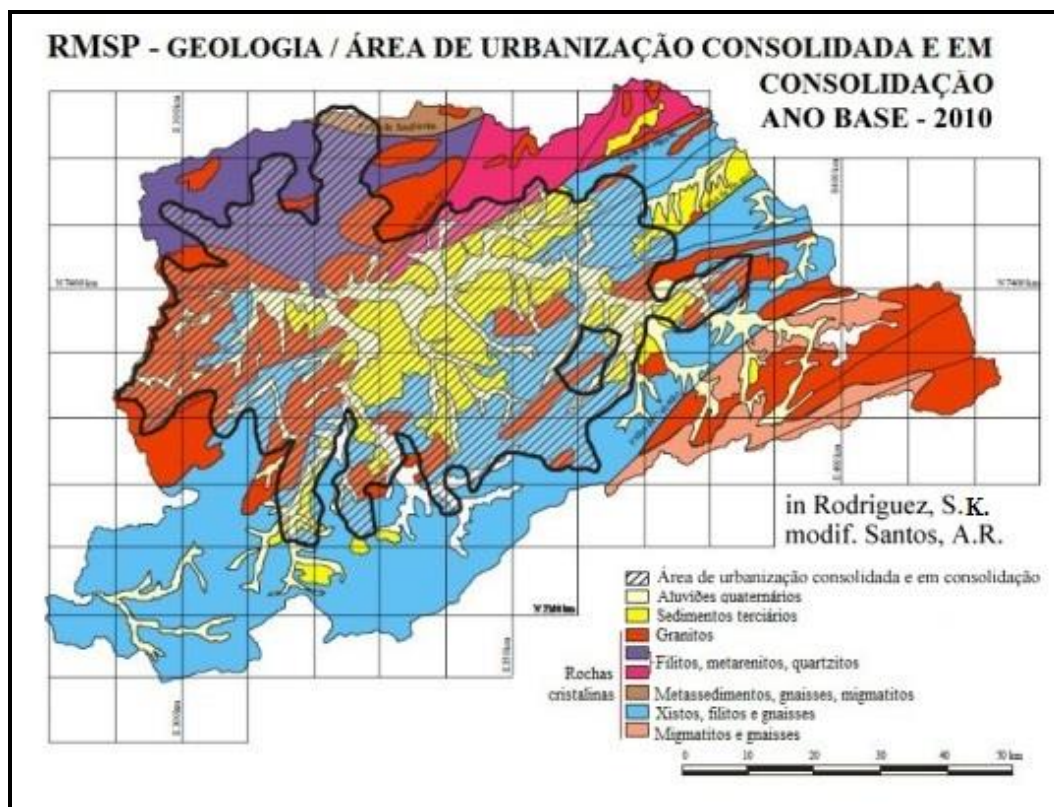
Fazer esse casamento entre a inibição do espraiamento geográfico e o adensamento urbano com qualidade ambiental, ou seja, combinar sustentavelmente uma maior densidade populacional com uma baixa ocupação predial do espaço, é o desafio que se coloca à ousadia e à criatividade de nossos arquitetos, urbanistas e planejadores públicos e privados.



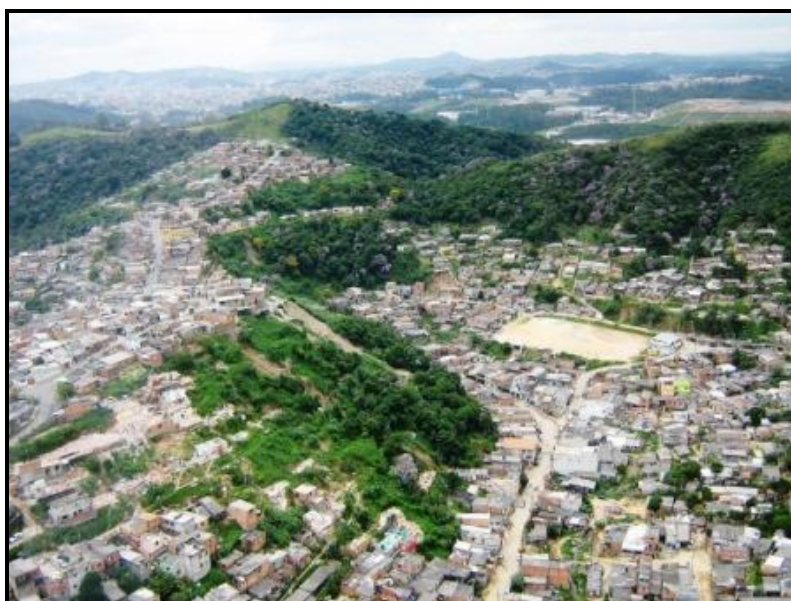
Na verdade, a área total já intensamente modificada pela urbanização, seja com urbanização consolidada, seja em adiantado processo de consolidação, já é bem maior do que a mancha urbana normalmente considerada. Sua extensão total já atinge a ordem de 3.000 Km². Impõe-se como nunca a necessidade de superarmos velhos preconceitos culturais que têm dificultado uma avaliação tecnicamente isenta e equilibrada da alternativa de maior adensamento urbano. ARSantos sobre base Emplasa de 2010 e interpretação de imagens Google 2011.

AUMENTO DA VAZÃO COM A URBANIZAÇÃO	
VAZÕES DE PROJETO NO CEBOLÃO	
1894	174 m³/s
1925	400 m³/s
1968	650 m³/s
1986	1.148 m³/s
1995	1.350 m³/s

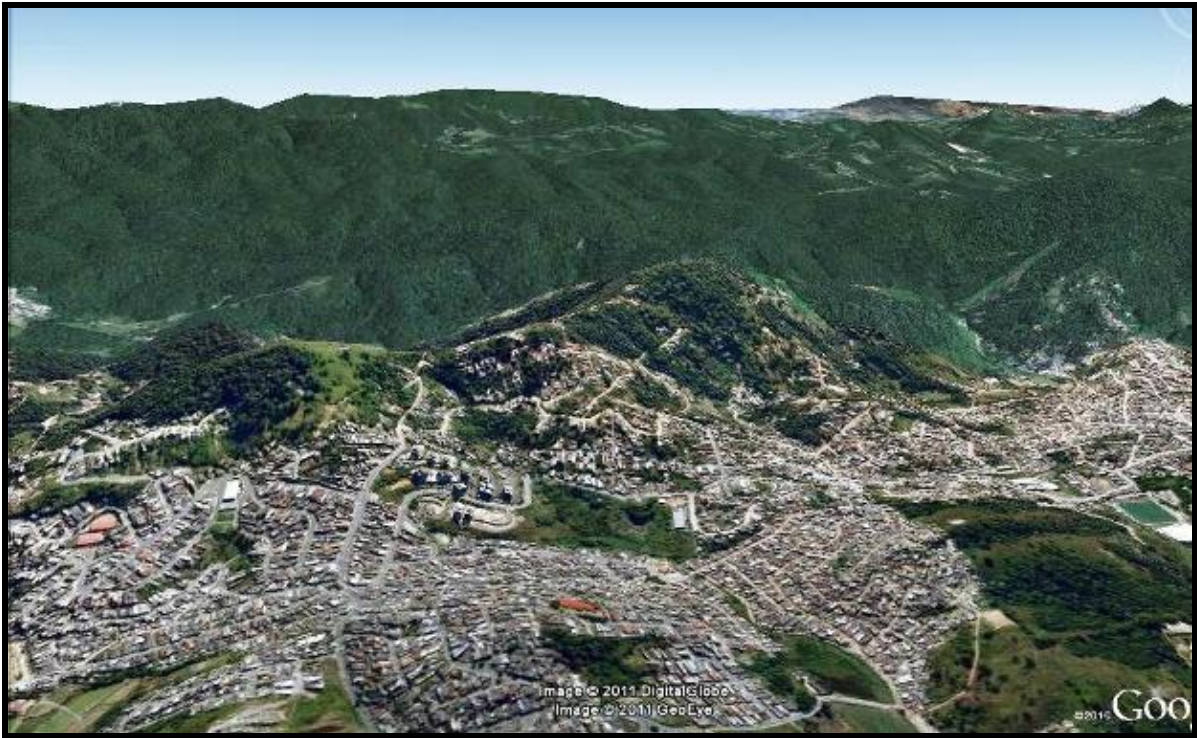
Varição dos valores das vazões de projeto no trecho do Cebolão progressivamente assumidos para o dimensionamento de obras hidráulicas no Tietê diante do aumento da área urbanizada. Fonte: DAEE – Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 1999.



A menos das cores amareladas, que representam sedimentos quaternários e terciários, todas as outras cores indicam terrenos cristalinos com solos de alta suscetibilidade à erosão e topografia progressivamente mais acidentada. A linha cheia mostra o avanço da urbanização sobre esses terrenos geologicamente mais vulneráveis. ARSantos sobre mapa geológico editado por Rodriguez, S.K.



O espraiamento geográfico da Região Metropolitana de São Paulo a Sul sobre topografias progressivamente mais acidentadas. Aumento da área impermeabilizada, comprometimento de mananciais, multiplicação de áreas de risco e de processos erosivos... Foto ARSantos.



*Espraiamento geográfico da RMSP a Norte sobre a Serra da Cantareira e morraria associada.
Imagem Google 2011 editada por ARSantos.*

ENCHENTES: PRECISAMOS E PODEMOS NÃO PRECISAR DOS PISCINÕES

Os reservatórios de retenção (popularmente conhecidos como “piscinões”) compõem o elenco de possíveis providências para aumentar a capacidade de retenção de água em sub-bacias hidrográficas afluentes. Não são mais que grandes reservatórios que vão fazer o papel hidráulico/hidrológico da vegetação e dos terrenos anteriores à urbanização em sua capacidade de reduzir o volume e retardar no tempo o escoamento das águas de chuva. A um episódio de chuva intensa uma parte das águas de um córrego é desviada para o enchimento do reservatório (piscinão), aliviando naquele momento crítico o córrego e as drenagens de jusante de um determinado volume de água. Passado o pico maior das chuvas, as águas do reservatório seriam liberadas lentamente, sem colaborar, então, para o risco de enchentes. Um raciocínio perfeito do ponto de vista hidráulico.

Os piscinões não constituem uma técnica nova, são e já foram muito usados nos EUA, na Europa e no Japão dentro de programas de combate às enchentes. O grande problema é que, diferentemente das cidades de países desenvolvidos que o adotam, as grandes cidades brasileiras comumente apresentam duas características gravíssimas, que obrigam técnicos, administradores públicos e sociedade entenderem o piscinão como a última das alternativas técnicas a se lançar mão para o retardamento da velocidade de escoamento das águas de chuva: a enorme e perigosa carga de poluição de suas águas superficiais e a fantástica carga de sedimentos originados especialmente da erosão nas zonas periféricas de expansão urbana que, acrescida de lixo e entulho de construção civil, acaba por provocar o assoreamento de todo o sistema natural e construído de drenagem, aí incluídos os piscinões.

Assim, ao lado de seus esperados efeitos hidráulicos positivos, os piscinões implicam em graves problemas para as municipalidades e para a sociedade, exigindo que uma decisão sobre sua implantação seja anteriormente submetida a exigentes ponderações técnicas, econômicas e sociais. Em outras palavras o piscinão deve ser considerado como uma das últimas alternativas a se contar para o combate às enchentes, e nunca, como vem infelizmente sendo considerado, como carro-chefe de um programa de combate às inundações.

Os problemas associados aos piscinões podem assim ser sistematizados e descritos:

- 1** - são obras de elevado custo, considerada a obra propriamente dita, as desapropriações necessárias à sua implantação, operação e manutenção;
- 2** - boa parte do material de assoreamento produzido nas sub-bacias hidrográficas em episódios de chuvas intensas passará a se depositar nos reservatórios, inclusive um grande volume de sedimentos finos (siltes e argilas) que antes, sem a nova condição de lago (águas paradas), seriam naturalmente levados em suspensão pelas águas correntes. Acresça-se que um piscinão assoreado por sedimentos e lixo tem seu volume útil comprometido, e, portanto, também comprometida sua capacidade de colaborar no controle de enchentes em episódios pluviométricos subseqüentes;
- 3** - as operações de desassoreamento desses reservatórios são complexas e extremamente dispendiosas, exigindo tempo para secagem da lama e sobrecarregando setores da administração pública municipal normalmente despreparados financeira e fisicamente para esta exigente operação;
- 4** - tanto as águas a serem retidas, como o material de assoreamento e o lixo que se depositarão nos reservatórios, propiciarão a ação direta e mais prolongada do mau cheiro, de insetos, ratos e de sua perigosa carga químico-biológica poluente no âmbito da região urbanizada de entorno, implicando em riscos evidentes de possíveis contaminações e acidentes;
- 5** - para a disposição final do material proveniente do desassoreamento dos piscinões será natural a necessidade econômica de se encontrar local adequado próximo, ou seja, no próprio bairro, o que exige lidar-se com cuidados técnicos e operacionais específicos e dispendiosos para que esse bota-

fora não venha a contaminar solos, águas superficiais e profundas ou diretamente a própria população;

6 - a implantação dos piscinões e também dos bota-foras que receberão o material proveniente das operações de desassoreamento exigem a ocupação e imobilização de preciosas áreas urbanas que poderiam ser aproveitadas para o atendimento de necessidades e aspirações da população local em educação, lazer, moradias, esporte, etc.

Enfim, em que pese sua lógica hidráulica os piscinões comportam-se como um despropositado atentado sanitário, urbanístico e ambiental. Ou seja, será sempre melhor não se precisar de piscinões, condição que será atingida com a implantação generalizada das várias medidas não estruturais descritas nos capítulos anteriores.

MINUTAS DE LEIS MUNICIPAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE COMBATE ÀS ENCHENTES

A realidade brasileira mostra que não basta a existência de uma lei para que certas coisas andem nos devidos trilhos. No entanto, mesmo sem essa ingênua pretensão, há que se considerar que a existência de bons termos legais faz parte das circunstâncias indispensáveis para que objetivos de interesse social sejam alcançados. É nesse exato sentido que a seguir são reproduzidas 3 minutas de termos legais de caráter municipal que, uma vez adotados e implementados, muito colaborariam para um exitoso programa de combate às enchentes urbanas. Essas minutas de lei expressam as recomendações técnicas expostas nos capítulos anteriores e se somam à minuta de lei já reproduzida no item em que foi tratada a Taxa de Permeabilidade.

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO/INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS DE CHUVA NA ÁREA URBANA, CONSIDERADOS O INTERIOR DE LOTES IMOBILIÁRIOS COM OU SEM OCUPAÇÃO PREDIAL E PÁTIOS DE ESTACIONAMENTO, FRENTES PREDIAIS DE ESTACIONAMENTO E ÁREAS A CÉU ABERTO UTILIZADAS PARA FEIRAS, EXPOSIÇÕES, EVENTOS OU QUALQUER OUTRO FIM

PROJETO DE LEI N°.....

Estabelece regras e orientações técnicas para a retenção de água de chuva no interior de lotes imobiliários privados ou públicos com ou sem ocupação predial e em pátios de estacionamento, frentes prediais de estacionamento e pátios e áreas a céu aberto utilizadas para qualquer outro fim na cidade de e dá outras providências.

Art. 1º Esta lei objetiva a redução da ocorrência e da intensidade de enchentes através do aumento da capacidade de retenção das águas de chuva na área urbana do município de

Art. 2º Todo lote urbano ocupado por edifícios com mais de três (3) andares aéreos ou edificações de qualquer altura com área impermeabilizada maior que trezentos metros quadrados (300 m²) deverão instalar, operar e manter em condições de plena operação dispositivos de acumulação de águas de chuva com ou sem infiltração associada na proporção de 2 m³ de água para cada 100 m² da área total do lote.

Art. 3º Todo lote urbano com área acima de 300m² deverá instalar e manter permanentemente em condições de plena operação dispositivos de acumulação de águas de chuva com ou sem infiltração associada na proporção mínima de 0,5m³ de água para cada 100 m² da área total do lote. Todo lote urbano com área acima de 300m² deverá, nas mesmas condições, instalar dispositivos de acumulação de águas de chuva com ou sem infiltração associada na proporção mínima de 1m³ para cada 100m² da área total do lote.

Art. 4º Todos os pátios de estacionamento, frentes prediais de estacionamento e pátios e áreas a céu aberto utilizadas para qualquer outro fim deverão utilizar em toda sua extensão pavimentos com capacidade drenante e outros dispositivos de infiltração e/ou acumulação de águas

superficiais de forma a permitir a máxima retenção possível de águas de chuva no âmbito da própria área.

Art. 5º No caso de áreas a céu aberto como as especificadas nesta lei que estejam sobre lajes de cobertura de espaços subterrâneos, e, portanto, não tornam possível a infiltração no terreno natural, o proprietário deverá construir reservatórios capazes de receber um volume de água de chuva calculado segundo a proporção 2 metros cúbicos de água para cada 100 metros quadrados de área.

Art. 6º As penalidades previstas na presente Lei aplicar-se-ão a proprietários ou responsáveis legais, privados e públicos, das propriedades urbanas como as especificadas nesta lei e que não estejam observando suas determinações.

Parágrafo único - A penalidade será calculada em função da extensão das áreas especificadas.

Art. 7º O Poder Público Municipal poderá oferecer estímulos fiscais para que proprietários de empreendimentos ou lotes urbanos que não se enquadram nas especificações dessa lei adotem dispositivos de acumulação de águas de chuva com ou sem infiltração associada em proporção a ser definida caso a caso.

Art. 8º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta Lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

Art. 9º O recolhimento das multas aplicadas e o cumprimento das obrigações impostas não desoneram os infratores da presente Lei de responder por seus atos em ações judiciais, movidas por quem de direito, na defesa de interesses individuais ou coletivos.

Art. 10º O Poder Executivo deverá, através de campanhas educativas, dar o pleno conhecimento desta Lei à população, assim como preparar tecnicamente os funcionários municipais encarregados de sua aplicação.

Art. 11º Esta Lei, no que couber, será regulamentada por decreto a ser baixado pelo Chefe do Poder Executivo.

Art. 12º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA COIBIÇÃO DA EROSÃO URBANA

PROJETO DE LEI Nº

Coíbe a erosão sobre superfícies de solo exposto no âmbito do perímetro urbano do município, evitando a destruição da infra-estrutura urbana e o assoreamento do sistema municipal de drenagens naturais e construídas, e dá outras providências

Art. 1º Esta lei, através da penalização pecuniária dos responsáveis, objetiva a redução da destruição da infra-estrutura urbana e do assoreamento do sistema municipal de drenagens naturais e construídas por sedimentos terrosos originados de processos erosivos sobre superfícies de solo exposto no âmbito do perímetro urbano do município.

