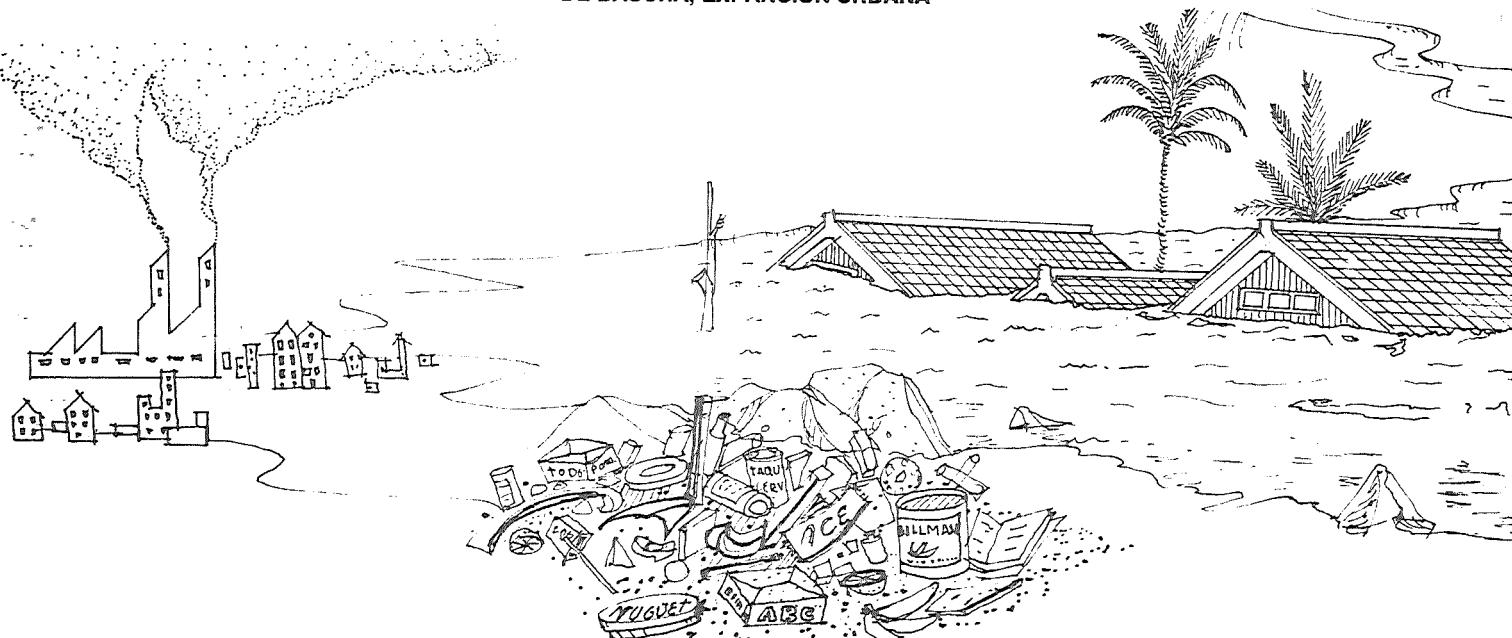


## INVESTIGACIONES SOBRE LOS RIESGOS GEOLOGICOS EN CIUDADES DE AMERICA LATINA

ZONIFICACION DE AREAS DE RIESGO, CARTOGRAFIA TEMATICA,  
REMOCION DE MASAS, EROSION DE SUELOS, INUNDACIONES,  
SUBSIDENCIA, EROSION FLUVIAL, EROSION EOLICA,  
DESERTIFICACION, EXPLOTACION DE ARIDOS, DISPOSICION  
DE BASURA, EXPANCIION URBANA



Julio 1994



Centro Regional de Acción Ambiental y de Organización Social  
CREAMOS



Association of Geoscientists for International Development  
AGID

SYSNO	886625
PROD	0000447
ACERVO EESC	

# OS PREJUIZOS E AS ÁREAS DE RISCO A EXPANSÃO URBANA PROVOCADOS PELA EROSÃO NA CIDADE DE MARÍLIA, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Denis Emanuel DE ARAUJO<sup>1)</sup>  
Emilio Carlos PRANDI<sup>2)</sup>  
Orencio Monje VILAR<sup>3)</sup>

## RESUMO

*O meio físico da região onde situa-se a cidade de Marília, no Oeste do Estado de São Paulo, Brasil, é altamente suscetível ao desenvolvimento de erosões hídricas, principalmente por possuir solos muito arenosos, relevo bastante movimentado e pelas características das chuvas que ai ocorrem. São comuns nas áreas urbanas grandes ravinas e boçorocas, originadas pelo crescimento desordenado dos núcleos urbanos, em associação com os fatores do meio físico. Estas feições, que se desenvolvem muito rapidamente e são de difícil controle, prejudicam a expansão urbana, inviabilizando a utilização de áreas para loteamento, além de provocarem o assoreamento de importantes mananciais de abastecimento de água para a cidade. Quando o crescimento do núcleo urbano provoca a correção destas feições, de forma quase sempre inadequada, restam áreas assoreadas com material muito fino e pouco compactado, e cicatrizes de ravinas e boçorocas, excepcionalmente corrigidas com critérios técnicos adequados e na maioria das vezes preenchidas por entulho e lixo, cujo comportamento geotécnico, tanto em uma quanto em outra forma de correção, não permite a instalação de obras sem que se considere os riscos que estão presentes em tais empreendimentos. O presente trabalho identifica algumas destas áreas de risco ao desenvolvimento urbano na cidade de Marília, ou seja cicatrizes de erosão corrigidas adequadamente ou entulhadas e áreas de assoreamento, apresentando algumas de suas características geotécnicas.*

