

2422

S

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre



**PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE PORTO ALEGRE**

PROTEGER

PHL
014366
2007

**SUSCETIBILIDADE À EROSÃO
DA BACIA DO RIO GRAVATAÍ - RS**

Execução

*Geól. Douglas Roberto Trainini - CPRM
Geól. Marco Antonio Randazzo - Autônomo
Geól. Vitorio Orlandi Filho - CPRM
Estag. geologia Paulo Roberto Dias Baptista*

Elaboração do Texto

*Geól. Douglas Roberto Trainini - CPRM
Geól. Antonio Silvio Jornada Krebs - CPRM
Geól. Vitorio Orlandi Filho - CPRM*

EQUIPE TÉCNICA

*Eduardo Camozzato/
Luiz Fernando Fontes de Albuquerque*
Gerente de Recursos Minerais

Vitório Orlandi Filho
Coordenação Técnica - CPRM

Nanci Begnini Giugno
Coordenação Técnica - METROPLAN

Vitório Orlandi Filho
Chefe do Projeto

Luís Edmundo Giffoni
Serviço de Editoração Regional CPRM

PROJETO CARTAS TEMÁTICAS DA BACIA DO RIO GRAVATAÍ - RS

Geól. Antonio Sílvio Jornada Krebs - CPRM
Geól. Douglas Roberto Trainini - CPRM
Eng. Flor. Flávia Muradas Bulhões - Autônoma
Eng. Agr. Júlio Cesar Volpi - METROPLAN
Biól. Lisiane Ferri - Autônoma
Geól. Marco Antonio Randazzo - Autônomo
Eng. Civil Mauro Jungblut - Autônomo
Eng. Civil Nanci Begnini Giugno - METROPLAN
Geógr. Shirley Dini Nielsen - METROPLAN
Geól. Vitório Orlandi Filho - CPRM
Estag. geologia Paulo Roberto Dias Baptista
Estag. geografia Gherta Caimi

Ficha Catalográfica

T768 Trainini, Douglas R.

Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS/Douglas R. Trainini;
Antonio S. J. Krebs; Vitório Orlandi Filho. - Porto Alegre : CPRM/METROPLAN,
1994.

1 v.:il; mapa - (Série Ordenamento Territorial - Porto Alegre - Volume 03)
"Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto
Alegre - PROTEGER".

1. Planejamento Territorial Regional - Rio Grande do Sul
2. Erosão - Rio Grande do Sul
 - I. Krebs, Antonio S.J.
 - II. Orlandi Fº, Vitório
 - III. Título

CDU 711.2 (816.5)
551.3.053 (816.5)

Ilustração da capa: imagem multiespectral do satélite LANDSAT TM-5, de 16/09/90, abrangendo o Delta do Jacuí e Estuário do Guaíba.

APRESENTAÇÃO

Este caderno técnico trata especificamente dos resultados obtidos com a elaboração da **CARTA DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DA BACIA DO RIO GRAVATAÍ**, a qual faz parte do projeto *Cartas Temáticas da Bacia do Rio Gravataí - RS*, executado com o objetivo de subsidiar as autoridades competentes no planejamento e gerenciamento desta bacia.

Este projeto, juntamente com o projeto *Monitoramento Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí - RS*, compõe o subprograma *Gerenciamento de Bacias Hidrográficas*, do *Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - PROTEGER*, e tem seus resultados divulgados através dos Volumes a seguir relacionados:

- Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS
- Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS
- Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS
- Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS
- Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS
- Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS

Paralelamente ao desenvolvimento destas atividades do projeto, o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Gravataí, através de seus grupos técnicos, vem realizando diversos trabalhos referentes à caracterização desta bacia. Destacam-se os trabalhos já concluídos pelo Comitê sobre a geologia e a mineração da área, consubstanciados nos relatórios "Extração Mineral na Bacia do Rio Gravataí" e "Jazidas Carboníferas e Aspectos Ambientais de seu Eventual Aproveitamento". Sobre a qualidade da água de seus recursos hídricos foi elaborado o relatório "Avaliação da Qualidade das Águas do Rio Gravataí". Foram também realizados os seguintes cadastramentos na escala 1:50.000:

- Indústrias cadastradas na Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM, por tipo de carga poluidora;
- Poços profundos com informações cadastradas;
- Depósitos de lixo municipais.

Do cruzamento dos mapas e cartas elaborados pelo **PROTEGER**, com aqueles produzidos pelo Comitê, obter-se-ão cartas integradas, indispensáveis ao planejamento do uso e ocupação do solo, bem como ao gerenciamento do uso da água da bacia.

Originalmente este trabalho foi editado através de uma série regional de publicações intitulada *Série GATE - Bacia do Rio Gravataí*, sob a designação de *Caderno Técnico 05*. Visando sua integração à série nacional de publicações do GATE, passa a constituir o *Volume 03* da *Série Ordenamento Territorial* da Superintendência Regional de Porto Alegre.