§ 1º – Para os efeitos dessa Lei considera-se superfície de solo exposto toda área com solo em superfície desprovido de cobertura vegetal ou outro tipo de cobertura que o proteja da ação erosiva das águas de chuva, como cortes de terrenos, taludes e superfícies de corte, taludes de aterros, áreas terraplenadas, desmatadas e outras.

§ 2º - Para os efeitos dessa Lei entende-se por sedimentos terrosos qualquer quantidade de partículas de solo, em qualquer de suas frações granulométricas, que tenham sido removidas de sua posição original por agentes erosivos – água e ventos – e tenham sido carreadas e depositadas em um outro lugar, ou estejam ainda em percurso para essa nova situação.

Art. 2º As penalidades previstas na presente Lei aplicar-se-ão a proprietários ou responsáveis legais, privados e públicos, de terrenos que estejam originando, por erosão, sedimentos terrosos para fora dos limites da propriedade, ou para drenagens naturais ou construídas existentes no interior da própria propriedade.

§ 1º - A penalidade será calculada em função direta da extensão da superfície de solo exposto que esteja produzindo, por erosão, sedimentos terrosos para fora da propriedade ou para drenagens interiores.

Art. 3º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta Lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

Art. 4º O infrator será notificado da lavratura do auto através de uma das seguintes formas de emissão da notificação:

I – pessoalmente, sempre que possível, mediante entrega de cópia do auto de infração ao responsável legal pelo imóvel em questão ou a seu representante ou preposto;

II – por carta, acompanhada do auto, com aviso de recebimento (AR);

III – por edital, com prazo de 5 (cinco) dias corridos, se desconhecido o domicílio fiscal do infrator.

Art. 5º A penalidade referida nesta Lei constituir-se-á de multas pecuniárias, a serem aplicadas progressivamente aos proprietários ou responsáveis legais dos terrenos onde tenha sido detectada a infração.

§ 1º – No caso de terrenos públicos a penalidade será aplicada à autoridade pública diretamente responsável pela integridade física do terreno público onde foi constatada a infração.

Art. 6º O valor inicial da multa pecuniária deverá ser calculado com base na relação R\$,00 (..... reais) por metro quadrado da superfície de solo exposto que esteja produzindo, por erosão, sedimentos terrosos para fora da propriedade ou para drenagens interiores.

§ 2º – Caso a partir da multa inicial as providências para a eliminação do problema não tenham sido adotadas no prazo estabelecido serão aplicadas novas multas em valores aumentados em R\$.....,00 (..... reais) por metro quadrado da superfície de solo exposto à erosão por dia passado além do prazo estabelecido quando da primeira multa.

Art. 7º O recolhimento das multas aplicadas e o cumprimento das obrigações impostas não desoneram os infratores da presente Lei de responder por seus atos em ações judiciais, movidas por quem de direito, na defesa de interesses individuais ou coletivos.

Art. 8º O Poder Executivo deverá, através de campanhas educativas, dar o pleno conhecimento desta Lei à população, assim como preparar tecnicamente os funcionários municipais encarregados de sua aplicação.

Art. 9º Esta Lei, no que couber, será regulamentada por decreto a ser baixado pelo Chefe do Poder Executivo.

Art. 10º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

MINUTA DE LEI MUNICIPAL PARA O AUMENTO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO/INFILTRAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA NA ÁREA URBANA COMO DECORRÊNCIA DA DISSEMINAÇÃO DE BOSQUES FLORESTADOS

PROJETO DE LEI N°.....

Estabelece regras e orientações técnicas para a retenção de água de chuva na área urbana por meio da disseminação de bosques florestados na cidade de e dá outras providências.

Art. 1º Esta lei objetiva a redução da ocorrência e da intensidade de enchentes através do aumento da capacidade de retenção das águas de chuva na área urbana do município de

Art. 2º Todas as sub-bacias hidrográficas da área urbanizada deverão contar com um mínimo de 10% de sua área total cobertos por pequenos, médios ou grandes bosques florestados, de forma a permitir a máxima retenção possível de águas de chuva.

§ 1º – Para os efeitos dessa lei a sub-bacia hidrográfica considerada deverá ter área máxima de 10 (dez) quilômetros quadrados.

§ 2º - Os 12% das áreas das bacias hidrográficas urbanas a serem cobertos por bosques florestados deverão estar integralmente concluídos em até 5 anos após a aprovação da presente lei, sendo que os 5% iniciais das áreas das bacias hidrográficas deverão estar concluídos em até 2,5 anos após a aprovação da presente lei.

Art. 3º Para os efeitos da presente lei entende-se por bosque florestado o espaço público ou privado com área mínima contínua de 100m² plenamente e permanentemente tomado por um corpo vegetal arbóreo compacto, natural ou plantado, com predomínio de espécies nativas à região.

§ 1º - O bosque florestado tratado nessa lei deverá manter sua serapilheira inteiramente conservada no chão da área florestada. Para os efeitos dessa lei entende-se por serapilheira o manto de restos vegetais que com o tempo forma-se sobre os terrenos florestados.

§ 2º - Um bosque florestado poderá contemplar trilhas e equipamentos rústicos de lazer assegurado o bom cumprimento de suas funções hidrológicas.

Art. 4º A implantação dos bosques florestados será de responsabilidade da administração municipal.

Parágrafo único – A administração pública, além de proceder a implantação de bosques florestados em áreas públicas já existentes ou para tanto desapropriadas nos termos da lei, poderá conceder estímulos fiscais para que também o setor privado os implante em áreas privadas, observado o caráter definitivo dessa implantação.

Art. 5º A fiscalização do cumprimento do disposto nesta Lei será exercida pelo órgão competente do Executivo Municipal, na forma que a regulamentação assim delegar.

Parágrafo único - A fiscalização a que se refere este artigo poderá, mediante convênio, ser exercida por outros órgãos ou entidades da Administração Direta e Indireta do Estado ou da União.

Art. 7º Esta Lei, no que couber, será regulamentada por decreto a ser baixado pelo Chefe do Poder Executivo.

Art. 8º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

DESLIZAMENTOS EM ÁREAS URBANAS: CAUSAS E SOLUÇÕES

**IMPORTÂNCIA E IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS PREVENTIVAS DE
REGULAÇÃO TÉCNICA DO USO DO SOLO URBANO**

Praticamente a totalidade das situações de risco envolvendo deslizamentos de solos e rochas e outros tipos de movimentos de massa no Brasil estão associados a formas inadequadas de intervenção do homem no meio físico geológico. Ou ocupando áreas que por sua natural instabilidade não deveriam nunca ser ocupadas, ou ocupando áreas até passíveis de ocupação, mas com técnicas tão inadequadas que até nessas condições físicas mais favoráveis criam-se verdadeiros canteiros de áreas de risco.

Os textos a seguir tratam especialmente dos procedimentos de caráter preventivo que, ou ao promover uma correta gestão geológica das expansões urbanas impeçam a continuidade da ocupação de áreas de elevado grau de risco natural, ou ao intervir em áreas já ocupadas e desestabilizadas eliminem o risco seja pelo reassentamento dos moradores, seja por sua consolidação geotécnica.

SUMÁRIO

- **ÁREAS DE RISCO: CONVIVER OU ELIMINAR?**
- **GROTAS, FEIÇÕES DE RELEVO VEDADAS À URBANIZAÇÃO**
- **ELEMENTOS BÁSICOS DE UM PROGRAMA DE GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS**
- **A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA DINÂMICA GEOLÓGICA NATURAL DE UMA DETERMINADA REGIÃO. O EXEMPLO DA SERRA DO MAR**
- **O ESPAÇO URBANO E O CÓDIGO FLORESTAL**
- **ÁREAS DE RISCO, GEOLOGIA E ARQUITETURA. TÉCNICAS DE OCUPAÇÃO ADEQUADAS A TERRENOS DE ALTA DECLIVIDADE**
- **CARTA GEOTÉCNICA: UMA REFERÊNCIA OBRIGATÓRIA PARA OS PLANOS DIRETORES E PARA OS CÓDIGOS DE OBRA**
- **OBRAS SIMPLES TEM ESPECIAL INDICAÇÃO NOS SERVIÇOS DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA DE ÁREAS DE RISCO**

ÁREAS DE RISCO: CONVIVER OU ELIMINAR?

Diferentemente dos países com vulcanismo ativo, terremotos, furacões, tempestades tropicais cíclicas e outros poderosos agentes da Natureza, no Brasil as áreas de risco estão inequivocamente associadas a erros humanos na ocupação de terrenos geológica, geotécnica ou hidrologicamente mais sensíveis e instáveis. Ou seja, ao invés de uma inexorável opção de convivência com os riscos, própria daqueles países, é-nos possível no caso brasileiro adotar virtuosamente uma estratégia de eliminação do risco, para o que a única condição a ser atendida é possuir a vontade para tanto.

No caso de deslizamentos são ocupados terrenos de alta declividade que, por sua enorme suscetibilidade natural a esse tipo de fenômeno, não poderiam de forma alguma ser ocupados. Ou são ocupados terrenos de média declividade, perfeitamente passíveis de receber uma ocupação urbana, mas com o uso de técnicas construtivas e arranjos urbanísticos a eles tão inadequados que, mesmo nessa condição mais favorável, são transformados em um verdadeiro canteiro de áreas de risco.

Destaque-se que nessas duas condições, como também no caso de margens de córregos sujeitas a solapamentos e áreas baixas sujeitas à inundação, a criação de áreas de risco está intimamente associada à busca de terrenos mais baratos por parte da população de baixa renda, que somente dessa forma consegue ter uma moradia em custos que caibam dentro de seu parco orçamento familiar. Ou seja, há um inequívoco e determinante fator social na configuração do drama das áreas de risco no país.

Dentro de uma correta estratégia de eliminar o risco impõe-se a adoção de medidas de caráter estrutural, que podem assim ser elencadas:

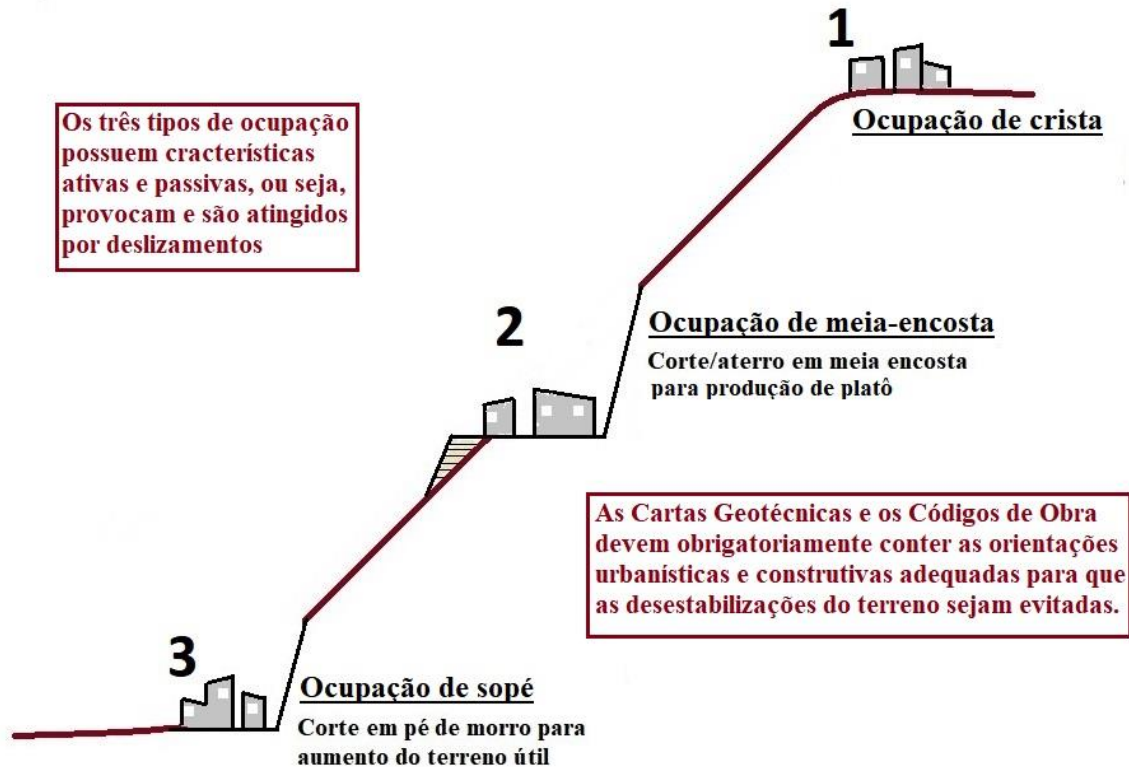
- criterioso planejamento do crescimento urbano, via aplicação da Carta Geotécnica, tornando terminantemente vedada a ocupação de terrenos em condições de muito alto e alto risco natural e condicionando a ocupação de terrenos de médio e baixo riscos potencialmente urbanizáveis à adoção de planos urbanísticos e técnicas construtivas para tanto corretas e adequadas;
- implementação de programas de habitação popular que atendam a demanda da população de baixa renda por casa própria, reduzindo assim a pressão pela ocupação de terrenos impróprios à urbanização;
- desocupação de áreas de alto e muito alto risco já ocupadas, com realocação dos moradores para novas habitações dignas e seguras;
- consolidação urbanística e geotécnica de áreas de médio e baixo riscos já ocupadas;
- como medida de caráter emergencial adotar, com participação e treinamento das populações envolvidas, Planos Contingenciais de Defesa Civil, dos quais fazem parte os sistemas de alerta pluviométricos.

Importante registrar que do ponto de vista técnico todos os instrumentos necessários à implementação dessa correta estratégia já foram produzidos e disponibilizados pelo meio técnico nacional às autoridades envolvidas.

Infelizmente, por motivos vários, e que incluem um enorme descaso com o ser humano, essas medidas estruturais destinadas à eliminação dos riscos não tem recebido a devida atenção dos três níveis de governo, o federal, o estadual e o municipal.

AS TRÊS MAIS FREQUENTES INTERVENÇÕES GERADORAS DE SITUAÇÕES DE RISCO EM TERRENOS DE ALTA DECLIVIDADE

geol. Álvaro R Santos



1 – Ocupações de crista. Concentram águas pluviais e as lançam, juntamente com águas servidas, sobre a encosta. Os deslizamentos que ocorrem como consequência as atingem por descalçamento.

2 – Ocupação de meia encosta. Ocorrem em seqüência. Provocam deslizamentos e são atingidas por deslizamentos de montante e por descalçamentos de jusante.

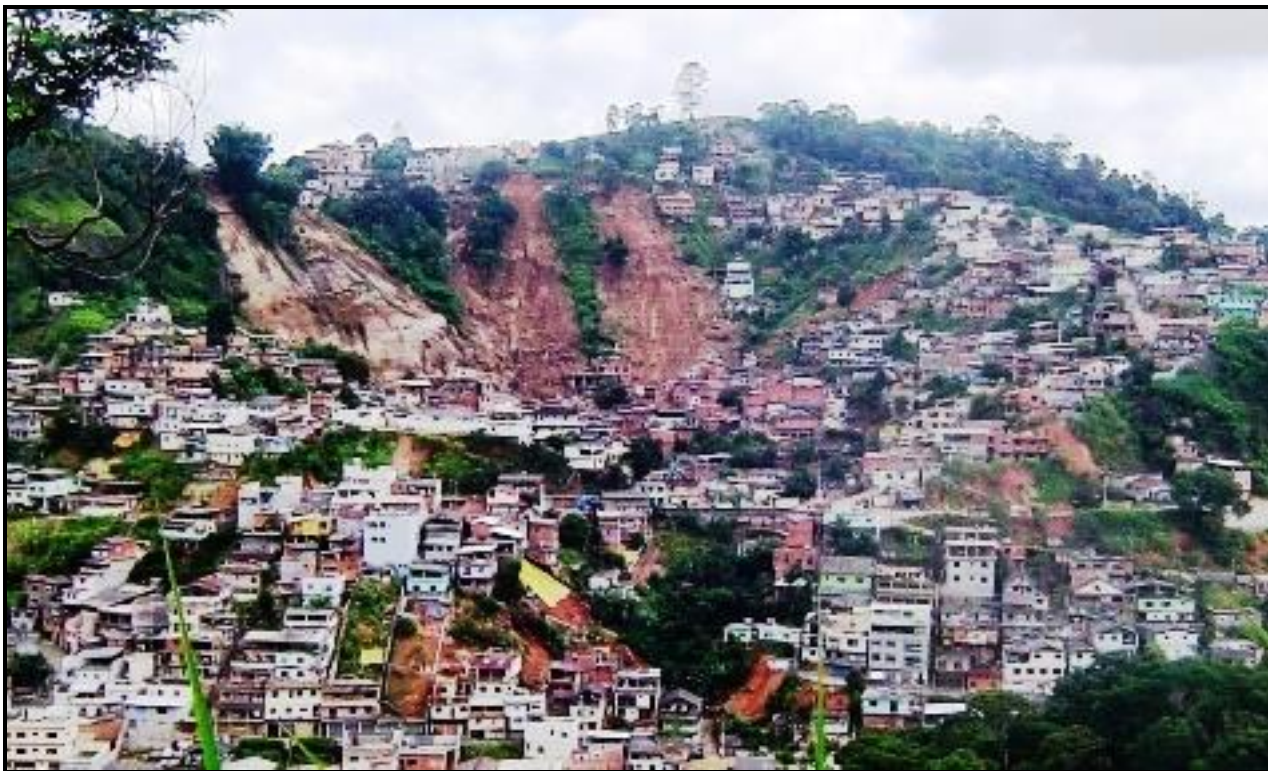
3 – Ocupações de sopé. Provocam deslizamentos que descalçam ocupações de montante e são atingidas pelos deslizamentos que ocorrem em toda a encosta.