<sup>1)</sup> Engenheiro - Diretor, DAEE, Diretoria de Marília, São Paulo, Brasil

<sup>2)</sup> Geólogo - Recursos Hídricos, DAEE, Diretoria de Marília, São Paulo, Brasil

<sup>3)</sup> Engenheiro - Professor Doutor/USP - Escola de Engenharia de São Carlos, DepI Geotécnica

## INTRODUÇÃO

A maior parte das cidades do Estado de São Paulo instaladas em terras altas, constituídas por solos de textura arenosa, espessos e permeáveis, apresenta erosão por ravinas e boçorocas em pontos críticos de suas periferias. Estas feições mostram um crescimento lento na maior parte do tempo, porém, podem sofrer um desequilíbrio e passar a apresentar um crescimento rápido, destruindo habitações, ruas, e outros equipamentos públicos, além de ameaçar vidas humanas.

Marília é apenas mais uma das cidades do Oeste do Estado de São Paulo com graves problemas urbanos provocados pelas erosões aceleradas. Segundo DAEE (1989), a cidade se localiza em áreas muito suscetíveis ao fenômeno, constituídas por solos com horizonte B textural, podzólicos de textura arenosa e média, derivados da decomposição dos arenitos do Grupo Bauru, em relevos de colinas médias, morrotes e espiões alongados, e relevos de transição.

Trabalho de identificação de áreas de ocorrência de erosões aceleradas do tipo ravinas e boçorocas, realizado pelo DAEE à pedido do Ministério Público em 1993, identificou uma série destes fenômenos que atingem, preferencialmente, o limite peri-urbano da cidade. Estes pontos de ocorrência preferenciais se devem à má ocupação do solo urbano, e à concentração de águas pluviais drenadas da cidade e lançadas, inadequadamente, na periferia da cidade. Como consequência destas erosões tem-se forte assoreamento dos recursos hídricos, cujo exemplo mais flagrante é a Represa do Cascala, importante manancial de abastecimento da região Leste da cidade.

Os limites da cidade variaram no tempo, como pode-se notar da figura 1 que apresenta a sobreposição dos limites das áreas urbanas obtidas por mapas realizados em 1946, 1974 e 1993. Tendo este limite estado onde hoje a ocupação é muito densa, e como o meio físico não variou, bem como não variaram as formas de ocupação, é óbvio que ocorreram nestes antigos limites formas erosivas com as mesmas dimensões das que hoje ocorrem.

São as áreas onde algumas destas erosões ocorreram e foram corrigidas que serão analisadas por este trabalho, sob o ponto de vista da fragilidade à ocupação urbana que as mesmas apresentam após a correção, além de se analisar as áreas que sofreram intenso assoreamento.

## SITUAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO ATUAL

O principal condicionante do desenvolvimento urbano de Marília é sua posição geográfica. Locada no planalto formado pelos arenitos calcíferos da Formação Marília, possui altitudes médias de 620 metros, enquanto os vales que a circundam com escarpas verticais se encontram em cotas pouco superiores a 500 metros. Estas escarpas limitam o crescimento da cidade, que se desenvolve apenas pelo planalto, dando à distribuição da cidade um aspecto alongado.

O trabalho realizado à pedido do Ministério Público verificou ser grave a situação da atual periferia, principalmente em função da instalação de muitos novos loteamentos nos últimos anos, onde o traçado das ruas se faz de forma perpendicular às curvas de nível, inclusive em encostas com declividades superiores a 10%. O asfaltamento das ruas de montante para jusante ajuda a agravar a situação, pois contribui para o aumento do escoamento superficial. Mesmo quando as águas superficiais foram captadas por sistemas apropriados, como

redes de galerias, ocorrem erosões no ponto de lançamento destas águas, devido à inexistência de estruturas de dissipação da energia das águas.

Para uma melhor sistematização, a periferia foi dividida em áreas quanto à criticidade, como mostrado na figura 1, considerando-se as áreas mais críticas aquelas de risco alto, em que as erosões punham em risco a população ou algum tipo de equipamento urbano; as de risco médio, aquelas em que, apesar de ocorrerem erosões, não havia sinal de evolução imediata; as de baixa criticidade, ou baixo risco, aquelas áreas que apresentavam apenas sulcos causados por escoamento superficial de chuvas; e as não críticas, ou sem risco, que não apresentam qualquer sinal de erosão por sulcos ou ravinas, geralmente nas áreas mais planas da cidade, e onde os parcelamentos de solos consideraram os aspectos de meio físico.

## ANÁLISE DAS ÁREAS DE EROSÕES RECUPERADAS

A observação de fotografias aéreas, obtidas em voos realizados em 1965, 1974 e 1984, permitiu a identificação de pelo menos duas regiões fortemente erodidas nas décadas de 60 e 70, e hoje corrigidas, que serão denominadas aqui de Área do Pedro Sola, nome de um conjunto poli-esportivo que existe hoje no local, e Área da João Ramalho, que é, atualmente um parque municipal. Também encontra-se corrigida a Área do Conjunto Marajó, que foi uma erosão de evolução extremamente rápida, no início de 1990, por efeito do rompimento de uma galeria de águas pluviais que possuía ligações de esgoto clandestinas, o que possibilitou sua evolução mesmo em períodos de seca.