Em decorrência, os termos *Volume* e *Caderno Técnico* são apresentados neste trabalho com o mesmo significado.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - BASE CONCEITUAL DE EROSÃO	5
2.1 - Fatores que Influenciam a Erosão	5
2.1.1 - Fatores Naturais da Erosão	5
2.1.2 - Fatores Antrópicos da Erosão	7
3 - METODOLOGIA	8
4 - CLASSES DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO	10
4.1 - Áreas de Baixo Risco	10
4.2 - Áreas de Risco Moderado	10
4.3 - Áreas de Alto Risco	10
4.4 - Áreas de Muito Alto Risco	11
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	12
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

- ANEXO

Documentação Fotográfica

- ENCARTES

Carta de Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí,RS - Escala 1:50.000.
Folhas: Osório - Santo Antônio da Patrulha - Lagoa Capivari - Gravataí - Passo do Vigário - São Leopoldo - Porto Alegre.
Cartas apresentadas em escala reduzida para fins de ilustração. Cópias destas cartas, na escala original, poderão ser obtidas na METROPLAN ou na CPRM/Porto Alegre.

1 - INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Gravataí foi selecionada como bacia piloto dentro do subprograma "Gerenciamento de Bacias Hidrográficas", para o desenvolvimento de uma metodologia que permitisse o cruzamento de diversas características de seu meio físico e para a instalação e operação de uma rede hidrometeorológica padrão.

Este subprograma teve sua origem no reconhecimento de duas experiências que estão em desenvolvimento no Estado do Rio Grande do Sul, em termos de gerenciamento de bacias hidrográficas e que estão consubstanciadas nas ações dos Comitês Sinos e Gravataí. Este tipo de abordagem encontra respaldo legal nas constituições federal e estadual respectivamente de 1988 e de 1989. Para o atendimento do artigo 171 da Constituição Estadual, que prevê a regulamentação do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, foi elaborado um Projeto de Lei a ser encaminhado ao Legislativo, onde é previsto o fortalecimento dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas.

Tanto para as ações de curto prazo, como em especial para as de médio e longo prazo, torna-se imprescindível o conhecimento dos recursos naturais do solo e do subsolo da bacia hidrográfica em estudo, bem como do regime hídrico de seus cursos d'água. Neste sentido, este subprograma contemplou o desenvolvimento de dois projetos:

- Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí;
- Cartas Temáticas Multidisciplinares da Bacia do Rio Gravataí.

A bacia hidrográfica do rio Gravataí, (Figura 1), com área aproximada de 2020 km², localiza-se na região nordeste do Estado, entre a Lagoa dos Patos, o Estuário do Guaíba, a Serra Geral e a bacia do rio dos Sinos.

Situam-se total ou parcialmente na bacia os seguintes municípios: Alvorada, Glorinha, Cachoeirinha, Santo Antônio da Patrulha, Gravataí, Viamão, Porto Alegre, Canoas e Taquara, sendo que aproximadamente 76% de sua área total situa-se na Região Metropolitana de Porto Alegre.

Sendo uma bacia hidrográfica de pequena dimensão, não existem afluentes de porte em termos de vazão. O rio Gravataí recebe apenas a contribuição de alguns arroios drenantes das águas de vertentes, alimentadas pelas chuvas, e dos banhados de montante.

Esse curso d'água tem suas cabeceiras nos banhados Grande (44 km²) e dos Pachecos (22 km²), sendo que este último tem sua efluência em uma grande barragem, nas terras de propriedade da empresa Incobrasa.

Além de sua importante função ambiental, o Banhado Grande atua como regularizador do rio Gravataí, através do chamado "efeito esponja", o qual, em épocas chuvosas, aumenta os tempos de concentração, amortecendo as cheias e, nas estiagens, ao dar vazão aos volumes d'água acumulados, regulariza as pequenas descargas em patamares mais elevados.

A topografia baixa e plana na parte central da bacia, juntamente com o represamento das águas devido às flutuações de nível do estuário do Guaíba ocasionam um escoamento fluvial bastante lento. Este fenômeno provoca, em algumas oportunidades, a inversão de fluxo no trecho inferior, o que, aliado às baixas velocidades de escoamento, à pequena capacidade de aeração e à considerável quantidade de cargas poluidoras que chegam ao rio Gravataí, acarreta graves problemas na qualidade de suas águas.

Apesar de constituir importante manancial da Região Metropolitana de Porto Alegre, devido à sua localização geográfica, o Gravataí carecia, até meados de 1991, de informações mais detalhadas sobre sua potencialidade hídrica, ou seja, de dados hidrometeorológicos que permitissem o planejamento do uso harmônico da água, bem como de projetos voltados à melhoria e preservação das condições ambientais da região.

Visando subsidiar as ações do Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Gravataí, que tem, entre seus objetivos, a recuperação das condições qualitativas do curso d'água, garantindo sua manutenção como manancial

REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

FIGURA 1



BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ

abastecedor das populações aí residentes, o **PROTEGER**, em seu subprograma "Gerenciamento de Bacias Hidrográficas", planejou e executou o projeto "Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí".

Este projeto tem como finalidades principais a avaliação e o monitoramento da disponibilidade hídrica da bacia. Com esse objetivo, foi projetada e instalada uma rede hidrometeorológica constituída por estações pluviográficas, linigráficas e por uma estação fluviométrica.

Esta bacia hidrográfica constitui-se, por suas características geológicas, hídricas e climatológicas, numa região de tênue equilíbrio ecológico, onde a ação antrópica tem que ser bem planejada e constantemente monitorada. Por abranger grandes centros populacionais e abrigar importantes pólos industriais, esta bacia vem sofrendo uma crescente e desordenada ocupação de seu solo, acompanhada, como conseqüência, de uma contínua degradação da qualidade d'água dos seus mananciais hídricos.

Apesar, de todo este panorama crítico da bacia do rio Gravataí, é possível afirmar

que os planejadores não dispõem de instrumental técnico que lhes permita gerenciar harmoniosamente o uso dos recursos naturais e a ocupação do solo da região.

