

## CONTRIBUIÇÃO DAS INFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS PARA MAPEAMENTO DA INSTABILIDADE NATURAL DAS UNIDADES DE PAISAGEM

WESTPHALEN, L.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mestranda. Universidade Federal do Paraná. [laianeady@yahoo.com.br](mailto:laianeady@yahoo.com.br)

SANTOS, L.J.C.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Prof. Adjunto Depto de Geografia. Universidade Federal do Paraná. [santos@ufpr.br](mailto:santos@ufpr.br)

### RESUMO

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) apresenta alta concentração populacional, correspondendo atualmente a 34,42% da população urbana do Estado do Paraná. No período de 1980 e 1990, a mesma apresentou a terceira maior taxa de crescimento entre as nove regiões metropolitanas do país, situação que se acentuou a partir da década de 1990 com a instalação de indústrias automobilísticas, acarretando principalmente no aumento de ocupações em locais que apresentam limitações em relação às características do meio físico (ARAÚJO, 2005 e CHUEH, 2004). A RMC ocupa atualmente área de 15.451 Km<sup>2</sup> estando limitada em sua porção leste pela Serra do Mar, local onde se encontram as nascentes do rio Iguazu e os principais mananciais da região. Concomitantemente, é onde ocorrem os conflitos entre expansão urbana e a necessidade de preservação dos recursos naturais. Dentre os mananciais localizados a leste da RMC, está a bacia hidrográfica do Rio Pequeno que apresenta extensão de aproximadamente 130 Km<sup>2</sup>, inserida em São José dos Pinhais, um dos municípios mais significativos da região. Considerando a situação apresentada, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a instabilidade natural das Unidades de Paisagem na bacia hidrográfica do Rio Pequeno, utilizando a proposta metodológica desenvolvida por Crepani/INPE (2001). A metodologia foi elaborada a partir do conceito de Ecodinâmica do Tricart (1977), com intuito de subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal e propõe uma avaliação integrada entre os elementos físico e biótico. Contudo, uma das contribuições do autor está na elaboração da carta de instabilidade geomorfológica, resultado da correlação entre as informações geomorfológicas de dissecação do relevo, declividade e amplitude altimétrica. Para o autor, estas informações permitem quantificar empiricamente a energia potencial disponível para o escoamento superficial, responsável pelo transporte de materiais e pelos processos esculturais do relevo, e assim identificar a instabilidade das unidades. A partir da avaliação integrada entre os elementos do meio físico biótico, concluiu-se que aproximadamente 20% da bacia apresenta-se na condição “Medianamente Estável”, 60% apresenta-se “Moderadamente Estável/Instável”, 17% apresenta-se “Moderadamente Instável”, e menos de 1% apresenta-se em condição “Instável”. A contribuição das informações geomorfológicas, juntamente com a avaliação das variáveis clima, geologia e solos, permitiram uma visão holística da situação ambiental da bacia.

Palavras Chaves: Geomorfologia, Unidades de Paisagem, Instabilidade Natural.

### INTRODUÇÃO

O processo de industrialização, ocorrido nas últimas décadas, na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), contribuiu significativamente para a atual configuração espacial dos municípios da região, especialmente de São José dos Pinhais. A região apresenta atualmente 34,42% da população urbana do Estado do Paraná. No período entre 1980 e 1990, a mesma apresentou a terceira maior taxa de crescimento entre as nove regiões metropolitanas do país, situação que se acentuou a partir da década de 1990 com a instalação de indústrias automobilísticas, acarretando principalmente no aumento de ocupações em locais que apresentam limitações em relação às características do meio físico (ARAÚJO, 2005 e CHUEH, 2004).

O atual Plano de Desenvolvimento Integrado da RMC (PDI), elaborado pela COMEC (2001), inclui propostas para o desenvolvimento econômico e social da região metropolitana, visando a integração efetiva dos municípios ao pólo. O PDI apresenta propostas tanto de caráter estrutural (como rede de transporte, rede viária, ordenação do uso do solo) quanto de caráter ambiental, com ênfase nos recursos hídricos, visando principalmente, a preservação de mananciais (COMEC/PDI, 2001).