### ÁREA DO PEDRO SOLA

Localizada na porção Centro Oeste da cidade (fig. 1), teve sua origem no lançamento das águas de chuva concentradas pelo arruamento realizado à favor do declive. Apresentava em 1964, 250 metros de comprimento, largura de no máximo 20 metros, e profundidade máxima de aproximadamente 6 metros. Em 1972 já tinha 400 metros de comprimento, 50 metros de largura máxima e profundidade máxima de 10 metros. Aerofotografias tomadas do local em 1984 mostram a cabeceira da erosão recuperada. No local onde ela ocorria existe agora um conjunto poli-esportivo. O método de correção adotado para esta erosão foi aterramento com entulho de construção e lixo urbano, além da drenagem da área que contribuía com escoamento de água pluvial para aquele ponto.

### ÁREA DA JOÃO RAMALHO

Localizada na zona Sul da área urbana (fig. 1), com origem semelhante à área do Pedro Sola, possuía em 1964, aproximadamente 500 metros de comprimento, largura máxima de 20 metros e profundidade de aproximadamente 10 metros. Em 1972 tinha crescido para uma erosão com os mesmos 500 metros de comprimento, mas sua largura já era de mais de 50 metros, chegando a atingir em seu ponto máximo a largura de 80 metros e a profundidade era de aproximadamente 20 metros. Em 1984, a fotografia aérea registra a fase final da construção de uma escada de dissipação de água executada em gabiões e revestida em asfalto. Devido às altas precipitações que superaram a capacidade de captação das bocas de lobo, à montante da escada, houve um excedente de água que rompeu lateralmente a estrutura. Após o ocorrido, nova escada foi executada em concreto armado e corrigida a capacidade de captação das águas pluviais à montante, o que resultou na obra eficiente que permanece até hoje.

## ÁREA DO CONJUNTO MARAJÓ

Formada pelo rompimento de uma galeria de águas pluviais, onde havia também ligações de esgoto, esta erosão ocorreu na porção sul da cidade (fig. 1), na vertente oposta à área da João Ramalho. Seu crescimento, extremamente rápido, pôs em risco várias casas, destruiu toda a galeria de águas pluviais que lhe deu origem, provocou o desbarrancamento de uma rua e, em seu estágio máximo de evolução, quando já possuía perto de 500 metros de comprimento, 20 metros de largura e 8 metros de profundidade, invadiu o terreno de uma escola. Nesta etapa se iniciou seu processo de controle, que constou da reconstrução das galerias de águas pluviais e das bocas de lobo, evitando qualquer escoamento de águas superficiais fora das galerias e lançando-as mais a jusante, com dissipação de energia das águas, e aterro por lixo doméstico urbano, como pode-se notar na fotografia 1.

## ANALISE DA ÁREA DE ASSOREAMENTO

Uma das consequências da erosão é o forte assoreamento que se verifica nos recursos hídricos. Em Marília, todos os mananciais de abastecimento superficiais estão comprometidos mas, por se localizar muito próximo do perímetro urbano, será analisado o Manancial do Cascata.

## REPRESA DO CASCATA

Foi um dos primeiros mananciais de abastecimento de águas da cidade de Marília (fotografia 3). Apesar de ter perdido para o assoreamento pouca área de espelho d'água ao longo dos anos, por força de constantes trabalhos de dragagem da areia transportada à partir de erosões na sua bacia hidrográfica, perdeu muito da sua profundidade original. Prova disto é a tomada de água, que conduz à estação de tratamento, para posterior distribuição. Construída com forma quadrada, possuindo 5 entradas de água, com distribuição vertical, encontra-se, atualmente, com apenas a entrada superior desobstruída, enquanto as inferiores estão todas cobertas pelo assoreamento, o que permite inferir que a espessura do assoreamento é de uma camada de aproximadamente 20 metros. O material que se encontra preenchendo o fundo do lago e a região da foz de seus afluentes é uma areia média a fina, diferentemente do material nos solos de onde se originaram que é uma areia fina. Isto mostra o grande aporte de sedimentos removidos de toda a bacia, onde os materiais mais finos permaneceram em suspensão e não ficaram retidos no barramento, e apenas os menos finos se encontram assoreando o lago.

## ANÁLISE GEOTÉCNICA DAS ÁREAS EM QUESTÃO

A execução de sondagens de simples reconhecimento para o dimensionamento das fundações da sede do DAEE, a ser construída na área do Pedro Sola, trouxe à tona uma série de questões acerca das implicações geotécnicas da ocupação dessas áreas erodidas e recuperadas. O reconhecimento do sub-solo mostrou que dos 3.500 metros quadrados do terreno, aproximadamente 60% eram aterrados por lixo doméstico, enquanto apenas 40% eram solo natural.

Com a descoberta desta área de risco ao desenvolvimento urbano, e em face à frequência das erosões em Marília, resolveu-se tentar identificar outras áreas, além da citada acima, e caracterizá-las à partir de sondagens de simples reconhecimento.

## ÁREA DO PEDRO SOLA

Na Área do Pedro Sola foram feitas 3 sondagens, sendo que o SP 1 e o SP 3 atravessaram camadas de aterros feitos com lixo, e a sondagem SP 2 atravessou solo natural (figura 2).

