

---

## AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA ELABORAÇÃO DE CARTA DE RISCO POTENCIAL A EROSÃO ACELERADA - ÁREA DE SÃO PEDRO, SÃO PAULO, BRASIL.

Osni José Pejón

Prof. Dr. do Dep. de Geotecnia da EESC - USP

Lázaro Valentin Zuquette

Prof. Dr. do Dep. de Geotecnia da EESC - USP

**RESUMO:** *Apresentam-se neste trabalho os resultados da avaliação da Carta do potencial de risco à erosão acelerada elaborada para a região de Piracicaba-SP - escala 1:100.000 (Pejón & Zuquette, 1993). A região foi dividida em 10 classes de potencial de risco à erosão acelerada, em função das características dos principais atributos do meio físico que interferem na formação de ravinas e boçorocas. Não se considerou a ação antrópica nem a cobertura vegetal, mas somente os fatores naturais do meio físico relacionados ao fenômeno erosivo, visando determinar as áreas mais susceptíveis e com potencial de risco à erosão. No presente estudo foram realizados trabalhos de campo e análises em fotografias aéreas em uma parte da área anteriormente mapeada (Folha de São Pedro - escala 1:50.000), para se verificarem os problemas erosivos existentes e compará-los com as previsões estabelecidas na Carta do Potencial à Erosão Acelerada da região de Piracicaba. Os resultados obtidos mostraram uma concordância muito boa entre as previsões feitas na carta e os problemas de erosão encontrados durante a fase de inventário.*

Palavras chaves: *risco, erosão, São Pedro, feições.*

**ABSTRACT:** *This work presents the results obtained on evaluation of the accelerated erosion potential risk chart at a scale 1:100,000 that was elaborated for the Piracicaba region, center of São Paulo State, Brazil, in 1992. The region was divided into 10 classes according to group of attributes that are related to erosion processes (rill and Gully). The vegetation cover and antropogenic activities were not considered in this study for elaboration of the chart. The northwest part of the region (São Pedro sheet - scale 1:50,000) was selected for evaluation due to high density of erosion features. The evaluation was developed by photointerpretation and field works. The results permitted to conclude which accelerated erosion potential risk chart had good agreement with the data collected in this study. Due to condition the methodology used to elaborate the chart presents good potential to be applied in similar areas.*

Key words: *risk, erosion, São Pedro, features*

---

### 1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da erosão consiste na ação combinada de um conjunto de fatores que provocam o destacamento e o transporte de

materiais sobre a crosta terrestre. Os principais agentes são as águas da chuva, rios, geleiras, mares e o vento. Dentre estes, as águas de chuva têm grande importância, principalmente em regiões de clima tropical, por propiciarem o

escoamento superficial, responsável por grande parte do transporte de materiais inconsolidados.

A ação dos agentes não é uniforme nas diversas regiões da Terra; assim, os processos erosivos dependem de uma série de fatores naturais, tais como: o clima, a geomorfologia, a natureza do terreno (substrato rochoso e materiais inconsolidados) e a cobertura vegetal. Estes fatores naturais podem ainda ser alterados pela ação do Homem, ocasionando mudanças nos processos erosivos de uma determinada região, quase sempre intensificando-os. As alterações provocadas pelo Homem recebem o nome de fatores antrópicos, podendo ser citados desmatamentos e cultivo de terras, criação e expansão de cidades, implantação de estradas, entre outros.

Busca-se neste trabalho a obtenção de informações de campo quanto às feições erosivas, para verificar a validade da carta do potencial de risco à erosão acelerada por escoamento superficial concentrado, realizada anteriormente (Pejon & Zuquette, 1993)

## **2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O FENÔMENO DE EROSÃO CAUSADO PELA ÁGUA DAS CHUVAS**

Baseado nas informações apresentadas por Oliveira et al. (1987), Stein et al. (1987) e DAEE - IPT (1990), pode-se classificar a erosão causada pelo escoamento superficial das águas da chuva em natural e antrópica.

Os processos erosivos são classificados como naturais quando a atuação ocorre em um ambiente onde são controlados somente pelo equilíbrio dos fatores naturais. Este tipo de erosão vem se processando lentamente ao longo do tempo geológico, recebendo a designação de erosão normal. A erosão natural pode sofrer modificações devido a mudanças climáticas ou geológicas, alterando

a velocidade e a intensidade do processo, podendo a remoção do material inconsolidado tornar-se mais rápida do que sua reposição pelos processos de intemperismo das rochas, consistindo, portanto, em uma erosão acelerada. Os efeitos deste tipo de erosão acelerada, apesar de consistirem em um desequilíbrio, normalmente se fazem sentir em milhares de anos, sendo, portanto, ainda um processo muito lento quando comparado com os processos erosivos desencadeados ou acelerados pela ação antrópica.

