

MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUARAQUEÇABA/APA DE GUARAQUEÇABA/PR

Anderson L. Gregorczuk PPGEF/UFPR anderlg@floresta.ufpr.br

Leonardo J. C. Santos Dep. de Geografia/UFPR santos@ufpr.br

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é resultado da aplicação da metodologia de mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Guaraqueçaba, que se localiza no litoral norte do Estado do Paraná, região submetida às leis de uso e ocupação da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. A APA é gerenciada pelos governos federal e estadual do Paraná, sendo a unidade estadual referente apenas à divisão administrativa do município de Guaraqueçaba, enquanto a APA federal é composta integralmente do município homônimo e parte dos municípios de Antonina, Paranaguá e Campina Grande do Sul. A unidade de preservação foi criada pelo decreto nº 90.883/85, com extensão de 3 134 Km² e contingente populacional aproximado de 7 777 habitantes.

A região é composta de ambientes variados e ricamente importantes do ponto de vista natural e de ocupação humana, com populações remanescentes de pescadores artesanais e agricultores familiares. Na bacia estão localizadas cinco comunidades agrícolas. A área é contemplada por regiões de enorme diversificação florística e faunística, abrigando um considerável número de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. A complexidade geomorfológica é garantida por cadeias montanhosas, planícies, zonas costeiras, compartimentos estuarino-manguezais e inúmeras ilhas localizadas na Baía das Laranjeiras. A preservação deste ambiente é de grande importância, neste bioma está concentrada uma das maiores porções de Floresta Atlântica do litoral brasileiro em seu estado primitivo, com a representação de 7,80 % da atual cobertura da Floresta Atlântica IPARDES, (2001).

A bacia do rio Guaraqueçaba drena o quadrante leste da unidade de conservação ambiental, e está compreendida entre as coordenadas geográficas -25°0'23.34" e -25°14'42.54", e -48°9'20.87" e -48°17'52.63", com um total de 183, 101Km².

2 METODOLOGIA

O mapeamento de fragilidade ambiental foi elaborado empiricamente, e representa uma proposta de avaliação das potencialidades dos recursos naturais de um determinado sistema natural, exigindo levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e da fauna, além de levantamentos a respeito do uso e ocupação do solo Ross, (2000). O método foi proposto pela primeira vez no início da década de 90, e reeditado pela terceira no ano 2000. Esta metodologia está baseada na **teoria geral dos sistemas**, correspondendo ao conceito de que os elementos que compõem o **estrato geográfico** são inter-relacionados por fluxos de **energia** e **matéria**, determinando o **equilíbrio dinâmico do sistema**.

O diagnóstico da fragilidade potencial é uma importante ferramenta na determinação das condições ambientais de uma bacia hidrográfica, evitando intervenções discordantes em decorrência da falta de um conhecimento prévio. A fragilidade potencial serve como indicador preliminar do comportamento físico-natural do meio quando em

estado de equilíbrio dinâmico. A fragilidade emergente pode ser definida como sendo o retrato da intervenção humana sobre os sistemas ambientais naturais que permaneciam em equilíbrio dinâmico. A escala de fragilidade das modificações impostas pela ação humana varia conforme o grau de comprometimento do sistema. Para ROSS, (2000) os sistemas ambientais naturais, face as intervenções humanas, apresentam maior ou menor **fragilidade** em função das suas características genéticas.

A metodologia atribui aos fenômenos naturais um quadro hierarquizado de valores empíricos para a fragilidade **potencial** e **emergente** do meio ambiente, cuja classificação estabelece graus de fragilidade compreendidos em cinco classes, sendo elas: **muito fraca, fraca, média, forte e muito forte**. Na execução do mapeamento a determinação da fragilidade dos elementos componentes que integram o método adotado foi alcançada através do cruzamento direto de matrizes ambientais. As matrizes foram transferidas para ambiente computacional, operando em plataforma SIG, a geração de um banco de dados organizado em forma multi-layers facilitou a execução do mapeamento, pois, foi possível a manipulação de diferentes produtos cartográficos, de representações e escalas variadas. O sistema informatizado substituiu a morosidade imposta pelas rotinas da manipulação da cartografia analógica. As operações da plataforma SIG, além de serem mais rápidas, são muito mais precisas. O processamento dos cruzamentos foi operacionalizado pela estrutura topológica GRID com 10 metros, estas “células” receberam um único valor, definido como o grau de fragilidade.