Na sondagem SP 1, figura 3.a, podem ser identificadas três camadas de solos distintas. O aterro possuindo 8,5 metros de profundidade, feito com lixo, recoberto por uma camada de solo areno-argiloso de 1 metro de espessura, recobrindo um solo areno-argiloso natural.

Com relação à resistência à penetração com amostrador do tipo Terzaghi, o aterro feito com lixo apresenta-se em sua porção superior, como uma areia muito fofa, com resistências de 1 a 4 golpes, e sua porção inferior apresenta-se fofa, com resistências variando de 4 a 6 golpes. Já a partir do contato do aterro com a camada areno-argilosa inferior, aos 9,5 metros de profundidade, o grau de compacidade é de areia com média compacidade, com o número de golpes variando de 10 a 15.

A sondagem SP 3, figura 3.c, a camada de lixo foi interceptada na superfície, e persistiu até a profundidade final do furo, aos 6 metros. Seu comportamento é de areia muito fofa com o número de golpes variando de 2 a 4 na porção superior, até ao 5 metros, e atingindo 6 golpes no metro final.

A sondagem SP 2, figura 3.b, atravessou até os 4 metros um aterro de areia muito fofa, com o índice de resistência à penetração variando de 1 a 4, e à partir dos quatro metros uma camada de areia silto argilosa, passando a um solo areno-argiloso, semelhante ao do furo 01, de índice de resistência à penetração variando, no perfil, de 5 a 11, indicando uma areia de compacidade variando de fofa a média.

## ÁREA DA JOÃO RAMALHO

As três sondagens realizadas nesta área, conforme croquis, figura 4.a, atingiram o aterro realizado na cabeceira da obra, SP 01 md; e solo natural, SP 02 md e SP 03 md.

A sondagem SP 01 md, conforme figura 6.b, indica uma areia argilosa muito fofa, com o índice de resistência à penetração variando de 2 a 5, até os 12 metros, que é a profundidade do aterro realizado ali. À partir desta profundidade atinge-se solo natural areno siloso, com compacidade média a compacto e com índices de resistência variando de 8 a impenetrável.

A sondagem SP 02 md, figura 4.c, atravessa solo de compacidade média à partir dos 2 metros de profundidade e aos 9 metros atinge solo com característica de impenetrável.

Solos, que apesar de naturais, apresentam em sua camada superior características de solo muito mole, são atravessados pela sondagem SP 03 md, figura 4.d, que à partir dos 6 metros atinge solos de compacidade média, e à partir dos 9 metros têm características de impenetrável.

## ÁREA DO MARAJÓ

Nesta região foram feitos 3 sondagens, tentando-se atingir solo natural e aterro realizado com lixo urbano.

A sondagem SP 01, figura 5.b, onde se esperava atingir o solo natural desde o inicio, atravessou até aproximadamente 3,5 metros, um aterro areno argiloso muito fofa, com os índices de resistência à penetração variando de 2 na porção superior a 1 no contato com o solo areno siloso, de compacidade variando de muito fofa a fofa, passando nas porções inferiores a um solo de compacidade média. Provavelmente a porção superior do

solo atravessado pela sondagem seja um aterro realizado em um período anterior ao desenvolvimento da erosão estudada.

A sondagem SP 02, figura 5.c., atravessou até os 7 metros um aterro arenoso argiloso, cujo índice de resistência à penetração variou de 2 a 5, ou seja, correspondente a uma areia de compacidade predominantemente muito fofa e, à partir desta profundidade, atingiu o solo natural arenoso siloso, com os índices de resistência indicando solo arenoso de compacidade média.

Indícios do aterro realizado com lixo urbano, como pode-se notar da fotografia 1, só foram encontrados na sondagem SP 03, figura 5.d., que até os 2 metros de profundidade atingiu um aterro arenoso argiloso, muito fofa, onde os índices de resistência variaram de 1 a 2. Dos 2 metros aos 6,5 metros atravessou-se uma camada de aterro composta com solo arenoso, restos orgânicos, plásticos e outros indícios de lixo, com compacidade muito fofa, e índices de resistência à penetração variando de 2 a 3. A partir dos 6,5 metros atingiu-se um solo arenoso siloso, com compacidade variando de média a compacta.

## CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

A cidade de Marília apresenta várias áreas erodidas que foram corrigidas de tal forma que, na maioria das vezes, desconsideraram qualquer orientação técnica. Estas maneiras de correção que, se em um momento impediram o avanço do fenômeno erosivo, em outro criaram outros problemas, como poluição do lençol freático e cicatrizes no perímetro urbano, com solos de preenchimento muito frágeis e com restrições de uso.

Outro grave problema causado pela erosão é a produção de sedimentos que assoream os recursos hídricos, como é o caso da Represa da Cascata, que tem 80% de seu volume de armazenamento de água perdido para depósitos de areia fina, muito difícil de ser removido por dragagem.

Sob o ponto de vista da resistência à penetração (SPT) dos solos, as sondagens a percussão realizadas nas áreas corrigidas, se comparadas ao perfil de resistência apresentado por Albieiro, et al. (1993), figura 5.a, como referência para a cidade de Marília, indicam nas áreas corrigidas, solos com índices de resistência à penetração muito baixos, muitas vezes inferior ao terreno natural, estes de resistência reconhecidamente baixas.

Estudos mais detalhados, para a definição destes tipos de áreas nas cidades do Oeste Paulista, bem como do comportamento geotécnico mais detalhado dos solos que as compõem são importantes, uma vez que as limitações impostas pela geografia local levam a ocupação de toda área disponível mais próximas às regiões centrais das cidades.