Outros instrumentos de gestão como a Lei Estadual nº 12.248/98 instituída como *Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da Região Metropolitana de Curitiba* (SIGPM – RMC), tem como objetivos: assegurar as condições essenciais para recuperação e preservação dos mananciais de abastecimento público; integrar a ação dos órgãos competentes e descentralizar a ação do poder público na defesa do meio ambiente.

Porém, muitos dos instrumentos criados para a preservação do ambiente e melhora da qualidade de vida da população acabam se confrontando, tanto no âmbito político quanto nos interesses da iniciativa privada e civil, contribuindo para a degradação ambiental e gerando problemas sócio-ambientais irreversíveis.

Cabe ressaltar que processos de ocupação, assim como o desenvolvimento das atividades econômicas, quando não ocorrem de forma planejada fazem com que rapidamente sejam atingidos os limites de suporte físico das áreas ocupadas, levando a diminuição da qualidade de vida das populações residentes. ROSS (2001) afirma que diversas formas de intervenção humana na natureza devem ser precedidas de diagnósticos que possibilitem o conhecimento prévio das características naturais do local. A instalação de indústrias, expansão urbana, entre outras atividades interferem significativamente no ambiente e com isso é importante que se tenha uma posição preventiva do mesmo, onde sejam estabelecidas diretrizes para uso racional dos recursos naturais.

Considerando a situação apresentada, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a instabilidade natural das Unidades de Paisagem na bacia hidrográfica do Rio Pequeno, utilizando a proposta metodológica desenvolvida por Crepani/INPE (2001). A metodologia foi elaborada a partir do conceito de Ecodinâmica do Tricart (1977), com intuito de subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal e propõe uma avaliação integrada entre os elementos físico e biótico. Contudo, uma das contribuições do autor está na elaboração da carta de instabilidade geomorfológica, resultado da correlação entre as informações morfométricas de dissecação do relevo, declividade e amplitude altimétrica. Para o autor, estas informações permitem quantificar empiricamente a energia potencial disponível para o escoamento superficial, responsável pelo transporte de

materiais e pelos processos esculturais do relevo, e assim identificar a instabilidade das unidades.

A metodologia foi aplicada na bacia hidrográfica do rio Pequeno, localizada em São José dos Pinhais, um dos municípios mais significativos da Região Metropolitana de Curitiba (FIGURA 1), a mesma ainda está inserida na bacia do Altíssimo Iguaçu, cujas nascentes encontram-se na Serra do Mar, caracterizada pela qualidade hídrica favorável dos mananciais.

A bacia do rio Pequeno apresenta área de 130Km<sup>2</sup> com vazão de 1000 litros/s (Andreoli, 1999), sendo caracterizada pelo clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e ocorrência de geadas no inverno (IAPAR, 2005).

O embasamento geológico é formado por sedimentos da Formação Guabirota na porção oeste (jusante) da bacia, aluviões e terraços aluvionares ao longo do curso do rio, rochas do Complexo Granítico-Gnáissico e rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico à montante (MINEROPAR, 2005 p.16).

Na porção leste, a bacia apresenta relevo característico do complexo da Serra do Mar, com áreas escarpadas e íngremes, vales entalhados e profundos, favorecendo assim, uma maior energia hidráulica dos rios. Na porção oeste, o relevo apresenta características do Primeiro Planalto do Paraná, com vertentes pouco inclinadas, vales pouco profundos e mais espalhados, o que diminui a energia hidráulica dos rios e facilita a deposição de sedimentos nas planícies aluviais (BRISKI, 2004 p. 63). As altitudes variam de 875 m a 1265m, apresentando amplitude altimétrica de 400 m. Apresenta padrões de drenagem arborescentes, dentríticos e paralelos decorrentes das características estruturais (BRISKI, 2004 p. 63). Por fim, os solos predominantes são os Gleissolos encontrados ao longo da planície aluvial do rio. Os Latossolos, localizados no curso inferior da bacia, os Argissolos no curso médio, Cambissolos e Neossolos Litólicos no curso superior cujas declividades são mais acentuadas.