A declividade é o primeiro elemento da matriz de cruzamento para a determinação da fragilidade potencial. A carta de declividade foi processada pela técnica de geração do **modelo digital do terreno**, criado a partir das curvas de nível vetorizadas em *CAD* e processadas no SIG, utilizando a estrutura topológica *TIN*. Esta modelagem permitiu manter as descontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales) durante a geração da grade, possibilitando modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície INPE, (2002). A declividade recebeu valores apropriados aos seus intervalos de classe já consagrados conforme a capacidade de uso/aptidão agrícola, associados aqueles conhecidos como valores dos limites críticos da estabilidade geotécnica, respeitando a indicação do vigor dos processos erosivos e dos riscos de fenômenos de movimentação de massa. Os valores categorizados para a declividade foram os seguintes: 1 - Muito Fraca (Até 6 %), 2 – Fraca (de 6 a 12%), 3 – Média (de 12 a 20%), 4 – Forte (de 20 a 30%) e 5 - Muito Forte (acima de 30%).

O mapeamento de solos foi realizado por IPARDES, (1990) para o zoneamento da APA de Guaraqueçaba, escala 1:300 000. Os atributos de valor para os diferentes tipos de solos foram considerados conforme as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, e profundidade/espessura dos horizontes. A fragilidade ou erodibilidade dos diferentes tipos de solos foi determinada empiricamente, através de observações do autor (ROSS, 2000) e testes desenvolvidos em laboratório. Os solos hidromórficos não foram contemplados no quadro de referência do autor, a atribuição de valor para a fragilidade desta classe foi considerada como forte, o valor de fragilidade inferido neste caso levou em consideração a condição de excesso de água, representado

pelo encharcamento dos solos, as baixas declividades, além da sua susceptibilidade à erosão e a compactação de horizontes superficiais e subsuperficiais pelo pisoteio de animais¹.

Do cruzamento do mapa de declividade e o mapa de solos, é que foi determinado o mapa final de fragilidade potencial da bacia do rio Guaraqueçaba. Os valores identificados foram classificados em Fragilidade Potencial: Muito Fraca < 1; Fraca 1 – 2; Média 2 – 3; Forte 3 – 4 e Muito Forte > 4.

A avaliação do uso e ocupação do solo serviu para o estabelecimento de graus de proteção aos solos. A associação do mapa de uso e ocupação do solo com o mapa de fragilidade potencial determinou o mapa de fragilidade emergente. O mapa de uso foi elaborado através da classificação da imagem orbital do satélite *Landsat 7 ETM+*. A classificação supervisionada (verossimilhança) foi o método adotado para a classificação da cena 220_077, quadrante D, datada de 1999. Os valores de fragilidade identificados foram classificados em Fragilidade Emergente: Muito Fraca < 1; Fraca 1 – 2; Média 2 – 3; Forte 3 – 4 e Muito Forte > 4.

A caracterização físico-natural considerou outros elementos naturais no trabalho, entretanto, seus resultados não compuseram a fórmula matricial de cruzamentos. O levantamento climático determinou o tipo climático local e as médias mensais de precipitação e vazão dos rios próximos da bacia, estes itens serviram para estabelecer correlações entre o coeficiente de erosividade das chuvas e o potencial de cobertura oferecido ao solo pela vegetação. O mapeamento geológico descreve as unidades geológicas ocorrentes na bacia, a geologia foi extraída da Folha Geológica Guaraqueçaba, escala 1:100.000, CPRM, (1977), projeto leste do Estado do Paraná. O mapeamento geomorfológico identificou as macroformas presentes na bacia hidrográfica e nas áreas adjacentes a sua localização. OKA-FIORI e CANALI, (1998) sugerem a compartimentação do litoral paranaense em três compartimentos, sendo eles: Compartimento de Serras e Morros, Compartimento das Planícies, e Compartimento de Mangues. Neste trabalho foi identificado um quarto compartimento, ao norte do município de Guaraqueçaba, foi denominado de Compartimento Planáltico do Turvo.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Geomorfologia

O compartimento de **serras e morros** ocupa a maior porção na bacia, com área calculada em mais de 119 Km², desenvolvem-se sobre as rochas do embasamento cristalino. Estes compartimentos são de grande instabilidade natural, pois, um conjunto de fatores soma-se, num contexto de processos erosivos acelerados. Dentre os principais fatores, estão as altas precipitações, as vertentes com declividades muito inclinadas, a existência de afloramentos rochosos e a rede de drenagem densa. Estas características naturais já conferem a este compartimento um alto risco de movimentos de massa estes fenômenos são denunciados pela presença muitas cicatrizes naturais em toda a região.

