



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
 COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
 O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
 SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO  
 COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



PROGRAMA INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL - GATE

PROJETO CURITIBA

**CARTAS DE FOTOLEITURA**  
 SUBSÍDIOS À CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO  
 PARA FINS DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL  
 FOLHA CURITIBA - 1:100.000

196

C P R M - B I B L I O T E C A	
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	23435
N.º de Volumes:	1 v.

PHL  
 014104  
 2007

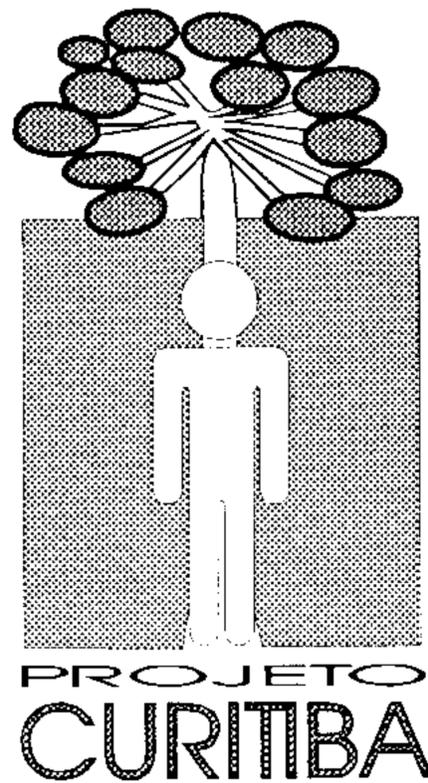
Antônio Theodorovicz



## PROJETO CURITIBA

# CARTAS DE FOTOLEITURA

SUBSÍDIOS À CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO  
PARA FINS DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL  
FOLHA CURITIBA - 1:100.000



## EQUIPE TÉCNICA

<b>Organização, Coordenação e Execução:</b>	Antonio Theodorovicz
<b>Colaboração:</b>	Angela Maria de Godoy Theodorovicz Arlindo Akio Yamato Paulo Cezar Santarem da Silva Armando Teruo Takahashi Sonia da Cruz Cantarino Vilmário Antunes da Silva
<b>Programa GATE - Coordenação:</b>	Helion França Moreira
<b>Editoração Eletrônica:</b>	Lauro Gracindo Pizzatto
<b>Copidescagem e Revisão:</b>	Sueli Cardoso de Araújo
<b>Digitação:</b>	Marina das Graças Perin
<b>Digitalização:</b>	José da Costa Pinto

---

Coordenação editorial do

Serviço de Edição Regional - SER/SP, da  
Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos  
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

---

**Foto da Capa:** Porção Nordeste da cidade de Curitiba - Imagem de Satélite LANDSAT TM-5, bandas 3 4 5, (BGR)

Theodorovicz, Antonio  
Projeto Curitiba. Cartas de Fotoleitura - subsídios à caracterização do meio físico para fins de planejamento territorial: Folha Curitiba - 1: 100.000 / Antonio Theodorovicz; colaboração de Angela Maria de Godoy Theodorovicz [et al.] - Curitiba: CPRM, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, 1994.

33 p. : il.

"Programa Informações para Gestão Territorial"

1. Planejamento territorial regional. 2. Fotointerpretação. I. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais II. Paraná. Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba III. Título.

CDD 918.16

## **Apresentação**

Este volume apresenta uma série de figuras derivadas da redução das cartas de fotoleitura na escala 1:100.000, geradas para servir como suporte técnico para o Projeto Curitiba, que está executando o estudo do meio físico para subsidiar o planejamento territorial daquela região metropolitana. São produtos elaborados exclusivamente através de fotoanálise, portanto, as informações aqui apresentadas devem ser entendidas como indicações, ou como previsões lógicas, fundamentadas unicamente nos diferentes arranjos dos sistemas de drenagem e de relevo. A decisão de divulgá-los como produtos "intermediários" do projeto está baseada no fato de que eles apresentam uma série de informações factuais, que poderão ser de grande utilidade para outras formas de estudos, bem como suas análises individuais já permitem que os planejadores tenham uma visualização prévia das diversas características que compõem o meio físico e das suas adequabilidades e limitações frente às várias formas de uso e ocupação.

Todos os produtos aqui ilustrados encontram-se arquivados em sistemas georreferenciados, o que permite cópias em qualquer escala, cruzamento de informações e, dependendo do uso e ocupação previstos, atribuição de pesos diferenciados aos atributos relacionados.

Hermes Augusto Verner Inda  
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos

# Sumário

Introdução.....	1
Considerações gerais.....	1
Objetivo.....	1
Área enfocada.....	2
Justificativas.....	2
Diretrizes metodológicas.....	3
Carta de drenagem.....	4
Carta de densidade de drenagem.....	6
Carta de densidade de lineações em série.....	10
Carta de tropia (grau de estruturação das lineações em feixe).....	14
Carta de padrões de relevo.....	18
Carta de formas cársticas (dolinas e sumidouros de drenagem).....	24
Carta morfostrutural.....	28
Bibliografia.....	33

## Introdução

### Considerações gerais

O Projeto Curitiba faz parte do Programa Informações para a Gestão Territorial - GATE, implantado em 1991 na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, com o objetivo de produzir, organizar e processar dados e informações sobre os meios físico, biótico e antrópico de várias partes do território brasileiro, para subsidiar decisões de administradores e planejadores quanto à melhor forma de uso e ocupação do solo.

Projetos do Programa GATE estão sendo executados nos estados: do Amazonas, na região metropolitana de Manaus; do Pará, no município de Redenção; de Pernambuco, na região metropolitana do Recife; do Ceará, na região metropolitana de Fortaleza, na região do Cariri e na faixa costeira; da Bahia, no Parque Nacional da Chapada Diamantina e na Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco; de Goiás, no local do depósito de rejeitos radioativos em Abadia de Goiás; do Mato Grosso, na região do garimpo de Alta Floresta; de Minas Gerais, na região cárstica de Sete Lagoas e na região do Circuito das Águas; de Santa Catarina, na região de Criciúma e região litorânea; de São Paulo, no município de São Paulo e do Rio Grande do Sul, na região metropolitana de Porto Alegre

Na Região Metropolitana de Curitiba - RMC, a CPRM, em convênio com a Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SEDU, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - COMEC e a interveniência dos seguintes órgãos ou entidades: ASSOMECC, COPEL, DER, DNER, EMATER, IPARDES, IPPUC, IAP, MINEROPAR, municípios integrantes da RMC, SANEPAR, SMMA e SUCEAM, está executando o Projeto Curitiba, cujos trabalhos foram iniciados em 1992.

O projeto tem como objetivos básicos realizar o levantamento da documentação cartográfica preexistente e caracterizar o meio físico com informações que possam contribuir para o planejamento adequado desse espaço territorial. Para tanto, o projeto vem produzindo uma série de documentos que serão apresentados em fases distintas de trabalho sob a forma de cartas temáticas, relatórios e bases de dados gráficos alfanuméricos georreferenciadas e inter-relacionadas, integradas em sistema computadorizado. Entre os diversos documentos que vêm sendo gerados estão contempladas as cartas temáticas fotointerpretadas que compõem o presente documento.

Outros produtos gerados numa primeira fase de trabalho do projeto e que já foram colocados à disponibilidade da comunidade são:

- Índice das informações cartográficas da Região Metropolitana de Curitiba;
- Áreas naturais sob proteção na Região Metropolitana de Curitiba; e
- Informações básicas sobre o meio físico: Subsídios para o planejamento territorial - Folha Curitiba - 1:100.000.

### Objetivo

O principal objetivo do trabalho é apresentar de forma sistemática as informações extraídas a partir da atividade de fotoanálise, para que a equipe do projeto possa trabalhá-las em sistema

georreferenciado e os planejadores e outros tipos de profissionais já possam ter uma visualização prévia das características, fragilidades e adequabilidades do meio físico frente às várias formas de uso e ocupação.

## Área enfocada

O projeto em sua concepção geral tem como área de atuação toda a Região Metropolitana de Curitiba (Figura 1). Ela envolve uma superfície de aproximadamente 8.500km<sup>2</sup>, onde estão localizados 18 municípios. No entanto, os produtos aqui apresentados correspondem apenas à porção abrangida pela Folha Curitiba, 1:100.000.

A área em questão tem uma superfície de aproximadamente 2.595.13km<sup>2</sup>, perfazendo cerca de 31% da área da RMC. Nela estão contidos total ou parcialmente 14 dos 18 municípios integrantes da RMC como: Almirante Tamandaré, Araucária, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Curitiba, Itaperussu, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Rio Branco do Sul, São José dos Pinhais e Tunas.

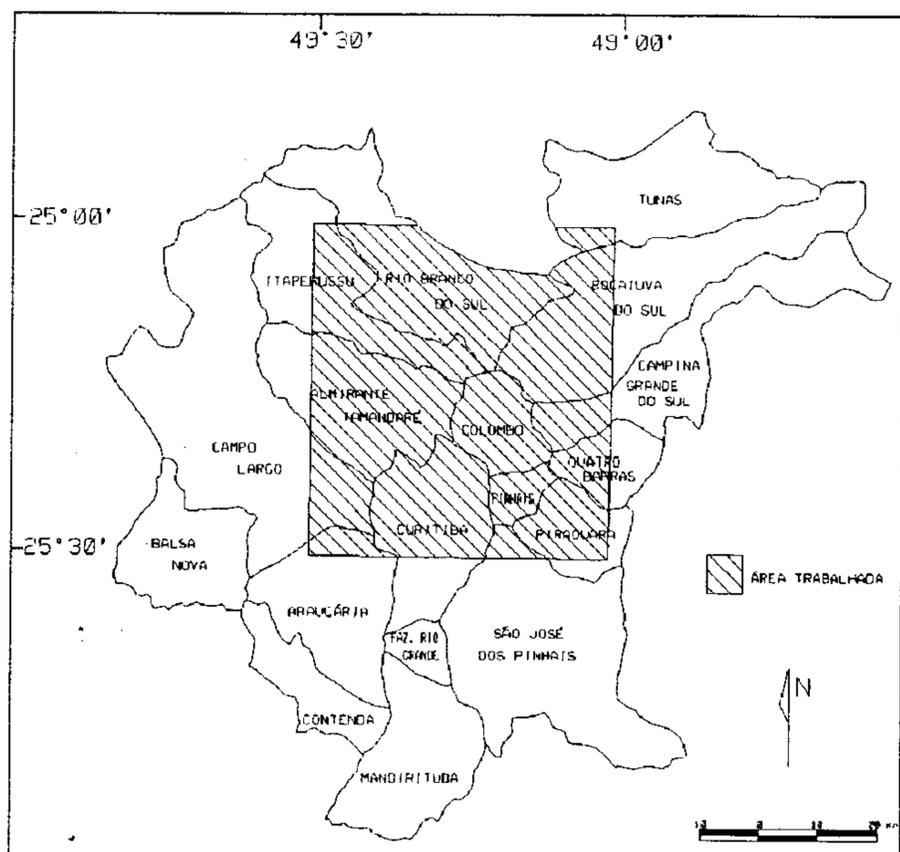


Figura 1 - Localização da área enfocada.

## Justificativas

A escolha da Folha Curitiba como prioritária para o início dos trabalhos deveu-se aos seguintes fatos:

- por envolver terrenos muito diversificados do ponto de vista geológico e geomorfológico, é uma área bastante didática para testar a metodologia empregada e fazer adaptações visando o aprimoramento técnico dos futuros produtos;
- a maior parte da área é constituída de relevo cárstico, unidade de altíssima fragilidade ambiental para qualquer forma de uso e ocupação e que também se constitui no aquífero de maior potencial da região, necessitando, portanto, de estudos que possam direcionar a sua ocupação e exploração, em conformidade com suas características e fragilidades naturais;
- por abranger uma região próxima à cidade de Curitiba, está sob forte pressão urbana, inclusive em domínios de altíssimo risco geológico, necessitando, portanto, com urgência, de um zoneamento do meio físico que possa auxiliar os planejadores no reordenamento do processo de uso e ocupação e nas tomadas de ações recuperativas, restritivas e conservacionistas de curto, médio e longo prazos.