Levantamentos sobre o grau de poluição causada pelos aterros aos recursos hídricos subterrâneos devem ser realizados, pois com a perda da qualidade dos recursos hídricos superficiais as águas subterrâneas são uma importante fonte de abastecimento.

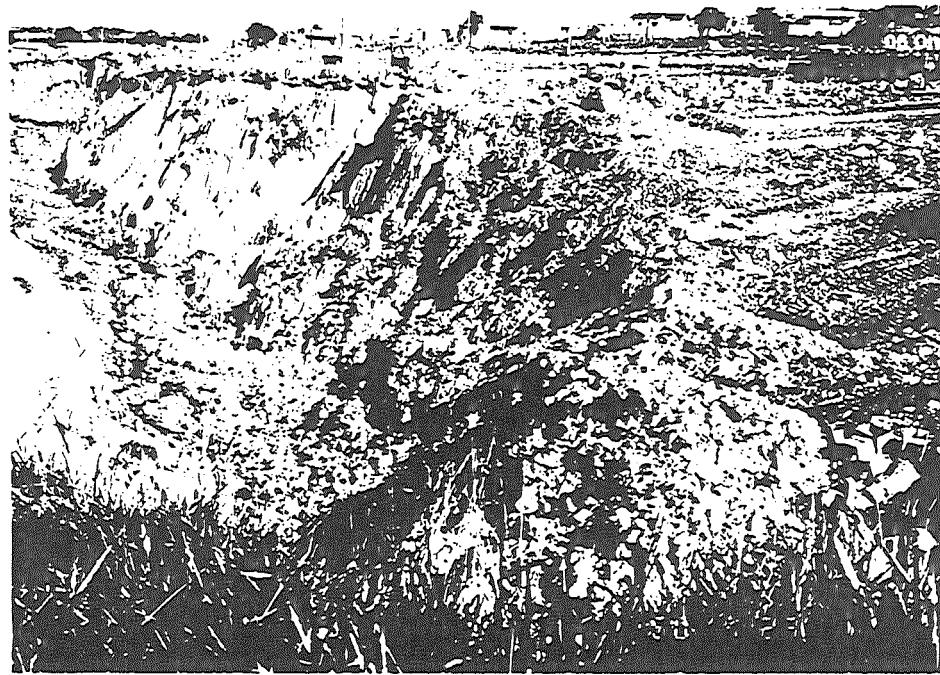
Como alguns destes espaços físicos recuperados encontram-se integrados à área urbana, sem qualquer restrição de uso, estes novos estudos serviriam para indicar o nível dos riscos da ocupação destas áreas e medidas restritivas ao seu uso.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos estagiários Rosângela R. Batista Gonçalves, João Augusto de Oliveira Filho, Alexandre Delmassa e Sérgio Francisco da Silva, pelo importante auxílio no desenvolvimento dos trabalhos; à Diretoria de Engenharia do Departamento de Águas e Energia Elétrica, Unidade de Mogi das Cruzes, pela realização das sondagens à percussão; e a Universidade de Marília pela realização dos ensaios de granulometria.

## BIBLIOGRAFIA

- ALBIERO, J. H. ; CARVALHO, D. ; LOBO, A.S. - Fundações. In: Solos do interior do Estado de São Paulo, Associação Bras. de Mec. dos Solos - Núcleo Regional de São Paulo - ABMS / Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - D.A.E.E. ( 1989) ,Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas, São Paulo, DAEE/IPT.
- IWASA, O. Y.; PRANDI, E. C.; KERTZMAN, F.F.; OLIVEIRA, A.M.; PONÇANO, W. L.; SALOMÃO, F.X.T. (1987), Áreas de risco ao desenvolvimento de erosão por ravinamentos e boçorocas na folha Marília, SF - 22- Z- A. In: 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Marília. Anais: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia- São Paulo.
- PIRES, C. D. ; ARAUJO, D. E. ; PRANDI, E. C.; ROCHA, G. A. ; GOUVEIA, M. I. F.; RIEKSTIN, M. F. ; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T. - Erosão : Prevenir é o melhor remédio. In: Revista águas e Energia Elétrica. DAEE , ano 5 , nº 16 - 1989 - São Paulo.
- VILAR, O. M. ; PRANDI, E. C. - (1993) - Erosão dos Solos. In: Solos do interior do Estado de São Paulo, Associação Bras. de Mec. dos Solos - Núcleo Regional de São Paulo - ABMS / Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.



Fotografia 1 Área do Marajó, onde nota-se o aterramento da boçoroca com lixo doméstico



Fotografia 2 Lago da Cascata, com vista do afluente Oeste, onde pode-se notar o forte assoreamento.