Entre o compartimento de **serras e morros** e o de **planícies**, estão concentrados os depósitos de Talude. Estas áreas deposicionais foram descritas por Guerra, (1993) como

¹ A condição de referência ao pisoteio é muito pertinente na região, pois, lá estão localizadas várias fazendas destinadas à criação de búfalos. O pisoteio pode ocasionar compactações dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos.

depósitos acumulados na base de uma escarpa. A formação destes ambientes ocorre pela deposição de material proveniente da erosão do lençol freático de escoamento superficial, ou da ação da gravidade. Este último processo é responsável por gerar os maiores depósitos.

O **compartimento de planícies** é caracterizado pela suavidade do relevo, as declividades são muito baixas, as planícies são preenchidas por sedimentos arenosos de origem litorânea e/ ou fluvial. O material é altamente permeável. Este compartimento é bem definido morfologicamente, sua disposição esta agrupada em um único polígono, o contato entre o compartimento de Serras e Planícies é abrupto, no alto curso do rio Guaraqueçaba a planície é estreita, juntamente com o vale, eles estão bem encaixados nos Granitos e Migmatitos, no médio e baixo curso do rio Guaraqueçaba, a planície vai se tornando mais larga progressivamente. A planície tem orientação nordeste – sudeste, ela se ramifica, estendendo-se no entorno dos rios Guaraqueçaba, Pasmado, Utinga, Rio Verde. A área da planície foi calculada em 58,738 Km².

O **compartimento de mangues** é descrito como uma região alagadiça e pantanosa, está localizada nas beiras das baías litorâneas. Os solos são salinos e o compartimento está sujeita à ação dos fluxos e refluxos das marés. A litologia é composta de sedimentos areno-silticos-argilosos de deposição mista (flúvio-marinha-lacustre) indiferenciados.

O **compartimento planáltico** é uma região de características planálticas, com colinas dissecadas, relevo moderadamente plano, a região foi chamada de compartimento planáltico do Turvo, está localizada no extremo norte da bacia. O padrão das formas é representado por colinas dissecadas, o arranjo litológico ocorre unicamente neste compartimento, esta porção representa cerca de 5 km², as rochas são: Metassiltitos, filitos, metagrauvas, metacócio, quartzo-sericita-xistos, quartzo-biotita-mucovita-xistos eventualmente granatíferos (mx).

3.2 Declividade

As classes de declividade estão diretamente relacionadas aos compartimentos geomorfológicos. Os dados apurados do processamento revelam que 46% da área total da bacia tem fragilidade potencial muito forte, com inclinações superiores a 30%. Estes intervalos de declividade estão dispostos nas Serras e Morros. As declividades com fragilidade potencial forte constituem 16% do total da bacia, estas inclinações com intervalo de 20-30% localizam-se em áreas de interface entre as Serras e Morros e a Planície, caracteriza-se como uma área de deposição, os depósitos de Talude. As declividades com fragilidade potencial média e fraca ocupam 13% da área, estas inclinações que variam entre o intervalo de 6-20% estão presentes nos vales dos principais afluentes do rio Guaraqueçaba, a outra área de ocorrência está localizada no compartimento planáltico ao norte da bacia, esta condição de inclinação foi determinada pelo relevo mais dissecado. As áreas de planície somam aproximadamente 58 Km², este polígono é quase homogêneo na distribuição das declividades, com inclinações inferiores a 6%. Este compartimento contribui para que a classe de potencial de fragilidade muito fraca represente 25% da área total da bacia do rio Guaraqueçaba.