## Diretrizes metodológicas

A elaboração dos produtos a seguir apresentados e as informações neles contidas fundamentam-se na análise lógica dos sistemas de drenagem e de relevo, concebida por M. GUY e divulgada no Brasil por J. C. RIVEREAU e mais recentemente por P. C. SOARES.

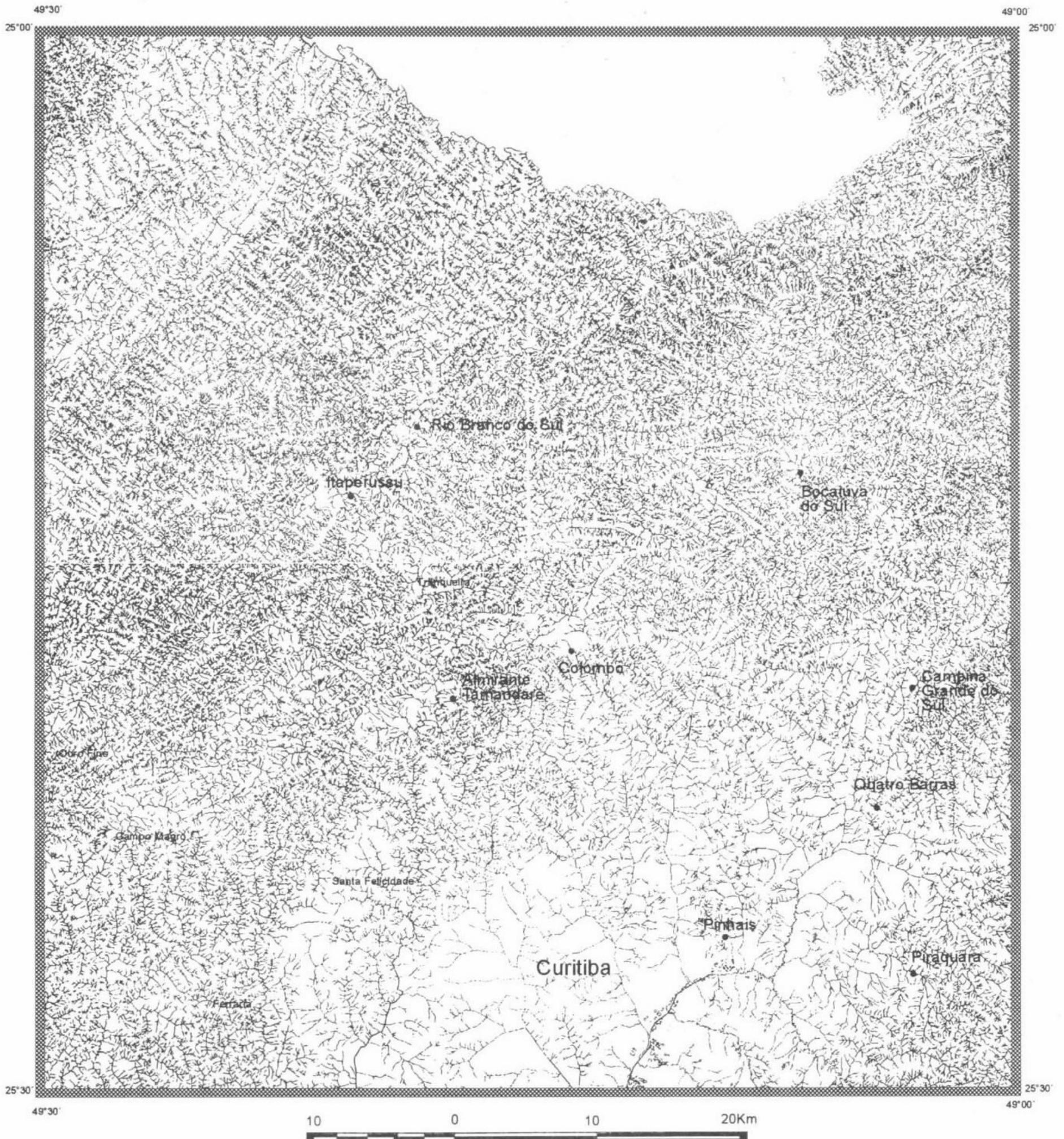
O método, aplicado com sucesso na execução de alguns produtos de mapeamento geológico básico, realizados pela CPRM - SUREG/SP, foi adaptado e direcionado para o estudo e caracterização do meio físico para fins de planejamento, conforme metas do Programa GATE. Essa adaptação, baseia-se na análise e extração de uma série de informações fundamentadas nas variações de arranjos, verificadas nos sistemas de relevo e de drenagem. Uma vez caracterizadas, é avaliado o seu significado e feitas correlações lógicas, na busca de subsídios indiretos que possam indicar previamente as adequabilidades e as limitações do meio físico frente às diversas possibilidades de uso e ocupação.

Considerando a importância em termos do número de informações que pode ser extraído por correlação indireta com um determinado atributo dos sistemas de drenagem e de relevo, para efeito de caracterização do meio físico para fins de planejamento foram analisados os seguintes temas: densidade de drenagem, densidade de lineações em série, grau de estruturação das lineações em feixe (tropia), padrões de relevo, formas cársticas (dolinas e sumidouros de drenagem) e morfoestruturas. Cada tema é analisado separadamente e objetivando trabalhá-los em sistemas georreferenciados, onde pode-se atribuir pesos diferenciados em função de um determinado uso previsto, as informações associadas são tabuladas e apresentadas em cartas individuais. As compartimentações e as informações contidas nas cartas aqui ilustradas fundamentam-se nas variações de arranjos do atributo enfatizado e na correlação lógica que permite visualizar uma série de outras características que lhes são associadas. Os dados extraídos são apresentados sob a forma de notas explicativas, incorporadas às cartas da seguinte forma: uma primeira parte destaca aquelas informações que direta ou indiretamente se inter-relacionam com uma determinada particularidade do atributo analisado. Na segunda parte são feitas indicações abordando temas como potencial de riscos e dificuldades geotécnicas, vulnerabilidade à contaminação subterrânea, potencial erosivo, assoreamento etc. Por fim, na terceira parte são feitas diversas considerações enfocando quais os aspectos favoráveis e desfavoráveis do atributo enfatizado e de outras características que lhes são associadas frente ao uso urbano, agropecuário, implantação de malhas viárias, obras enterradas, instalação de fontes potencialmente poluidoras do lençol subterrâneo e exploração de recursos naturais.

A elaboração das diferentes cartas de fotoleitura a seguir referenciadas e ilustradas teve por objetivo extrair o maior número possível de informações por vias indiretas, visando a subsidiar os trabalhos de levantamento de campo executados para confeccionar um documento final de integração de dados, denominado *Informações Básicas sobre o Meio Físico: Subsídios para o Planejamento Territorial - Folha Curitiba 1:100.000*, entregue à comunidade como um outro produto do projeto. Esse produto apresenta um zoneamento do território em domínios e subdomínios morfolitostruturais e um texto, onde para cada unidade de terreno são apresentadas informações visando a auxiliar no planejamento urbano, agrícola, na implantação de malhas viárias, na instalação de equipamentos enterrados, na deposição de rejeitos e na busca de recursos naturais. Para se chegar a esse produto foram executadas as cartas temáticas a seguir ilustradas.

## **Carta de drenagem**

Apresenta a rede de drenagem extraída de fotografias aéreas na escala 1:40.000, em detalhe suficiente para auxiliar diversos tipos de estudo do meio físico. É um documento extremamente importante na caracterização do meio físico para fins de planejamento. A partir da análise do sistema de drenagem é possível visualizar outras características que por lógica lhes são associadas e assim prever com relativa segurança a adequabilidade e/ou a limitação do terreno frente a uma determinada forma de uso e ocupação, conforme pode ser verificado nas cartas seguintes, cuja elaboração e informações contidas estão fundamentadas exclusivamente nas variações de arranjos dos sistemas de drenagem e de relevo.



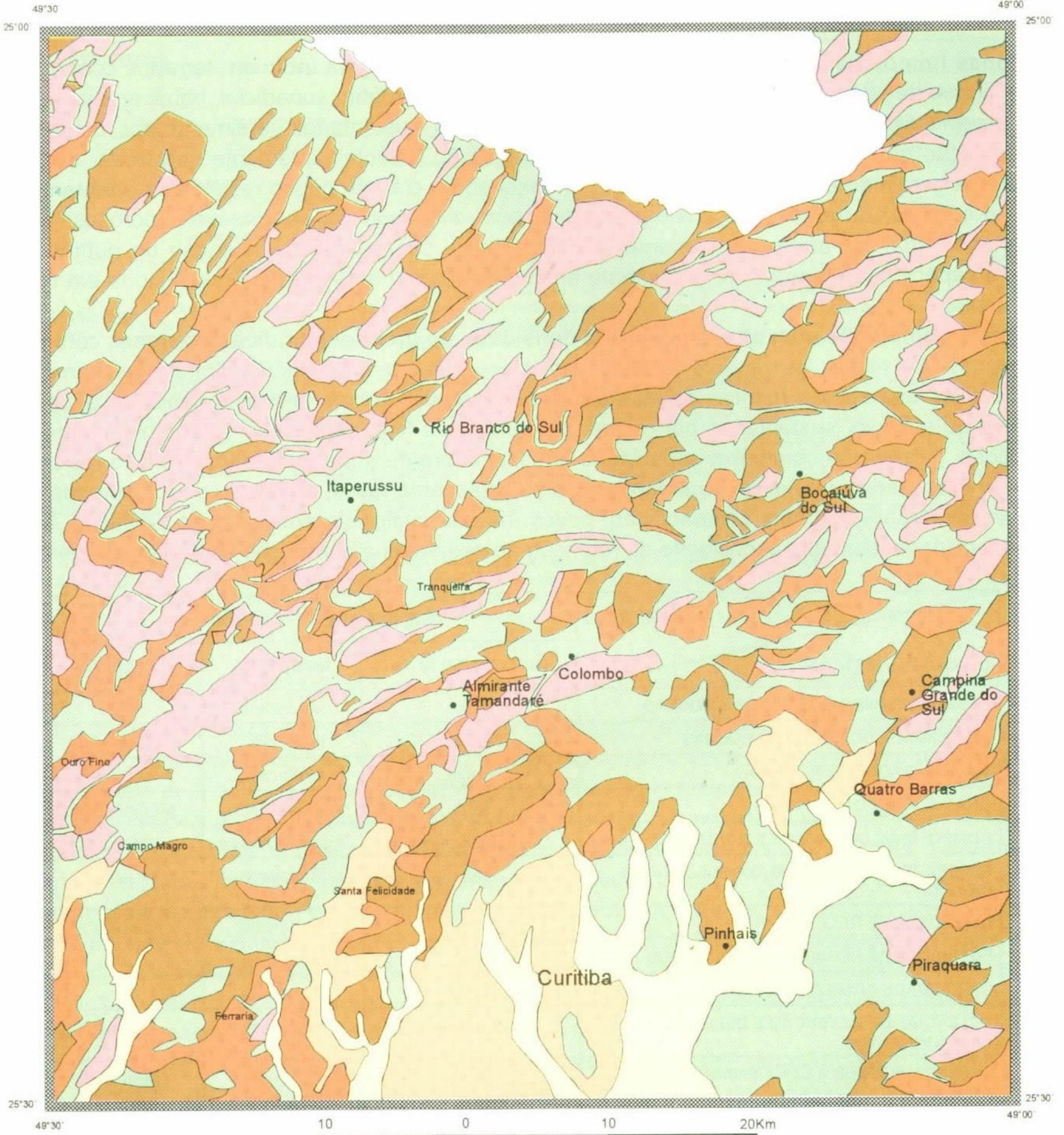
A rede de drenagem deste mapa apresenta distorções impostas pela limitação do método de obtenção; por isso, este mapa não deve ser usado para trabalhos que requeiram grande precisão.