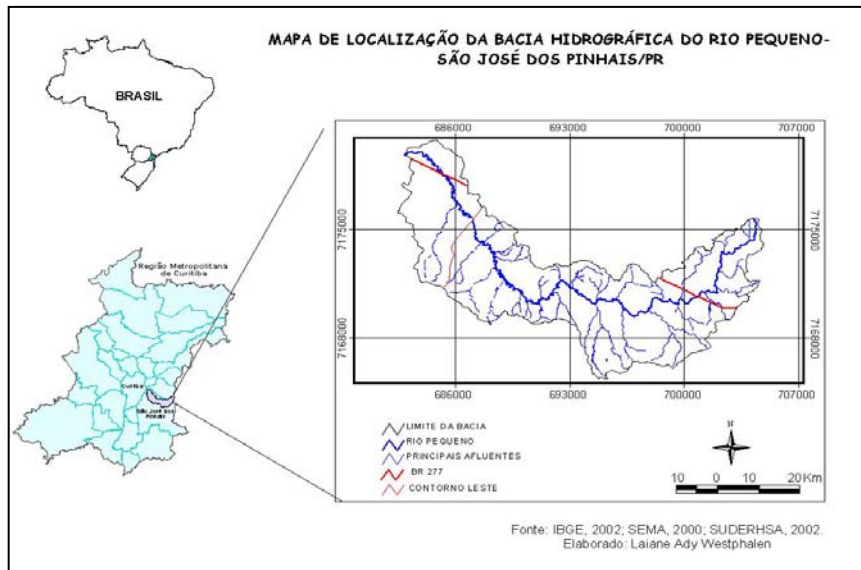


Figura 1: Mapa de Localização da Bacia do Rio Pequeno/PR

## MÉTODOS

Seguindo a metodologia proposta por Crepani (2001) a primeira fase da pesquisa foi desenvolvida a partir da delimitação cartográfica das Unidades Territoriais Básicas (UTB) da bacia. Para Becker & Egler (1996), a UTB é uma “entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferencia-las de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que articulam à uma complexa rede integrada por outras unidades”. Esta denominação se aproxima do conceito de Paisagem, que como explicita Monteiro “é uma entidade espacial delimitado segundo o nível de resolução do pesquisador a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo sempre resultante da integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos físicos, biológicos e antrópicos expressa em partes delimitáveis e infinitamente, mas individualizadas através da relações entre elas, que organizam um todo complexo (SISTEMA), verdadeiro conjunto solidário e único, em perpétua evolução.” Neste sentido as Unidades Territoriais Básicas passam a ser denominadas, neste trabalho, como Unidades de Paisagem (UPs).

As UPs da bacia foram delimitadas a partir de uma previa observação cartográfica, considerando as informações dos elementos do meio físico: clima, geologia, relevo e solos, denominados de planos de informação (PI). Conforme Crepani, estes PIs deverão ser avaliados de forma sistêmica, considerando as relações dinâmicas existentes entre os elementos físicos, bióticos e humanos, a sobreposição destes permitirá identificar e delimitar as unidades de paisagem.

Uma vez identificadas, foram atribuídos valores de instabilidade aos elementos componentes.

O grau de instabilidade foi estabelecido por meio de escala de valores relativos e empíricos definidos a partir dos processos de morfogênese/pedogênese. São atribuídos valores para cada tema individualmente (Clima (C) + Geologia (G) + Relevo (R) + Pedologia (P)) que variam de 1 (Estável) à 3 (Instável), compondo um total de 21 valores (FIGURA 2). O valor final resulta da média aritmética  $(C+G+R+P/4)$  dos valores de cada variável, que busca representar a posição da unidade dentro da escala de instabilidade, gerando assim, a carta síntese de instabilidade natural.

	Média	Grau de Instabilidade
↑	3.0	INSTÁVEL
	2.9	
	2.8	
	2.7	
↓	2.6	MODERADAM. INSTÁVEL
	2.5	
	2.4	
	2.3	
↑	2.2	MEDIANAMEN. ESTÁVEL/ INSTÁVEL
	2.1	
	2.0	
	1.9	
↓	1.8	MODERADAM. ESTÁVEL
	1.7	
	1.6	
	1.5	
↑	1.4	ESTÁVEL
	1.3	
	1.2	
	1.1	
	1.0	

Figura 2: Escala de instabilidade  
 FONTE: CREPANI, 2001.