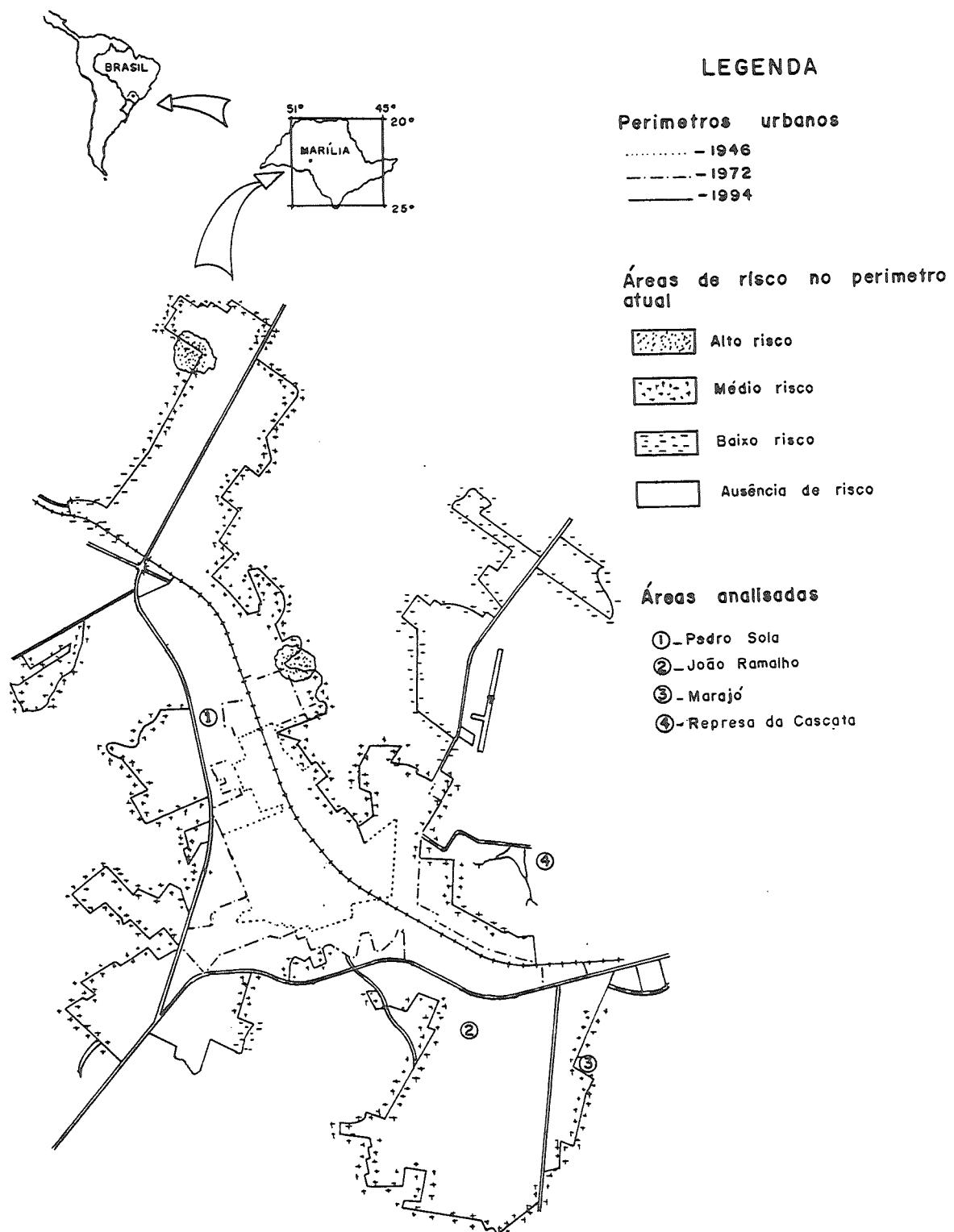


Figura 1 Planta de localização da área em estudo

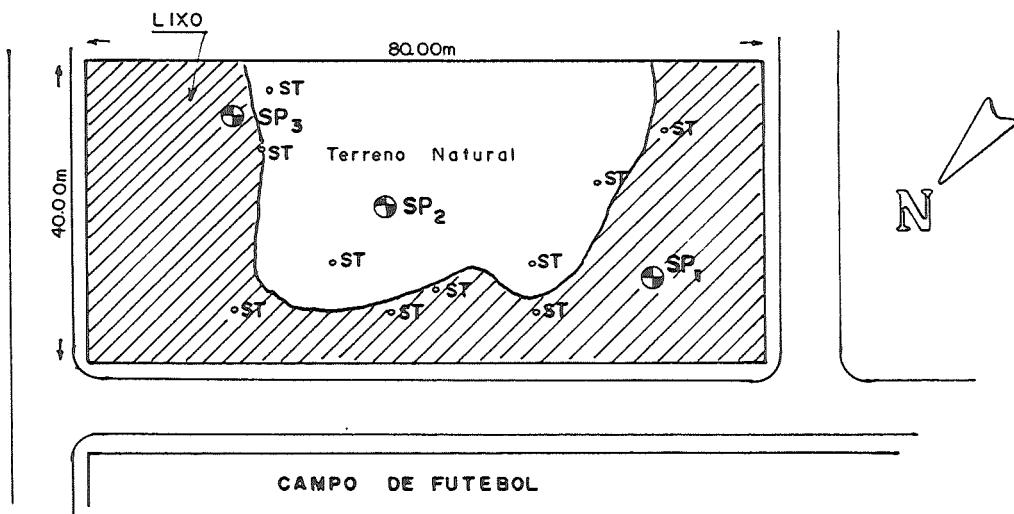


Figura 2 Locação das sondagens de