#### MÉTODO DE OBTENÇÃO

- Traçado detalhado da rede de drenagem, em overlay, a partir de fotos aéreas em escala 1:40.000.
- Ampliação, em xerox, das bases topográficas 1:50.000 do IBGE/ DSG, para a escala 1:40.000.
- Correção manual das distorções, com sobreposição dos overlays na base ampliada.
- Homogeneização no traçado da rede de drenagem.
- Redução fotográfica das bases da rede de drenagem para a escala 1:100.000.

## **Carta de densidade de drenagem**

As diferentes densidades de drenagem de uma área têm diversos significados geológicos, geotécnicos, hidrológicos, geomorfológicos e pedológicos. Partindo-se dessa premissa, essa carta apresenta a compartimentação do território em zonas com muito alta, alta, moderada e baixa densidade de drenagem. Em função dessas diferentes densidades, são destacadas as outras características do meio físico que por lógica lhes são correlacionáveis e feitas considerações sobre os seus aspectos favoráveis e desfavoráveis frente às diversas formas de uso e ocupação. A análise dessa carta permite fazer previsões bastante seguras sobre as condições de drenabilidade, a capacidade de infiltração de fluidos no subsolo, o potencial de lixiviação, a capacidade de depuração e de retenção de elementos poluentes e nutrientes pelos solos e rochas, o potencial de erosão hídrica, entre muitos outros aspectos de interesse ao planejamento.



### Características que por lógica são correlacionadas às diferentes densidades de drenagem

- **Zonas homólogas com baixa ou nula densidade de drenagem indicam:** terrenos com baixa densidade de relevo, pouco montanhosos, com baixo escoamento superficial, baixa erosão hídrica e com infiltração rápida da água da chuva no subsolo; sustentados geralmente por rochas de granulação grossa, pouco consolidadas, de composição predominantemente quartzosa, textura arenosa geralmente com boa capacidade armazenadora d'água, pouco resistentes ao intemperismo químico, ou então, por solos profundos, bem desenvolvidos, permeáveis, porosos, bem drenados, friáveis, arenosos, bastante lixiviados, baixa capacidade de retenção de nutrientes, baixa capacidade depuradora, geralmente empobrecidos em nutrientes e enriquecidos em ferro e alumínio.

- **Zonas homólogas com alta e moderada densidade de drenagem indicam:** terrenos com alta densidade de relevo, geralmente bastante movimentados e montanhosos, com alto escoamento superficial, alta erosão hídrica, sujeitos a fortes enxurradas e com infiltração lenta da água da chuva no subsolo; sustentados por rochas de granulação fina, composição predominantemente argilosa, geralmente com baixa capacidade armazenadora de água, podendo ser muito resistentes ao intemperismo químico, ou então, por solos geralmente rasos, argilosos, pouco porosos, de baixa permeabilidade, alta compactação, pouco friáveis, muito aderentes, pouco lixiviados, com boa fertilidade, com alta capacidade de retenção de nutrientes e depuração de contaminantes.

CARACTERÍSTICAS \ ATRIBUTO	DENSIDADE DE DRENAGEM		
	MUITO ALTA; ALTA	MODERADA	BAIXA
PERMEABILIDADE DOS SOLOS E ROCHAS	Baixa	Moderada	Alta
POROSIDADE DOS SOLOS E ROCHAS	Baixa	Moderada	Alta
SOLUBILIDADE DAS ROCHAS	Baixa	Moderada	Alta
GRANULAÇÃO DAS ROCHAS	Fina	Fina/Média	Média/Grossa
COMPOSIÇÃO DOS SOLOS E ROCHAS	Argilosa	Argilo-arenosa	Arenosa
ESPESSURA DO MATERIAL INCONSOLIDADO (SOLOS)	Baixa	Moderada	Alta
DENSIDADE DE RELEVO	Alta	Moderada	Nula/Baixa
POTENCIAL DE RECARGA DE AQUÍFEROS	Baixo	Moderado	Alto
CAPACIDADE ARMazenadora	Baixa	Moderada	Alta
POTENCIAL DE RETENÇÃO E DEPURAÇÃO DE CONTAMINANTES	Moderado/Alto	Moderado	Baixo
VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS	Baixa	Moderada	Moderada
ESCOAMENTO SUPERFICIAL	Alto	Moderado	Baixo
POTENCIAL DE EROÇÃO HÍDRICA	Alto	Moderado	Baixo
POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DOS SOLOS	Baixo	Moderado/Baixo	Alto
POTENCIAL DE RETENÇÃO DE ELEMENTOS NUTRIENTES PELO SOLO	Alto	Moderado	Baixo

## Características a serem consideradas nas diversas formas de uso e ocupação

ATRIBUTO USOS	DENSIDADE DE DRENAGEM			
	BAIXA		MODERADA; ALTA / MUITO ALTA †	
	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS
<b>URBANO</b>	Baixa densidade de relevo; baixo número de canais de drenagem; baixa erosão hídrica; favorabilidade à ocorrência de solos profundos e/ou rochas de fácil escavabilidade e penetração de equipamentos.	Solos e rochas arenosos, geralmente bastante permeáveis, erodíveis, com alta lixiviação; baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	Boa drenabilidade; solos e rochas argilosos, com baixa lixiviação, boa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	Alta densidade de relevo; alto escoamento superficial; alta erosão hídrica; grande número de canais de drenagem; solos geralmente rasos e de difícil escavabilidade.
<b>AGRÍCOLA</b>	Baixa densidade de relevo; solos geralmente profundos, bem desenvolvidos, de fácil mecanização e boa permeabilidade; baixo escoamento superficial; baixa erosão hídrica.	Solos lixiviados, com baixa capacidade de retenção de nutrientes, baixa fertilidade e geralmente laterizados (ricos em alumínio e ferro).	Solos geralmente argilosos, com boa capacidade de retenção de nutrientes e baixa erodibilidade.	Alto escoamento superficial; alta densidade de relevo; grande número de canais de drenagem; solos com baixa permeabilidade, muito compactados e aderentes.
<b>ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>	Solos e rochas bastante percolativos e com boa capacidade de armazenamento.	Solos e rochas com baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	Solos e rochas argilosos com boa capacidade de depuração e retenção de contaminantes.	Solos e rochas argilosos com baixa permeabilidade e baixa capacidade armazenadora; alto escoamento superficial.
<b>OBRAS VIÁRIAS E EQUIPAMENTOS ENTERRADOS</b>	Baixa densidade de relevo; pequeno número de canais de drenagem; solos bem desenvolvidos, profundos e geralmente estáveis; substrato rochoso geralmente profundo.	Baixa drenabilidade; solos e rochas de natureza predominantemente arenosa, favorecendo a erodibilidade.	Solos e rochas argilosos, com baixo potencial erosivo e boa compactação.	Alta densidade de relevo; grande número de canais de drenagem; solos pouco espessos; alto potencial de erosão hídrica.
<b>LIXÕES, CEMITÉRIOS, ATERROS SANITÁRIOS E OUTRAS FONTES POLUIDORAS</b>	Solos geralmente bastante profundos, de fácil escavabilidade, remoção e penetração de equipamentos e de boa permeabilidade.	Solos e rochas geralmente muito permeáveis e com baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	Solos e rochas argilosos, com boa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	

Nas áreas com baixa ou nula densidade de drenagem, devido ao alto potencial percolativo, dever-se-ão tomar algumas precauções no sentido de evitar a instalação de fontes de poluição permanentes, bem como a impermeabilização excessiva de grandes superfícies. Também deverá ser considerado que o uso mais adensado dessas áreas certamente acarretará o aumento do escoamento superficial, o que possibilitará a formação de enxurradas muito fortes e com alto potencial erosivo. Também não são recomendadas para instalação de fontes poluidoras que possam poluir continuamente o lençol freático, como cemitérios, lixões, aterros sanitários, lagoas de decantação de elementos poluentes etc. O uso agrícola deve ser associado a um controle severo na utilização de defensivos; no caso de instalação de equipamentos enterrados, como depósitos de combustíveis e outros, dever-se-ão executar obras técnicas bastante criteriosas no sentido de impedir o vazamento do material para o subsolo.

Áreas com densidade de drenagem moderada e alta geralmente são compostas de rochas e solos argilosos, o que dificulta a infiltração rápida de fluidos; por isso, geralmente apresentam alta capacidade de retenção e de depuração de contaminantes. Portanto, desde que considerados outros fatores, são favoráveis a uma pré-seleção de locais para instalação de fontes potencialmente poluidoras do lençol freático. Por outro lado, a ocupação urbana, devido ao alto escoamento superficial, exige cuidados especiais no sentido de serem evitadas a movimentação e o trabalhamento do solo nos períodos chuvosos e a impermeabilização excessiva do terreno, práticas essas que poderão contribuir com os fenômenos erosivos, assoreamento dos rios e aumento do escoamento superficial, levando à formação de enxurradas.

## **Carta de densidade de lineações em série**

Lineações em série são segmentos retilíneos de relevo e de drenagem que indicam a existência de falhas e fraturas. Por convenção, são aquelas lineações de distribuição não-penetrativa oblíquas ao *trend* regional que coincide com a foliação das rochas. A partir da verificação das diferentes concentrações desse elemento, o território foi compartimentado em zonas com alta, moderada, baixa e nula densidade de lineações em série. Em função disso, são feitas indicações sobre outras características que por lógica se correlacionam e destacados os seus aspectos favoráveis e desfavoráveis frente às várias formas de uso e ocupação.



Densidade alta



Densidade baixa



Densidade moderada



Densidade baixa a nula

### Características que por lógica são correlacionadas às diferentes densidades de lineações em série

- **Zonas homólogas com alta e moderada densidade de lineações em série sugerem:** terrenos tectonizados, configurando-se geralmente como zonas de cisalhamento dútil, com sistemas de relevo e de drenagem fortemente controlados e orientados segundo planos de fraturas, estes geralmente verticalizados, com presença de rochas rúpteis, geralmente de granulação fina, maciças, pobres em micas, com muitas descontinuidades estruturais e, por isso, com baixa coesão física; zonas com alto potencial percolativo, com infiltração rápida da água da chuva através dos planos estruturais, portanto, são favoráveis à recarga de aquíferos e a alta lixiviação, e por isso, muito vulneráveis à contaminação subterrânea; favoráveis à existência de diques magmáticos e de grandes descontinuidades estruturais, elementos que indicam que poderão existir importantes barreiras hidrogeológicas, condicionantes potenciais de excelentes aquíferos; as condições estruturais constituem fatores favoráveis para deflagração de fenômenos naturais de movimentação de massa (escorregamentos e rastejos); o alinhamento dos vales das drenagens indica que os rios apresentam poucas quebras de energia, altos gradientes, águas correntes e que estão em franco processo de escavação, por isso, apresentam alta capacidade de transporte de sedimentos em suspensão e alto potencial erosivo.

- **Zonas homólogas com baixa ou com nula densidade de lineações em série indicam:** terrenos constituídos de rochas pouco ou não-tectonizadas, ou então muito plásticas, de composição predominante ou essencialmente pelítica, ou ainda, por solos muito profundos e evoluídos e geralmente bastante movimentados, ou então, por depósitos sedimentares recentes; rios tendem a ser sinuosos, pouco escavados, com muitas quebras de energia, com baixos gradientes, baixo potencial erosivo e baixa capacidade de transporte de sedimentos em suspensão, por isso podem estar em franco processo de assoreamento; áreas com substrato rochoso muito pouco fraturado e/ou com poucas descontinuidades estruturais, portanto com baixo potencial para deflagração de movimentações naturais de massas e baixo potencial percolativo via planos estruturais.