A erosão relacionada à ação antropogênica, ou seja, quando o Homem interfere no ambiente natural, provocando o desequilíbrio, recebe o nome de erosão antrópica e sempre se reflete em uma aceleração dos fenômenos erosivos; por isso é considerada somente como erosão acelerada, constituindo-se em um processo muito mais rápido do que a erosão acelerada natural, podendo evoluir em poucos anos, atingindo áreas extensas.

Tanto a erosão normal quanto a acelerada podem ocorrer de duas maneiras principais: como erosão laminar ou por escoamento concentrado. A erosão laminar ocorre na superfície do solo como um todo, quando há escoamento da água de chuva sem se concentrar em canais definidos. Quando ocorre a formação de filetes ou canais de água, arrastando material, tem-se a erosão concentrada.

Os fenômenos de erosão concentrada podem apresentar proporções diferentes, desde pequenos sulcos ou ravinas, que apresentam dimensões relativamente pequenas, até processos que atingem grandes áreas, com aprofundamento dos canais até dezenas de metros, interceptando muitas vezes o nível d'água, consistindo em erosões totalmente descontroladas, que recebem a denominação de boçorocas. Estes processos erosivos, principalmente as boçorocas, causam grandes danos, tanto em áreas rurais quanto urbanas.

Segundo Ponçano & Prandini (1987), as boçorocas são provocadas por alterações morfo-hidro-pedológicas, causadas por intervenção humana. Apesar disto, existem condições naturais do meio físico que predisõem à ocorrência de fenômenos erosivos acelerados em determinadas áreas. Assim, uma carta que apresente um zoneamento da região com as características físicas naturais que são favoráveis ao desenvolvimento das feições erosivas é denominada carta de risco potencial, ou seja, identifica as áreas onde a ação antrópica poderá conduzir com maior facilidade à instalação da erosão acelerada.

Os componentes naturais associados ao meio físico, considerados mais importantes por quase todos os profissionais envolvidos com problema decorrentes do processo de erosão acelerada, são a pluviosidade, a geomorfologia e as características dos materiais inconsolidados. Ainda de acordo com estes autores, as características das chuvas estão ligadas principalmente à erosividade, que se manifesta por meio da ação das gotas de chuva e pelo escoamento superficial. Os atributos ligados à geomorfologia são, principalmente, a declividade e o comprimento das encostas. Quanto aos materiais inconsolidados, os principais atributos são a textura, a estrutura, a composição e a espessura.

### **3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA ESTUDADA**

A área estudada localiza-se na região centro-leste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22° 30' e 22° 45' S e os meridianos 47° 45' e 48° 00' W, perfazendo aproximadamente 700 Km<sup>2</sup> (Figura 1).

O clima da área estudada, em sua maior parte, pode ser enquadrado com C<sub>Wa</sub>, segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual situa-se em 1.200 mm em quase toda a região, com exceção de

uma pequena porção no norte da área, onde ocorre a Serra de São Pedro, e as precipitações médias situam-se em torno de 1.400 a 1.500 mm (DAEE-1981).

Geologicamente a região está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando litologias pertencentes às Formações Itaqueri, Serra Geral, Botucatu, Pirambóia e Corumbataí. Os principais tipos de solos são os Podzólicos Vermelho-Amarelos, seguidos pelos Latossolos Vermelho-Escuros, Vermelho-Amarelos, ocorrendo ainda áreas de Solos Litólicos, Areias Quartzosas e mais restritamente Solos Aluviais e Hidromórficos (Oliveira, 1989).

Os relevos predominantes na área são as colinas, variando de amplas a médias, os morrotes alongados e os espigões, ocorrendo ainda subordinadamente mesas basálticas, escarpas festonadas e planícies aluviais (IPT, 1981).

### **4. A CARTA DO RISCO POTENCIAL À EROSIÃO ACELERADA**

Para a elaboração de uma carta de potencial de risco à erosão é imprescindível o conhecimento adequado das características do meio físico. Atributos como a granulometria, a espessura e a permeabilidade dos materiais inconsolidados, bem como tipo rochoso, forma das encostas, declividade devem ser considerados (Pejon, 1992). Outros fatores também importantes são as relações entre a infiltração e o escoamento superficial, que em última análise condicionam a disponibilidade de água que irá escoar superficialmente.

Analisando-se os atributos acima, verifica-se que grande parte deles são obtidos e estudados em mapeamentos geotécnicos. Assim sendo, Zuquette et al. (1991) propuseram uma metodologia para a elaboração de cartas de potencial ao escoamento superficial e infiltração e Pejon e Zuquette (1992 e 1993) mostraram a grande aplicação que estes

documentos podem ter na obtenção das cartas de potencial de risco à erosão.