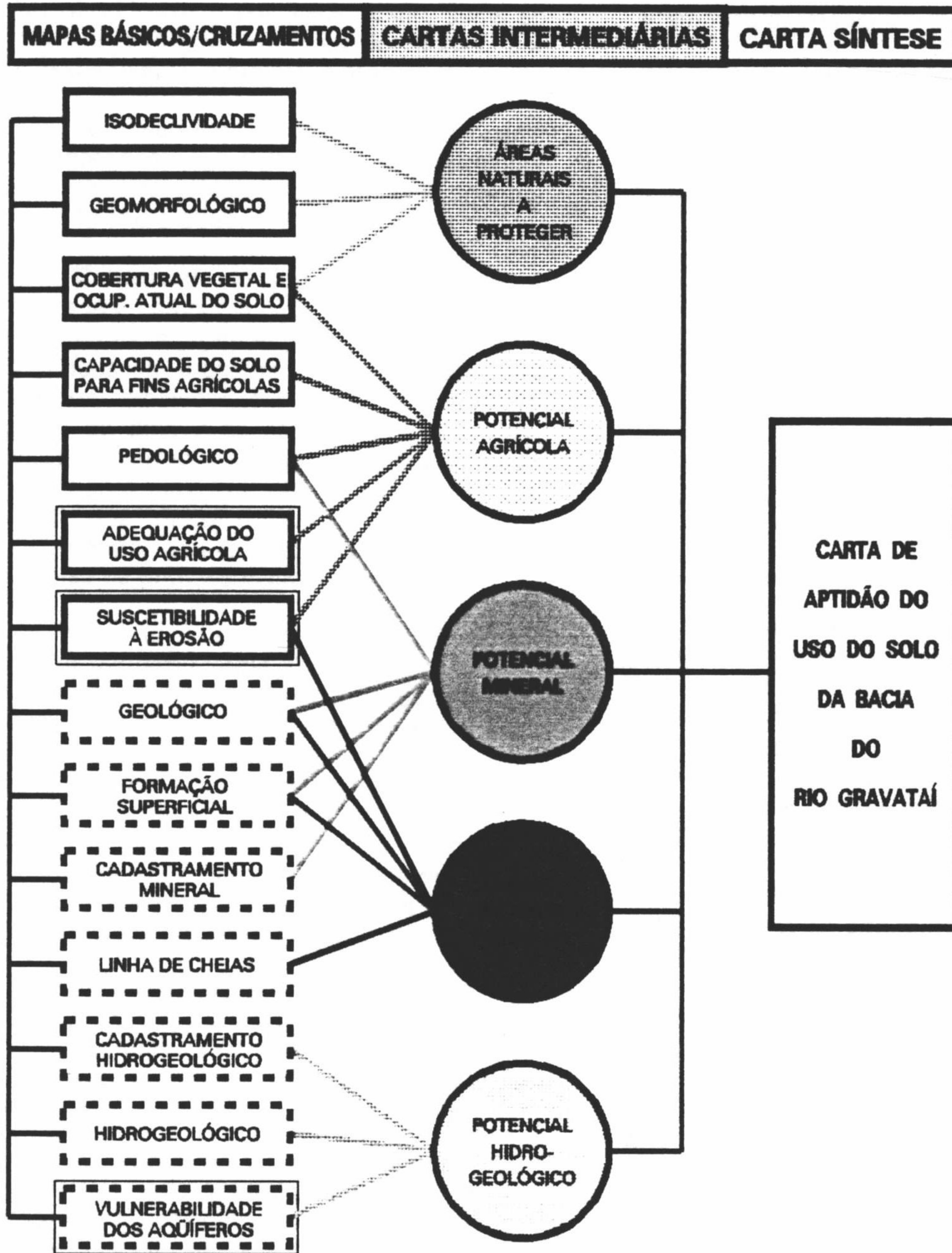
O projeto "Cartas Temáticas Multidisciplinares da Bacia do Rio Gravataí", através do conhecimento e estudo básico dos seus recursos naturais e do comportamento de seu solo e subsolo, resultará em indispensável subsídio ao gerenciamento desta bacia.

Dentro deste contexto foi elaborado o presente Caderno Técnico que tem por tema a Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí, RS, obtida a partir do cruzamento do Mapa Pedológico com o Mapa de Isodeclividade (**Figura 2**), além da observação das voçorocas e sulcos existentes na área.

A Carta de Suscetibilidade à Erosão traduz em si mesma as áreas com maior ou menor risco à erosão, e, por conseqüência, os danos que um uso inadequado pode provocar. Constitui-se em documento básico para a orientação do uso e ocupação do solo da bacia, auxiliando na indicação das áreas onde esta atividade pode intensificar ou gerar os processos erosivos.

CARTAS TEMÁTICAS

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ



2 - BASE CONCEITUAL DE EROÇÃO

A superfície da Terra onde se desenvolve a maioria das atividades humanas é em geral coberta por solos. Estes solos se formam através da alteração de rochas, por processos físicos, químicos e orgânicos.

A erosão é o processo pelo qual ocorre a desagregação e o transporte das partículas que constituem os solos. Os principais agentes de erosão são a água, o vento e o gelo.