3.3 Solos

Os solos litólicos estão localizados na porção leste da bacia, na Serra do Utinga, sobre os Granitos Metassomáticos, em declividades superiores a 30%, correspondendo a

6% do total da área da bacia, os litólicos são considerados como de fragilidade muito forte. O Cambissolo Álico é o solo mais representativo em área, representa 55%, está localizado nas encostas mais íngremes, sobre os Migmatitos. As declividades são superiores a 25%. Para este solo é atribuída a categoria de forte na escala de representação da fragilidade potencial. A associação entre Cambissolo Álico + Latossolo Verm/Amarelo Álico, representa apenas 2% do total da área, na escala de fragilidade esta associação assume o menor valor de fragilidade potencial encontrado na bacia, o valor médio de fragilidade. Esta associação está postada sobre o compartimento planáltico do Turvo, no extremo norte da bacia, o relevo é pouco acidentado. A associação Podzólico Vermelho-Amarelo Álicos + Solos Hidromórficos. Gleyzados está distribuída nos morros no entorno das comunidades do Rio Verde e Utinga, sua contribuição é de 13% do total, e se desenvolve sobre os Migmatitos em declividades com intervalos médios a fortes de fragilidade. Os solos Hidromórficos.Gleyzados Indiscriminados+Cambissolos Distróficos, tem sua espacialização ao longo do compartimento geomorfológico identificado como planície, sua representação em área corresponde a 24% da área. As declividades são muito baixas, embora o valor de fragilidade também é alto, categorizado como forte.

3.4 Uso e ocupação do solo

A classificação temática feita para a APA determinou que para a área da bacia, os polígonos mais representativos são os fragmentos florestais, a estrutura da cobertura florestal original, foi mantida em mais de 78 % da área total. A diversificação do uso e ocupação do solo está concentrada nas planícies, ao redor das casas, isto ocorre em todas as comunidades agrícolas. As demais alterações feitas à cobertura florestal original são resultados de atividades agrícolas pretéritas, em que as encostas médias foram ocupadas por plantações, o resultado desta atividade no mapa atual, são as áreas de cobertura florestal muito alterada, um polígono que envolve as áreas das principais comunidades agrícolas. A outra área que foram modificadas as características primitivas, são as capoeiras, que anteriormente compuseram o sistema de pousio dos agricultores. A recomposição destas parcelas acresceu a classe de cobertura florestal muito alterada. As práticas agrícolas, a ocupação e as demais atividades, não representam mais do que 8% da área total.

3.5 Resultados da fragilidade potencial

A fragilidade potencial foi obtida do cruzamento entre os elementos: solos (definido pelo grau de erodibilidade do solo) e declividade (definida pelos intervalos de classe baseados nos limites geotécnicos de estabilidade taludal). O resultado indica o predomínio da fragilidade **muito forte**, esta classe de fragilidade representa 47%, quase a metade da área da bacia. O grau de **fragilidade potencial muito forte** está concentrada no compartimento de Serras e Morros, a condição de fragilidade tão elevada refere-se ao estabelecimento dos intervalos de classe de declividade, que por estarem baseados nos limites geotécnicos para utilização das encostas, resultam em valores tão elevados. Os limites da geotecnia estão embasados na relação estabelecida para atuação das forças gravitacionais em encostas tão inclinadas. O sistema solos nesta porção também é bastante vulnerável, contribuindo para manutenção do grau de fragilidade muito forte, são solos pouco desenvolvidos com forte susceptibilidade à erosão.

A **fragilidade potencial média** constitui 29% da área total, representando na bacia 52,823 Km² de área, deste total, a maior parte está representada no compartimento geomorfológico da Planície.

As manchas espacialmente representadas pela condição de **fragilidade potencial forte**, 24% da área total, formam um ambiente de transição entre uma instabilidade potencial muito elevada nas serras e morros e um compartimento mais estabilizado em função das baixas declividades, a planície, são os Depósitos de Talude. As declividades são elevadas, os solos são representados pelos Cambissolos em associação com os Podzólicos Vermelhos-Amarelos, ambos susceptíveis à erosão em condições de topografia acentuada, como no caso da região em ocorrem, as características físicas destes solos é que determinam esta vulnerabilidade.

O resultado do mapeamento de fragilidade potencial que estabeleceu a média dos elementos solos e declividade, teve um grau de fragilidade bastante **forte**, esta condição foi derivada do predomínio das classes de declividade de maior inclinação no terreno; quanto aos solos, na maioria são pouco desenvolvidos com média a forte susceptibilidade à erosão, tornando-os bastante vulneráveis. Concluindo, podemos afirmar que os sistemas naturais que compõem a bacia são bastante frágeis do ponto de vista do equilíbrio dinâmico, a grande concentração de energia potencial nas encostas, associada a solos pouco desenvolvidos e susceptíveis à erosão, correlacionada com as elevadas precipitações mensais calculadas torna este ambiente altamente vulnerável a interferências danosas.