CARACTERÍSTICAS	DENSIDADE DE LINEAÇÕES EM SÉRIE		
	ALTA	MODERADA	BAIXA; NULA
CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL DA DRENAGEM E RELEVO	Alto	Moderado	Baixo/Nulo
POTENCIAL PARA A EXISTÊNCIA DE DESCONTINUIDADES ESTRUTURAIS	Alto	Moderado	Baixo/Nulo
RUPTIBILIDADE DAS ROCHAS	Alta	Moderada	Depende de outros fatores
PLASTICIDADE DAS ROCHAS	Baixa	Baixa/Moderada	Alta
COESÃO FÍSICA DAS ROCHAS	Baixa	Baixa/Moderada	Depende de outros fatores
RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	Baixa	Moderada	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE ESCORREGAMENTO	Alto	Alto/Moderado	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE RECARGA DE AQUÍFEROS	Alto	Moderado	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE DEPURAÇÃO DE CONTAMINANTES	Baixo	Moderado	Depende de outros fatores
VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS	Alta	Moderada	Depende de outros fatores
CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DOS RIOS	Alta	Moderada	Baixa
VELOCIDADE DE ESCOAMENTO DOS RIOS	Rápida	Moderada	Lenta
POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO	Alto	Moderado	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE EROSIÃO HÍDRICA	Alto	Alto/Moderado	Depende de outros fatores

## Características a serem consideradas nas diversas formas de uso e ocupação

ATRIBUTO USOS	DENSIDADE DE LINEAÇÕES EM SÉRIE					
	ALTA		MODERADA		BAIXA; NULA	
	FAVORÁVEIS	DESAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESAVORÁVEIS
URBANO		Geralmente são zonas de cisalhamento com muitas descontinuidades estruturais (falhas e fraturas); rochas geralmente de baixa coesão física, sujeitas a movimentação de massas (escorregamentos); alta e rápida infiltração de fluidos via planos de fraqueza.	Zonas geralmente pouco tectonizadas com poucas descontinuidades estruturais; solos e rochas com baixa ruptibilidade (plásticas) e baixa erodibilidade.		Zonas de rochas não-tectonizadas, e/ou solos bastante espessos com poucas descontinuidades estruturais; baixo risco de deslizamentos e baixa infiltração de fluidos via planos de fraqueza.	
AGRÍCOLA		Alta lixiviação e infiltração rápida de fluidos via planos de descontinuidades estruturais.				
ÁGUA SUBTERRÂNEA	Altíssimo potencial de recarga através de falhas e fraturas; favorabilidade à existência de barreiras hidrogeológicas, podendo conter excelentes aquíferos.	Áreas de alta vulnerabilidade à contaminação subterrânea, devido à infiltração rápida de fluidos via planos de descontinuidades estruturais; possibilidades de deslocamentos de camadas.	Áreas favoráveis à recarga de aquíferos via planos de falhas e fraturas verticalizados.		Geralmente estão associados solos e rochas argilosas (plásticas), com boa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	Baixo potencial de recarga via descontinuidades estruturais; possibilidades de ocorrência de rochas argilosas, com baixa capacidade armazenadora.
OBRAS VIÁRIAS E EQUIPAMENTOS ENTERRADAS		Substrato rochoso com denso sistema de fraturas e que definem superfícies de deslizamentos dispostas em várias direções.	Poucas ou ausência de falhas e fraturas; baixa ou nula infiltração de fluidos via planos de fraqueza estrutural.		Ausência de falhas e fraturas; baixo potencial para movimentação de massas.	
LIXÕES, CEMITÉRIOS, ATERROS SANITÁRIOS E OUTRAS FONTES POLUIDORAS		Alto potencial para ocorrência de rochas fraturadas que favorecem a infiltração rápida de fluidos via planos de descontinuidades estruturais; baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes; favorabilidade à movimentação de escorregamentos.	Poucas ou ausência de falhas e fraturas; baixa ou nula infiltração de fluidos via planos de fraqueza estruturais; favorabilidade à ocorrência de rochas de natureza argilosa (plásticas) ou solos profundos favorecendo a retenção e a depuração de contaminantes.		Ausência de falhas e fraturas; baixa infiltração de fluidos via planos estruturais; possibilidades para ocorrência de rochas argilosas.	

Áreas com alta a moderada densidade de lineações em série caracterizam-se geralmente pela grande incidência de falhas e fraturas, constituindo-se, portanto, em zonas de fraqueza, com muitas descontinuidades estruturais e com presença de rochas rúpteis, de baixa coesão física; por isso, susceptíveis a vários problemas geotécnicos. Nesse sentido, tem-se:

- a susceptibilidade a deslizamentos nessas áreas recomenda estudos criteriosos antes de qualquer forma de uso e ocupação que envolva edificações, cortes no terreno, fundações, aterros etc.;
- a facilidade de percolação de fluidos através de planos de fraturas, se por um lado restringe e não recomenda a instalação de fontes poluidoras, por outro, indica que essas áreas podem se constituir em excelentes aquíferos;
- a grande incidência de fraturas pode provocar a fuga de água para o subsolo, característica que não as recomendam para a construção de barragens.

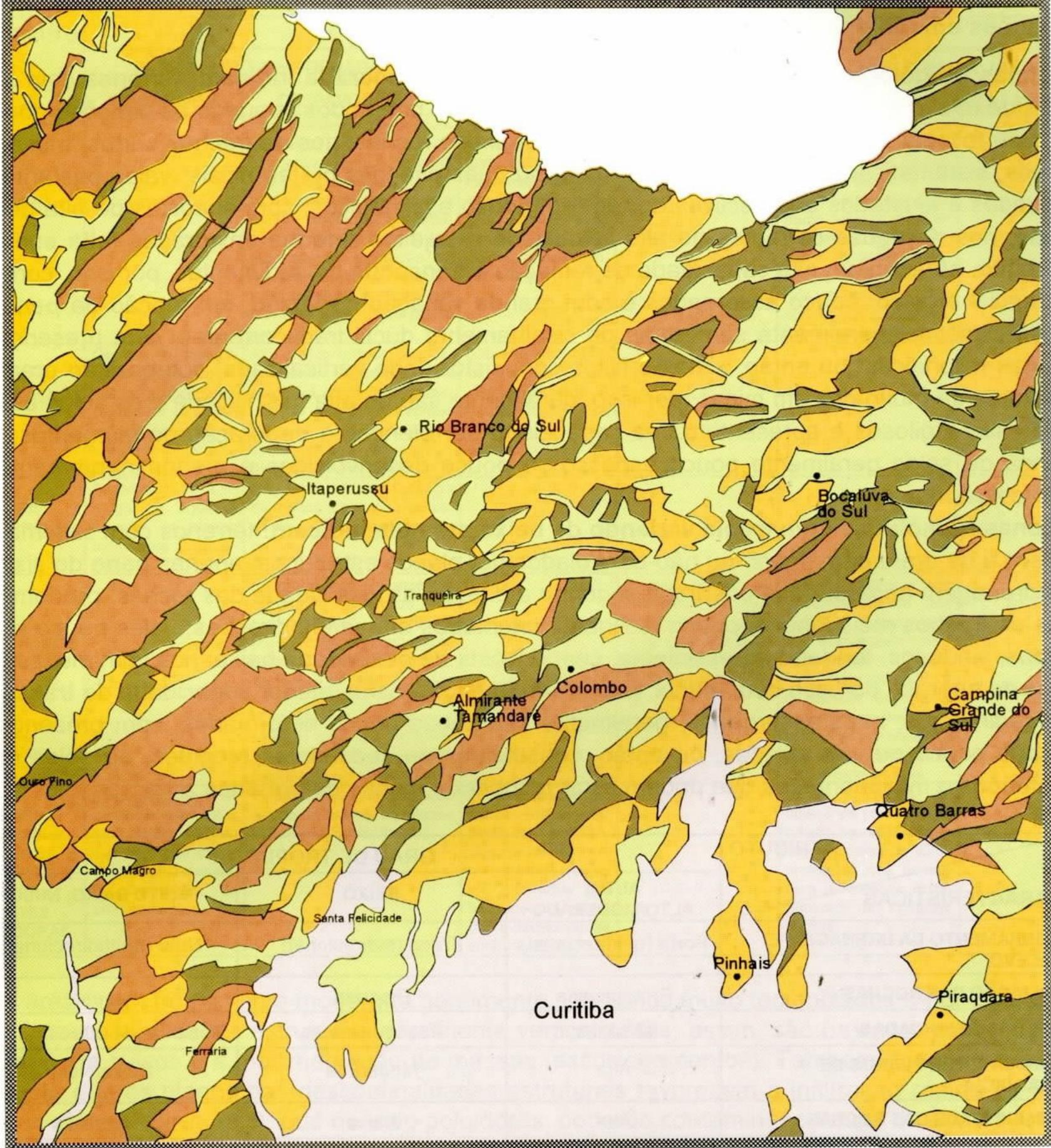
As áreas com baixa ou com nula densidade de lineações em série indicam rochas de baixa ruptibilidade e alta plasticidade e/ou zonas não-tectonizadas. Do ponto de vista das características correlacionadas, não representam maiores restrições ao processo ocupacional, desde que observados outros fatores.

## **Carta de tropia (grau de estruturação das lineações em feixe)**

Lineações em feixe são elementos retilíneos de drenagem e de relevo que podem estar refletindo o acabamento, a xistosidade, a foliação e/ou a gnaissificação das rochas. Aparecem caracterizadas nas imagens de sensoriamento remoto através de pequenos segmentos que têm distribuição penetrativa e posicionamento acompanhando o *trend* estrutural regional. Em função do grau de estruturação desses segmentos, que por convenção é denominado de tropia, o território foi compartimentado em áreas com tropia alta (uma direção preferencial), alta a moderada (duas direções preferenciais-isótropas), baixa (três ou mais direções preferenciais), muito baixa e nula (nenhuma direção preferencial). Por consequência dessas individualizações, são apresentadas as informações que por lógica lhes são correlacionáveis e feitas considerações sobre as suas adequabilidades e limitações frente às várias formas de uso e ocupação.

49°30'  
25°00'

49°00'  
25°00'



25°30'  
49°30'

25°30'  
49°00'

10 0 10 20Km



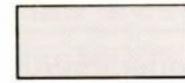
Tropia alta



Tropia muito baixa



Tropia alta/moderada



Tropia nula



Tropia baixa

### Características que por lógica são correlacionadas aos diferentes graus de tropia das li- neações em feixe

- **Zonas homólogas com tropia variando de alta até moderada indicam:** terrenos com sistemas de relevo e de drenagem fortemente controlados e orientados segundo as direções dos planos de foliação, ou do bandamento composicional das rochas; rios de trechos curtos, muito retilíneos, sistematicamente orientados em uma ou duas direções preferenciais; vales bastante encaixados e ajustados aos declives do terreno, pouco assimétricos, com encostas de alta declividade; rios de águas correntes de alta velocidade e sujeitos a fortes enxurradas (alta energia), portanto, apresentam alta capacidade de remoção e transporte de sedimentos, por isso, com alto potencial erosivo, pouco assoreados e com grande variação de vazão, em função da periodicidade climática; geralmente são zonas de cisalhamento dúctil transcorrentes, com presença de rochas miloníticas, ou então, xistos e filitos com xistosidade verticalizada, composição predominantemente muito rica em micas, por isso, geralmente são de alta fissibilidade e os solos associados são argilosos e apresentam boa capacidade de retenção e depuração de elementos; presença de solos geralmente pouco espessos e pouco desenvolvidos e predominantemente do tipo coluvionar.

- **Zonas homólogas com tropia variando de baixa até nula indicam:** terrenos com sistemas de relevo e de drenagem pouco ou não-controlados por planos estruturais; apenas parte do sistema de drenagem apresenta-se orientada segundo a direção da xistosidade das rochas; predominam rios de trechos mais longos, pouco retilíneos, orientados em várias direções; vales pouco encaixados, sinuosos, tendendo a assimetria, com encosta de declividade baixa; rios com muitas quebras de energia, por isso com menor velocidade, menor erosão, menor capacidade de transporte de sedimentos, mais assoreados; geralmente são zonas pouco deformadas, com presença de rochas pouco ou não-foliadas, ou então, constituídas de sedimentos recentes, ou solos muito profundos e movimentados que podem estar recobrendo rochas deformadas.