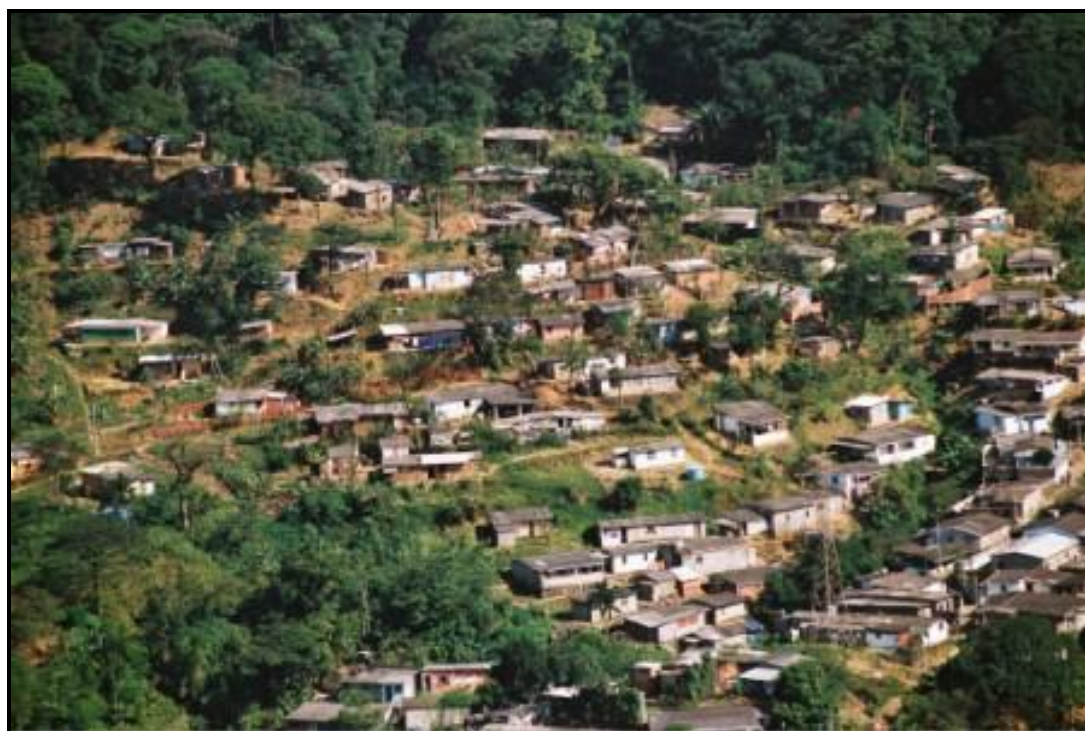
Áreas de risco assentadas em crista de encosta.

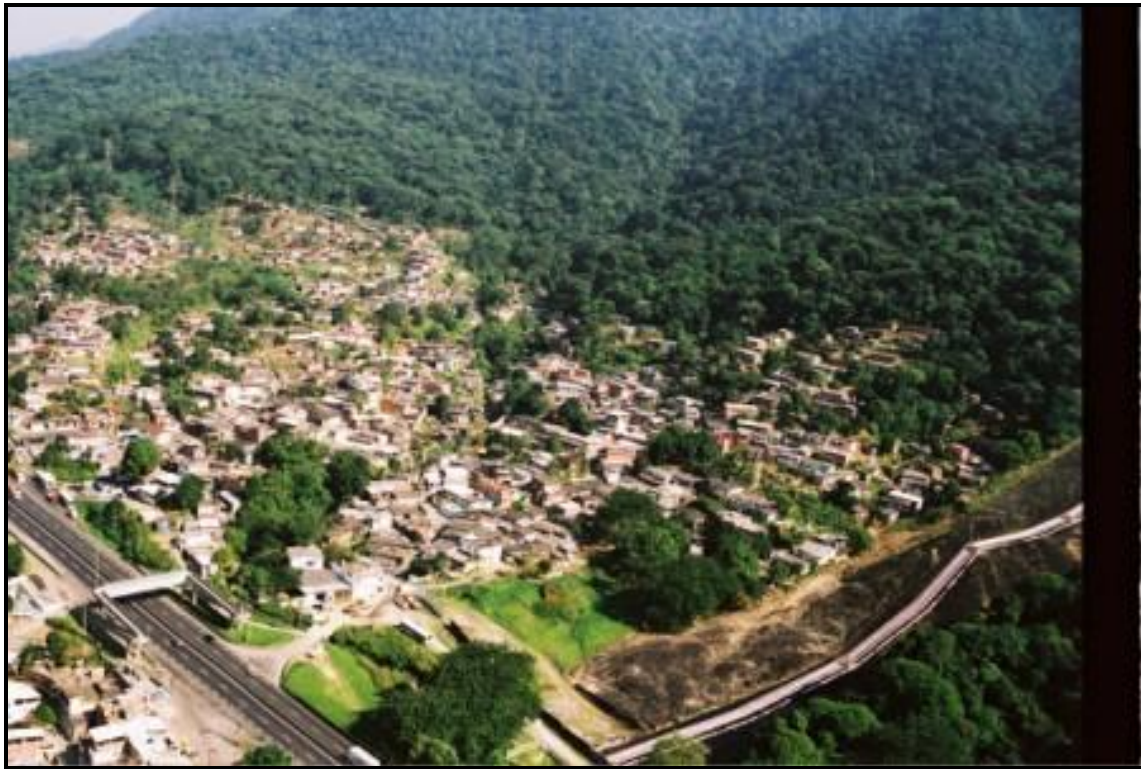


Ocupações de sopé de encosta. Vila Sahy, São Sebastião – SP

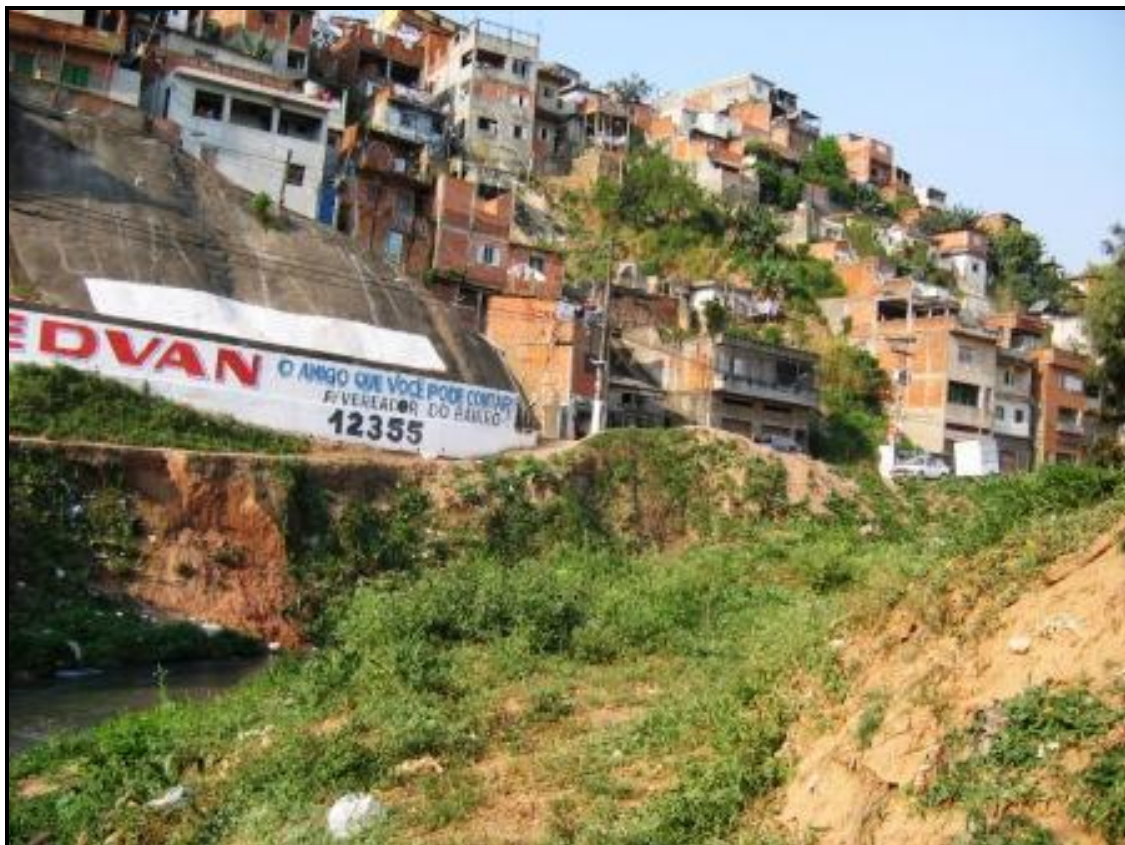


Erros sobre erros. Ocupação indevida de base e sopé de morros instáveis, ocupação de encostas que não deveriam ser ocupadas, ocupação com a utilização de procedimentos construtivos totalmente inadequados para terrenos declivosos. O resultado não poderia ser outro. Nova Friburgo – RJ. Foto Heleno C. Miranda.



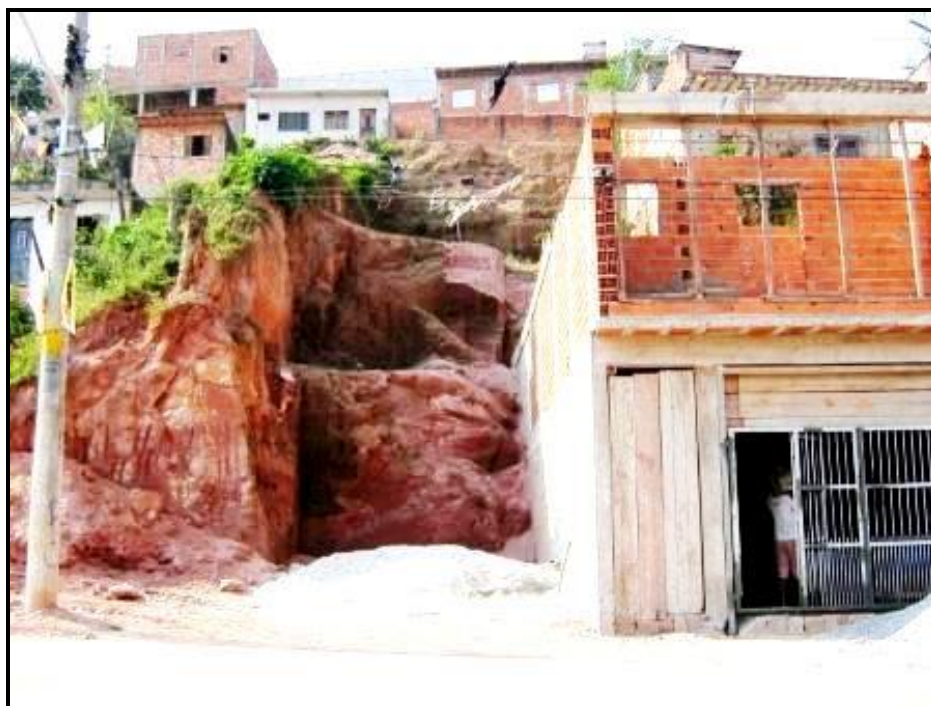


Expansões urbanas sobre as instáveis encostas da Serra do Mar. Cubatão-SP. Fotos ARSantos





Sistemática ocupação de terrenos declivosos nas zonas de expansão urbana: uma sucessão de erros gerando áreas de risco mesmo em regiões que não demonstram alta suscetibilidade natural a deslizamentos. Acima, RMSP, abaixo, Nova Friburgo – RJ.



Cortes para a produção de platôs com descalçamento sucessivos: um dos principais erros motivadores de deslizamentos em terreno inclinados. São Paulo - SP



Um outro tipo de área de risco a deslizamentos: parte de bairro erroneamente assentado sobre antiga cabeceira de bossoroca aterrada. Com a reativação do processo erosivo houve uma corrida de lama implicando da destruição de mais de dez casas. Monte Alto SP. Foto IPT.



A trágica cultura técnica de cortar a encosta para a produção de platô a ser ocupado pela edificação. Desestabilizações sucessivas. Salvador – BA



Deslizamentos planares em encostas retilíneas. Campos do Jordão – Serra da Mantiqueira-SP

GROTAS, FEIÇÕES DE RELEVO VEDADAS À URBANIZAÇÃO

A questão conceitual

Assume-se nesse artigo o entendimento empírico e popular da grotta como uma cabeceira de drenagem em forma aproximada de ferradura, morfologicamente côncava, com paredes íngremes em sua parte superior e hidrogeologicamente ativa, ou seja, associada sempre a uma nascente que dá origem a um curso d'água perene ou intermitente.

Grotas como áreas de risco

A correlação de grotas com riscos geológicos é já conhecida do meio profissional que lida com áreas de risco, em especial em áreas urbanas. Entretanto, a continuidade da ocupação dessas feições geomorfológicas, com notável incidência de graves acidentes, está a exigir um posicionamento mais resolutivo e firme do meio técnico quanto ao seu destino urbano, o que significaria, no entendimento do autor, que se vá além dos cuidados e alertas sobre a suscetibilidade a deslizamentos das citadas feições, e se avance para a radical proibição de sua ocupação por edificações e infra-estruturas urbanas.

Cabeceiras de drenagem e grotas – Dinâmica evolutiva

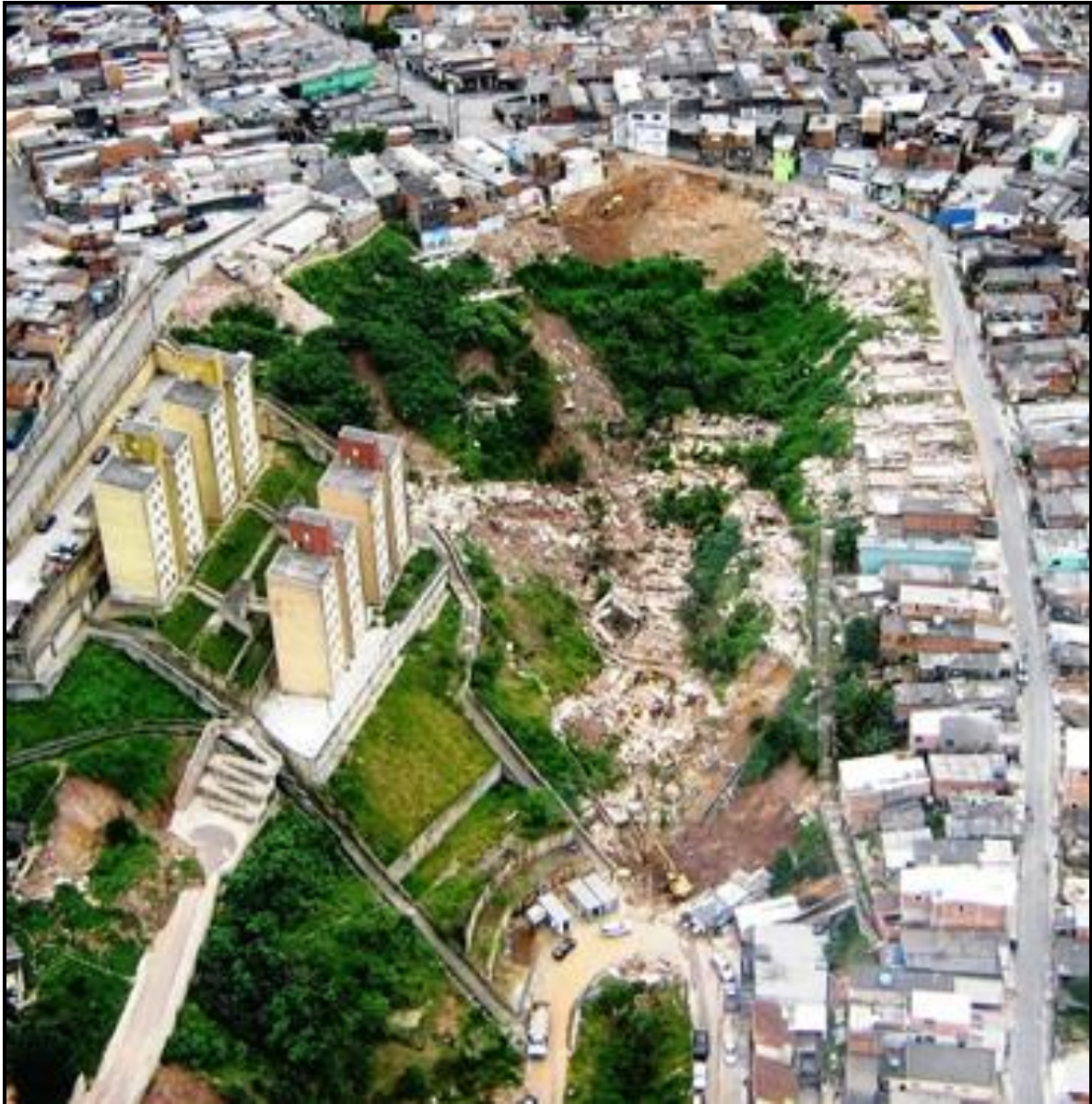
As cabeceiras de drenagem, lato sensu, são entendidas como o segmento superior de caminhos de drenagem que escoam as águas pluviais em vertentes e encostas para seus níveis hidrológicos de base. Seu desenvolvimento dá-se normalmente por processo erosivo decorrente do escoamento de águas pluviais ao longo do tempo geológico. Trata-se de um processo progressivo de sulcamento e ravinamento que tem sua intensidade erosiva controlada pela pluviosidade/condições climáticas, pela declividade da encosta, pela resistência dos solos à erosão, pela cobertura vegetal, por suas relações com o lençol freático local. A ação humana (concentração de caminhos d'água, desmatamento, etc.) age sempre como elemento potencializador da evolução das cabeceiras de drenagem.

Do ponto de vista geomorfológico as cabeceiras de drenagem cumprem papel fundamental no processo de dissecação erosiva de encostas e vertentes.

As cabeceiras de drenagem podem situar-se em qualquer termo da encosta, estancando seu desenvolvimento de montante em faixa topográfica próxima ao divisor de águas.