Nos trabalhos citados estão expostos os fundamentos da metodologia para a elaboração das cartas de potencial de risco à erosão, como por exemplo, a da Folha de Piracicaba na escala 1:100.000 (Figura 2). Com a análise e hierarquização dos atributos do meio físico de maior importância no processo de erosão, a área representada na Figura 02 foi dividida em dez classes de potencial de risco à erosão. Não se considerou nesta análise nem a cobertura vegetal, nem a ocupação antrópica. Portanto, esta é uma carta que busca refletir a suscetibilidade da área quanto à erosão, com base nos atributos do meio físico.

Com o objetivo de verificar se a carta elaborada reflete realmente os potenciais de risco de erosão, faz-se neste trabalho um levantamento, por meio de fotografias aéreas e trabalhos de campo, das boçorocas e ravinamentos existentes atualmente em uma parte da área inicialmente mapeada. A porção escolhida foi a de São Pedro (Folha do IBGE - escala 1:50.000), por apresentar a maior concentração de zonas com alto potencial de risco à erosão.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

As análises e interpretações das fotografias aéreas na escala 1:60.000 e os trabalhos de campo realizados permitiram indicar no mapa da Figura 03 os pontos onde foram encontrados problemas erosivos. Observando-se a Figura 3 verifica-se que, nas zonas classificadas como não susceptíveis e pouco susceptíveis (potencial de 1 a 3), não se encontram problemas significativos de erosão concentrada. Mesmo em situações bastante desfavoráveis, do ponto de vista da ausência de vegetação e atividades antrópicas, as erosões são de pequeno porte.

Nas classes consideradas como susceptíveis (4 a 6), observam-se alguns pontos de ocorrência de boçorocas, mas ainda de pequeno porte e em frequência relativamente pequena. Essas áreas apresentam uma suscetibilidade maior e o uso inadequado pode conduzir ao estabelecimento de erosões de grandes dimensões e com alta frequência em área.

Os maiores problemas erosivos estão concentrados nas zonas classificadas como muito susceptíveis (classes 7 e 8). Nestas classes foram identificadas cerca de 60 feições de problemas erosivos, sendo que algumas são boçorocas de grande dimensão e de difícil controle e/ou manejo. A Figura 4 mostra uma destas áreas, localizada próxima à cidade de São Pedro, onde uma boçoroca progride em direção a um dos bairros da cidade.

A alta suscetibilidade desta área, indicada pela carta de potencial de risco à erosão, ficou ainda mais evidente recentemente, quando, a partir de 1992, inciou-se uma tentativa de recuperação da área afetada pela erosão, como mostrado pelas Figuras 5 e 6. Este processo de recuperação mostrou-se ineficaz desde o princípio, como mostra o rompimento das curvas de nível logo após o início dos trabalhos (Figura 7). Atualmente o processo erosivo foi retomado em quase toda a área, como mostram as Figuras 8 e 9, com o conseqüente aumento da quantidade de sedimento transportado para o riacho que drena a boçoroca. Esse aporte extra de sedimentos acabou por provocar intenso assoreamento a montante do aterro, o que resultou no entupimento dos dutos que passavam por baixo na rodovia São Pedro - Charqueada. Em decorrência deste entupimento, na última temporada das chuvas houve um acúmulo de águas que terminou por romper o aterro que sustentava a estrada (Figuras 10, 11 e 12), atingindo diversos empreendimentos a jusante.

Este exemplo mostra com clareza a importância da realização das cartas de

potencial de risco à erosão, de maneira a indicar as áreas mais susceptíveis à erosão e a necessária conscientização dos usuários para a utilização dessas informações no sentido de evitar que acidentes como este ocorram e altos custos sejam necessários para restituir o funcionamento sócio-econômico da região.