ATRIBUTO CARACTERÍSTICAS	GRAU DE TROPIA		
	ALTO; ALTO/MODERADO	BAIXO	MUITO BAIXO; NULO
ALINHAMENTO DA DRENAGEM E RELEVO	Forte (unidirecional)	Fraco (bidirecional)	Nulo (multidirecional)
FÓLIAÇÃO DAS ROCHAS	Pronunciada	Discreta	Ausente
ROCHAS ASSOCIADAS	Micácea	Pouco micácea	Depende de outros fatores
INCIDÊNCIA DE PLANOS DE FRAQUEZA	Alta	Moderada	Baixa/Nula
FISSIBILIDADE DAS ROCHAS	Alta	Baixa	Baixa/Nula
PLASTICIDADE DAS ROCHAS	Alta	Baixa	Depende de outros fatores
RUPTIBILIDADE DAS ROCHAS	Baixa	Moderada	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE MOVIMENTAÇÃO DE MASSAS	Alto	Baixo/Moderado	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO DE FLUIDOS VIA PLANOS ESTRUTURAIS	Alto	Moderado/Baixo	Baixo
VELOCIDADE DE ESCOAMENTO DOS RIOS	Moderada/Alta	Moderada/Baixa	Depende de outros fatores
PROFUNDIDADE DO SUBSTRATO	Geralmente raso	Depende de outros fatores	Depende de outros fatores

## Características a serem consideradas nas diversas formas de uso e ocupação

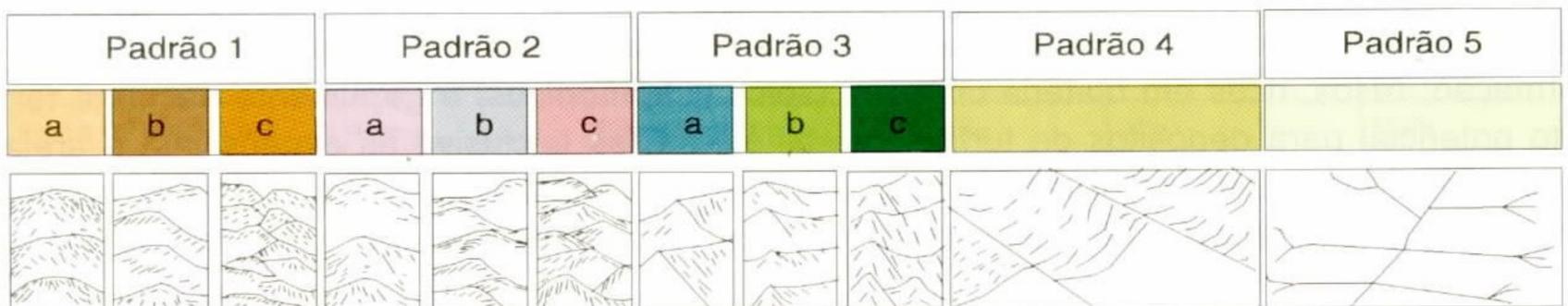
ATRIBUTO USOS	TROPICA					
	ALTA; ALTA/MODERADA		BAIXA		MUITO BAIXA; NULA	
	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS
URBANO		Denso sistema de descontinuidades estruturais verticalizados; rochas foliadas (xistosas), micáceas, de alta fissibilidade e sujeitas a muitos problemas geotécnicos; alta erosão hídrica; alto potencial de infiltração de fluidos via planos estruturais; substrato rochoso geralmente raso; solos pouco profundos.	Poucas descontinuidades estruturais; favorabilidade à existência de rochas areno-argilosas pouco foliadas; rios com baixo gradiente (baixa erosão hídrica).		Alto potencial para a ocorrência de solos profundos e/ou de rochas não-deformadas e isotropas; inexistência ou muito poucas descontinuidades estruturais; baixa ou nula infiltração de fluidos via planos estruturais; rios com baixos gradientes; baixa erosão hídrica.	
AGRÍCOLA	Geralmente associam-se solos argilosos com boa capacidade de retenção de nutrientes e de baixo potencial erosivo.	Alta erosão hídrica; alto escoamento superficial; alto potencial para contaminação do lençol subterrâneo por adubos e defensivos; e solos geralmente rasos e de difícil mecanização.	Baixa erosão hídrica; geralmente associam-se solos areno-argilosos de boa textura e boa permeabilidade.			
ÁGUA SUBTERRÂNEA	Favorabilidade à recarga de aquífero através de planos estruturais verticalizados.	Favorabilidade à ocorrência de rochas argilosas com baixa capacidade armazenadora.				
OBRAS VIÁRIAS E EQUIPAMENTOS ENTERRADOS		Favorabilidade à existência de grande número de descontinuidades estruturais; possibilidade de ocorrência de rochas de natureza micácea, xistosas e de alta fissibilidade; alto potencial para ocorrência de movimentação de massas; rios com vertentes muito escavadas e com encostas com alta declividade.		Possibilidades de ocorrência de solos e ou rochas de natureza predominantemente arenosas, com alto potencial erosivo.	Baixa incidência de descontinuidades estruturais; baixo risco de deslizamento e movimentação de massas; favorabilidade à ocorrência de rochas não-deformadas e/ou solos bastante espessos e de natureza predominantemente arenosa.	
LIXÕES, CEMITÉRIOS, ATERROS SANITÁRIOS E OUTRAS FONTES POLUIDORAS	Favorabilidade à existência de solos e/ou rochas argilosas com boa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.	Favorabilidade à infiltração rápida de fluidos via planos estruturais verticalizados.	Poucas descontinuidades estruturais; prováveis ocorrências de rochas areno-argilosas e/ou solos profundos que favorecem a retenção e depuração de contaminantes.		Baixa infiltração de fluidos via planos estruturais; possibilidades de ocorrência de solos profundos que favorecem a retenção e depuração de contaminantes.	

As áreas com tropia alta e moderada geralmente são zonas muito tectonizadas e por isso com muitas descontinuidades estruturais geralmente verticalizadas; assim, são bastante susceptíveis à erosão em sulcos e à movimentação de massas (escorregamentos). Também dever-se-á levar em conta que os planos das descontinuidades estruturais favorecem a infiltração rápida de fluidos (via planos estruturais), que quando poluidores, poderão contaminar o lençol de água subterrânea. Portanto, são áreas que podem apresentar sérias restrições ao assentamento urbano, à instalação de fontes poluidoras permanentes, ao traçado de obras viárias e outras obras que envolvam a movimentação de terra, escavações, aterros e fundações. Também, devido ao potencial de movimentação natural de massa, não são adequadas para instalação de equipamentos enterrados.

Por outro lado, dever-se-á levar em conta que essas áreas poderão ser favoráveis à exploração de aquíferos, à busca de recursos minerais relacionados às zonas de cisalhamento e à destinação como áreas de preservação e/ou de reflorestamento, pois geralmente se constituem em zonas de recarga de aquíferos.

## **Carta de padrões de relevo**

A análise dos diferentes padrões de relevo de uma região e a avaliação das características que por lógica lhes são correlacionáveis, por si só, muitas vezes já se constituem em fatores de definições das adequabilidades e/ou das limitações do terreno frente a uma determinada forma de uso e ocupação. Partindo-se dessa premissa, essa carta individualiza os diferentes padrões de relevo levando-se em conta a declividade, a forma dos morros, o tipo das encostas e o sistema de drenagem. Em função das variações de arranjos desses atributos, são destacados todos os seus aspectos favoráveis e desfavoráveis frente às várias formas de uso e ocupação.



Densidade de relevo : a-baixa; b-moderada; c-alta

### Características que por lógica são correlacionadas aos diferentes padrões de relevo

- **Zonas com padrão 1 e 2 indicam:** terrenos com relevo em estágio de maturidade, tendendo à estabilidade; lento ou nulo entalhamento do sistema de drenagem; rios com baixos gradientes, baixa capacidade de transporte de sedimentos e baixo potencial erosivo, estando a maior parte das drenagens principais em franco processo de assoreamento; rochas pouco resistentes ao intemperismo químico, sendo que a velocidade do intemperismo é muito maior que a capacidade de remoção dos rios, por isso, existe muito material detrítico disponível à remoção; poucos afloramentos de rochas frescas; condições favoráveis à existência de abundantes depósitos de materiais removíveis; solos geralmente profundos e bem desenvolvidos, bem drenados, lixiviados, geralmente empobrecidos e bastante movimentados (coluviões); condições bastante propícias ao processo de voçorocamento; predominância da erosão por escoamento difuso (erosão laminar e *creep*); substrato rochoso geralmente muito intemperizado e bastante profundo; solos com baixa resistência à penetração de equipamentos (fácil escavabilidade).
- **Zonas com padrão 3 indicam:** terrenos com sistema de drenagem bastante controlado pelos planos estruturais NE-SW (foliações, falhas e fraturas); rios em processo de entalhamento com vales retilíneos, bastante encaixados, com alto gradiente, alto potencial erosivo e alta capacidade de transporte de sedimentos em suspensão; relevo juvenil, em franco processo de dissecação, com muitas instabilidades associadas (movimentação natural de massas) e com formações de ravinas, grotões e anfiteatros; pouco material de alteração disponível à remoção (a capacidade de transporte dos rios é maior que a velocidade do intemperismo químico das rochas); solos pouco espessos, geralmente predominando os litossolos; muitos afloramentos de rochas frescas e/ou parcialmente alteradas; substrato rochoso geralmente próximo à superfície; solos rasos apresentando dificuldades à perfuração, à penetração de equipamentos e à mecanização.
- **Zonas com padrão 4 indicam:** terrenos onde o entalhamento do sistema de drenagem está em franco processo de desenvolvimento, ou seja, em franco processo de dissecação, por isso, com processos erosivos bastante intensos, predominando a erosão concentrada (em sulco); apresentam muitas rupturas de declive e altos desníveis altimétricos, sugerindo estágio juvenil de evolução; muitas instabilidades naturais (escorregamentos, queda de blocos etc.); rios com altos gradientes, alto potencial erosivo e alta capacidade de transporte de sedimento em suspensão; ocorrência de rochas relativamente resistentes ao intemperismo químico (a velocidade de intemperismo é menor que a capacidade de remoção dos rios), por isso, existe pouco material detrítico disponível à remoção; configuração fisiográfica e estrutural favorável à formação de barreiras hidrogeológicas (aqüífero fraturado); solos geralmente pouco espessos, predominando os litossolos residuais nos topos e os solos coluvionares nas encostas; substrato rochoso a baixas profundidades, facilitando a exposição de rochas frescas, a presença de blocos e matacões, características que indicam dificuldades na execução de obras que necessitem de escavação e perfuração.
- **Zonas com padrão 5 indicam:** terrenos de relevo construcional, em franco processo de sedimentação de cascalhos, areias e argilas relacionado ao atual ciclo de erosão; sedimentos ainda pouco compactados e com baixa capacidade de suporte (solos moles); ocorrência de solos em formação, rasos, ricos em matéria orgânica (solos hidromórficos) e geralmente bastante férteis; alto potencial para depósitos de turfas, cascalhos, argilas (inclusive as expansivas) e areia de boa qualidade; áreas de descarga de aqüífero; drenabilidade precária; permanente estado de saturação; umidade bastante alta e pouco influenciada pela periodicidade climática; lençol freáti-

co muito próximo à superfície; alta infiltração e rápida dispersão de fluidos e contaminantes (alta permeabilidade); baixa drenabilidade; baixa capacidade de depuração e retenção de elementos contaminantes; alta fragilidade quanto à contaminação do lençol freático por poluentes; alto risco para a ocorrência de enchentes muito rápidas e duradoras; alto potencial corrosivo (umidade alta e presença de sedimentos ricos em matéria orgânica).