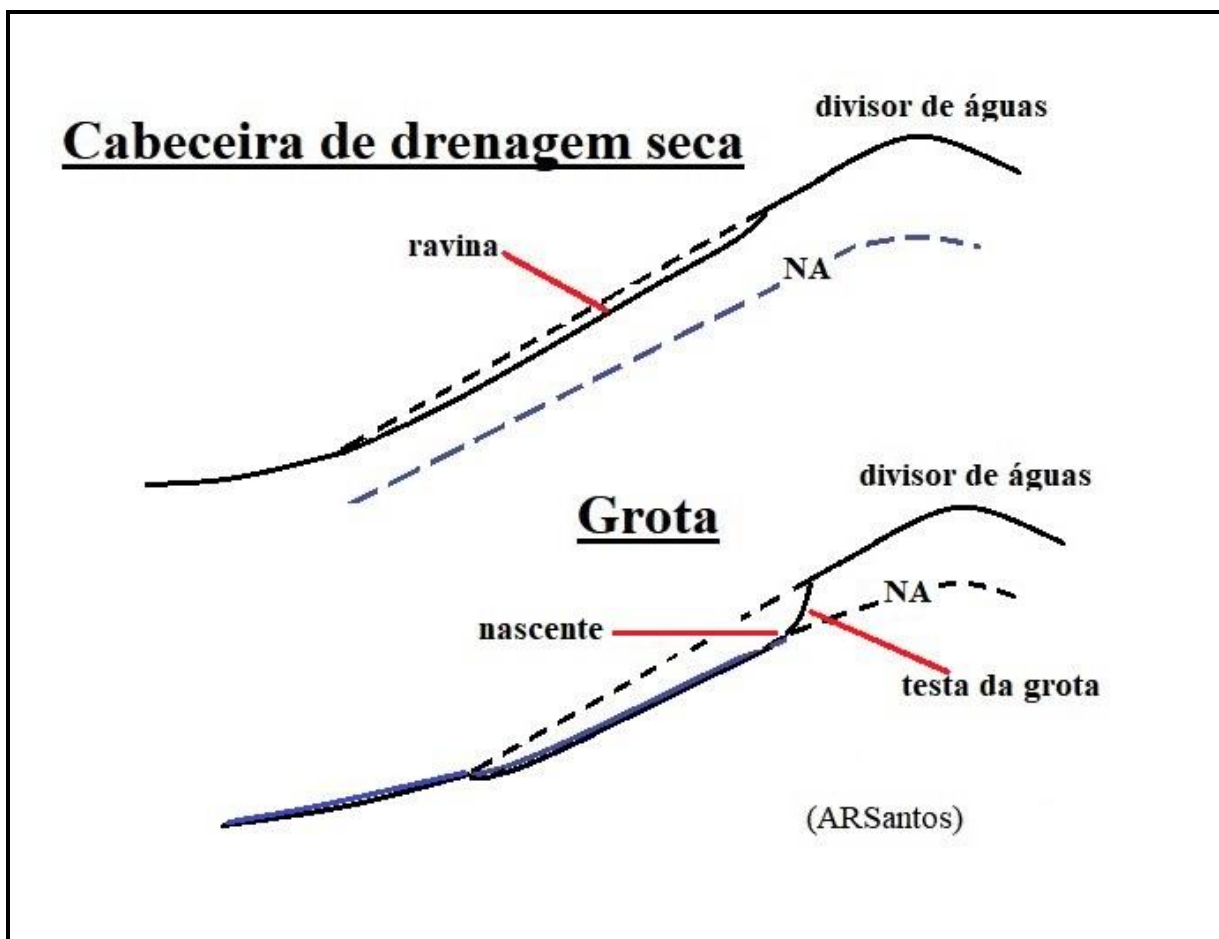
Grotta com densa urbanização. Nova Friburgo RJ. Foto HCMiranda.



Ocupação de grotas: inevitáveis acidentes e estúpidas perdas de vida. Notar que até conjuntos condomínios habitacionais públicos instalam-se em grotas em busca de menor preço de metro quadrado de terreno. Santo André – SP. Foto do autor.

Tipologia. Cabeceiras de drenagem secas e Grotas.

As feições de relevo associadas a drenagens de encostas podem ser classificadas de variadas maneiras, em dependência dos parâmetros físicos considerados. Para a finalidade desse artigo técnico há interesse apenas em sua classificação quanto à dinâmica de sua evolução. São então assim consideradas as Cabeceiras de Drenagem Secas, onde o processo de evolução corresponde ao simples ravinamento erosivo por águas pluviais, e as Grotas, onde o processo de evolução está também associado à surgência de água subterrânea. As cabeceiras de bossorocas constituem um tipo especial de grotas.



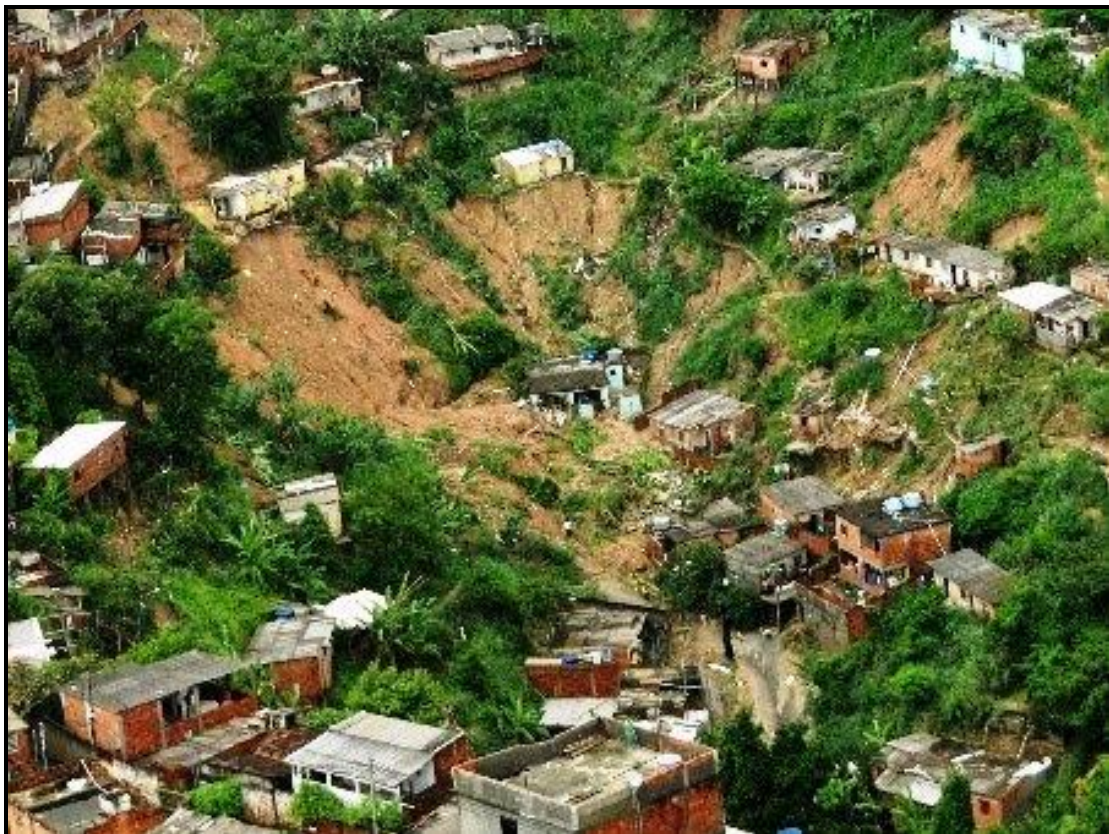
As grotas são tipos especiais de cabeceiras de drenagem em que o ravinamento atingiu o lençol freático ou um lençol subterrâneo suspenso local. A partir dessa condição a evolução da cabeceira se acelera em processo semelhante ao das bossorocas, ou seja, em uma dinâmica remontante alimentada pela combinação de encharcamento e solapamentos da base da testa da cabeceira, sendo os sedimentos produzidos transportados por enxurradas pluviais para jusante. Não é rara a existência de fenômenos de piping no ponto inicial da nascente (pé da testa da grota), condição que colabora para a potencialização do solapamento da testa. As grotas são fruto, portanto, de uma combinação fenomenológica de águas de superfície e águas profundas. Ao longo desse processo a testa da grota evolui em altura, concavidade e largura, podendo conter mais de uma frente de evolução.

A grota constitui a feição mais ativa e acelerada de evolução do relevo em sua região, o que se traduz em sua alta suscetibilidade a movimentos de massa.

As grotas formam-se nos variados tipos de relevo. Nos relevos mais suaves e arenosos sua representação mais destacada é a bossoroca. Nos relevos medianamente acidentados, como os mais fortemente colinosos, mar de morros, morros e morrotes isolados, serras restritas... as grotas são conhecidas como tal, constituindo feições naturais típicas e plenamente integradas na cultura popular.



Bossoroca em evolução. Notar ravinamentos secundários que tendem a se transformar em novas bossorocas. Foto Fazenda Glória, Uberlândia MG.



Quantos ainda precisarão morrer? Foto FAEP.

Grotas dormentes. Reativação antrópica da dinâmica evolutiva. Trabalhos de recuperação

Dois fatores especialmente contribuem para determinar a intensidade maior ou menor da dinâmica evolutiva das grotas, o domínio florestal da grota e o volume de águas pluviais que se direcionam da região a montante para o interior da grota.

O domínio florestal é o principal fator de inibição da dinâmica evolutiva das grotas. Esse domínio florestal acontece em períodos geológicos de condições climáticas favoráveis. Em períodos geológicos mais áridos com recuo florestal e chuvas torrenciais temporalmente concentradas a dinâmica evolutiva das grotas mostra-se acentuadamente acelerada. Na maior parte da extensão do território brasileiro predominam hoje condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de concentrações florestais nas grotas, considerando que essas feições se destacam em sua região por manter um nível maior de umidade dos solos.

É assim comum em regiões que guardam suas características naturais que as grotas encontrem-se relativamente estabilizadas, tanto pela prevalência do domínio florestal como pela dispersão das águas pluviais superficiais de montante. Pode-se considerar que nesta condição as grotas tem sua dinâmica evolutiva praticamente contida, mas em condição latente. Ou seja, na dependência de alteração dos dois fatores estabilizadores certamente essa dinâmica será reativada.

É justamente o que normalmente sucede em regiões onde a atividade humana, seja em práticas rurais de agricultura e pecuária, seja em práticas tipicamente urbanas, implica notoriamente em desmatamentos e concentração de fluxos de escoamento de águas de chuva.

Por decorrência, as medidas essenciais para a estabilização dos processos evolutivos de um grota são a imediata interrupção do acesso de escoamentos de águas de chuva em sua crista, sua limpeza e seu reflorestamento.



Reativação da dinâmica evolutiva de grotas por ocupações de cabeceira. Santo André SP. Foto ARSantos

As grotas como áreas de risco à urbanização

Como já referido, as grotas constituem feições de relevo extremamente susceptíveis a deslizamentos. Essa condição é sumamente agravada pelo fato das grotas se apresentarem aos moradores próximos como destino fácil para todos os tipos de resíduos urbanos: lixo doméstico, entulhos de construção civil, animais mortos, carcaças de equipamentos, etc. Ou seja, quando a própria grota recebe edificações essas se instalam em condições geológicas e geotécnicas extremamente críticas quanto a sua estabilidade. Cumpre ainda considerar a temerária cultura técnica, totalmente inadequada para terrenos declivosos, de se cortar a encosta para a obtenção de um platô plano a receber a edificação.

Com essas características as grotas, desgraçadamente, tem se oferecido à população de baixa renda como área atraente pelo baixo custo do metro quadrado e de aluguéis. Acidentes gravíssimos, com estúpidas perdas de vida, não se fazem por esperar.



Bossoroca, que teve sua “cabeça” aterrada para receber ocupação urbana, reativada pela concentração de fluxos de água profundos e superficiais. Monte Alto SP. Foto Jornal Tempo.

Não há recomendação técnica plausível e financeiramente aceitável para operações de estabilização geotécnica que possam tornar as grotas terrenos seguros para a urbanização. A radical proibição de urbanização habitacional das grotas se impõe como a solução mais acertada para o problema. Tal decisão deve sem sombra de nenhuma dúvida ser definitiva e claramente expressa pelas Cartas Geotécnicas como **áreas não ocupáveis**. E na inexistência dessas cartas, pelo Plano Diretor e pelas leis municipais de uso e zoneamento do solo urbano.



Conjunto Residencial da CDHU construído em cabeceira de grotas contribuiu com a reativação de sua dinâmica evolutiva. Franco da Rocha SP. Foto ARSantos

As grotas no contexto ambiental

As grotas, por suas nascentes, constituem preciosos mananciais de água para consumo humano, além de suas singulares funções ecológicas como locus privilegiado de espécies botânicas de grande

valor e de abrigo, alimentação e dessedentação de enorme diversidade animal. Só por esses fatos, e pela simples aplicação das disposições do Código Florestal para a delimitação de Áreas de Proteção Ambiental – APPs em torno de nascentes e olhos d'água (círculo de raio de 50m) já deveriam ser consideradas não urbanizáveis. Essa proteção, infelizmente, não tem sido adotada e esses mananciais têm sido sistematicamente engolfados pelo implacável crescimento urbano por espraiamento geográfico, típico das cidades brasileiras, e utilizados como local de disposição irregular de resíduos urbanos e/ou de implantação de precárias e arriscadas moradias populares.

O melhor e mais virtuoso destino urbano para as grotas

Seja no âmbito de políticas públicas de gestão do risco geológico, seja no âmbito de políticas de proteção ambiental e gestão de recursos hídricos, o melhor destino urbano para as grotas está em sua transformação em parques florestados entregues ao lazer e atividades de educação da população.

Considerando as condições de risco, a delimitação do perímetro não ocupável deverá necessariamente incluir a montante da crista frontal e das cristas laterais uma faixa de terreno de largura em torno de 40 metros, uma vez que a ocupação dessa faixa implica em decorrências negativas para a estabilidade geotécnica da testa da grota e para a boa qualidade das águas nascentes.

Para o caso de grotas já geologicamente e ambientalmente degradadas, e que venham a ser desocupadas como decorrência da aplicação de políticas públicas de gestão de riscos geológicos, faz-se imprescindível, para sua transformação em parques florestados, uma operação anterior de recuperação sanitária e geotécnica.

No âmbito desse trabalho de recuperação, destaca-se o objetivo de limpeza do material superficial solto (terra, entulho, lixo...), aplicação de medidas de inibição de deslizamentos e eventuais estabilizações geotécnicas localizadas, o que envolveria os seguintes itens:

- 1) imediata interrupção do direcionamento e acesso de escoamentos de águas pluviais para o interior da cabeceira da grota. Essa medida é de caráter essencial por ser drasticamente inibidora da ativação da dinâmica evolutiva das grotas;
- 2) remoção cuidadosa dos materiais soltos acumulados na grota (terra, entulho de construção civil, lixo doméstico, resíduos de toda natureza);
- 3) as intervenções deverão ser executadas manualmente e/ou por equipamento leve. Não se deve abrir acesso para equipamento de maior porte. A idéia é não interferir no solo natural local, somente no material sobre ele lançado ao longo do tempo;
- 4) no caso de eventual presença de vegetação de maior porte, sempre que possível evitar a remoção;
- 5) especificamente junto ao local das nascentes de água, a remoção de materiais soltos é especialmente importante, de forma que esse "olho d'água" fique totalmente livre, desobstruído e descontaminado;
- 6) os trabalhos devem se desenvolver de montante para jusante. Para facilitar o trabalho de limpeza e remoção sugere-se a utilização de calhas de madeira para a condução do material das cotas superiores para a base do talude;
- 7) assim que os taludes naturais superiores vão sendo liberados (limpos de material solto) deve-se proceder sua proteção vegetal. Como, ao final, espera-se que essa área seja ocupada por um bosque florestado, sugere-se a utilização inicial de hidrossemeadura (no caso com predominância de espécies leguminosas locais) seguida de plantio direto de mudas de árvores e arbustos naturais da floresta original da região. Dentro desse procedimento de montante para jusante, quando a limpeza estiver sendo executada junto ao ponto mais baixo do talude, toda e extensão superior já estará razoavelmente protegida contra a erosão. Caso se veja como necessário, deve-se considerar a instalação de sistema de drenagem para águas pluviais.

DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS E AÇÕES OPERACIONAIS IMPRESCINDÍVEIS NA GESTÃO DE ÁREAS DE RISCO

A seguir são conceituados os diferentes documentos cartográficos desenvolvidos pelo meio técnico (geólogos, geógrafos, geotécnicos) como suporte a programas de gestão de áreas de risco.

MAPA DE GEODIVERSIDADE

Mapa de Geodiversidade é um documento cartográfico de macro-planejamento regional produzido em escalas na faixa de 1:1.000.000 a 1:250.000 que expõe a diversidade geológica-geomorfológica-pedológica dos terrenos e os processos de Dinâmica Externa a que estão submetidos.

CARTA DE SUSCETIBILIDADE

Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações é um documento cartográfico de planejamento de uso do solo e gestão de riscos produzido na escala 1:25.000 que mostra as diferentes suscetibilidades das regiões municipais à ocorrência de deslizamentos e inundações.

CARTA GEOTÉCNICA

A **Carta Geotécnica** traz informações sobre todas feições geológicas e geomorfológicas de uma determinada região quanto ao seu comportamento geotécnico frente às solicitações típicas de um determinado tipo de ocupação. É essencialmente um instrumento de planejamento do uso do solo. As mais comuns são as CGs orientadas à ocupação urbana. Definem as zonas que não podem ser ocupadas de forma alguma e aquelas que podem ser ocupadas uma vez obedecidos os critérios técnicos estipulados pela própria Carta. Deve ser produzida em escalas na faixa de 1:5.000 a 1:2.000.

CARTA DE RISCOS

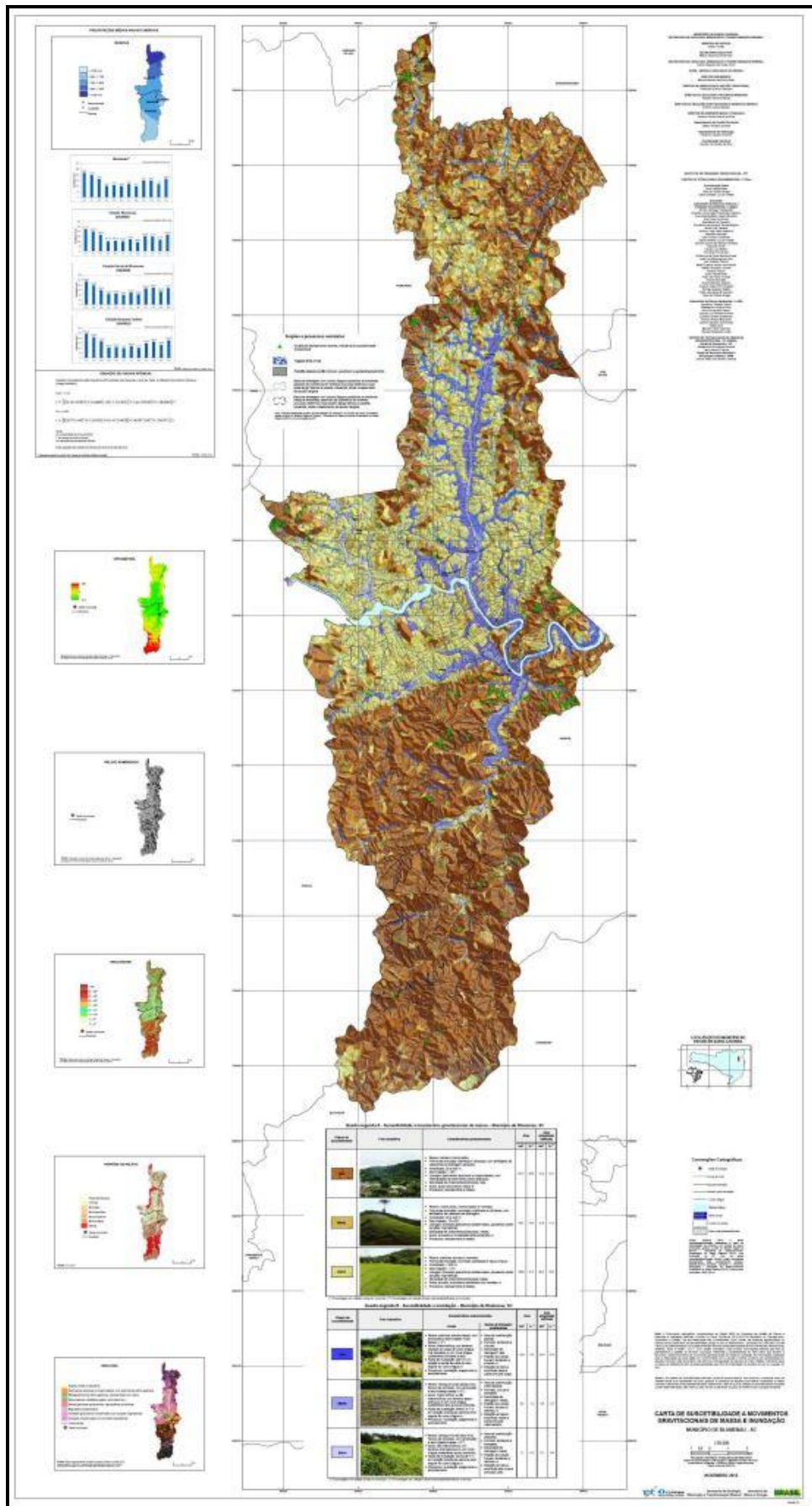
A **Carta de Riscos** delimita em uma área ou região as zonas ou os compartimentos submetidos a um determinado tipo de risco (por exemplo, escorregamentos) frente a um determinado tipo de ocupação (por exemplo, urbana), definindo os diferentes graus de risco e as providências necessárias associadas a cada um desses graus. Geralmente é realizada para uma situação já com problemas detectados ou acontecidos e é mais comumente um instrumento de ações corretivas e emergenciais de Defesa Civil e/ou reorganização da ocupação. Deve ser produzida em escala 1:2.000.