simples reconhecimento e delimitação de áreas

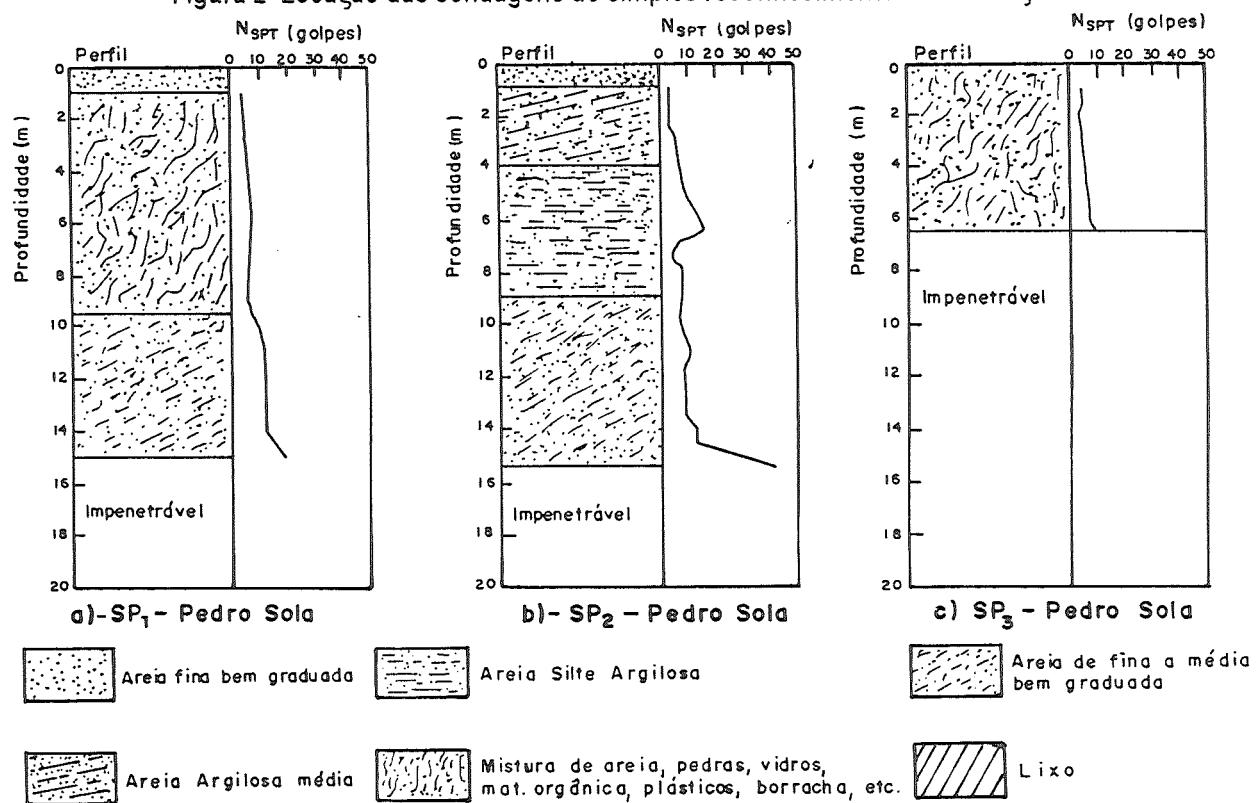


Figura 3 Perfis de sondagem - área do Pedro Sola

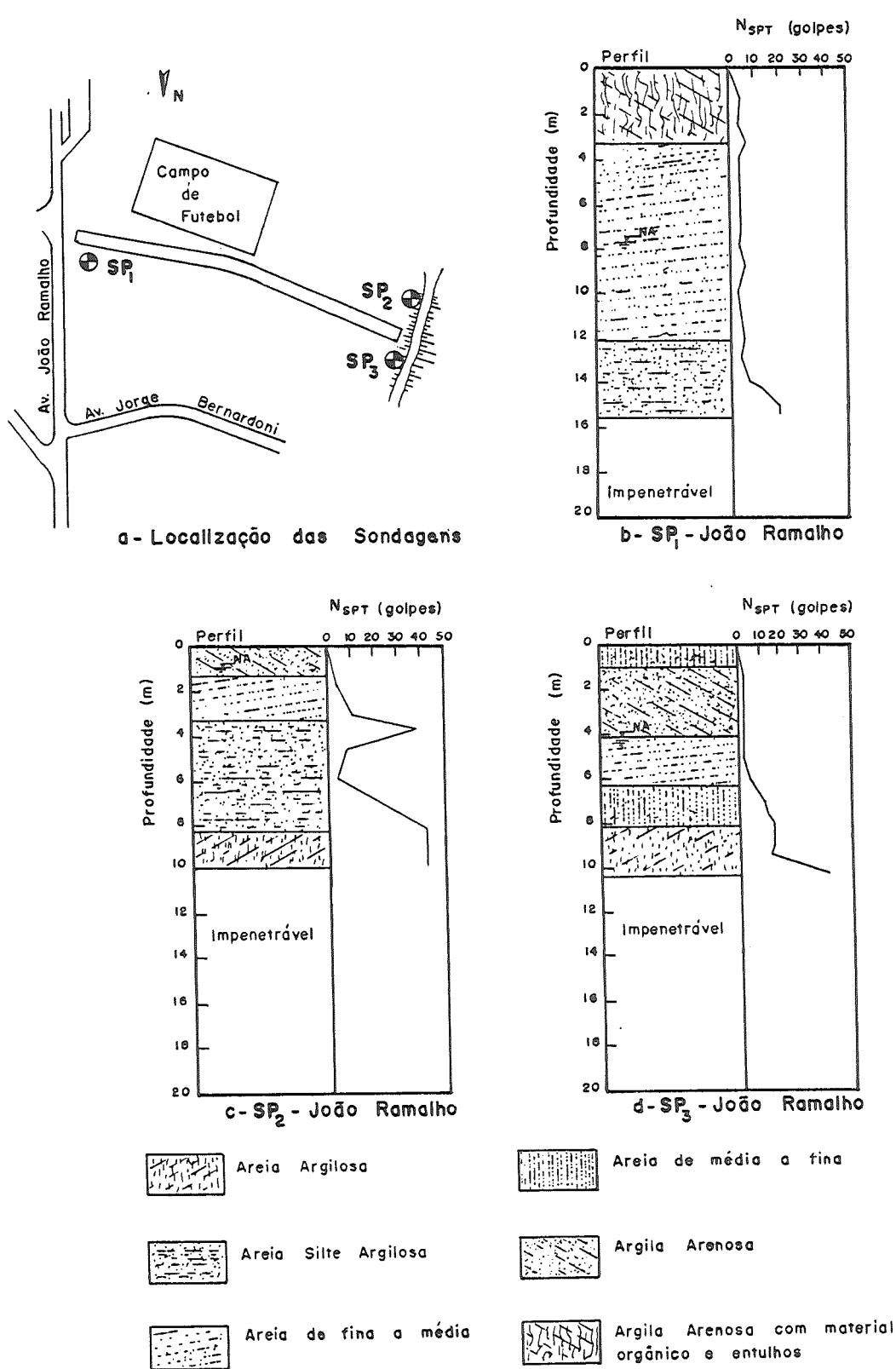