ATRIBUTO CARACTERÍSTICAS	PADRÕES DE RELEVO				
	1	2	3	4	5
FORMAS DAS ENCOSTAS	Predominante-mente conveas	Predominante-mente convexas-côncavas	Predominante-mente retilíneas-côncavas	Predominante-mente retilíneas	Nula (relevo pla-no)
GEOMETRIA DOS VALES	Abertos, amplos e assimétricos	Abertos e assimé-tricos	Relativamente fe-chados, pouco as-simétricos	Fechados, ten-dendo à simetria	Muito abertos, as-simétricos
TIPOS DE RELEVO	Colinas suaviza-das	Morros baixos (to-pos e encostas suavizados)	Morros altos (mui-to acidentados)	Morros altos e alongados (mo-deradamente a-cidentados)	Planícies aluvio-nares
AMPLITUDE DO RELEVO	Menor que 30m	Entre 30 e 40m	Entre 120 e 400m	Entre 70 e 200m	Nula
DECLIVIDADE	Baixa	Baixa/Moderada	Moderada/Alta	Alta	Muito baixa
RUPTURAS DE DECLIVE	Poucas	Poucas	Muitas	Muitas	Inexistentes
ENTALHAMENTO ATUAL DO RELEVO	Muito lento	Lento	Muito acelerado	Acelerado	Muito lento
MATURIDADE DO RELEVO (DISSECAÇÃO)	Senil (bastante dissecado)	Tendendo à ma-turidade (bastan-te dissecado)	Juvenil (muito pou-co dissecado)	Juvenil (muito pouco dissecado)	Em formação
ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS	Estável	Estável	Muito instável	Muito instável	
POTENCIAL DE ESCORREGAMENTO	Baixo	Baixo	Altíssimo	Alto	Nulo
RESISTÊNCIA A PERFURAÇÃO	Muito baixa	Baixa	Moderada/Alta	Moderada/Alta	Baixíssima
GRADIENTE DOS RIOS	Muito baixo	Baixo	Muito alto	Alto	Muito baixo
ESCOAMENTO SUPERFICIAL	Moderado	Moderado	Muito rápido	Muito rápido	Muito baixo
DRENABILIDADE SUBSUPERFICIAL	Muito baixa	Moderada	Alta	Alta	Baixíssima
POTENCIAL DE EROSÃO HÍDRICA	Muito baixo	Baixo	Muito alto	Muito alto	Muito baixo
TIPO DE EROSÃO ASSOCIADA	Laminar	Laminar	Concentrada, em Sulco	Concentrada, em Sulco	
RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO QUÍMICO DAS ROCHAS	Muito baixa	Muito baixa	Moderada/Alta	Moderada	Baixa
ASSOREAMENTO DOS RIOS	Muito alto	Alto	Muito baixo	Muito baixo	Muito alto
PRESENÇA DE GROTÕES, RAVINAMENTO ETC.	Baixa	Baixa/Moderada	Muito alta	Alta	Nula
PROFUNDIDADE DOS SOLOS	Profundos	Profundos	Rasos	Rasos	Rasos

## Características a serem consideradas nas diversas formas de uso e ocupação

ATRIBUTO USOS	PADRÃO 1		PADRÃO 2		PADRÃO 3		PADRÃO 4		PADRÃO 5	
	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS
<b>URBANO</b>	Relevo relativamente estável; rios com baixos gradientes; baixa erosão hídrica; morros de encostas convexas suavizadas; baixos desniveis altimétricos; poucas rupturas de declive; substrato rochoso geralmente profundo; baixo risco de deslizamentos; espessa cobertura inconsolidada favorecendo a penetração de equipamentos e escavações.	Muito material detrítico disponível à remoção; intenso assoreamento da rede de drenagem; condições bastante propícias ao processo de voçorocamento e pequenas, movimentações de massas.	Relevo com poucas instabilidades; morros baixos, topos convexos; baixos desniveis altimétricos; declividade moderada a baixa; poucas rupturas de declive; relevo tendendo à maturidade; rios de baixos gradientes; boa drenabilidade; solos profundos; boas condições de escavabilidade; baixo risco de deslizamento; substrato rochoso profundo.	Abundância de material detrítico disponível à remoção; intenso assoreamento da drenagem; favorabilidade ao processo de voçorocamento; potencial para a erosão laminar.		Morros altos de encostas côncavo-retilíneas; declividade alta; substrato rochoso geralmente pouco profundo; alto potencial para ocorrência de deslizamento; presença de grotões e ravinações; relevo instável; possibilidade de ocorrência de blocos e matacões mergulhados no solo; rios de alto gradientes e de vales fechados.		Morros altos de encostas retilíneas; declividade alta/moderada; substrato rochoso geralmente pouco profundo; riscos de deslizamento; presença de grotões e ravinações; relevo instável; possibilidade de ocorrência de blocos e matacões mergulhados no solo.	Baixa densidade de relevo; baixa declividade; baixo potencial erosivo.	Relevo muito plano; baixa drenabilidade; baixo escoamento superficial; alto potencial para ocorrência de enchentes; solos em formação (moles) e com baixa capacidade de suporte; permeabilidade muito alta; permanente estado de saturação; lençol freático muito próximo à superfície; alta vulnerabilidade à contaminação do lençol subterrâneo; alto potencial corrosivo; áreas geralmente em franco processo de assoreamento; favoráveis à ocorrência de turfa.
<b>AGRÍCOLA</b>	Relevo pouco acidentado; favorável à mecanização; solos profundos; baixa erosão hídrica.	Geralmente associam-se solos lixiviados de baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de nutrientes.	Relevo pouco acidentado; solos profundos; fácil mecanização; poucos afloramentos de rochas duras.	Solos muito lixiviados, muito permeáveis e com baixa capacidade de retenção de elementos nutrientes.		Relevo muito acidentado; alta declividade; solos rasos (litosolos); rios com alto gradientes; alto escoamento superficial; alta erosão hídrica.		Relevo acidentado; declividade alta; solos rasos; alta erosão hídrica; difícil mecanização.	Relevo plano; baixa densidade de drenagem; solos em formação; rios em nutrientes; umidade alta; baixo escoamento superficial; baixa drenabilidade; fácil mecanização.	Permeabilidade alta; alta vulnerabilidade à poluição subterrânea; possibilidades para ocorrência de enchentes; intensa proliferação de insetos, fungos e bactérias; drenabilidade precária.
<b>ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>	Espessa cobertura detrítica; solos profundos e permeáveis; fácil escavabilidade.	Vulnerabilidade à poluição subterrânea.					Substrato rochoso muito fraturado; condições favoráveis à formação de barreira hidrogeológicas.		Espessa cobertura detrítica; lençol freático raso; fácil escavabilidade.	Aquífero livre; alta vulnerabilidade à poluição subterrânea; rápida dispersão de contaminantes; baixa capacidade de permanência; alto tempo de permanência.
<b>OBRAS VIÁRIAS E EQUIPAMENTOS ENTERRADOS</b>	Relevo pouco acidentado; solos espessos; substrato rochoso profundo; poucos afloramentos de rochas duras; terrenos de fácil escavabilidade e penetração; baixa declividade.		Relevo pouco acidentado; solos profundos; muito pouco afloramento de rochas duras; fácil escavabilidade; boa drenabilidade; baixa declividade.			Relevo muito acidentado; declividade alta; substrato rochoso aflorante ou muito próximo à superfície; drenagem com altos gradientes; altos desniveis altimétricos; alto risco de deslizamentos; muitas rupturas de declive; muitos ravinações e grotões; predominância de solos coluvionares.		Relevo acidentado; alta declividade; alto potencial para o fenômeno de escorregamentos; predominância de solos coluvionares; substrato rochoso muito próximo à superfície; altos desniveis altimétricos; alto número de canais de drenagem muito escavados.		Baixa drenabilidade; umidade alta; alta favorabilidade à processo corrosivo; declividade muito baixa; áreas sujeitas a enchentes; favoráveis à formação de argilas (inclusive as expansivas) e turfa; solos geralmente moles e com baixa capacidade de suporte; lençol freático muito próximo à superfície.
<b>LIXÕES, CEMITÉRIOS, ATERROS SANITÁRIOS E OUTRAS FONTES POLUIDORAS</b>	Solos profundos bem desenvolvidos de fácil mecanização, remoção e penetração; substrato rochoso profundo.	Solos associados de permeabilidade geralmente alta e com baixa capacidade de depuração e de retenção de contaminantes.	Solos profundos, de fácil mecanização, remoção e penetração; substrato rochoso geralmente profundo.	Geralmente associam-se solos muito permeáveis, de baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.		Substrato rochoso geralmente pouco profundo; solos rasos e pouco desenvolvidos; terrenos muito instáveis; predominância de solos coluvionares.		Terrenos com alto potencial hidrogeológico; substrato rochoso muito fraturado; percolação rápida de fluidos através de fraturas; possibilidades de ocorrências de rochas duras, blocos e matacões próximos à superfície.		Alta permeabilidade dos litótipos associados; baixa capacidade de depuração; lençol freático muito próximo à superfície; dispersão rápida de contaminantes; alto tempo de residência; drenabilidade muito baixa.

**Padrão 1.** Do ponto de vista do relevo, essas áreas não apresentam sérias restrições à expansão urbana e outros usos, porém, devido à grande quantidade de material detrítico disponível à remoção e ao intenso processo de assoreamento dos cursos d'água, dever-se-ão evitar a impermeabilização e o desmatamento excessivo, principalmente das encostas e fundos de vale e outras práticas de manuseio da terra, que possam contribuir para o aumento dos fenômenos erosivos, principalmente nos períodos de chuvas intensas.

**Padrão 2.** Essas áreas também, do ponto de vista do relevo, apresentam características positivas à expansão urbana e ao uso agropecuário, com restrições a alguns setores, como cabeceiras de drenagem, encostas com alta declividade e fundos de vale. Devido à grande quantidade de material detrítico disponível à remoção (coluviões, solos profundos), o processo ocupacional deve ser bastante controlado, evitando-se ou controlando-se a prática de atividades que possam desencadear e acelerar os processos erosivos e, conseqüentemente, causar o aumento do assoreamento do sistema de drenagem.

**Padrão 3.** As características do relevo dessas áreas apresentam severas restrições ao uso e ocupação, com exceção daqueles domínios com baixa densidade de relevo, mesmo assim, é necessário o parcelamento descontínuo do solo e execução de muitos cortes e aterros para ligações viárias. São adequadas à prática de atividades de reflorestamento e de uso agrícola, esse último em pequenas e isoladas parcelas relacionadas às porções de menor declividade, fundos de vales e sopés de encostas.

**Padrão 4.** Essas áreas são bastante restritivas à ocupação urbana e ao uso agrícola não-planejado. Também dever-se-á evitar a execução de grandes obras viárias porque elas exigirão a movimentação de grande volume de material, a construção de grande número de cortes e aterros, muitas obras de contenção de taludes e de drenabilidade.