Entretanto, em regiões subtropicais a temperadas, como é o caso do Rio Grande do Sul, somente o agente água tem significado nos processos erosivos. Nestas regiões os processos erosivos têm início a partir do impacto de pingos de chuva no terreno produzindo desagregação das partículas. A partir do momento em que os pingos de chuva formam uma massa d'água, com capacidade de transporte das partículas desagregadas, iniciam-se os processos erosivos.

Quando o escoamento superficial se processa uniformemente encosta abaixo, sem constituir caminhos preferenciais, ocorre o que se denomina erosão laminar ou em lençol. Por outro lado, se o escoamento se processa através de canais preferenciais, desenvolve-se erosão concentrada, gerando ravinamentos e sulcos. Quando ocorre a interação do escoamento superficial e subsuperficial, se formam as voçorocas, que são os estágios mais avançados deste tipo de erosão.

2.1 - Fatores que Influenciam a Erosão

Os fatores determinantes dos processos erosivos na área em estudo são de ordem natural e antrópica.

Os principais fatores naturais são: clima, relevo, solo, rocha e vegetação. Estes fatores foram considerados na elaboração da Carta de Suscetibilidade à Erosão, através dos mapas geológico, geomorfológico, pedológico e de cobertura vegetal.

A ação antrópica, representada pela intervenção humana, é decisiva para a aceleração dos processos erosivos a partir de desmatamentos e seguido pelo cultivo de terras,

implantação de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, principalmente quando efetuados de maneira inadequada.

2.1.1 - Fatores Naturais da Erosão

- Clima: A ação dos fatores climáticos como agentes de erosão pode-se verificar de duas maneiras: direta e indireta.

A ação direta mais importante é causada pela precipitação pluviométrica visto que os demais elementos (temperatura, umidade e ventos), têm pouca influência nos trabalhos da erosão.

A influência da ação das precipitações no processo erosivo não é considerada apenas pela quantidade anual de chuvas, mas principalmente pela distribuição dessas durante o ano.

Desta forma, a chuva provoca uma aceleração maior ou menor, dependendo da forma como cai. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, como trombas d'água, durante períodos chuvosos, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Durante estes eventos a aceleração da erosão é máxima. É nestas ocasiões que ravinas e voçorocas ativas avançam de maneira extremamente rápida, criando, muitas vezes, situações emergenciais nas periferias das cidades.

Por outro lado, a ação indireta mais importante é a cobertura vegetal. Os diferentes tipos de vegetação que recobrem o solo têm influências diversas no comportamento deste diante da atuação dos processos erosivos. Em áreas de vegetação exuberante, os efeitos da erosão são pouco expressivos, visto que a copa das árvores, as folhas e a matéria orgânica que existe sobre o solo amortecem o impacto dos pingos de chuva, reduzindo o escoamento superficial, diminuindo a capacidade das águas removerem e transportarem partículas do solo. À medida que vai decrescendo a cobertura vegetal, os terrenos vão se tornando mais propícios à erosão.

- **Relevo** : Os fatores topográficos declividade do terreno, formas de relevo, regularidade e extensão do declive têm influência decisiva na intensidade da erosão.

A maior extensão das encostas e o aumento da declividade ocasionam um acréscimo na velocidade do escoamento superficial da água, produzindo maior capacidade erosiva, proporcionando o carreamento de maior quantidade de partículas sólidas para as regiões mais baixas.

A forma e a regularidade do terreno vão indicar o tipo de erosão que será originada. Assim, uma encosta de forma plana ou levemente convexa tenderá, de um modo geral, a originar uma erosão laminar, ao passo que uma encosta com formas côncavas tenderá a formar ravinas e voçorocas.

- **Variáveis Físicas do Solo**: As principais características físicas do solo, de acordo com alguns autores tais como De Llano & Baro (1983) são textura, estrutura, profundidade e permeabilidade.

Além dessas, de acordo com os dados divulgados no Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais (IPT, 1992) e no Manual Ocupação de Encostas (1991), também são importantes as propriedades químicas, biológicas e mineralógicas do solo e ainda sua densidade, porosidade e gradiente textural.

- **Textura**: É uma das características que condicionam a erosão na capacidade de infiltração e absorção das águas da chuva e na capacidade de remoção das partículas do solo, podendo favorecer a concentração do escoamento superficial. De uma maneira geral solos mais arenosos se desagregam com mais facilidade que solos argilosos.

- **Profundidade**: Inlui na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais.

Geralmente solos profundos e permeáveis resistem bem aos efeitos da erosão. Quando temos solos pouco profundos, a água que se infiltra, ao encontrar o substrato rochoso, caso este seja impermeável, provocará um acúmulo no perfil, saturando-o rapidamente, originando um fluxo concentrado logo abaixo da superfície do terreno,

provocando fenômeno de "piping".

Desta forma, outro fator importante é a presença e profundidade do lençol freático, pois devido a ele, solos rasos e facilmente erodíveis podem resistir aos processos erosivos por não conterem em seu interior o lençol freático. Por outro lado, solos profundos e permeáveis, menos suscetíveis à erosão, podem originar ravinações e voçorocas quando induzidos por elevadas concentrações de águas superficiais, sem dissipação de energia, cuja ação de aprofundamento no solo atinja o lençol freático.

- **Permeabilidade, Densidade e Porosidade do Solo**: Determinam a maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva. A baixa porosidade e permeabilidade ocasionam um aumento no fluxo superficial, mas por outro lado, uma permeabilidade excessiva em rochas arenosas friáveis pode causar efeitos danosos, devido a processos de lixiviação, ou seja, a lixiviação das partículas menores existentes no horizonte superficial para horizontes inferiores.