## CONCLUSÕES

As observações obtidas via inventário das feições e análises de campo comprovam a concordância entre as previsões de comportamento das áreas quanto à erosão e as situações realmente observadas e em desenvolvimento. Desta maneira, fica comprovada a validade da metodologia proposta para a elaboração deste tipo de carta interpretativa. Ressalta-se que este tipo de carta deve ser consultada quando da implantação de processos corretivos e de recuperação para considerar a zona de influência, que deve ser respeitada em termos de suas limitações na escolha do método e da implementação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAEE-IPT - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA E INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1990): Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para o planejamento urbano e regional, orientações para o controle de boçorocas urbanas. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Energia e Saneamento - DAEE. 91 p.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1981): Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 5-Campinas, 2 v. 607 p.
- IPT- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1981): Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo - escala 1:1.000.000. Série Monografias (5), 2 volumes.
- IWASA, E.C.; PRANDI, E.C.; KERTZMAN, F.F.; OLIVEIRA, A.M.S.; PONÇANO, W.L.; SALOMÃO, F.X.T. (1987): Áreas de risco ao desenvolvimento de erosão por ravinas e bocorocas na folha de Marília, SF - 22-Z-A. *Anais do 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão*. Marília-SP. pp. 137-148.
- OLIVEIRA, A.M.S.; PONÇANO, W.L.; SALOMÃO, F.X.T.; DONZELI, P.L.; ROCHA, G.A.; VALÉRIO FILHO, M. (1987): Questões metodológicas em diagnósticos regionais de erosão: a experiência pioneira da Bacia do Peixe Paranapanema - SP. *Anais do 4º. Simpósio Nacional de Controle de Erosão*. Marília - SP. pp. 51-71.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H.; BEJAR, O.I.G.; OLIVEIRA, E.R.; LONGOBARDI, R.C. & ASSIS, E.A. (1989): Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo - folha - SF-23-Y-A-IV - Piracicaba. Secretaria de Agricultura e Abastecimento - Instituto Agrônomo.
- PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. (1992): Importância do Estabelecimento de Cartas de Potencial ao Escoamento Superficial para Definição do Potencial de Risco à Erosão Acelerada. *37º Congresso Brasileiro de Geologia* Vol. I, pp. 105-106. São Paulo-SP.
- PEJON, O.J. (1992): *Mapeamento Geotécnico da Folha de Piracicaba-SP (escala 1:100.000): Estudo de aspectos metodológicos de caracterização e de apresentação dos atributos*. Tese de Doutorado EESC-USP. São Carlos. 234 p., 2 vol.
- PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. (1993): Carta do Potencial de Risco à Erosão Acelerada por escoamento concentrado da Folha de Piracicaba-SP. *7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*. V. 2, pp. 245-254. Poços de Caldas-MG.

PONÇANO, W.L.; PRANDINI, F.L. (1987): Boçorocas no Estado de São Paulo: uma revisão. *Anais do 4º. Simpósio de Controle de Erosão*. Marília - SP. pp. 149-177.

STEIN, D.P.; DONZELI, P.L.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. (1987): Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe Paranapanema. *Anais do 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão*. Marília - SP. pp. 105-135.

ZUQUETTE, L.V.; SINELLI, O.; PEJON, O.J.(1991): Carta das Taxas de Escoamento Superficial e de Infiltração da Região de Ribeirão Preto-SP. *Anais do V Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos e IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, vol. I, pp. 277-283. Rio de Janeiro.