PLANOS CONTINGENCIAIS DE DEFESA CIVIL

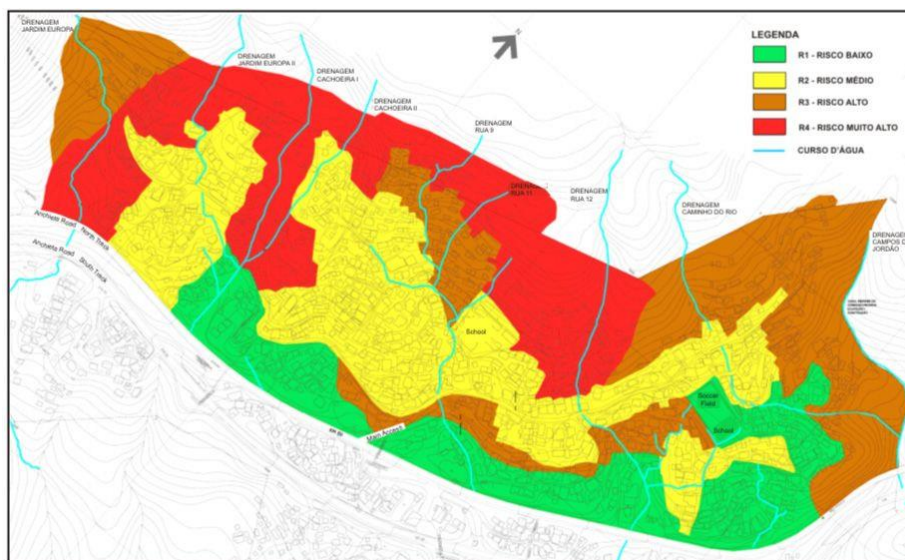
Plano de Contingência de Defesa Civil é um documento que estabelece as ações de proteção e defesa civil em caso de previsão de ocorrência de eventos pluviométricos extremos, elencando e organizando as ações de preparação e resposta que órgãos de proteção civil e população devem adotar a partir de combinados sinais de alerta.



Mapa de geodiversidade do Estado da Bahia. SGB/CPRM



Carta de suscetibilidade a deslizamentos e inundações (SGB). Blumenau – SC.



Carta de Riscos do Bairro Cota 200 – IPT, Cubatão – SP

CLASSIFICAÇÃO E CONCEITUAÇÃO DE GRAUS DE RISCO	
TABELA INDICATIVA GENÉRICA A SER ADEQUADA A SITUAÇÕES PARTICULARES	
Geólogo Álvaro R Santos	
GRAU DE RISCO	SIGNIFICADO E RECOMENDAÇÕES
BAIXO (R1)	<p>Nas condições atuais não há risco evidente de acidentes geotécnicos ou hidráulicos localizados.</p> <p>Não exige intervenções específicas de estabilização geotécnica, além das recomendações de caráter geral.</p> <p>Recomendações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - melhoria do sistema de impermeabilização e drenagem superficial, urbanização e adoção de Regulamento Técnico/Código de Obras a ser aplicado por moradores e instâncias públicas. - pode sofrer algum adensamento de moradias condicionado a liberação técnica oficial.
MÉDIO (R2)	<p>Nas condições atuais há risco de acidentes geotécnicos ou hidráulicos de pequeno e médio portes.</p> <p>Exige intervenções de estabilização leves.</p> <p>Recomendações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - implantação de medidas de estabilização geotécnica, melhoria do sistema de impermeabilização e drenagem superficial, urbanização e adoção e Regulamento Técnico/Código de Obras - pode sofrer algum adensamento de moradias condicionado a liberação técnica oficial
ALTO (R3)	<p>Nas condições atuais há riscos de acidentes geotécnicos ou hidráulicos graves. Opção entre remoção integral ou parcial. Exige intervenções de estabilização geotécnica.</p> <p>Recomendações (no caso de remoções somente parciais):</p> <ul style="list-style-type: none"> - implantação de medidas de estabilização geotécnica indicadas, melhoria do sistema de impermeabilização e drenagem superficial, urbanização e adoção do Regulamento Técnico/Código de Obras - não deve sofrer adensamento de moradias. - remoção de moradias em casos específicos
MUITO ALTO (R4)	<p>Nas condições atuais há riscos de acidentes geotécnicos ou hidráulicos graves.</p> <p>Recomendação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - remoção de todas as edificações existentes, recuperação florestal da área remanescente com eventuais serviços de estabilização geotécnica.

ELEMENTOS BÁSICOS DE UM PROGRAMA DE GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS

(FOCO ESTRATÉGICO: ELIMINAÇÃO DO RISCO)

Como um “carma” já internalizado pela sociedade brasileira, especialmente por suas autoridades públicas e privadas e por sua mídia, repetem-se anualmente à época das chuvas mais intensas as tragédias familiares com terríveis mortes provocadas por deslizamentos e enchentes. A dor e o sofrimento causados por essas tragédias expressam uma crueldade ainda maior ao entendermos que poderiam ser plenamente evitadas. Predominantemente os desastres mais comuns e fatais estão vinculados a ocupações de encostas de média a alta declividades, margens de córregos e áreas alagáveis pela população pobre de nossas grandes e médias cidades.

Para uma mais precisa compreensão do problema e para o correto equacionamento de sua solução é indispensável considerar separadamente dois aspectos fundamentais, mas bem diversos, dessa questão; o fator técnico e o fator político-social-econômico.

Frente ao ponto de vista estritamente técnico vale afirmar categoricamente que não há uma questão técnica sequer relacionada ao problema que já não tenha sido estudada e perfeitamente equacionada pela Geotecnia brasileira (Engenharia Geotécnica e Geologia de Engenharia), com suas soluções resolvidas e disponibilizadas, tanto no âmbito da abordagem preventiva como da corretiva e da emergencial. Cartografia Geotécnica, Cartas de Risco, Sistemas de Alerta meteorológico, metodologia e tecnologia de Planos Contingenciais de Defesa Civil, tipologia de obras de contenção e drenagem adequadas ao caso, e tudo o mais que se refere à questão, são parte do ferramental que o meio técnico brasileiro abundantemente já produziu e disponibilizou às administrações públicas e à sociedade para o enfrentamento do problema.

No que concerne às componentes sociais, políticas e econômicas do problema, é essencial ter-se em conta que a população mais pobre, compelida a buscar soluções de moradia compatíveis com seus reduzidos orçamentos, tem sido compulsoriamente obrigada a decidir-se jogando com seis variáveis, isoladas ou concomitantes: grandes distâncias do centro urbano, áreas de periculosidade, áreas de insalubridade, irregularidade imobiliária, desconforto ambiental, precariedade construtiva. Somem-se a isso loteadores inescrupulosos, total ausência da administração pública, inexistência de infraestrutura urbana, falta de sistemas de drenagem e contenção e outros tipos de cuidados técnicos, etc. Ficam assim diabolicamente atendidas as condições necessárias e suficientes para a inexorável recorrência de nossas terríveis tragédias geotécnicas. Ou seja, em que pese a necessidade dos serviços públicos melhorarem em muito sua eficiência técnica e logística no tratamento do problema “áreas de risco”, não há como se pretender resolver esta questão somente através da abordagem técnica. A questão também remete pesadamente para a necessidade de programas habitacionais mais ousados e resolutivos, que consigam oferecer à população de baixa renda moradias próprias dignas e seguras na mesma faixa de custos em que ela só tem encontrado nas situações de risco referidas.

QUANDO DESOCUPAR, QUANDO CONSOLIDAR

Em que pese a fundamental importância de medidas preventivas de planejamento urbano (Carta Geotécnica, Programas Habitacionais), as únicas capazes de evitar a instalação de áreas de risco, há a se considerar que o passivo de erros já cometidos é imenso, e muitas áreas de alto risco geológico-geotécnico já estão instaladas, assim como, pela absurda inadequação técnica das formas de

ocupação, muitas áreas geologicamente compatíveis com a ocupação urbana também apresentam generalizada presença de situações de risco instaladas. Esse enorme passivo geotécnico urbano impõe a necessidade de intervenções urbanísticas de caráter corretivo e emergencial voltadas a eliminar ou ao menos reduzir drasticamente a possibilidade da ocorrência de novas tragédias geotécnicas.

Essas intervenções urbanísticas eliminadoras de riscos geológico-geotécnicos exigem dos geotécnicos (geólogos de engenharia e engenheiros geotécnicos) uma primeira decisão essencial diante das diferentes situações que lhes são colocadas: o que se colocaria como mais indicado, a desocupação da área ou sua manutenção como área urbana ocupada via obras de consolidação geotécnica?

De qualquer modo, o instrumento indispensável para dar suporte a esse tipo de decisão é a Carta de Riscos, com a qual são caracterizados os subsetores de uma determinada área segundo seus diferentes graus de risco (internacionalmente são definidos 4 graus de risco: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto). No entanto, os critérios para, a partir da Carta de Riscos, chegar-se à decisão sobre que subsetores desocupar e que subsetores consolidar ainda não estão devidamente estabelecidos ou consensuados na Geotecnia brasileira e internacional, tendo na prática prevalecido o bom senso dos profissionais envolvidos. Se sua confiabilidade não é desprezível, há consciência de que o simples bom senso não é suficiente, e deva-se chegar a uma definição mínima de critérios norteadores de tais decisões. Consideremos alguns elementos que possam auxiliar a avaliação de fatores essenciais na boa solução desse dilema.

Faz-se fundamental nesse objetivo a perfeita distinção entre **risco natural**, ou seja, um risco determinado pelas condições naturais do terreno ocupado, e **risco induzido**, aquele originado ou potencializado por intervenções antrópicas diretas ou indiretas.

1 - Subsetores classificados em Risco Geotécnico natural Muito Alto ou Alto (Graus de Risco 4 e 3) originalmente impróprios à ocupação urbana: DESOCUPAÇÃO E REASSENTAMENTO

Os subsetores classificados em Risco Geotécnico Muito Alto e Alto, que por suas características geológico-geotécnicas e hidrológicas originais não seriam de forma alguma liberados para a ocupação urbana, devem ser inquestionavelmente desocupados, com a população reassentada, sem custos extras para as famílias, em áreas seguras. Não há sentido algum em adaptar para a ocupação urbana, via obras de consolidação geotécnica, um setor já naturalmente instável do ponto de vista geológico, geotécnico e hidrológico.

É válido também considerar-se como elemento reforçador da decisão de desocupação urbana de uma determinada área a intenção de marcar um fato simbólico/cultural/educativo para a sociedade, ao evidenciar que áreas com aquela similaridade geológica ou hidrológica não devem e não podem ser ocupadas.

2 - Subsetores classificados em Risco Geotécnico induzido Muito Alto ou Alto (Grau de Risco 4 e 3) originalmente passíveis de ocupação urbana: DECISÃO DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA VIA PONDERAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

Trata-se de setores que, se utilizadas as técnicas adequadas, poderiam ser ocupados, mas que se tornaram um canteiro de áreas de risco pela adoção de técnicas construtivas as mais inadequadas. Depreende-se que os riscos existentes foram provocados por erros técnicos na ocupação, com destaque à temerária sucessão de cortes e aterros para produção de patamares planos, desmatamento

com plantio de roças, desorganização da drenagem, instalação de fossas de infiltração, disposição de lixo e entulho, assoreamento e estrangulamento de córregos, etc.

A decisão de desocupação ou manutenção da ocupação urbana desses subsetores exigirá uma avaliação setorial e caso a caso (edificação a edificação) e dependerá de um balanço Custo/Benefício. No caso da análise setorial devem ser cotados os custos totais da consolidação geotécnica capaz de dotar a área de segurança geotécnica e os custos necessários a reassentar seus moradores em habitações situadas em áreas seguras.

Na análise caso a caso, os custos de consolidação necessários para especificamente dotar aquela edificação de segurança geotécnica e hidrológica e os custos envolvidos em sua remoção. Algumas questões devem ser tidas em conta nessa ponderação:

- É comum o cenário em que apenas algumas remoções individualizadas propiciam uma economia considerável, capaz de justificar financeiramente a opção pela manutenção da ocupação urbana via obras e serviços de consolidação geotécnica;
- Uma área que é desocupada irá demandar algum serviço de estabilização geotécnica e posteriores serviços de reflorestamento, o que a guindará a uma condição de área urbana florestada, aos moldes de uma APP – Área de Preservação Permanente. Ou seja, uma área desocupada não pode ser simplesmente abandonada, irá exigir algum tipo de intervenção e isso tem algum custo;
- Em uma decisão de manutenção da ocupação urbana sempre se deverá dar preferência a obras leves e simples de consolidação voltadas à inibição do principal fator imediato dos deslizamentos, qual seja a saturação dos solos (com destaque para os serviços de impermeabilização, drenagem superficial e profunda, eliminação de fossas e lixões, etc.). Obras de consolidação mais sofisticadas e de grande porte, além de muito dispendiosas, normalmente exigem trabalho de maquinário pesado e intervenções na geometria das encostas, o que não é aconselhável.

3 - Subsetores classificados em Risco Geotécnico natural ou induzido Médio e Baixo (Graus de Risco 2 e 1): MANUTENÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA – POSSÍVEL ADENSAMENTO DA OCUPAÇÃO

Ressalvados casos raros e isolados em que se justifique decidir pela remoção de uma ou outra edificação, é natural o prevalecimento da decisão de manutenção da ocupação urbana nos subsetores classificados em Graus de Risco 2 e 1, considerando a baixa exigência de obras de consolidação geotécnica e seu natural baixo custo. Frente à necessidade presente de acomodar moradores cujas moradias tenham já sido destruídas, ou que estejam em áreas que serão desocupadas, é aconselhável avaliar a oportunidade de intervenções urbanísticas que possam viabilizar condições seguras e socialmente dignas de adensamento populacional nesse tipo de subsetor.

A tabela a seguir reúne de forma organizada os principais elementos de um Programa de Gestão de Riscos Geológicos, destacando, para cada tipo de ação os instrumentos técnicos que lhe dão apoio.

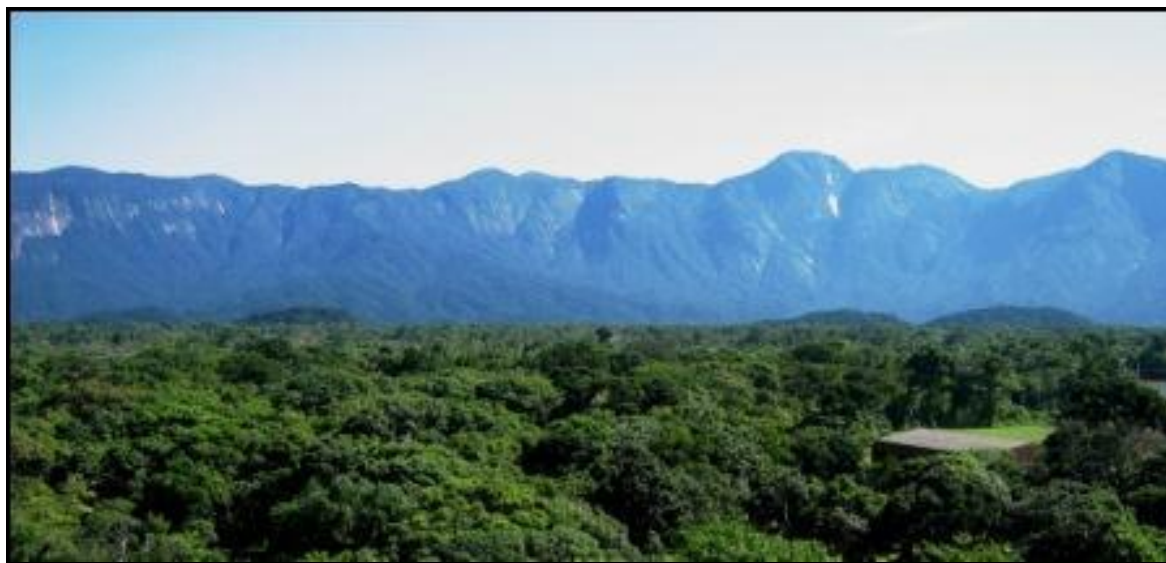
GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS - LINHAS DE AÇÃO		
CARÁTER	AÇÕES	INSTRUMENTOS DE APOIO
PREVENTIVO	Regulação técnica da expansão urbana impedindo-se radicalmente a ocupação de áreas de alta e muito alta suscetibilidade natural a riscos.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de geodiversidade • Carta de suscetibilidade • Carta geotécnica • Plano diretor • Zoneamento do uso do solo
	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.	<ul style="list-style-type: none"> • Carta geotécnica • Zoneamento do uso do solo • Códigos de obra • Adoção do lote urbanizado • Assistência técnica
	Redução da pressão por ocupação de áreas de risco via o oferecimento de alternativas seguras e dignas de moradia para população de baixa renda.	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas públicas habitacionais • Programas habitacionais
CORRETIVO	Reassentamento de moradores de áreas de muito alto e alto risco natural .	<ul style="list-style-type: none"> • Carta de riscos
	Consolidação geotécnica de áreas de muito alto e alto risco induzido . Consolidação geotécnica de áreas de médio e baixo risco natural ou induzido .	<ul style="list-style-type: none"> • Carta de riscos • Balanço custo/benefício • Projetos de consolidação geotécnica
EMERGENCIAL	Remoção imediata de moradores de áreas de alto e muito alto risco em situações críticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Carta de riscos
	Concepção e implementação de Planos Contingenciais de Defesa Civil.	<ul style="list-style-type: none"> • Carta de Riscos • Sistemas de Alerta

OBS: os sistemas de alerta pluviométrico tem estrito caráter emergencial e temporário, devendo somente ser adotados durante o tempo necessário à implementação de medidas de segurança mais definitivas.