## VARIÁVEIS DAS UNIDADES DE PAISAGEM

### Clima

Para o autor, a erosividade da chuva pode ser avaliada a partir da Intensidade Pluviométrica, dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (mm) pela duração do período chuvoso (em meses). A TABELA 1 apresenta os valores de IP encontradas na área de estudo e os respectivos valores de instabilidade:

TABELA 1: INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA E CLASSES DE INSTABILIDADE

Classe	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Instabilidade
175-200	169	1.6
225 - 250	249 e 240	1.8
325 - 350	326	2.2

FONTE: CREPANI, 2001.

### Geologia

Segundo o autor a geologia tem um papel importante na compreensão da morfodinâmica da paisagem natural. O fator considerado para a atribuição de valores de instabilidade referem-se à resistências das rochas a denudação (intemperismo e erosão). O grau de coesão das rochas é a informação básica da Geologia, uma vez que em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos modificadores das formas de relevo/morfogênese, enquanto que nas rochas mais coesas prevalecem os processos de intemperismo e formação dos solos/pedogênese (CREPANI, 2001, p.32).

Os valores de instabilidade dos grupos litológicos encontrados na bacia foram atribuídos conforme estudo realizado pela MINEROPAR (2005), conforme TABELA 2:

TABELA 2: ESCALA DE INSTABILIDADE A DENUDAÇÃO DAS ROCHAS

Rochas	Instabilidade
Granito	1,1
Migmatito e Gnaisses	1,3
Argilas, Arcóscias e Cascalhos	2,6
Sedimentos Inconsolidados e aluviões	3,0

FONTE: MINEROPAR, 2005.

### Instabilidade Geomorfológica

Uma das contribuições do método está no detalhamento dos aspectos geomorfológicos e na elaboração de uma carta síntese da instabilidade destes aspectos.

Para a análise da geomorfologia foram considerados os índices morfométricos de dissecação do relevo, amplitude altimétrica e declividade, resultando num produto síntese denominado de instabilidade geomorfológica (IG). Primeiramente, foram atribuídos valores de instabilidade as classes de declividade (D) dissecação do relevo (DR) e amplitude altimétrica (A). Posteriormente, foi obtida a carta síntese de geomorfologia por

meio da média aritmética  $(D+DR+A/3)$  dos elementos. A elaboração das cartas e a atribuição dos valores de instabilidade estão apresentadas nos itens a seguir:

### Declividade

A declividade é um dos elementos considerados para a obtenção da carta síntese de geomorfologia. Para o autor, a declividade é responsável pela velocidade do escoamento superficial, desta forma, quanto maior esse escoamento, maior será a capacidade de erosão.

Valores próximos ao 1 correspondem à áreas com declividades pouco acentuadas enquanto próximos ao 3 são áreas com declividades mais acentuadas. Conforme TABELA 3.

TABELA 3: ESCALA DE VULNERABILIDADE DA DECLIVIDADE

Declividade		Instabilidade
%	Graus	
< 2%	1.41	1,0
2- 6%	1.41 – 3.43	1,5
6-20%	3.43 – 11.30	2,0
20-50%	11.30 – 26.56	2,5
>50%	26.56	3,0

FONTE: CREPANI, 2001.

### Dissecação do relevo

É a intensidade da drenagem e entalhamento dos canais para promover a morfogênese. Segundo Crepani (2001, p.55), a intensidade da dissecação pela drenagem pode ser obtida a partir de medidas da amplitude dos interflúvios (distância entre os canais de drenagem) ou da densidade de drenagem (nº de canais/unidade de área).

A dissecação do relevo da bacia foi obtida por meio da amplitude dos interflúvios e com auxílio visual da imagem de satélite landsat ETM+. A dissecação será maior em locais cujo espaçamento entre os interflúvios for menor, apresentando conseqüentemente, maiores números de canais de 1ª ordem. Para isso, foi medido o espaçamento entre os canais de primeira ordem, vetorizados, utilizando a ferramenta *Measure* do *software ArcView*. A imagem auxiliou, no sentido que, locais que apresentam textura mais rugosa correspondem à locais com índices de dissecação maiores aos que apresentam textura lisa. A escala de instabilidade da dissecação do relevo está apresentada na TABELA 4:

TABELA 4: ESCALA DE INSTABILIDADE DA DISSECAÇÃO DO RELEVO

Amplitude interflúvio (m)	Instabilidade	Amplitude interflúvio (m)	Instabilidade
2000-2250	2,2	750-1000	2,7
1500-1750	2,4	500-750	2,8
1250-1500	2,5	250-500	2,9
1000-1250	2,6	<250	3,0

FONTE: CREPANI, 2001.