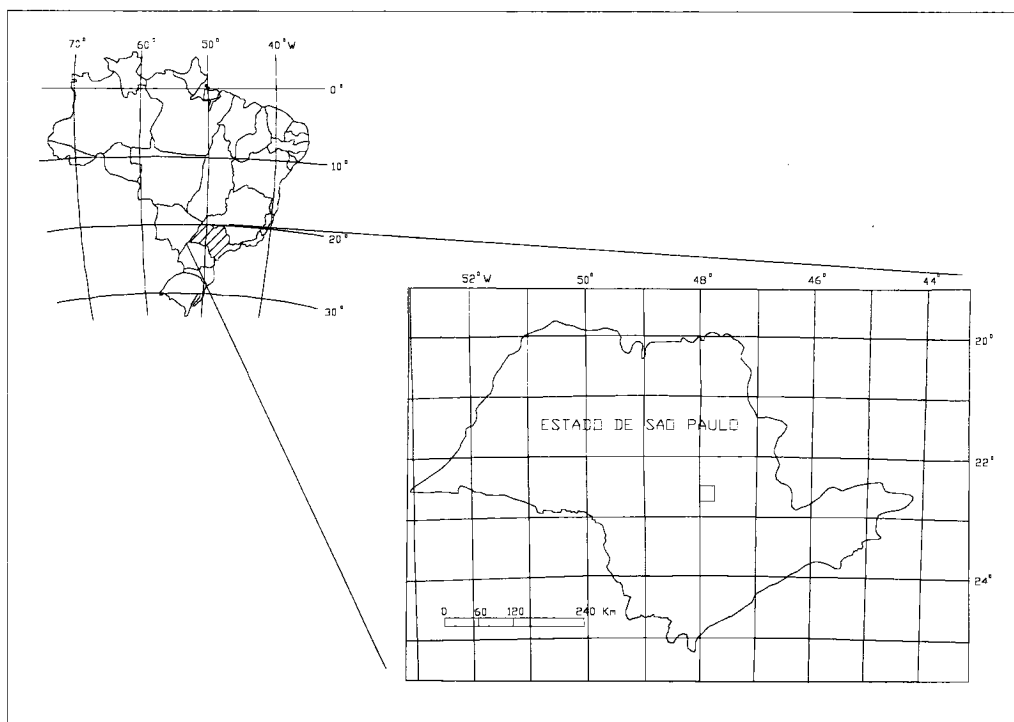
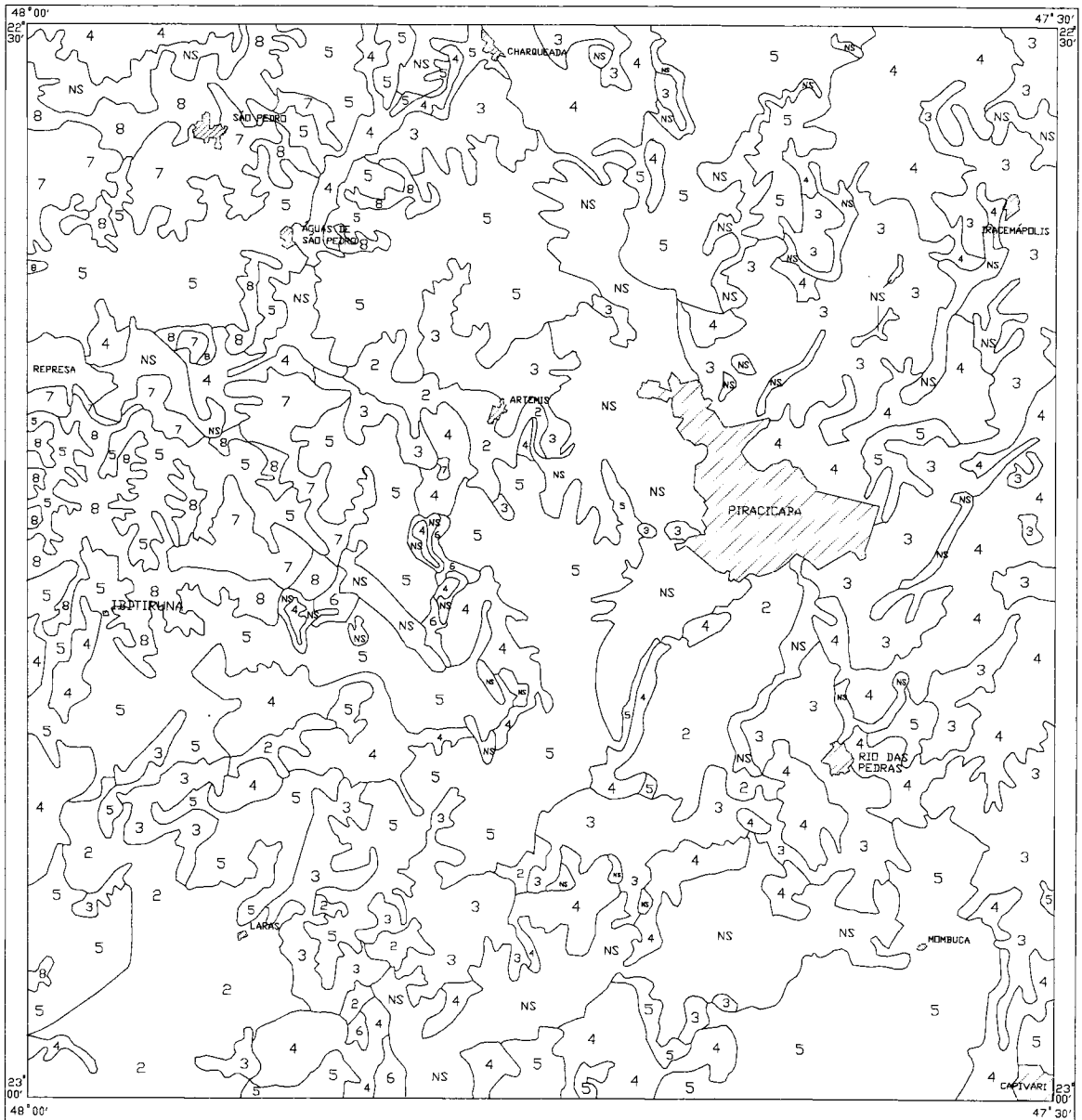


FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA



LEGENDA

CLASSES DE POTENCIAL DE RISCO A EROSÃO

- NS - NÃO SUSCEPTÍVEL
- 1 a 3 - POUCO SUSCEPTÍVEL
- 4 a 6 - SUSCEPTÍVEL
- 7 a 10 - MUITO SUSCEPTÍVEL

FIG. 02

CARTA DO POTENCIAL DE RISCO A EROSÃO ACELERADA DA FOLHA DE PIRACICABA-SP

N



2 0 2 4 6 Km

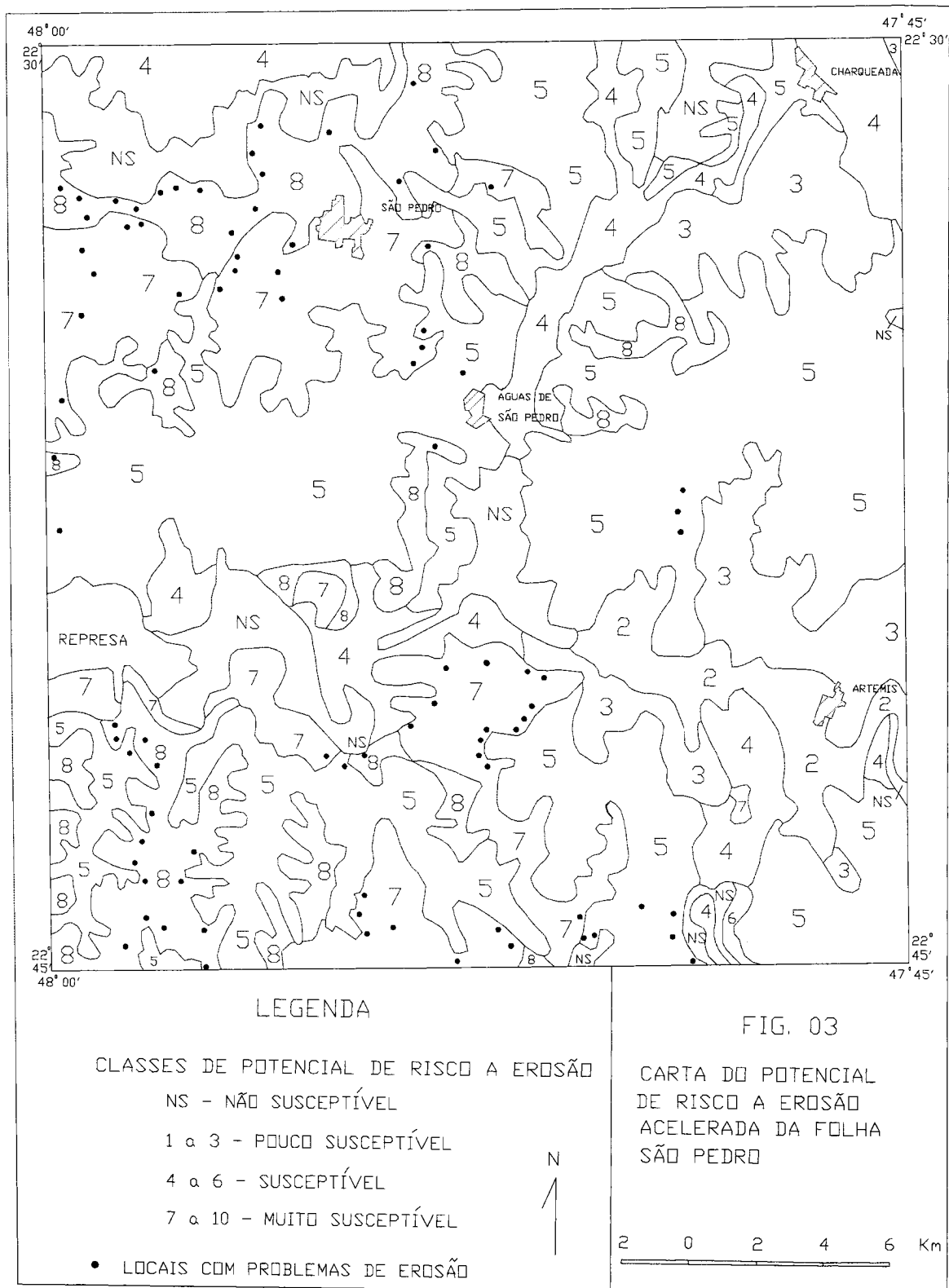




Figura 4: Boçoroca de grandes dimensões - próxima a cidade de São Pedro.



Figura 5 - Processo de recuperação da área da Boçoroca, mostrada na Foto 1, iniciado em dezembro de 1991.



Figura 6 - Aspecto de uma parte da área recuperada. Notar as curvas de nível baixas e sem nenhuma proteção vegetal.



Figura 7 - Curva de nível com rompimento parcial já na primeiras chuvas mais intensas do verão de 1992.