A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA DINÂMICA GEOLÓGICA NATURAL DE UMA DETERMINADA REGIÃO. O EXEMPLO DA SERRA DO MAR

Como foi afirmado, fenômenos brasileiros associados a deslizamentos têm tido sua principal origem na incompatibilidade entre as técnicas de ocupação urbana e as características geológicas e geotécnicas dos terrenos onde são implantadas. Onde, em um primeiro passo, deve ser compreendida a essencialidade do perfeito conhecimento do meio físico geológico que deverá ser submetido à ocupação urbana. Caso exemplarmente didático nesse sentido é representado pela Serra do Mar, escarpa montanhosa que bordejia o litoral brasileiro desde os limites dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo até o estado de Santa Catarina.

Do ponto de vista geológico e geotécnico, e considerada a alta pluviosidade da região, a Serra do Mar constitui a região brasileira mais susceptível naturalmente a escorregamentos de solos e rochas. Desde os tempos coloniais começou-se a perceber que a Serra não apenas representava uma formidável barreira topográfica nas ligações entre o litoral e o interior. À medida que os meios de transporte exigiam estradas mais largas e com rampas menos acentuadas, foram inevitáveis obras, como cortes e aterros, que implicavam em problemáticas interferências no equilíbrio natural das encostas da serra. Apresentou-se então como problema adicional ao grande desnível topográfico e acentuadas declividades do terreno, a enorme suscetibilidade natural dessas encostas a escorregamentos de solos e rochas, os quais tornaram as obras, como o próprio uso das estradas, uma incrível odisséia técnica e financeira, muitas vezes com tons trágicos de perdas de inúmeras vidas humanas.



*Grande escarpa da Serra do Mar. Vista a partir da Baixada Marinha de Boracéia. S. Sebastião-SP.
Foto ARSantos*

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

Somente bem mais recentemente a Engenharia Brasileira convenceu-se que para bem vencer esse desafio de ordem geológica e geotécnica, precisava-se progredir nos conhecimentos sobre o comportamento das encostas da Serra (deslizamentos, desmoronamentos, corridas de lama), de tal sorte que os projetos e obras de intervenção admittissem características que de alguma forma buscassem contornar as dificuldades colocadas pela natureza. Essa foi uma compreensão

importantíssima do problema, pois que possibilitou a migração da anterior postura de “vencer a Serra a qualquer custo” para uma atitude mais inteligente e superior de “entender e respeitar a Serra”.

Esse melhor entendimento do comportamento geológico e geotécnico da Serra do Mar deve-se em grande parte à Geologia de Engenharia e à Engenharia Geotécnica, e pode-se afirmar que os trágicos episódios de escorregamentos ocorridos ainda em 1966 e 1967 na Serra das Araras (RJ) e em Caraguatatuba (SP) constituíram o principal ponto de partida para esse aprofundamento de conhecimentos.

Em seqüência, vários projetos nos diversos estados do sudeste brasileiro proporcionam o progressivo “desvendamento” da Dinâmica Externa da Serra do Mar, com destaque aos estudos para a definição do traçado e da concepção de projeto da Rodovia dos Imigrantes, à elaboração de Cartas Geotécnicas para municípios serranos do litoral e do planalto, aos estudos sobre correlação entre chuvas e escorregamentos e sobre o papel da vegetação florestal na estabilidade das encostas.

Hoje pode-se dizer que, graças especialmente à dedicação de seus geólogos, geógrafos e engenheiros geotécnicos, o país encontra-se em um elevado patamar de conhecimentos sobre os deslizamentos de solos e rochas que se verificam natural e induzidamente na Serra, plenamente conclusivo para orientar devidamente qualquer tipo de intervenção de engenharia que seja necessária nessa e em outras serras úmidas tropicais e subtropicais. Sem dúvida, nessa área a Tecnologia Brasileira foi guindada ao nível internacional mais alto de conhecimentos e experiência. Enfim, os deslizamentos são elemento integrante da história geológica da Serra do Mar. Preteritamente, em ocasião de mudanças climáticas radicais, ambiente geológico em que a floresta atlântica em grande parte desaparecia, recolhendo-se a pequenos refúgios, os solos formados durante o anterior clima quente florestado, e então desprotegidos, eram lavrados violentamente por chuvas torrenciais, momentos geológicos de intensa regressão geomorfológica da escarpa através dos mais variados tipos de deslizamentos e movimentos de massa. Bem, é com esse organismo vivo, com suas leis próprias, processos, sua história e dinâmicas evolutivas, que se está lidando hoje.

De outra parte, todas as feições aluvionares e coluvionares que se espalham das meias encostas até o sopé da Serra sugerem que não chove mais hoje na região do que já choveu ao longo do Quaternário (iniciado há 2 milhões de anos) todo e parte do Terciário. É preciso, portanto, ter-se mais cuidado em tratar essa questão das mudanças climáticas globais. Se essas mudanças realmente estão ocorrendo em escala global, não há nada a elas relacionado ocorrendo hoje em nossa Serra. Há apenas a continuidade de sua longa história geológica. O único fator novo atuante é o bicho homem insistindo a potencializar os deslizamentos com suas intervenções tecnicamente desastradas. A ocorrência dos deslizamentos relaciona-se, assim, à conjunção de diversos fatores: pluviosidade, declividade e forma das encostas, características geológicas, grau e tipo de interferências humanas, entre outros.

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

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

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

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

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

Importantíssimo também considerar as relações entre a floresta e a dinâmica das encostas. A floresta natural constitui o único, e espetacular, fator externo inibidor de escorregamentos e de processos erosivos nas regiões serranas tropicais. Sem esse selo primário protetor as encostas seriam submetidas a um violento e rápido processo de dissecação erosiva. Esse importantíssimo e insubstituível papel é cumprido por meio dos seguintes atributos:

- impede a ação direta das gotas de chuva no solo através das copas e da serapilheira;
- impede a ação erosiva das águas de chuva por meio de raízes superficiais e da serapilheira;
- retém por molhamento de todo o edifício arbóreo parte da água da chuva que chegaria ao solo;
- dilui no tempo o acesso das chuvas ao solo;
- retira por absorção, e devolve à atmosfera por evapo-transpiração, parte da água infiltrada no solo;
- agrega, “coesiona” e retém os solos superficiais através de uma formidável malha superficial e sub-superficial de raízes.



A Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica. Copas contíguas e fechadas. Os ventos não agem isoladamente em uma só árvore e, portanto, não solicitam o terreno.



Foto mostrando o episódio de inúmeros escorregamentos translacionais rasos (planares) ocorridos em 1985 nas encostas do vale do Rio Mogi. Estes escorregamentos estão relacionados ao fenecimento da vegetação arbórea provocado pela poluição do Pólo Industrial de Cubatão. O fato comprova o efetivo papel da vegetação na estabilidade das encostas, crescendo-se que os escorregamentos foram potencializados já a partir somente da perda de parte das copas da vegetação arbórea, uma vez que a malha de enraizamento ainda estava totalmente preservada. Notar a invariável proximidade das raízes dos escorregamentos das cristas dos espigões, mostrando sua nítida relação com a faixa de tração máxima de solos (trincas e alta permeabilidade) situada logo abaixo da ruptura positiva de declive. Foto Arquivo IPT.

Quanto à tipologia de escorregamentos que se observa nessas regiões, com base na observação de grande número de situações foi possível sistematizar padrões de ocorrência quanto à feição desses eventos e relacioná-los à origem dos mesmos. Sem a intenção de nesse livro aprofundarmos a questão, vejamos um quadro sintético que sistematiza e relaciona os diversos tipos de escorregamentos (movimentos de massa) possíveis de ocorrer em uma região serrana quente úmida.

CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA (ESCORREGAMENTOS)

(tabela retirada do livro do autor “A Grande Barreira da Serra do Mar”)

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

É importante destacar que os deslizamentos planares rasos são aqueles mais associados diretamente à dinâmica das encostas da Serra, indicando, com seu grau de incidência, as zonas menos ou mais instáveis dessas encostas.



Escorregamentos planares típicos. Teresópolis. Foto Renato Lima

ESCORREGAMENTOS PLANARES NA SERRA DO MAR O ONDE, O QUANDO E O COMO OCORREM

ONDE	Logo abaixo de rupturas de declive positivas que encimam encostas retilíneas com inclinação superior a 30°. Em seu maior número logo abaixo da ruptura de declive que separa a crista do espigão e a encosta retilínea.
QUANDO	1 – Para o caso de escorregamentos planares isolados, dispersos: probabilidade crescente a partir de episódios de chuva de 100 mm/horas antecedidos de chuvas de saturação nos 3 ou 4 dias precedentes. 2 – Para o caso de escorregamentos planares em grande número, justapostos, associados a fenômenos de corrida de detritos e solapamentos hidráulicos: probabilidade crescente a partir de episódios de chuva de 150 a 200 mm/horas antecedidos de chuvas de saturação nos 3 ou 4 dias precedentes.
COMO	A faixa de terreno logo abaixo da ruptura de declive positiva é uma região de máxima tração dos solos superficiais promovida pelas diferenças da intensidade de rastejo entre a crista do espigão (intensidade de rastejo zero) e a vertente retilínea (intensidade de rastejo máxima). Essa faixa de terreno é, por decorrência, caracterizada por uma alta permeabilidade proporcionada por trincas de tração e pelo solo distendido. Em episódios de chuva intensa, especialmente após chuvas preparatórias de saturação, este fato proporciona uma volumosa entrada de água para o horizonte imediatamente abaixo do solo superficial, o que, pode implicar em um verdadeiro desmonte hidráulico da “raiz” do escorregamento. O solo superficial a jusante da raiz é mobilizado por arraste e sobre-peso, não se estabelecendo uma superfície de ruptura clássica ao longo de todo o corpo do escorregamento.



Allan Sandes de Oliveira/AC no G1



Allan Sandes de Oliveira/AC no G1

Fotos da Ilha do Engenho na Baía da Guanabara mostrando o antes e depois da ocorrência de escorregamentos planares rasos naturais. Notar também a proximidade das raízes dos escorregamentos das cristas topográficas. Fotos Allan Sandes.

Do ponto de vista das transposições viárias da Serra, como das obras civis a elas similares, a segunda pista da Rodovia dos Imigrantes, recém inaugurada, implantou um referencial de conceitos de projeto e planos de obra de excelência ímpar, totalmente adequado às sensíveis características naturais da Serra. Esse paradigma hoje constitui uma garantia para que eventuais novas obras viárias, ou similares, de transposição da região não cometam os graves erros do passado e também se pautem por inspirar seus projetos no próprio comportamento geológico natural da Serra e suas encostas.

Mas, se no caso das transposições viárias estamos diante de intervenções inevitáveis, não se pode dizer exatamente o mesmo das ocupações urbanas que insistem em estender-se por encostas da Serra a partir, especialmente, dos municípios litorâneos e planaltinos que a bordejam, produzindo sempre uma seqüência fatal de desmatamentos, cortes, aterros, concentrações de drenagem superficial, fossas de infiltração, depósitos de lixo e outros resíduos urbanos, todas intervenções fortemente indutoras de escorregamentos. Dadas as particularidades geológicas, ambientais e estratégicas da Serra do Mar, essas ocupações são extremamente preocupantes e exigem que as administrações públicas envolvidas, sejam federais, estaduais ou municipais, hajam firmemente e de imediato no sentido de discipliná-las técnica e espacialmente, única forma de se evitar preventivamente acontecimentos que poderão ser catastróficos, quer quanto a prejuízos patrimoniais, econômicos e ambientais, quer quanto a perda de vidas humanas.

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

O ESPAÇO URBANO E O CÓDIGO FLORESTAL

Os trágicos acontecimentos que recorrentemente atingem as cidades brasileiras, especialmente aquelas que se estendem ou se expandem para regiões de topografia acidentada, impõem-nos a obrigação de melhor considerar as implicações da aplicação do Código Florestal ao espaço urbano. A propósito, no caso específico das cidades é indispensável que a necessária discussão que há por se fazer seja retirada do foco de tensão criado por polêmicas que tem origem na questão rural, não urbana.

Aliás, já existe entre ambientalistas, urbanistas, geólogos, engenheiros geotécnicos, juristas e toda a gama de profissionais que lidam com a questão urbana um pleno consenso acerca da impropriedade da atual legislação ambiental reguladora das APPs – Áreas de Preservação Permanente, no que se refere à sua aplicação ao espaço urbano. É uma legislação inspirada na problemática rural, por decorrência, equivocada conceitual e estruturalmente para a gestão ambiental do tão singular espaço urbano.

Haverá o momento em que esse consenso se traduzirá na produção de uma legislação ambiental específica para as cidades e inspirada nessa complexa realidade ambiental e antrópica. Como um exemplo dessa especificidade, considere-se que as áreas florestadas no espaço urbano podem ser criadas deliberadamente e em qualquer tipo de terreno ou situação geográfica pela administração pública e pelos agentes privados, ou seja, não necessariamente teriam que ser resultado da manutenção de corpos florestais naturais originais ou corredores biológicos. Poder-se-ia pensar, sob esse aspecto, na obrigatoriedade legal de toda sub-bacia hidrográfica no espaço urbano possuir corpos florestais (bosques florestados naturais ou criados) que em seu conjunto viessem a perfazer no mínimo 15% da área total da sub-bacia. Essa providência de grande ganho ambiental poderá ser adotada autonomamente por estados e municípios, independentemente.

Outra situação específica para o caso urbano: do ponto de vista de riscos geológicos e geotécnicos, como deslizamentos 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 à 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.

Esse aspecto geológico e geotécnico sugere que, dentro de um regramento ambiental da expansão urbana, possa-se evoluir na concordância em se liberar, sob condições, a ocupação dos topos de morro, aumentando-se as restrições para a ocupação das encostas.

Uma das condições para essa liberação seria a obrigatoriedade de adoção de concepções urbanísticas e dispositivos de engenharia para que, do ponto de vista hidrológico, a área de topo ocupada continuasse cumprindo o mesmo papel da área de topo inteiramente florestada, seja na recarga do aquífero, seja na proteção das encostas contra processos erosivos. No que se refere à questão urbana, o novo Código tem aperfeiçoamentos razoáveis, ao estender a altura mínima para que uma elevação seja considerada a constituir uma APP de Topo de Morro para 100 metros, com declividades médias maiores que 25°, no entanto, o ideal seria, para o contexto urbano, uma abordagem de ordem geológica e geotécnica, ao invés da parametrização geométrica.

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 se impondo 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 de terra já a partir de uma declividade de 30° (~57,5%). Por seu lado, a Lei N° 6.766, de dezembro de 1979, conhecida como Lei Lehman, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no território nacional, em seu Artigo 3°, item III, proíbe a ocupação urbana de encostas com declividade igual ou superior a 30% (~16,5°), abrindo exceção para situações onde são atendidas

exigências específicas das 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°.

Os exemplos explicitados respaldam a imperativa necessidade de produção de uma legislação ambiental especificamente voltada à realidade urbana brasileira. Uma legislação que tendo em conta e respeitando as dinâmicas próprias do espaço urbano, seja capaz de contemplar e assegurar os atributos ambientais indispensáveis à qualidade de vida dos cidadãos. Que se realize esse bom debate em clima de soma e entendimento.

ÁREAS DE RISCO, GEOLOGIA E ARQUITETURA. TÉCNICAS DE OCUPAÇÃO ADEQUADAS A TERRENOS DE ALTA DECLIVIDADE

Os graves e recorrentes problemas de ordem geológico-geotécnica que têm vitimado milhares de brasileiros, como processos de erosão/assoreamento/enchentes e deslizamentos de taludes e encostas, têm tido sua principal origem na incompatibilidade entre as técnicas de ocupação urbana e as características geológicas e geotécnicas dos terrenos onde são implantadas.

No caso específico dos deslizamentos, ou são ocupados terrenos que por sua alta instabilidade geológica natural não deveriam nunca ser ocupados – é o caso das expansões urbanas sobre a Serra do Mar, ou são ocupadas áreas de até baixo risco natural, perfeitamente passíveis de receber a ocupação urbana, mas com tal inadequação técnica que, mesmo nessas condições naturais mais favoráveis, são geradas situações de alto risco geotécnico – é o caso de São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Recife e tantas outras cidades brasileiras.

O fato é que, ao lado das deficiências crônicas de nossas políticas habitacionais, o que acaba obrigando a população mais pobre a buscar solução própria de moradia em áreas geologicamente problemáticas, não possuímos no país uma cultura técnica arquitetônica e urbanística especialmente dirigida à ocupação de terrenos de acentuada declividade. Isso se verifica tanto nas formas espontâneas utilizadas pela própria população de baixa renda na auto-construção de suas moradias, como também em projetos privados ou públicos de maior porte e perfeitamente regulares que contam com o suporte técnico de arquitetos e urbanistas. Em ambos os casos, ou seja, no empirismo popular e nos projetos mais elaborados, prevalece infelizmente a cultura técnica da área plana. Isto é, através de cortes e aterros obtidos por operações de terraplenagem obsessivamente busca-se produzir os platôs planos sobre os quais irá ser edificado o empreendimento. Esse tem sido o cacoete técnico que está invariavelmente presente na maciça produção de áreas de risco a deslizamentos nas cidades brasileiras que, de alguma forma, crescem sobre relevos mais acidentados.

É imperiosa a necessidade da arquitetura e do urbanismo brasileiro incorporarem em sua teoria e sua prática os cuidados com as características geológicas dos terrenos afetados. Essa nova cultura automaticamente levaria a uma mais estreita colaboração entre Arquitetura, Geologia e Geotecnia. Como concisa diretriz, podemos entender que está colocado o seguinte desafio à arquitetura e ao urbanismo brasileiros: usar a ousadia e a criatividade para adequar seus projetos à Natureza, ao contrário de burocraticamente pretender adequar a Natureza a seus projetos.