### Amplitude altimétrica

A amplitude altimétrica, por sua vez, está relacionada com o aprofundamento da dissecação e indica a quantidade de energia potencial disponível para erodir o solo. Neste sentido, quanto maior for a amplitude da unidade de paisagem, maior será a energia potencial disponível, propiciando assim a atuação da morfogênese (CREPANI, 2001 p.56).

Ao avaliar a carta de declividade conjuntamente com a carta de hipsometria observou-se que a partir de 955 m a bacia apresenta os maiores índices de declividade. Neste sentido, ao atribuir os valores de instabilidade à amplitude altimétrica, foram consideradas as classes das amplitudes entre 1265 m e 955 m e entre 955 m e 875, conforme TABELA 5:

TABELA 5: ESCALA DE INSTABILIDADE A AMPLITUDE ALTIMÉTRICA

Amplitude Altimétrica (m)	Instabilidade
77-84,5	1,7
>200	3,0

FONTE: CREPANI, 2001.

### Solos

O grau de instabilidade foi atribuído de acordo com características morfológicas e a capacidade erosiva de cada tipo de solo.

Para o mapeamento dos solos da bacia do Rio Pequeno, foi utilizado o método dos mapas generalizados e esquemáticos, que são mapas de escala pequena e de pouco detalhe, onde as unidades pedológicas são inferidas por meio do conhecimento prévio das possíveis unidades do local e da correlação entre tipos de solos e fatores de formação (LEPSCH, 2002).



Os tipos de solos encontrados na bacia e os respectivos valores de instabilidade são apresentados na TABELA 6.

TABELA 6: ESCALA DE INSTABILIDADE DOS TIPOS DE SOLOS

Classes de solos	Instabilidade
Latossolos	1,0
Argissolos	2,0
Cambissolos	2,5
Gleissolos e Neossolos Litólicos	3,0

FONTE: CREPANI, 2001.

## MATERIAIS

Para a realização da presente pesquisa e confecção dos mapas temáticos foram utilizados os seguintes instrumentos: Base topográfica digital, base digital de geologia, imagem Landsat ETM de 09/2002, *Software ArcView 3.2 e ENVI 3.4*.

## RESULTADOS

Em relação à instabilidade natural das Unidades de Paisagem (FIGURA 3), constatou-se que a UP 1 apresenta-se medianamente estável. As condições geomorfológicas são estáveis devido à baixa declividade e baixa dissecação do relevo. A presença de Latossolos também é um condicionante favorável à estabilidade da mesma. Cabe ressaltar que a unidade apresenta forte ocupação urbana, sendo necessário nestes casos, tomar medidas corretivas em situações de uso conflitante com o ambiente e gerar diagnósticos ambientais mais detalhados frente ao processo de uso e ocupação. A UP 2 foi definida como Moderadamente Instável, corresponde à planície de inundação do rio, caracterizando-se por declividades pouco acentuadas, presença de gleissolos e sedimentos aluviais depositados no Quaternário. Os gleissolos são solos colapsíveis e saturados em água, apresentando restrições geotécnicas. A utilização da unidade para fins agrícolas, pode gerar a contaminação do lençol freático por agrotóxicos e comprometer a qualidade hídrica do manancial. A UP 3 apresenta áreas “Moderadamente Estáveis” e “Medianamente Estáveis/Instáveis”. Estes locais caracterizam-se pela presença de rochas do Complexo Gnáissico-migmatito e da Formação Guabirota, trazendo assim pequena diversificação na declividade do local. A UP 4 apresenta-se Moderadamente Estável, com declividades que variam de 6 a 12% e presença de Latossolos. As declividades

ligeiramente mais elevadas estão associadas às rochas do Complexo Gnáissico-migmatito, o que não compromete a estabilidade do local. Neste sentido a unidade não apresenta grandes restrições ao uso, no entanto é importante que qualquer tipo de intervenção no ambiente seja precedido de diagnósticos mais detalhados e de práticas conservacionistas.