- **Estrutura**: Reflete a resistência que o solo vai oferecer aos processos erosivos, influenciando na capacidade de infiltração, absorção e remoção das partículas do solo. Dessa forma a força da água sobre um solo depende da sua capacidade de arrancar partículas e carregá-las em suspensão. A maior ou menor resistência que o solo oferece aos agentes da erosão depende diretamente da maior ou menor estabilidade de seus agregados.

Pode também favorecer o escoamento superficial e subsuperficial. Na bacia do rio do Peixe - Paranapanema (Controle de Erosão, 1990) foi observado que a maior incidência de ravinas e voçorocas ocorre em solos com estrutura prismática. Este tipo de estrutura, assim como a estrutura em blocos, facilitam a concentração do escoamento em filetes, coincidentes com a disposição das macroestruturas, favorecendo a formação de ravinas e voçorocas.

- **Gradiente Textural**: Inlui na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais. Solos uniformes ao longo de todo seu perfil, geralmente resistem melhor aos processos erosivos.

No caso dos solos podzólicos, por exemplo, quando existir grande heterogeneidade de textura entre os diferentes horizontes que compõem o perfil do solo, podem ocorrer fluxos subsuperficiais que induzirão a formação de ravinas e voçorocas.

- **Propriedades Químicas, Biológicas e Mineralógicas** : Influem no estado de agregação e coesão entre as partículas interferindo na estruturação do solo e na remoção das partículas por ação da água. A maior ou menor coesão da rocha vai depender do grau de cimentação e litificação que a mesma apresenta. Assim, rochas com abundante matriz ou cimento silicoso ou ferruginoso, resistem bem aos processos erosivos, mas se possuírem matriz ou cimento carbonático são facilmente desagregáveis pela ação da água.

2.1.2 - Fatores Antrópicos da Erosão

Da mesma forma que os fatores naturais agem sobre os processos erosivos, um conjunto de fatores antrópicos podem contribuir para acelerar estes processos.

Os principais fatores antrópicos responsáveis pela erosão acelerada são desmatamento, abertura de estradas, construção de barragens, preparação de áreas para a agricultura, atividades mineiras e agropastoris e expansão urbana desordenada.

O traçado de estradas em locais geologicamente inadequados, como áreas de várzeas ou encostas com declividades acentuadas, pode causar problemas de inundação por represamento das águas pluviais ou originar fluxos concentrados nas canaletas laterais formando sulcos e ravinas.

Em épocas de chuvas intensas, os cortes muito inclinados e profundos dos taludes efetuados em terrenos cujas características geotécnicas do solo e do substrato rochoso são inadequadas podem causar problemas como desabamentos, por exemplo. Nos locais de retirada de material de empréstimo para a realização de aterros, pode também ser provocada erosão acelerada devido à atuação do escoamento superficial sobre o solo desnudo.

A construção de barragens pode ocasionar problemas em diferentes locais. À montante, a elevação do nível da água poderá

provocar inundações em áreas anteriormente protegidas, bem como a diminuição da energia de fluxo, que origina assoreamentos em diferentes trechos do leito dos rios e do próprio reservatório, com perda da capacidade de armazenamento de água. À jusante, devido ao rebaixamento da lâmina d'água, frequentemente ocorrem fenômenos de erosão remontante nos vales em que se encaixam as drenagens tributárias.

O desenvolvimento de atividades agrícolas em áreas suscetíveis à erosão, sem obedecer técnicas de manejo e conservação, propicia o carreamento de grande quantidade de partículas do solo para as drenagens, assoreando o leito destas e diminuindo a qualidade da água. Da mesma forma na criação de gado em pequenas propriedades rurais quando a lotação excede a área disponível, o pisoteio dos animais em áreas divisórias, se constitui em caminhos preferenciais para os processos erosivos (**Foto 1**).

As atividades mineiras desenvolvidas a céu aberto, caso não obedeçam a um plano de lavra adequado, no que diz respeito à disposição dos rejeitos, também provocam assoreamento e contaminação nos cursos d'água. No caso de lavras efetuadas no próprio leito dos rios, como por exemplo: extrações de areia, cascalho, e garimpos que utilizam equipamento de dragagem sem técnicas adequadas, causam modificações no regime de fluxo, provocando assoreamentos, solapamentos e desabamentos nas margens, e, em casos extremos, modificações no curso da própria drenagem.

A expansão urbana desordenada com a ocupação das encostas através da implantação de loteamentos, edificações, ou obras viárias, acentuam os problemas relacionados com a erosão urbana.

Em alguns casos, para permitir a circulação de veículos, são realizados cortes profundos visando diminuir a declividade do terreno. Com isso, em épocas de chuvas intensas ocorrem fluxos concentrados que jogam para as porções mais baixas grandes quantidades de lama, entupindo ou obstruindo as canalizações pluviais. Nos loteamentos em encostas, freqüentemente os arruamentos são feitos com disposição perpendicular ao declive e sem um sistema de drenagem eficiente, provocando erosão acelerada (**Foto 2**).

3 - METODOLOGIA

A metodologia adotada baseou-se naquela elaborada pelo IPT (1992) e divulgada no Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais (1992), assim como os conceitos e técnicas adotados no trabalho: Controle de Erosão (1990), desenvolvido pela Secretaria de Energia e Saneamento do Estado de São Paulo - DAEE.