Sobre o limite máximo de declividade compatível com a ocupação urbana, como já abordado no item anterior poderíamos assumir uma extensão legal da Lei Lehmann, prevendo-se a ocupação de terrenos com até 46,6% (25°) de inclinação, uma vez atendidos obrigatoriamente certos conceitos básicos de arranjo urbanístico e técnicas construtivas.

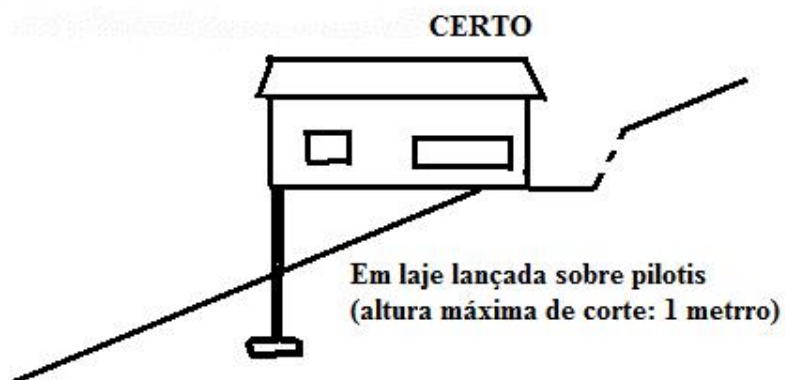
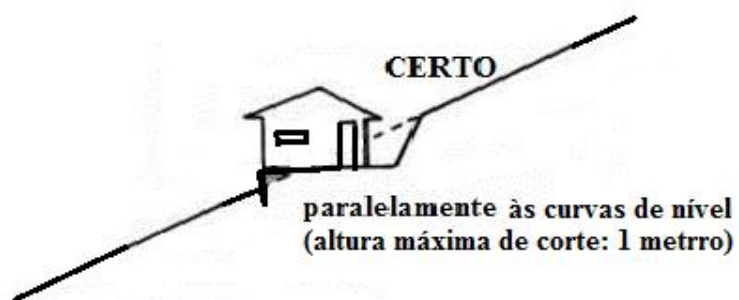
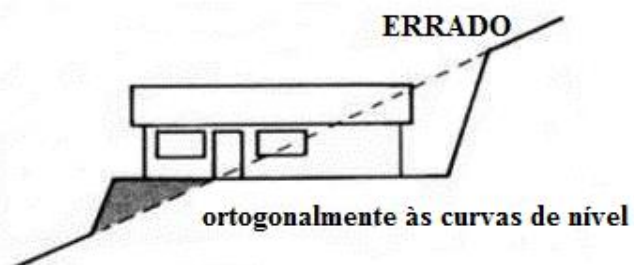
Podemos assim entender os conceitos básicos que devem reger a ocupação urbana de encostas com declividade já a partir de 25% (14°):

- prescindir de cortes e aterros superiores a 1 (um) metro de altura;
- considerar a preferencialidade por lajes de piso lançadas sobre pilotis;
- lotes com a maior extensão paralela às curvas de nível;
- evitar ruas a nível e privilegiar ruas em ladeira;
- proibição de fossas de infiltração;
- execução do sistema de drenagem superficial, da pavimentação urbana e das proteções contra a erosão concomitantemente à implantação do loteamento.

A seguir são reproduzidos alguns modelos de concepções urbanísticas e técnicas construtivas aderentes a esses conceitos básicos, os quais deveriam ser adotados pelos municípios como referências para a aprovação da ocupação urbana de suas áreas com declividade até 35%.

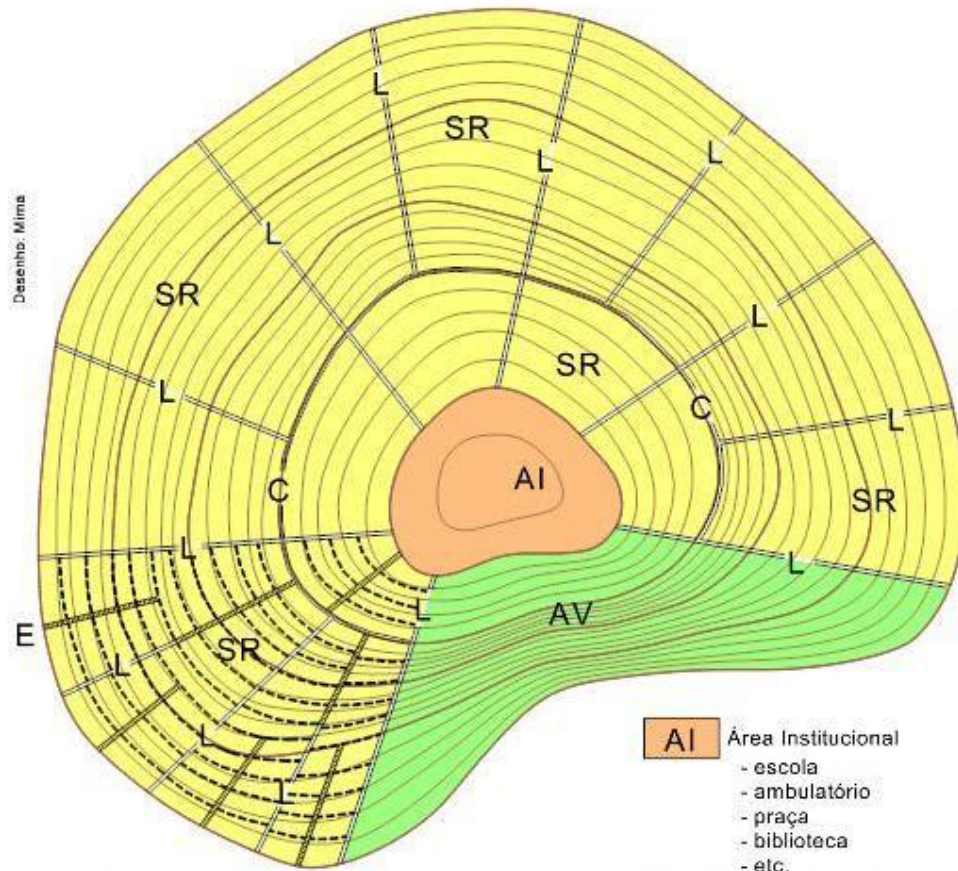
DISPOSIÇÃO DO LOTE E DA EDIFICAÇÃO NO TERRENO

Geól. Álvaro R Santos



A simples disposição do lote e da edificação no terreno já altera radicalmente o grau necessário de intervenção na encosta.

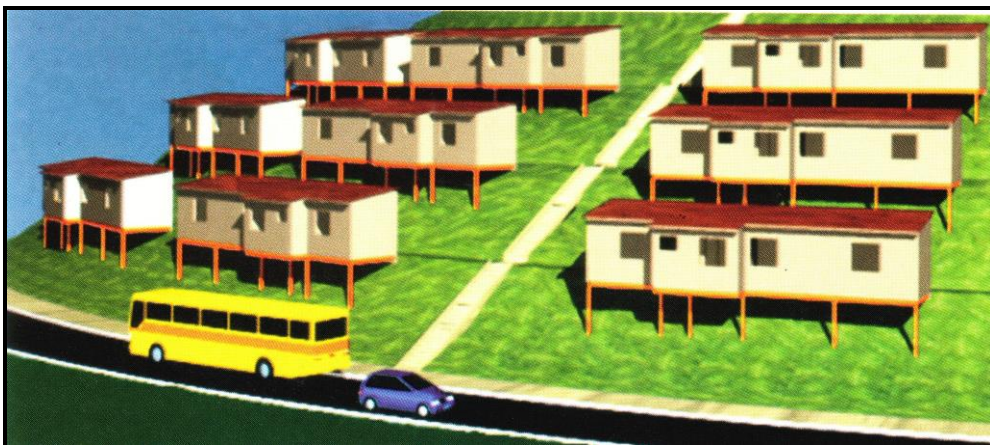
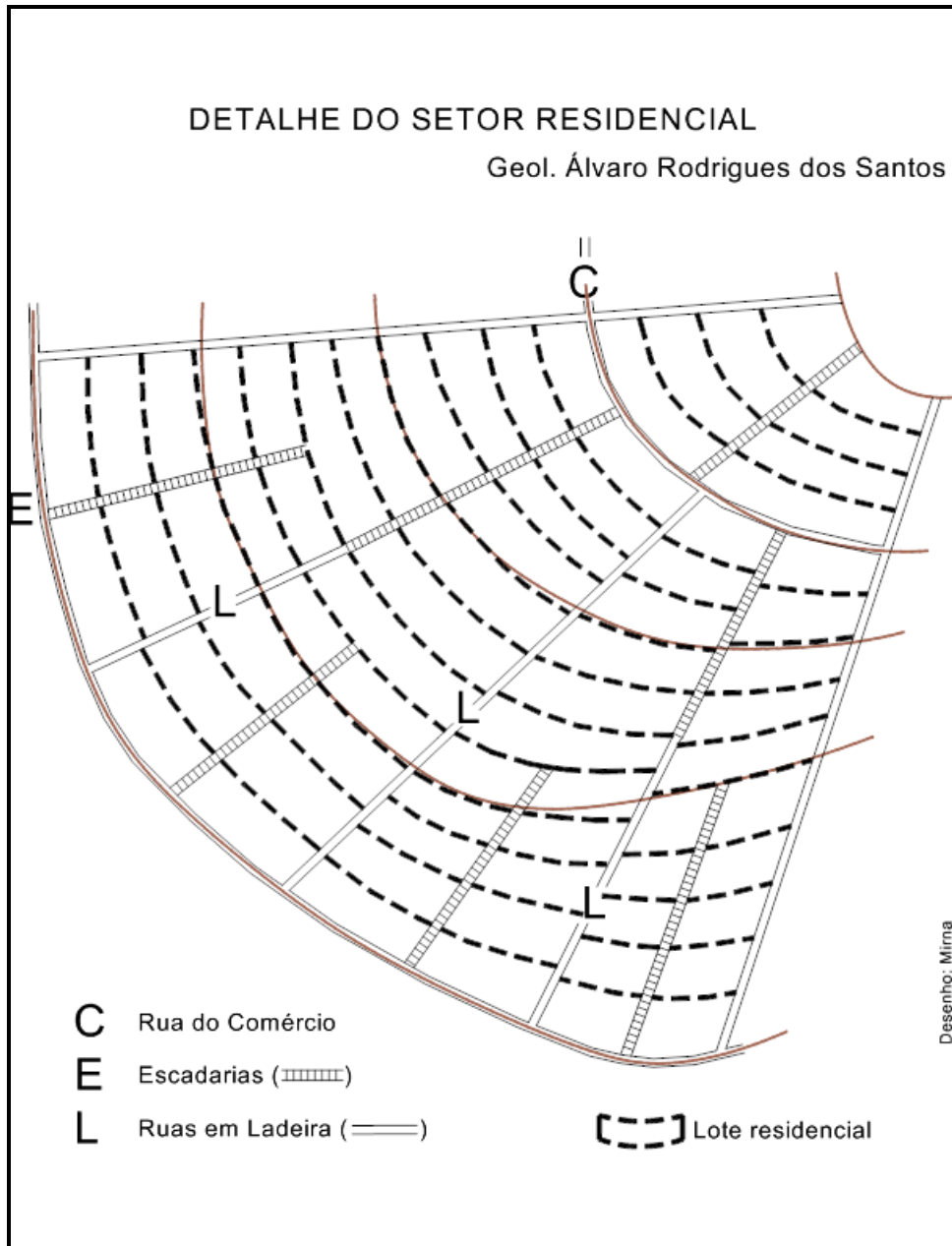
MODELO CONCEITUAL PARA OCUPAÇÃO URBANA DE ENCOSTAS
 Geol. Álvaro Rodrigues dos Santos



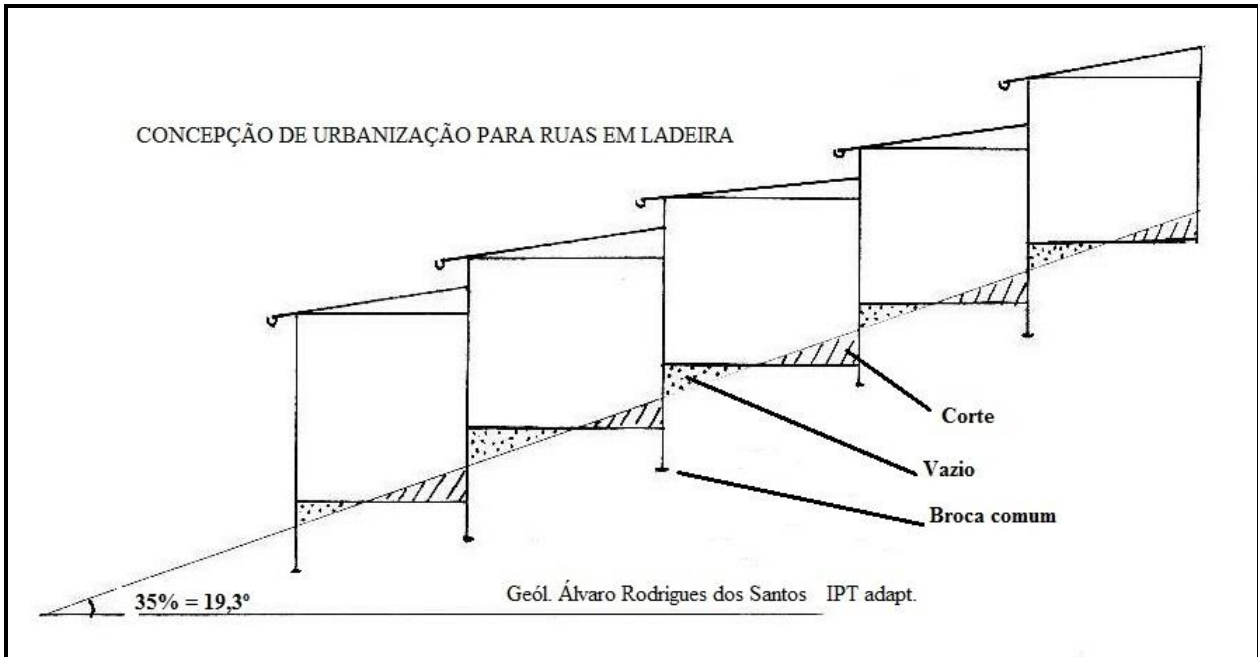
- SR Setor Residencial
- AV Área Verde Florestada
- C Rua do Comércio
- E Escadarias (—|—|—|—)
- L Ruas em Ladeira (—|—|—|—)

- AI Área Institucional
- escola
 - ambulatório
 - praça
 - biblioteca
 - etc.
- |—|—|— Lote residencial

- CONCEITOS
- Não ocupação de áreas de alta declividade
 - Evitar ao máximo ruas a nível. Privilegiar ruas em ladeira
 - Lotes com a maior dimensão paralela às curvas de nível
 - Aproveitamento social do topo do morro
 - Prescindir de cortes e aterros com altura maior que 1 metro



Laje de piso lançada sobre pilotis como expediente para se evitar cortes e aterros (Manual de Ocupação de Encostas do IPT)



Casas justapostas em rua em ladeira com minimização do corte necessário. Lotes com maior dimensão paralela às curvas de nível.



Rua em ladeira a 30% de declividade corretamente ocupada por casas justapostas sem cortes no terreno. Bairro do Tucuruvi, São Paulo. Foto ARSantos



Concepções construtivas para terrenos de alta declividade. Proposta do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) para o programa Minha Casa Minha Vida.



Concepções adequadas para encostas com alta declividade. Litoral Norte SP, uso de lajes lançadas sobre pilotis. Foto ARSantos.

CARTA GEOTÉCNICA: UMA REFERÊNCIA OBRIGATÓRIA PARA OS PLANOS DIRETORES E PARA OS CÓDIGOS DE OBRA

As tragédias geotécnicas e hidrológicas se potencializam por força de um quadro onde, na imensa maioria das cidades brasileiras, o crescimento urbano 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.

O Estatuto das Cidades, promulgado em 2001, trouxe avanços consideráveis para os esforços de planejamento urbano, incluindo a obrigatoriedade monitorada de municípios com mais de 20 mil habitantes produzir e aplicar um Plano Diretor, entendido como “instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana”.

No entanto, o Plano Diretor isoladamente não expressa 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 os Códigos de Obras, referenciem-se e pautem-se por uma Carta Geotécnica do município. 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 à uma eventual ocupação urbana, definindo os setores que não são ocupáveis e os setores ocupáveis uma vez obedecidos os critérios técnicos estabelecidos para tanto. Em suma, a Carta Geotécnica é um instrumento básico de planejamento urbano, predecessor dos Planos Diretores.

Dentro desse contexto, a incorporação pelo Estatuto das Cidades da obrigatoriedade do referenciamento dos Planos Diretores a uma Carta Geotécnica, estabelecida pela lei federal nº 12.608, representa hoje o grande e espetacular avanço capaz de reduzir radicalmente a ocorrência das tragédias urbanas que, desgraçadamente, já vêm se incorporando ao cotidiano de muitas de nossas cidades.

Registre-se que essa providência não só evitará as situações de cunho trágico e catastrófico, mas muitas situações que, ainda que não tenham atingido esse estágio, têm a propriedade de degradar a infraestrutura urbana e a qualidade de vida dos moradores, trazendo enormes perdas patrimoniais para cidadãos e administração pública.

No entanto, mesmo antes que as providências para a necessária alteração dos termos legais tenham sido concluídas, os municípios podem desde já, espontânea e autonomamente, proceder a produção de suas Cartas Geotécnicas e a decorrente adequação de seus Planos Diretores e Códigos de Obra às suas disposições. Por certo encontrarão o apoio necessários nos órgãos federais e estaduais que tratam do planejamento urbano, assim como diretamente das Universidades e instituições que lidam com as temáticas da Geologia e da Geotecnia.

OBRAS SIMPLES TEM ESPECIAL INDICAÇÃO NOS SERVIÇOS DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA DE ÁREAS DE RISCO

No caso da consolidação geotécnica de áreas de risco o custo das intervenções de engenharia é fator determinante para a escolha ou não dessa opção como forma de viabilizar a permanência dos moradores em suas edificações, opção, uma vez ponderado o grau de risco existente, sempre preferível frente aos grandes incômodos e inseguranças de sua transferência para outras localidades. Por esse fundamental motivo é sempre recomendável que utilizemos ao máximo possível obras e serviços de caráter mais simples em seu custo e sua execução.

Para tanto há que se superar uma dificuldade que se coloca frente a essa decisão, obras e serviços simples foram “desaprendidas” pela engenharia brasileira. É como se, por um motivo qualquer, a engenharia (engenharia, arquitetura, geologia, agronomia) tivesse passado a associar o conceito de obras simples, ou, em um sentido mais abrangente, de soluções simples, com a imagem de tecnologias ultrapassadas e/ou ineficientes.