A UP 5 é composta por rochas resistentes à denudação (Complexo Gnáissico-migmatito), declividades que variam de 12 a 20% com média dissecação do relevo. A alta intensidade pluviométrica associada à presença de Argissolos pode favorecer os processos erosivos do local. Por fim, a UP 6 caracteriza-se por declividades superiores a 20%, relevo dissecado, com presença de Cambissolos e Neossolos Litólicos. Cabe ressaltar que a condição do relevo associada a intensidade pluviométrica favorece remoção de sedimentos da superfície podendo resultar no assoreamento do rio à sua jusante, e também, em casos mais agravantes, favorecer o movimento de massas.

O equilíbrio da UP é condicionado pela cobertura vegetal existente, desta forma, sua preservação é imprescindível para a contenção dos problemas geotécnicos e para a manutenção da qualidade hídrica.

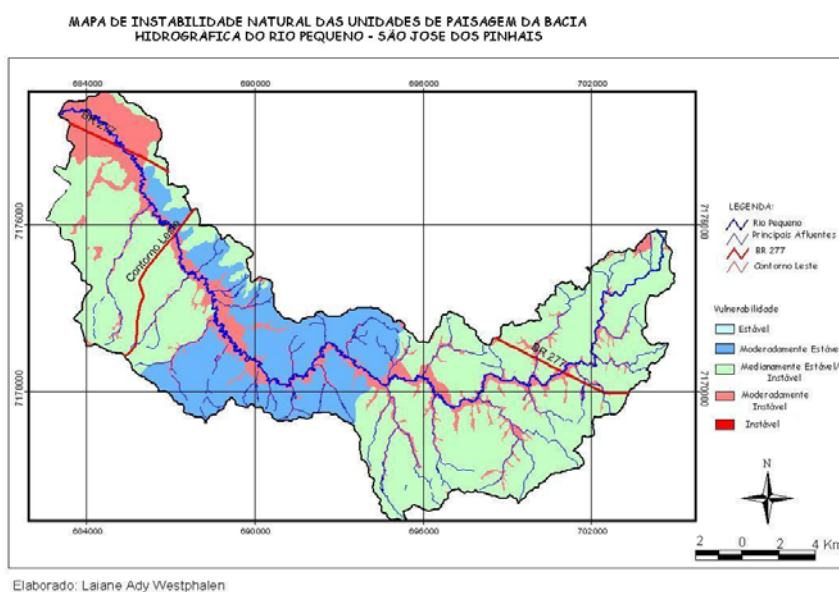


Figura 3: Mapa de Instabilidade Natural das Unidades de Paisagem da Bacia

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a instabilidade natural da bacia hidrográfica do rio Pequeno, utilizando a metodologia proposta por Crepani/INPE (2001). A partir da avaliação integrada entre os elementos do meio físico biótico, pôde-se concluir que aproximadamente 20% da bacia apresenta-se na condição “Medianamente Estável”,

60% apresenta-se “Moderadamente Estável/Instável”, 17% apresenta-se “Moderadamente Instável”, e menos de 1% apresenta-se em condição “Instável”. Por fim, a caracterização dos aspectos geomorfológicos, cujo resultado foi a carta síntese de instabilidade geomorfológica, juntamente com a avaliação das variáveis clima, geologia e solos, contribuíram significativamente para uma visão holística da situação ambiental da bacia. Desta forma, pode-se dizer que a metodologia utilizada apresentou resultados coerentes e satisfatórios.

## **REFERÊNCIAS**

ANDREOLI, C. V. Os mananciais de abastecimento do sistema integrado da Região Metropolitana de Curitiba/RMC. **SANARE/SANEPAR**, Curitiba, (n.12), p.19-30, 1999.

BRISKI, S. J. **Análise do meio físico como suporte ao planejamento ambiental e gestão territorial do alto curso da bacia do rio Iguaçu-PR**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação em Geologia. Curitiba, UFPR, Curitiba, 2004. 208p.

CREPANI, E. [et al.]. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento-Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 100p.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. Programa Zoneamento-Ecológico-Economico do Paraná. **Potencialidades e fragilidades das rochas do Paraná**. Curitiba, 2005. 70p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista Deptº Geografia FFLCH/USP**, São Paulo, (n.08), p.63-71, 1994.