Foram inicialmente confeccionados, no âmbito do projeto, na escala 1:50.000, os mapas geomorfológico, pedológico e de isodeclividade, objeto dos Cadernos Técnicos 01, 02 e 03, respectivamente.

O mapa geológico consultado foi o que consta do trabalho "Extração Mineral na Bacia

do Rio Gravataí", elaborado pelo Comitê do rio Gravataí. Trata-se de um mapa de compilação na escala 1:50.000.

O cruzamento dos mapas pedológico e de isodeclividade permitiu a confecção de uma tabela de suscetibilidade à erosão laminar (Tabela 1), que orientou a confecção dos mapas de suscetibilidade à erosão laminar, também na escala 1:50.000.

O produto final, denominado Carta de Suscetibilidade à Erosão, foi obtido através do cruzamento dos vários mapas temáticos, acrescido de observações "in loco" de ravinas e voçorocas.

TABELA 1- Graus de suscetibilidade à erosão laminar, obtidos a partir do cruzamento dos mapas pedológico e de isodeclividade.

ISODECLIVIDADE					
TIPO DE SOLO	ESPECIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS	> 20%	ACIMA DE 12-20 %	ACIMA DE 6-12 %	0 - 6 %
HGH	Hidromórfico Glei-Húmico	===	===	===	N
PL	Planossolo	===	===	===	N
PV7/PL	Associação Podzólico Vermelho-Amarelo, não abruptico, arenoso/médio e Planossolo	===	===	===	B
TR	Terra Roxa Estruturada	M	B	B	N
PE	Podzólico Vermelho-Escuro	A	M	M	B
PV2	Podzólico Vermelho-Amarelo, médio/argiloso	A	M	M	B
PV1	Podzólico Vermelho-Amarelo, não abruptico, médio-argiloso	MA	A	A	M
PV4, PV4,PL	Podzólico Vermelho-Amarelo, não abruptico, médio/argiloso e Associação PV4 com Planossolo	MA	A	A	M
PV5	Podzólico Vermelho-Amarelo, abruptico e não abruptico, argiloso/médio	MA	A	A	M
PV3 E PV3/PV7	Podzólico Vermelho-Amarelo, abruptico, arenoso/médio e Associação PV3/PV7 (não abruptico)	MA	MA	A	A
PV6	Podzólico Vermelho-Amarelo, abruptico e não abruptico, médio/argiloso	MA	MA	A	A
R	Lítico e Cambissolo médio/cascalento/argiloso	MA	MA	A	A

Suscetibilidade à erosão laminar: MA= muito alta; A= alta; M= moderada; B= baixa; N= nula.

4 - CLASSES DE SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO

Os estudos efetuados na bacia do rio Gravataí permitiram identificar cinco diferentes graus de suscetibilidade à erosão laminar. Tais graus complementados com observações de campo e cruzados com o mapa geomorfológico, onde foram analisadas forma e extensão das encostas, presença de ravinas e voçorocas fundamentaram a elaboração do produto final denominado Carta de Suscetibilidade à Erosão.

Estes diferentes graus de suscetibilidade foram agrupados em quatro classes de risco à erosão, entendendo-se por risco a maior ou menor propensão intrínseca da área aos processos erosivos:

- Áreas de Baixo Risco
- Áreas de Risco Moderado
- Áreas de Alto Risco
- Áreas de Muito Alto Risco

4.1 - Áreas de Baixo Risco

As áreas de baixo risco compreendem as áreas de suscetibilidade à erosão nula e baixa. Ocupam a maior parte da extensão superficial da bacia; distribuem-se principalmente no centro da mesma, em áreas planas ou suavemente onduladas, com declividades menores que 6%, que constituem aluviões e terraços atuais e subatuais das várzeas e planícies de inundação do rio Gravataí e de seus afluentes, além de depósitos flúvio-lagunares, lagunares e turfáceos.

São também áreas de baixo risco, os topos do platô basáltico ao norte da bacia e o relevo suavemente ondulado dos depósitos terciários de encosta, mais concentrados nas porções oeste e sudoeste da bacia, sempre com declividades menores do que 6%.

Nos platôs basálticos desenvolvem-se solos tipo Terra Roxa Estruturada. Nos depósitos de encosta, solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, médio/argilosos, enquanto nas áreas de aluviões e terraços desenvolvem-se solos hidromórficos do tipo Glei Húmico e Pla-

nossolos.

4.2 - Áreas de Risco Moderado

As áreas de risco moderado distribuem-se por toda a bacia, ocupando a segunda maior extensão superficial. São as encostas de platô basáltico no norte e leste da bacia, com declividades acima de 20% em solos tipo Terra Roxa Estruturada, ou declividades entre 6 e 20% quando o solo desenvolvido é do tipo Podzólico Vermelho-Escuro.

Sobre os depósitos de encosta terciários e quaternários que apresentam relevo coxilhado com mergulho para o centro da bacia, tanto ao norte quanto ao sul, desenvolvem-se solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, não abruptos, argiloso e arenoso/médio. Tais depósitos, mesmo com baixas declividades entre 0-6%, mostram risco moderado à erosão. Nas porções oeste, noroeste e sudoeste da bacia, coxilhas onduladas sobre substrato granítico ou sedimentar apresentam o mesmo tipo de solo e o mesmo risco.