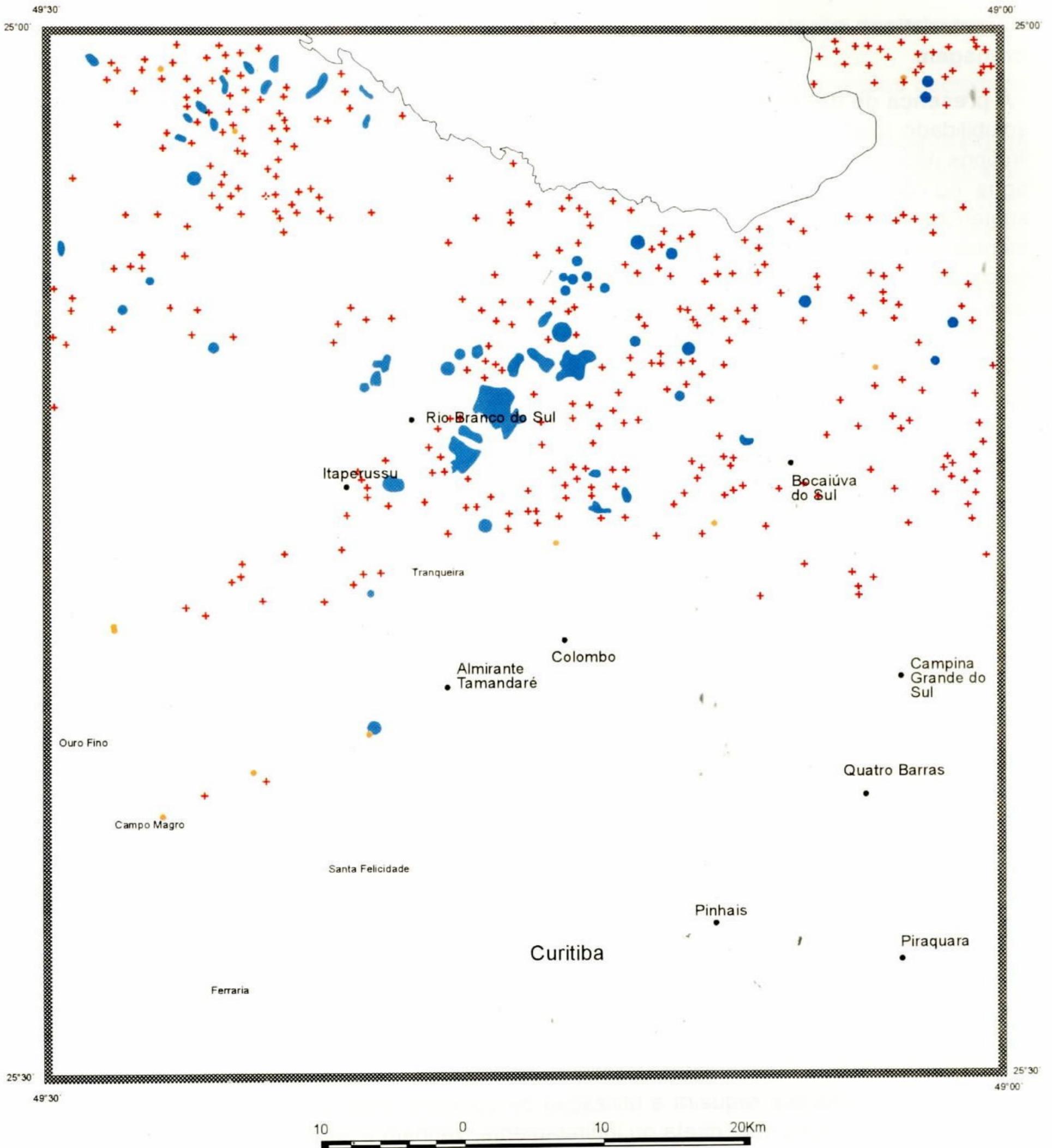
São áreas que poderão conter importantes barreiras hidrogeológicas, portanto, são recomendadas à busca de água subterrânea.

**Padrão 5.** Essas áreas, relacionadas às planícies aluvionares, apresentam severas restrições à ocupação urbana, à instalação de fontes potencialmente poluidoras tanto da água de superfície como da subterrânea e à implantação de obras viárias adensadas. Também são inadequadas à agricultura com utilização excessiva e não-planejada de defensivos e adubos químicos.

Ao contrário, essas áreas são bastante favoráveis à busca de recursos hídricos e bens minerais como argilas, areias e turfas. São áreas recomendadas para o lazer, turismo, parques e reflorestamentos.

## **Carta de formas cársticas (dolinas e sumidouros de drenagem)**

A existência de formas cársticas como as dolinas e sumidouros de drenagem numa área, por si só, também já se constitui em um fator de definição de uma série de adequações ou de limitações do terreno frente às várias formas de uso e ocupação. Considerando esse fato, essa carta traz a localização de todas as dolinas e sumidouros de drenagem que foram reconhecidos através da fotoanálise e apresenta nota explicativa onde são feitas diversas considerações visando a mostrar aos planejadores as fragilidades e as adequabilidades do meio físico correlacionadas.



- + Dolinas isoladas
- Concentração de dolinas
- Sumidouros de drenagens

## Características que por lógica são correlacionadas à presença de dolinas e sumidouros de drenagem

- A presença de dolinas e sumidouros indica: terrenos com ocorrência de rochas de altíssima solubilidade (rochas carbonáticas geralmente muito fraturadas e com intercalações de outros litótipos não-solúveis); ocorrência de cavidades subterrâneas (grutas e cavernas), saturadas em água, ou não; presença de locais de ligação direta entre o fluxo de água superficial e o de água subterrânea; infiltração rápida da água da chuva; baixíssima capacidade de depuração de elementos poluentes; extrema fragilidade à contaminação do lençol freático; alto potencial de recarga de aquíferos; lençol freático com grande oscilação de nível e bastante influenciado pela periodicidade climática; alta favorabilidade às instabilidades de ordem geotécnica através da migração descendente dos solos para cavidades subterrâneas (afundamentos e colapsos); alto potencial hídrico relacionado às cavidades subterrâneas que geralmente estão saturadas em água.

USOS	ATRIBUTO	FORMAS CÁRSTICAS	
		FAVORÁVEIS	DESAVORÁVEIS
URBANA			Altíssimo risco de colapsos (migração descendente do solo para as cavidades subterrâneas); extrema vulnerabilidade à poluição; baixíssima capacidade de depuração; ligação direta entre o fluxo de água superficial e o subterrâneo.
AGRÍCOLA	Solos argilosos de baixa erodibilidade, geralmente de boa fertilidade e com alta capacidade de retenção de nutrientes.		Ligação direta e rápida entre o fluxo de água superficial e subterrânea; perenidade muito influenciada pela periodicidade climática; escassez de água para irrigação nos períodos secos; alta vulnerabilidade à contaminação subterrânea.
ÁGUA SUBTERRÂNEA	Altíssimo potencial de recarga de aquíferos; favorabilidade à presença de cavidades subterrâneas com boa capacidade armazenadora.		Aquíferos de alta vulnerabilidade à contaminação; dispersão rápida de poluentes; nível freático muito influenciado pela periodicidade climática; recarga e descarga muito rápida; locais sujeitos a colapsos.
OBRAS VIÁRIAS E EQUIPAMENTOS ENTERRADOS			Muitos locais com altíssimo potencial de colapsos (afundamentos bruscos).
LIXÕES, CEMITÉRIOS, ATERROS SANITÁRIOS E OUTRAS FONTES POLUIDORAS			Locais de ligação direta entre o fluxo de água superficial e subterrâneo; dispersão rápida de contaminantes por longas distâncias; baixíssima capacidade depuradora; áreas de recarga de aquíferos e com alto potencial hidrogeológico.

A ocorrência de formas cársticas indica áreas de extrema fragilidade geológico-geotécnico-hidrogeológica, implicando cuidados especiais quanto a qualquer forma de uso e ocupação.

São extremamente inadequadas quando destinadas às seguintes finalidades: assentamento urbano; uso agrícola que requeira a utilização de corretivos e/ou defensivos poluentes; prática de quaisquer atividades que, direta ou indiretamente, venham a se constituir em fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas e superficiais. São também áreas bastante proibitivas para a construção de barragens (devido à fuga da água através das cavidades) e outros tipos de obras que exijam a execução de fundações.

Embora geralmente constituam excelentes aquíferos, a prática de exploração de água subterrânea nessas áreas deverá ser bem planejada e controlada, para proteger o lençol freático de

rebaixamento excessivo, situação essa em que o processo de movimentação descendente de massa poderia ser acelerado (colapsos).

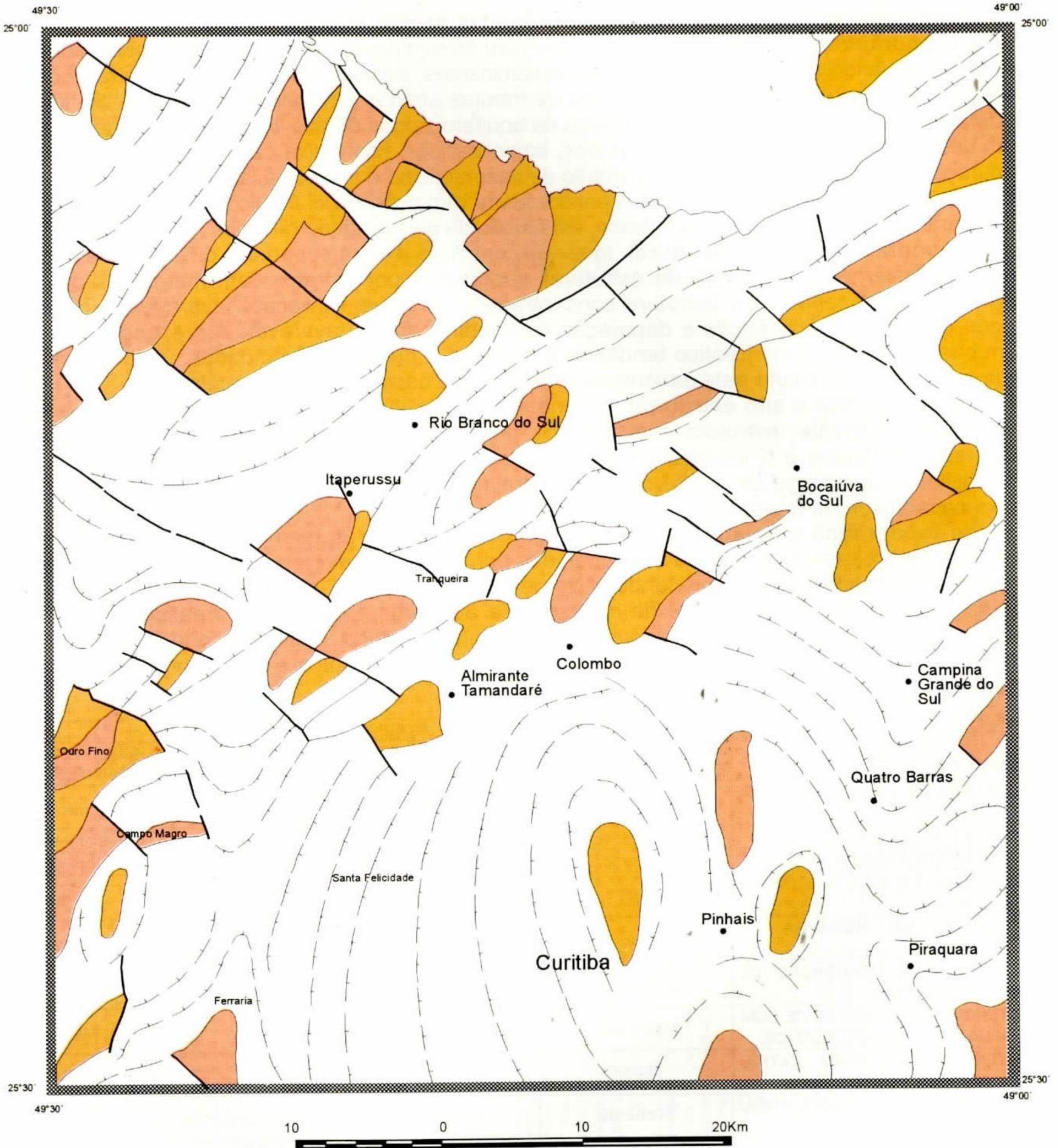
Qualquer forma de edificação nessas áreas deve ser precedida de investigações geológicas e geotécnicas de superfície e subsuperfície.

No uso para exploração mineral, cuidados especiais devem ser tomados no manuseio de combustíveis líquidos, evitando seu derramamento na superfície do terreno, o que pode acarretar rápida penetração no solo e conseqüente comprometimento do reservatório de água subterrânea. Transformar cavas de mineração em depósitos de rejeitos e lixos também não é prática aconselhável.

São áreas com vocação natural à preservação ambiental, lazer, reflorestamento, devendo ser preservadas como de recarga de aquíferos.

## **Carta morfostrutural**

A elaboração dessa carta é fundamentada nas indicações dos mergulhos dos estratos rochosos, obtidos a partir da análise da simetria da rede de drenagem. Em função disso, são indicadas áreas que em subsuperfície poderão estar configuradas como altos estruturais (anticlinais) ou baixo estruturais (sinclinais). A correlação dessas estruturas com a topografia permite a indicação de áreas configuradas como alto estrutural e alto topográfico, baixo estrutural e alto topográfico, alto estrutural e baixo topográfico e baixo estrutural e baixo topográfico. Associam-se a essas diferentes morfoestruturas diversas outras características que, quando analisadas em conjunto, podem previamente indicar, ou mesmo definir, as adequabilidades e as limitações do terreno para várias formas de uso e ocupação. Baseando-se nessa premissa, essa carta traz a indicação morfostrutural e apresenta uma série de considerações de interesse ao parcelamento do solo para fins de uso e ocupação.