Figura 4 Peris de sondagem - área João Ramalho

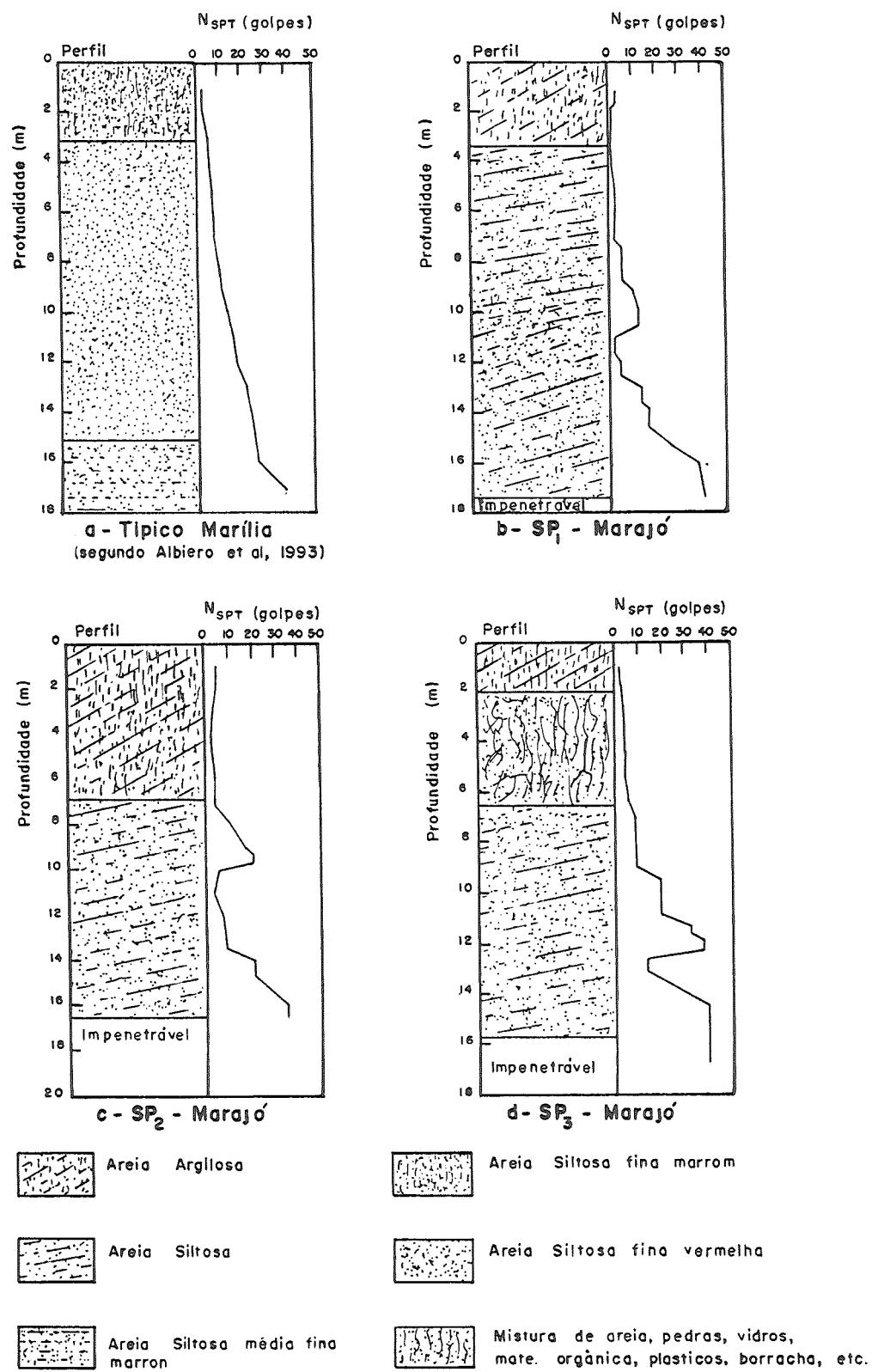


Figura 5 Perfis do sondagem - perfil Padrão Marilia e área do Marajó