4.3 - Áreas de Alto Risco

As áreas de alto risco ocupam a terceira posição em extensão; compreendem as áreas desde onduladas até fortemente onduladas de morros arredondados e alongados, e distribuem-se por toda a extensão da bacia. Nas regiões leste, norte e centro-norte, compreendem as áreas basálticas com vertentes muito fortes, acima de 20%, com solos Podzólicos Vermelho-Escuro, e solos do tipo Litólico e Cambissolo; as áreas com rochas arenosas da Formação Botucatu com declividades até 12%, com solos Litólicos e Podzólico Vermelho-Amarelo, médio/ argiloso; áreas com depósitos de encosta quaternários e terciários, com declividades até 12% e solos Podzólicos Vermelho-Amarelo.

Na porção sul da bacia, na região da Coxilha das Lombas, as áreas de alto risco formam o fechamento da bacia, nas áreas arenosas, com solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, abruptos, arenoso/médio, com

declividades até 12%. Nas regiões oeste, noroeste e sudoeste da bacia, rochas sedimentares das Formações Palermo, Irati, Estrada Nova e Rosário do Sul e rochas granitóides, com solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, médio/argiloso, com declividades entre 6 e 20% apresentam alto risco à erosão. (Fotos 2 e 3).

4.4 - Áreas de Muito Alto Risco

As áreas de mais alto risco da bacia do rio Gravataí ocupam as posições periféricas da mesma, com maior incidência no limite norte, mormente na folha de Gravataí. Correspondem às unidades areníticas da Formação Botucatu, onde se desenvolvem solos Podzólicos Vermelho-Amarelo e Vermelho Escuro médio/argilosos com declividades maiores do que 12%; ocorrem também no sul da bacia, nos terrenos arenosos da Coxilha das Lombas, em solos Podzólicos

Vermelho-Amarelo abrupcos, arenosos/médios com declividades acima de 12% (Fotos 1, 4, 5, e 6); Litólicos e Cambissolos sobre rochas graníticas no extremo noroeste e sobre basaltos na porção noroeste com declividades acima de 12% mostram também situações de muito alto risco.

Porções menores, esparsas, em encostas com declividades maiores do que 20%, de rochas sedimentares das Formações Estrada Nova e Rosário do Sul e colúvios terciários, e de rochas graníticas com solos Podzólicos médio/argilosos, não abrupcos ocorrem em vários pontos da bacia. Na porção sul, encosta norte da Coxilha das Lombas, depósitos arenosos de encosta, com declividade maior do que 20%, desenvolvem solo Podzólico Vermelho-Amarelo abrupco, arenoso/médio, apresentando também muito alto risco à erosão.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através de cruzamento dos mapas pedológico e de isodeclividade, foram estabelecidos cinco graus de suscetibilidade à erosão laminar na área da bacia: muito alta, alta, moderada, baixa e nula.

Tais graus, complementados com observações de campo e cruzados com o mapa geomorfológico, permitiram a elaboração do produto final denominado Carta de Suscetibilidade à Erosão, onde os cinco graus de suscetibilidade foram agrupados em quatro Classes de Risco à Erosão:

- Áreas de Baixo Risco
- Áreas de Risco Moderado
- Áreas de Alto Risco
- Áreas de Muito Alto Risco

Predominam na bacia as áreas de risco baixo e moderado, localizando-se as de baixo risco nas regiões planas do centro da bacia e mais raro nos topos de platôs, enquanto as de risco moderado se distribuem por toda a bacia, nas encostas e coxilhas.

As áreas de alto risco e de muito alto risco ocupam posições periféricas, fazendo o fechamento da bacia, em zonas de declividades mais acentuadas. A ocupação de tais áreas deve ser acompanhada de estudos que impeçam o desenvolvimento dos processos erosivos, evitando, desta forma o assoreamento do rio Gravataí e de seus afluentes. Destacam-se entre os usos compatíveis com a fragilidade destas áreas o uso do solo através de pastagens ou reflorestamento.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTROLE DE EROSÃO: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas, 1990. 2 ed. São Paulo: DAEE/IPT. 92 p.

DE LLANO, F.L.C. & BARO, A.P.S. 1983. Tipologia y Evaluacion de Fenomenos Erosivos en la Cuenca: Area 3. IN: SEMINÁRIO SOBRE EROSION Y SEDIMENTACION EN CUENCAS DE MONTANA Republica Argentina, 1983.

IPT. 1992. Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais, 3. São Paulo. 291 p.

MANUAL OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS. 1991. São Paulo:IPT. 230 p.