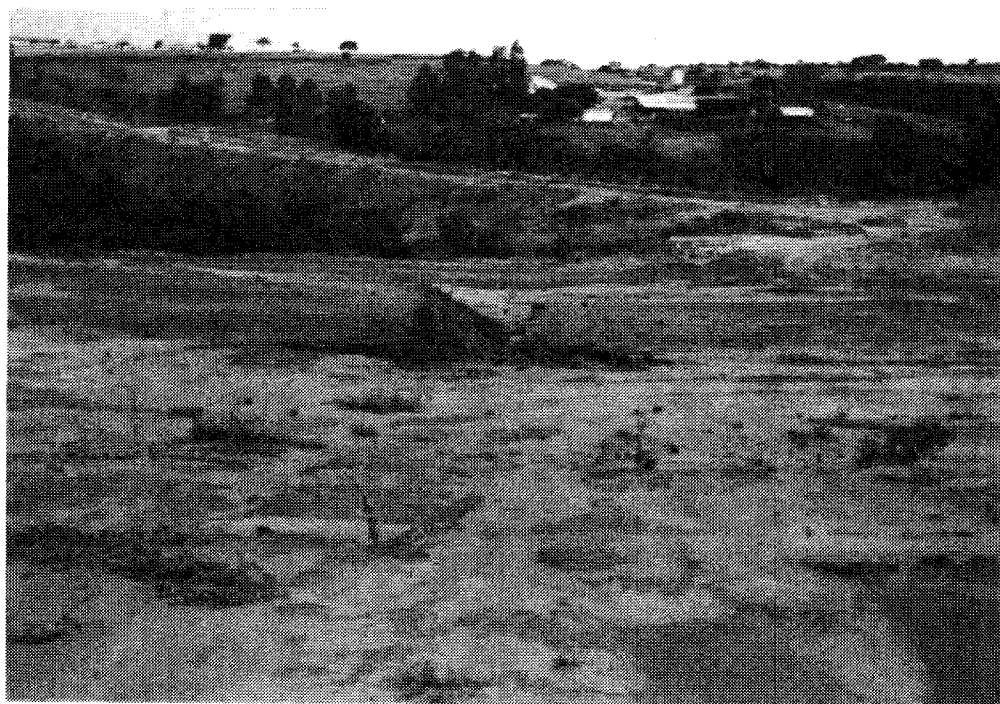


Figura 8 - Aspecto da região em agosto de 1995 após ter passado por um período de chuvas intensas. Observar que a erosão foi totalmente retomada.



Figura 9 - Área totalmente degradada, com carreamento de sedimentos para a drenagem (região com mata). Notar a posição do aterro da estrada que foi rompido devido ao assoreamento da drenagem.

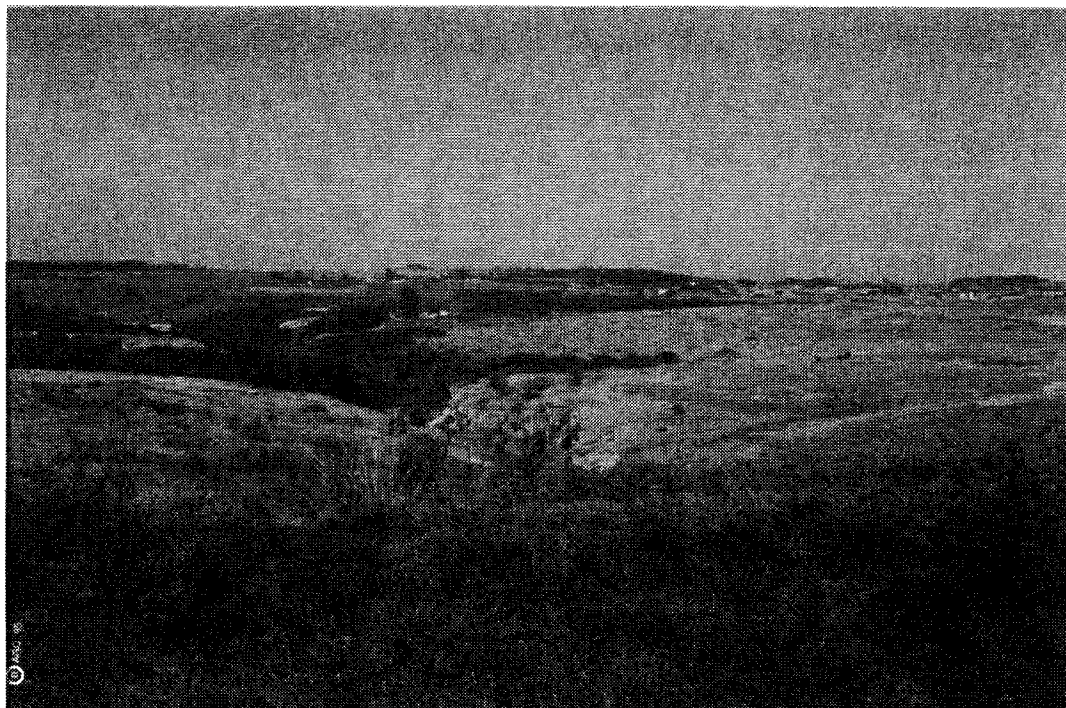


Figura 10 - Vista do aterro rompido devido ao acúmulo de água decorrente do assoreamento da drenagem.