Obviamente, não se trata de se pretender ingenuamente que obras tecnologicamente complexas possam ser em qualquer situação substituídas por obras simples, ambas evidentemente têm seu lugar e hora. E, diga-se de passagem, podem e devem conviver em um mesmo empreendimento. No entanto, o fato real é que pela perda da memória decorrente da falta de devido registro bibliográfico e pelo já falecimento de quase toda última geração de engenheiros e mestres de obra que dominaram, em grande parte empiricamente, o uso de obras simples no país, assim como pelo desprezo com que hoje escolas de engenharia tratam a questão, ou simplesmente não a tratam, a engenharia brasileira está na prática deixando progressivamente de contar com a possibilidade real de ter essa alternativa como solução de tantos de seus problemas, mesmo nas situações (e são inúmeras) em que ela, a obra simples, constitua a alternativa de engenharia mais adequada técnica, ambiental e economicamente para a solução pretendida.

É preciso que a engenharia nacional entenda que obras e soluções simples não significam tecnologias ultrapassadas. Pelo contrário, constituem um campo tecnológico ao qual inclusive deve, por sua importância, ser dada uma enorme atenção em pesquisa tecnológica para o desenvolvimento de novas concepções e inovações.

Enfim, um saudável retorno ao princípio básico de sempre aliar-se a busca da eficiência tecnológica com a busca da maior economicidade possível automaticamente implicará em uma convivência virtuosa entre obras simples e sofisticadas. Para tanto faz-se indispensável que nossas escolas de engenharia, como também as escolas de arquitetura, geologia e agronomia, dediquem a atenção devida ao ensino e ao registro bibliográfico dessas soluções de engenharia mais simples, talvez até com a adoção de disciplina específica para tanto.

A seguir, como um estímulo inicial à adoção preferencial por obras de baixo custo seguem alguns exemplos clássicos já muito utilizados no país, e algumas orientações executivas de variantes tecnológicas mais recentes, mas também dentro da mesma abordagem.



Pequeno muro de arrimo com parede sustentada por dois gigantes simples.



Pano de pedra (pedras rejuntadas com argamassa) protegendo talude de erosão e desagregação.



Pequeno muro de arrimo de pedras rejuntadas com argamassa.



Proteção de talude com sacos de solo-cimento.



Contenção com utilização de pranchões e sobras de trilhos ferroviários.



Contenção com a utilização de pneus usados

PROTEÇÃO DE TALUDES COM APLICAÇÃO DE PANO DE PEDRA

A aplicação do Pano de Pedra tem como objetivo proteger a superfície do talude contra pequenas rupturas superficiais, desagregação superficial e processos erosivos.

ETAPAS DA APLICAÇÃO

- preparo e limpeza do talude
- implantação do sistema de drenagem
- estocagem da pedraria a ser utilizada
- preparo da argamassa
- colocação e rejuntamento dos blocos de rocha



OBSERVAÇÕES

- 1 – o tamanho dos blocos deve ser compatível com o trabalho manual.
- 2 – a face externa do bloco deve ser sua maior face plana.
- 3 – o traço da argamassa cimento/areia deverá ser 1:3.
- 4 – em taludes de alta inclinação a proteção deverá ser executada em painéis subsequentes de 1,5m de altura, sendo que um próximo painel só deverá ser executado após o endurecimento da argamassa utilizada no painel anterior.



Exemplos de aplicação de Pano de Pedra na proteção de taludes viários

PROTEÇÃO DE TALUDES COM APLICAÇÃO DE BIOMANTA

A biomanta é utilizada para a proteção de superfícies de solo, como taludes de corte, contra processos erosivos.

APLICAÇÃO DE BIOMANTA – ETAPAS

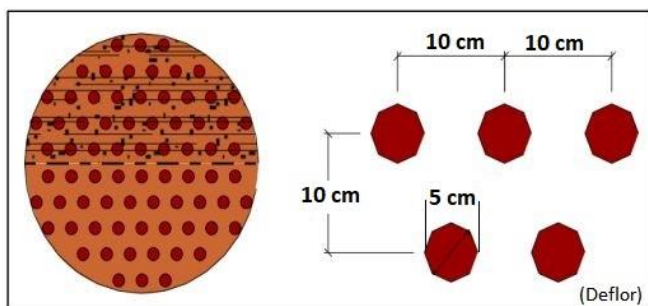
- regularização e limpeza do talude
- coveamento ou escarificação leve
- ancoragem superior da biomanta
- desenrolamento das bobinas
- ancoragem inferior
- colocação da tela de reforço
- grampeamento
- fertilização
- rega e manutenção

1 – regularização e limpeza do talude

Retirada de protuberâncias mais acentuadas e obturação de vazios. Limpeza de materiais soltos.

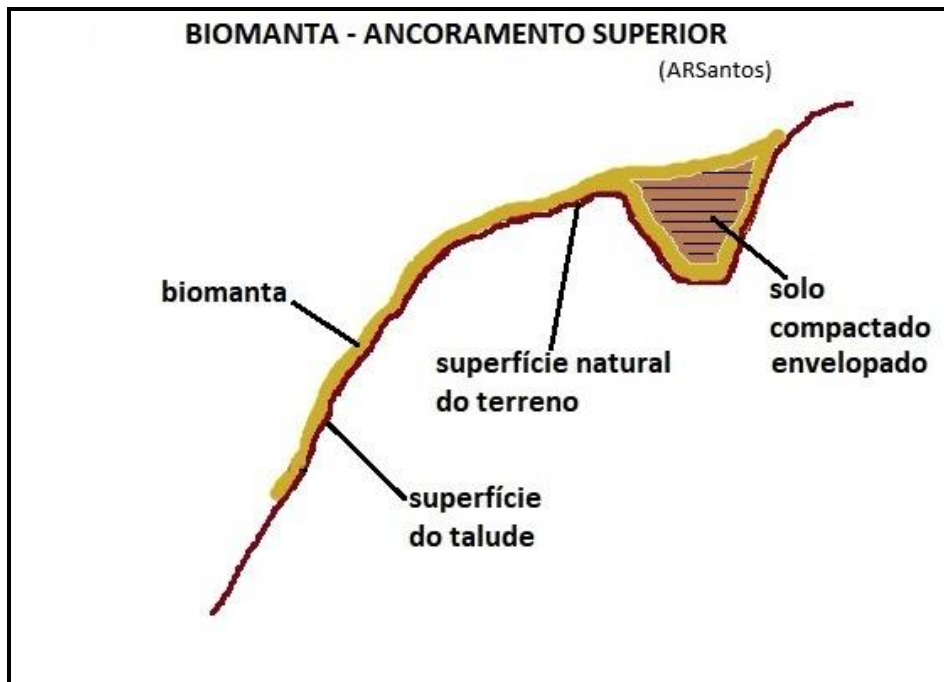
2 – coveamento ou escarificação leve

Execução de pequenas cavidades que ajudarão a fixar as sementes.



3 – ancoragem superior da biomanta

Fixação da parte inicial da bobina na região de crista do talude.



4 – desenrolamento das bobinas

Cobrimento total do talude com o desenrolamento das bobinas.



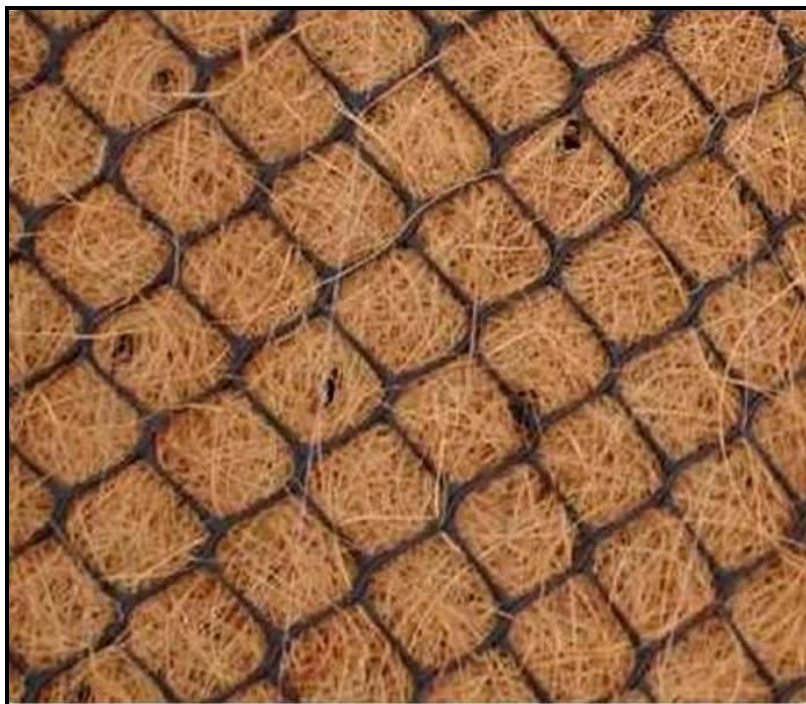
5 – ancoragem inferior

Fixação da parte final da manta com grampeamento reforçado.



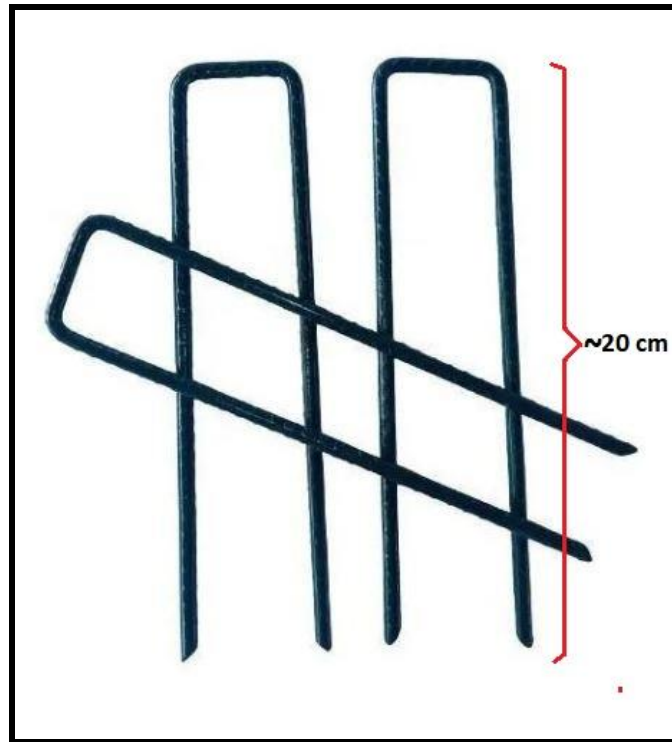
6 – colocação da tela de reforço

Sobreposição da manta com tela de arame ou plástico.



7 – grampeamento

Fixação do conjunto tela/manta com grampos de aço cravados no talude com marreta.



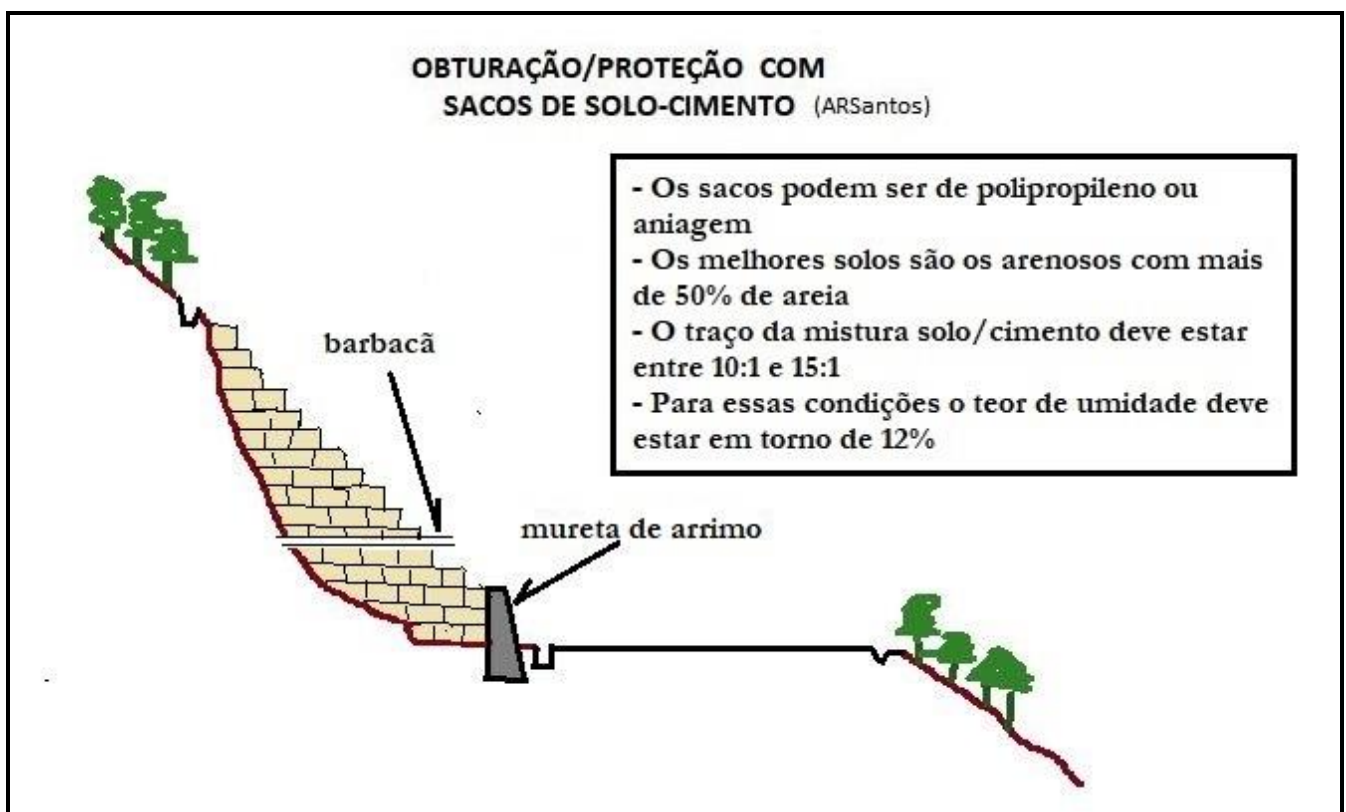
Colocação dos grampos

TRATAMENTO DE TALUDES COM SACOS DE SOLO CIMENTO (RIP-RAP)

O empilhamento de sacos de solo cimento é utilizado para proteção de taludes de corte contra processos erosivos, pequenas rupturas superficiais e para a obturação de sulcos de erosão.

ETAPAS EXECUTIVAS:

- preparo e limpeza do talude
- execução de mureta de arrimo (se necessária)
- escolha do solo a ser utilizado
- determinação do traço solo:cimento e do teor de umidade
- preparação da mistura (em etapas)
- enchimento e colocação dos sacos
- compactação dos sacos com soquete manual



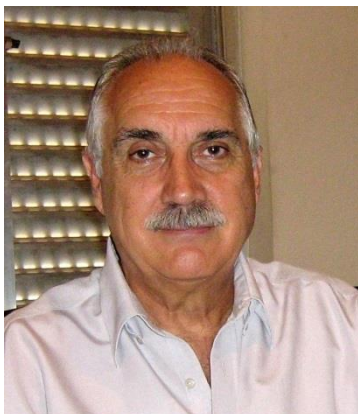


Exemplo de estabilização de talude com o uso de sacos de solo-cimento (rip-rap)



Obturação de erosão com sacos de solo-cimento

SOBRE O AUTOR



Geólogo, nascido em Batatais, São Paulo, formado pela USP (Universidade de São Paulo) no ano de 1968.

Com algumas passagens por empresas privadas, Álvaro Rodrigues dos Santos teve sua carreira técnica em Geologia de Engenharia basicamente desenvolvida no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), desde sua contratação em 1969. Pesquisador Sênior V pelo instituto, ocupou diversos cargos e funções, tendo sido Diretor da Divisão de Minas e Geologia Aplicada e Diretor-Executivo de Planejamento e Gestão do IPT.

Desde meados da década de 1990 inicia atividades como consultor autônomo e em 2010 cria sua própria empresa, a ARS Geologia Ltda.

Teve a oportunidade de trabalhar com os mais diferentes tipos de obras e ações de uso e ocupação do solo e colaborou especialmente para o desenvolvimento da Geologia de Engenharia aplicada a Obras Viárias, Estabilidade de Taludes de Corte e Encostas e Problemas Urbanos.

Autor de inúmeros trabalhos e artigos técnicos, ao longo de sua carreira, dedicou especial atenção à formulação conceitual e metodológica da Geologia da Engenharia brasileira, pleiteando para esta seu entendimento como uma Geociência Aplicada, com plena e intrínseca vinculação ao universo científico e analítico da Geologia, tese consagrada em seu livro *Geologia de Engenharia: conceitos, método e prática*, lançado em 2002.

Já em 1985, com segunda edição em 1988, havia publicado pelo IPT, com participação de outros colegas, o *Manual Técnico para Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra*.

Em 2004 publicou o livro *A grande barreira da Serra do Mar: da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes*, com o qual registra toda a sua experiência técnica nessa estratégica região do Sudeste brasileiro, mostrando a importância de a Engenharia ter em conta em seus projetos e obras os processos e leis naturais que caracterizam o comportamento geológico e geotécnico da região.

Em 2005 participou da elaboração do livro *Cubatão*, pela Editora Beca, contribuindo para esclarecer e documentar o enorme papel desempenhado pelo fator geológico no desenvolvimento histórico e econômico daquela cidade.

Criador da técnica *Cal-Jet* de proteção de solos contra a erosão, publica em 2005 seu *Manual de Execução*.

Em 2008 publicou o livro *Diálogos Geológicos: é preciso conversar mais com a Terra*, em que aborda retrospectivamente as relações do homem com o planeta, desde o período Paleolítico até os dias atuais.

Em 2009 publicou a 2ª edição ampliada do livro *Geologia de Engenharia: conceitos, método e prática*.

Em 2012 lança, pela Editora Pini, o livro *Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções*.

Em 2014 lança, pela Editora Rudder, seu 8º livro, *Manual Básico para a Elaboração e para o Uso da Carta Geotécnica*.

Em 2017 é lançada pela editora O Nome da Rosa a 3ª edição do livro *Geologia de Engenharia: Conceitos Método e Prática*.

Em 2017 publica pela Editora Rudder *Cidades e Geologia – Proposta de projetos de lei de grande interesse para as populações urbanas*.

Em 2023 o autor disponibiliza a pleno e livre acesso em formato PDF as novas edições de todos seus livros.

Em 2011, durante o 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia recebeu o prêmio Ernesto Pichler, conferido pela ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia), por sua contribuição ao desenvolvimento da Geologia de Engenharia brasileira.