Documentação Fotográfica

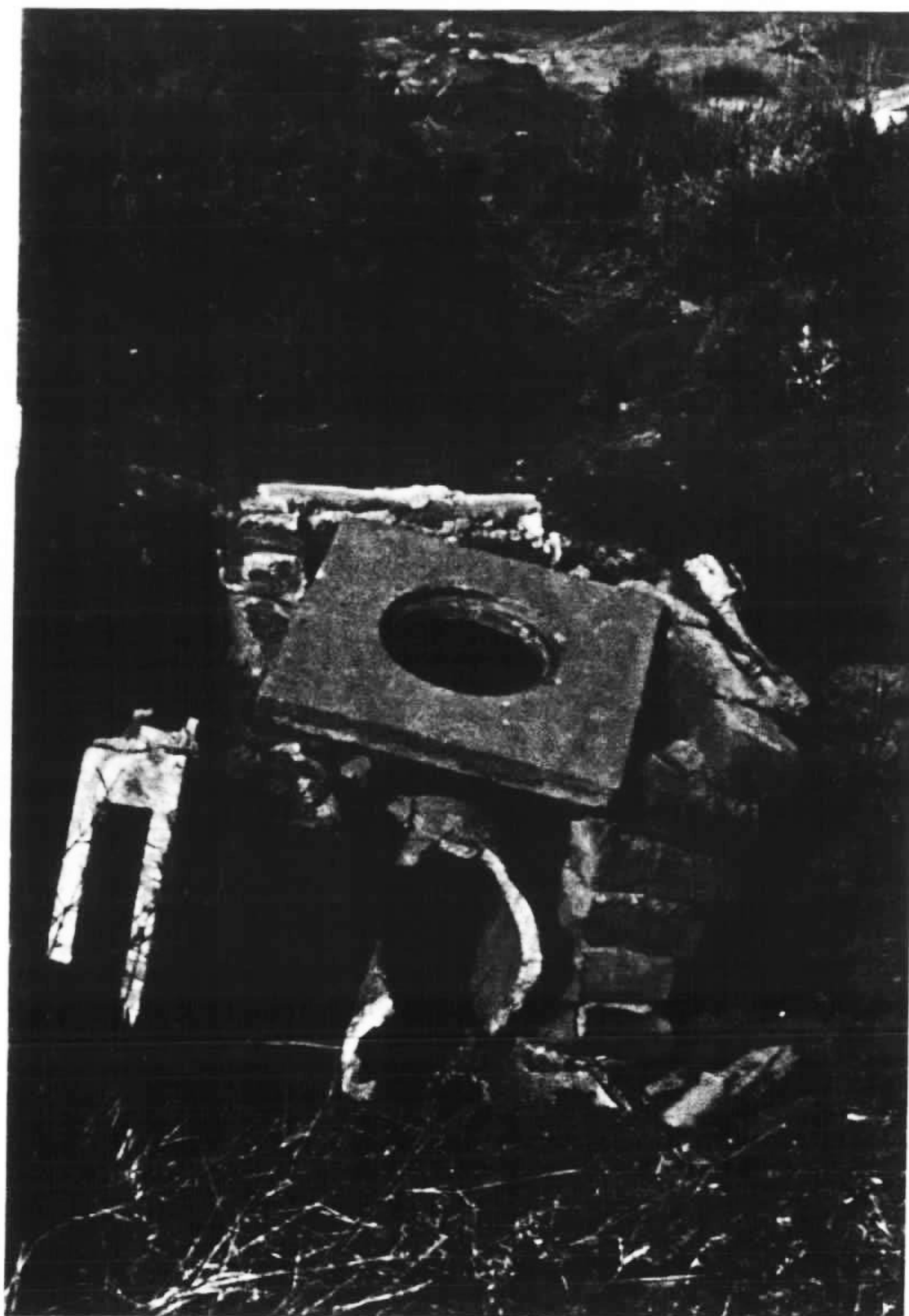


Foto 1- Efeitos da erosão por voçoramento, afetando a tubulação da rede de esgoto em rua com traçado perpendicular às curvas de nível. Loteamento Fiúza, próximo a Viamão, folha Porto Alegre. Área de alto risco à erosão.



Foto 2- Sulcos desenvolvidos sobre horizonte C exposto, de rocha granitóide. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo, médio/argiloso, com declividade próxima de 15%. Mesmo local da foto anterior. Área de alto risco à erosão.



Foto 3- Erosão acelerada por aragem do terreno e trilhas de gado; observam-se erosão laminar e sulcos, em solos Podzólicos Vermelho-Amarelo abrupticos, arenoso/médio, com declividade maior que 12%. Coxilha das Lombas, folha Lagoa Capivari. Área de alto risco à erosão.



Foto 4 - Erosão laminar, sulcos e voçorocas que se desenvolvem sobre solo Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto, arenoso/médio, com declividade maior que 12%. Em terrenos arenosos da Coxilha das Lombas, folha Lagoa Capivari. Área de muito alto risco à erosão.



Foto 5 - Voçoroca em primeiro plano e erosão laminar ao fundo, no alto da foto. Mesma região da foto anterior. Área de muito alto risco à erosão.



Foto 6 - Anfiteatro com desenvolvimento de erosão laminar, ravinas e voçoroca em terrenos arenosos da Coxilha das Lombas, folha Lagoa do Capivari. Área de muito alto risco à erosão.

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e às gestões ambientais, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

**SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO
SÉRIE ORDENAÇÃO TERRITORIAL
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS
SÉRIE RECURSOS MINERAIS**

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar de Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.

Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Balneário de Capão Novo - RS. 1994.

Vol. 05 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS. 1994.

Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994.

Vol. 03 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármore. PE. 1994.

Vol. 02 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Vol. 03 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes. PE. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994.

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994.**
- Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994.**
- Vol. 03 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS. 1994.**
- Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994.**
- Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994.**
- Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume Estância Velha - RS. 1994.**

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.**

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocambo - MG. 1994.**

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Documentação Básica Do Projeto - Estância Velha - RS. 1994.**
- Vol. 02 - PROTEGER - Sinopse dos Trabalhos Realizados. RS. 1994.**

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.**

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.**
- Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994.**

Residência da CPRM de Fortaleza

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza. CE. 1994.**
- Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994.**

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco. MG-1994.
- Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco. MG-1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara. RN. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Salvador

- Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico. BA. 1994.
- Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo. BA. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
- Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.