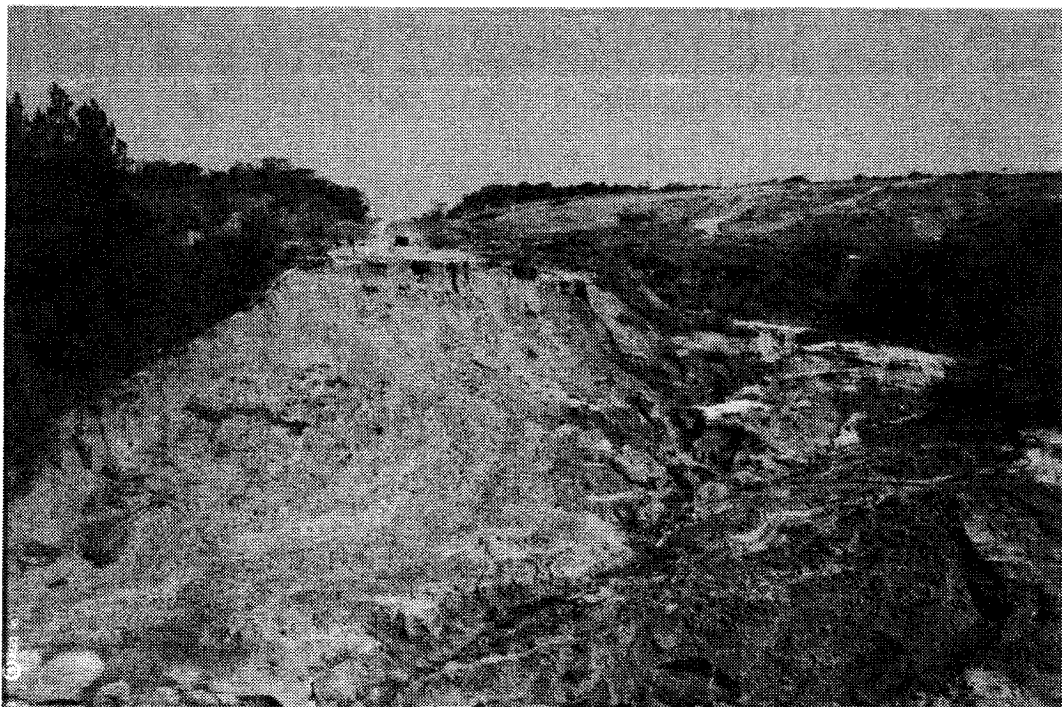


Figura 11 - Degradação da área e da vegetação devido ao acúmulo de água. Marcas escuras nas árvores indicam o nível que as águas atingiram.

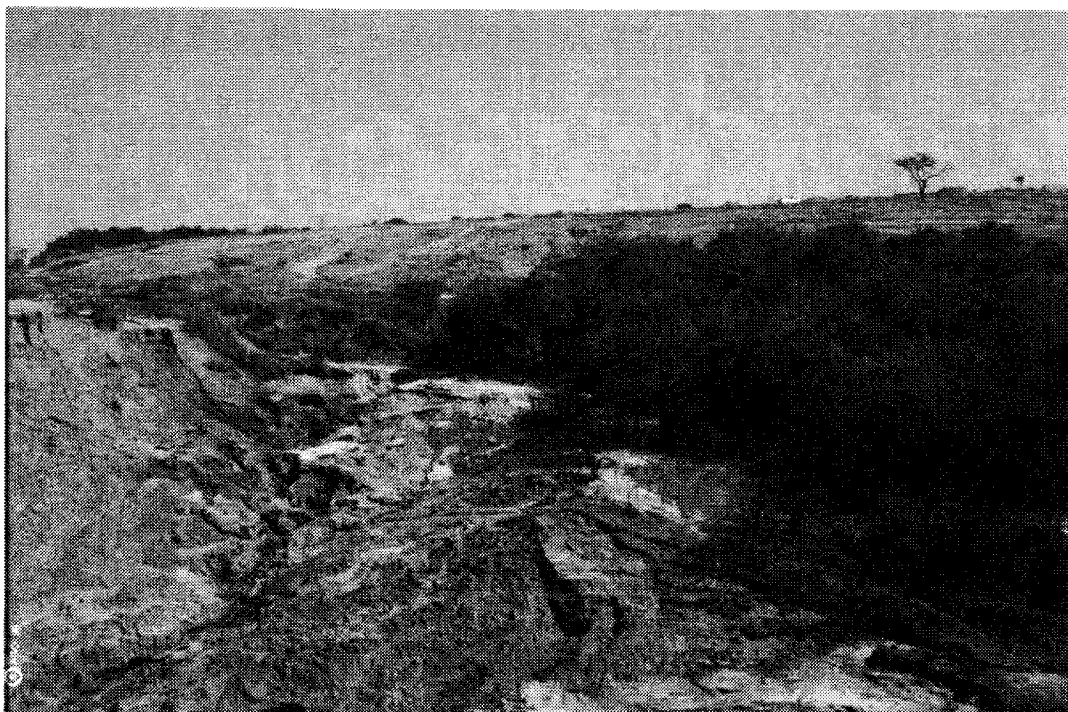


Figura 12 - Estrada totalmente destruída devido ao rompimento do aterro.