-  Linhas de formas indicando a tendência dos mergulhos dos planos estruturais (configuração regional) e do fluxo d'água subterrânea
-  Alinhamento de drenagem sugerindo a presença de descontinuidades estruturais
-  Zonas onde o sistema de drenagem sugere a existência de altos estruturais (antiformas)
-  Zonas onde o sistema de drenagem sugere a existência de baixos estruturais (sinformas)

### Características que por lógica são correlacionadas às diferentes morfoestruturas

- **Alto topográfico e alto estrutural:** terrenos com fluxo d'água superficial e subsuperficial divergente, favorecendo a dispersão de fluidos e contaminantes; estrutura configurada por estratos divergentes; alta potencialidade para a existência de fraturas abertas; favoráveis à infiltração de fluidos, podendo ser caracterizados como de recarga de aquífero; zonas de alta lixiviação; solos geralmente bem desenvolvidos, bem drenados, lixiviados, empobrecidos, com baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes; espesso manto de intemperismo e sujeitos à laterização; umidade geralmente baixa e muito influenciada pela periodicidade climática; lençol freático geralmente profundo e com grandes oscilações do nível estático, em função da periodicidade climática.

- **Alto topográfico e baixo estrutural:** terrenos com fluxo d'água superficial divergente e subsuperficial convergente; presença de estruturas suportadas por estratos com mergulhos convergentes, caracterizando uma estrutura concentradora, de baixa lixiviação, favoráveis à concentração de argilas e à retenção e depuração de contaminantes; favoráveis à presença de solos com boa fertilidade; nível freático tendendo a situar-se a baixas profundidades; umidade moderada e pouco influenciada pela periodicidade climática e baixo potencial percolativo.

- **Baixo topográfico e alto estrutural:** terrenos com fluxo d'água superficial convergente e subsuperficial divergente; estrutura com estratos divergentemente mergulhantes, favorecendo a dispersão de fluidos e a lixiviação; configuração estrutural altamente favorável à percolação, possibilitando a recarga de aquíferos; solos geralmente permeáveis, bastante lixiviados e com baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes.

- **Baixo topográfico e baixo estrutural:** terrenos com fluxo d'água superficial e subsuperficial convergente; presença de estruturas modeladas por estratos convergentes, ou seja, com características armazenadoras, favorecendo a concentração de argilas e a presença de solos hidromórficos de alta fertilidade; áreas de descarga de aquíferos e com lençol freático tendendo a situar-se próximo à superfície ou mesmo aflorante; nível estático muito pouco influenciado pela periodicidade climática; baixo potencial erosivo e presença de solos e sedimentos pouco compactados e ricos em matéria orgânica.

ATRIBUTO CARACTERÍSTICAS	MORFOESTRUTURAS			
	ALTO TOPOGRÁFICO E ALTO ESTRUTURAL	ALTO TOPOGRÁFICO E BAIXO ESTRUTURAL	BAIXO TOPOGRÁFICO E ALTO ESTRUTURAL	BAIXO TOPOGRÁFICO E BAIXO ESTRUTURAL
POTENCIAL PARA A EXISTÊNCIA DE FRATURAS	Alto	Baixo	Alto	Muito Baixo
FLUXO DE ÁGUA SUPERFICIAL	Dispensor	Dispensor	Convergente	Convergente
FLUXO DE ÁGUA SUBSUPERFICIAL	Dispensor	Convergente	Dispensor	Convergente
POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO DE FLUIDOS	Alto	Baixo	Alto	Baixo
POTENCIAL DE RECARGA DE AQUÍFEROS	Alto	Baixo	Muito Alto	Baixo
POTENCIAL DE DEPURAÇÃO DE CONTAMINANTES	Muito Baixo	Moderado/Baixo	Muito Baixo	Depende de outros fatores
POTENCIAL DE DISPERSÃO DE CONTAMINANTES EM SUBSUPERFÍCIE	Muito Alto	Baixo	Alto	Muito alto
POTENCIALIDADE PARA EXTRAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO	Profunda	Moderada	Pouco profunda	Pouco profunda
OSCILAÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO	Alta	Moderada	Alta	Baixa
UMIDADE DOS SOLOS	Muito baixa	Baixa	Depende de outros fatores	Muito alta
POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO	Alto	Baixo	Moderado	Muito baixo
POTENCIAL PARA CONCENTRAÇÃO DE ARGILAS	Baixo/Nulo	Moderado	Baixo	Muito alto
SOLOS PROVÁVEIS	Bem desenvolvidos e de baixa fertilidade	Bem desenvolvidos e de boa fertilidade	Bem desenvolvidos nos topos e pouco nas encostas	Hidromórficos (bastante férteis)

## Características a serem consideradas nas diversas formas de uso e ocupação

ATRIBUTO USOS	MORFOSTRUTURAS							
	ALTO TOPOGRÁFICO E ALTO ESTRUTURAL		ALTO TOPOGRÁFICO E BAIXO ESTRUTURAL		BAIXO TOPOGRÁFICO E ALTO ESTRUTURAL		BAIXO TOPOGRÁFICO E BAIXO ESTRUTURAL	
	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS	FAVORÁVEIS	DESFAVORÁVEIS
<b>URBANO</b>	Configuração topográfica e estrutural com características dispersoras, favorecendo a drenabilidade; lençol freático geralmente profundo; baixa umidade; favoráveis à ocorrência de solos profundos e de fácil escavabilidade.	Condição favorável a existência de fraturas; alto potencial de infiltração de fluidos; baixa capacidade de depuração; alta vulnerabilidade à contaminação subterrânea.				Sistema altamente percolativo; baixa capacidade depuradora.		Sistema com características concentradoras; área de descarga de aquíferos; lençol freático próximo à superfície; presença de solos e sedimentos moles e ricos em matéria orgânica; alta concentração de argilas.
<b>AGRÍCOLA</b>	Condições favoráveis à existência de solos profundos (latossolos), permeáveis, com boa drenabilidade e geralmente de fácil escavabilidade.	Condições favoráveis à existência de solos lixiviados, laterizados, de baixa fertilidade e com baixa capacidade de retenção de nutrientes; umidade baixa e muito influenciada pela periodicidade climática.	Estrutura com características concentradoras, em subsuperfície, favorecendo a ocorrência de solos férteis, argilosos e com boa capacidade de retenção de nutrientes.			Sistema altamente percolativo; alta vulnerabilidade aos adubos e defensivos químicos.	Sistema com características concentradoras; presença de solos hidromórficos ricos em matéria orgânica; umidade alta; baixa erosão hídrica.	Baixa drenabilidade; favoráveis à proliferação de insetos; fungos e bactérias; possibilidade de ocorrências de enchentes; vulneráveis aos contaminantes agrícolas.
<b>ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>	Sistema altamente percolativo; favorável à existência de fraturas abertas e de solos permeáveis que favorecem a recarga de aquíferos.	Sistema favorável à contaminação subterrânea; lençol freático geralmente profundo; configuração estrutural e topográfica dispersora.	Sistema com características concentradoras, favorecendo a depuração de poluentes e o armazenamento da água subsuperficial; lençol freático pouco profundo.	Baixo potencial de recarga; possibilidade para ocorrência de níveis argilosos.	Sistema altamente percolativo (zonas de recarga de aquíferos).	Baixa capacidade depuradora.	Estrutura concentradora; zonas de descarga de aquíferos; lençol freático próximo à superfície ou mesmo aflorante.	Baixa capacidade depuradora.
<b>OBRAS VIÁRIAS E EQUIPAMENTOS ENTERRADOS</b>	Topografia e configuração estrutural com características dispersoras; solos geralmente profundos de fácil penetração e corte, e pouco erodíveis.	Zonas com substrato rochoso geralmente bastante fraturados.						Lençol freático próximo à superfície; presença de solos moles e ricos em matéria orgânica; drenabilidade precária; sujeita a enchentes; possibilidades de ocorrências de argilas expansivas e turfa.
<b>LIXÕES, CEMITÉRIOS, ATERROS SANITÁRIOS E OUTRAS FONTES POLUIDORAS</b>	Lençol freático geralmente bastante profundo; favorabilidade à ocorrência de solos bastante espessos.	Favorabilidade à infiltração rápida de fluidos via planos de fraturas; sistema com grande raio de dispersão; solos geralmente bastante permeáveis.	Estrutura com características concentradoras; lençol freático relativamente profundo; alta favorabilidade à concentração de argilas que possibilitam a retenção e depuração de contaminantes.			Sistema altamente percolativo; dispersão rápida de contaminantes; baixa capacidade depuradora.		Descarga de aquíferos; lençol freático muito próximo à superfície; baixa capacidade depuradora.

As áreas definidas como altos topográficos e estrutural, desde que levados em conta outros atributos do meio físico, apresentam características favoráveis à ocupação urbana, ao traçado de obras viárias e ao uso agrícola. No entanto, como a sua configuração estrutural é favorável à percolação rápida de fluidos através de fraturas, o que diminui a capacidade de depuração de contaminantes, dever-se-á evitar toda forma de ocupação que conduza à poluição de aquíferos. São áreas geralmente favoráveis à recarga de aquíferos. Nesse sentido, recomendam-se cuidados especiais e medidas técnicas criteriosas na instalação de fontes poluidoras como lixões, aterros sanitários, cemitérios e no uso de defensivos e adubos agrícolas. Apesar dessas áreas se constituírem em excelentes zonas de recarga, o nível freático é bastante profundo; portanto, não são adequadas à locação de poços para exploração de água.

O sistema de alto topográfico e baixo estrutural favorece a concentração de fluidos em sub-superfície, por isso, são áreas recomendáveis para a busca de água subterrânea. Também é favorável a concentração de argilas e a depuração de contaminantes, por isso, poderão, desde que observados outros fatores, serem destinadas à implantação de depósitos de rejeitos.

O sistema de baixo topográfico e alto estrutural é altamente favorável à percolação de fluidos, fator que caracteriza essas áreas como zonas de recarga de aquíferos, onde não se recomenda a instalação de fontes poluidoras. Também, pela sua configuração estrutural, são locais favoráveis à locação de poços para exploração de água subterrânea.

O sistema de baixo topográfico e baixo estrutural indica uma região concentradora, por isso, é favorável à concentração de argilas e ao armazenamento de água subterrânea. A possibilidade de ocorrência de argilas, inclusive as expansivas, e ainda a alta umidade do solo e a baixa profundidade do lençol freático, são características não-favoráveis ao assentamento urbano, ao traçado de obras viárias e à instalação de equipamentos enterrados susceptíveis à corrosão. Por outro lado, essas características indicam que essas áreas são bastante favoráveis à agricultura e à exploração de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como para areia, argilas e turfa.

## Bibliografia

GUY, M. Quelques principes e quelques experiences sur la metodologie de la photointerpretation. In.: SIMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTO - INTERPRETATION, 2, Paris, 1966. Acte... Paris, 1966, v.1, p. 2 - 41.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Curso geologia de engenharia aplicada a problemas ambientais AGAM-DIGEM. São Paulo : IPT, 1991. 56 p.

LEPSCH, I. F. Solos : formação e conservação. 3.ed. São Paulo : Edições Melhoramentos, 1976. 160 p.

RIVEREAU, J. C. Notas de aula do curso de fotointerpretação. In.: FOTOGRAFIAS AÉREAS - APLICAÇÕES TÉCNICAS : EM SEMANA DE ESTUDOS, 11. Ouro Preto : SIGEG, 1972, p.37 - 122.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Guia de utilização - carta de aptidão física ao assentamento urbano - 1 : 50.000. São Paulo, 1990.

SOARES, P. C. & FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias geomorfológica*. 16 (32) : 71-104, 1976.

ZUQUETTE, L. V. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodologica para as condições brasileiras. São Carlos : USP, 1987. (Tese de Doutorado).