3.6 Resultado da fragilidade emergencial

O cálculo que determinou a fragilidade emergencial foi o mesmo operacionalizado na determinação da fragilidade potencial da bacia hidrográfica do rio Guaraqueçaba, com a soma dos valores dos mapas de fragilidade potencial com o mapa de uso e ocupação do solo de 1999. O mapeamento de fragilidade potencial calculada apresentou os seguintes graus de fragilidade potencial, **média, forte e muito forte**. Estes graus representam a condição de instabilidade potencial alta para a bacia. Entretanto os cálculos da fragilidade emergente identificaram outras classes de fragilidade, variando da fragilidade **fraca, média, forte**, até o grau **muito forte**.

A fragilidade fraca contempla 18% do total da bacia, esta categoria está distribuída espacialmente nas planícies em que não há intensificação nas atividades agrícolas.

A fragilidade média representa 74% da bacia, e cobre o compartimento de serras e morros e algumas áreas da planície em que a prática agrícola não compromete demasiadamente o ambiente, como as pastagens e agricultura praticada sob a capoeira. O grau de fragilidade médio da maior porção da região de estudo é resultado do alto grau de proteção fornecido ao solo pelo revestimento florestal bem preservado. A estabilização dos altos valores da fragilidade potencial foi diretamente influenciada pela densa cobertura florestal na bacia como um todo.

A fragilidade forte está notadamente concentrada à montante da bacia, onde há maior concentração de agricultores, e de práticas agrícolas variadas. Estas práticas estão preenchendo toda a planície ao norte da bacia, e algumas áreas das encostas próximas a esta comunidade agrícola. Os outros pontos identificados como de fragilidade forte, são as áreas de cobertura florestal muito alterada, nos arredores das comunidades, contribuindo para a

composição dos 8% da área da bacia em que estão calculados como fragilidade emergencial forte.

A fragilidade emergencial muito forte está representada por algumas pequenas manchas que não atingem 1% de área, estes pontos são resultados de atividades mineradoras.

REFERÊNCIAS

- ALVAR, J.; ALVAR, J. **Guaraqueçaba; mar e mata**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Humanas e Letras e Artes, 1979.
- AYOADE, J. O. – **Introdução à climatologia para os trópicos** / J. O. Ayoade; tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos. – São Paulo: Difel, 1986.
- BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, Instituto de Geografia, n.21, pag.8-13,1970.
- BIGARELLA, J. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Secretaria de Estado de Planejamento/ADEA, 1978.
- CANALI, N. E. **Mapeamento Geomorfológico e de Declividade para o Macro-Zoneamento Costeiro do Paraná: Folhas Ariri e Represa do Capivari**. Documento Impresso, Curitiba, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Ed., São Paulo, Edgard Blücher, 188p., 1980.
- CPRM, 1977 - Folha Geológica Guaraqueçaba, escala 1:100.000 – Projeto Leste do Estado do Paraná.
- GREGORCZUK, A. L. **Mapeamento de declividade e interpretação de imagem de satélite das Folhas Represa do Capivari e Ariri/PR**. Relatório técnico científico, PIBIC/CNPq/UFPR, Curitiba, 2001, 2002.
- GUERRA, A. T. **Dicionário geológico – geomorfológico**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 8ª ed.,1993 .
- GUERRA, A.J.T; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- INPE, Arquivos Digitais, (2002).Acessado em <http://www.inpe.gov.br>
- IPARDES, **Zoneamento Ambiental da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba**, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, Curitiba, 2001, 150p
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: BADEP/UFPR/Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, 1968.
- NOVO, E.M.L de M. **Sensoriamento remoto - princípios e aplicações**. 2. ed. São José dos Campos: Edgard Blucher, 1992.
- OKA FIORI, C; CANALI, N.E. Análise geomorfológica da área do parque do Marumbi – Serra do Mar (PR). *In: Atas do Simpósio Sul Brasileiro de Geologia* 3, 1987. *Anais...* Curitiba, V.1.
- OKA FIORI, C; CANALI, N.E. Mapeamento geomofológico. *In: Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: Diagnóstico*. Curitiba: Ed. UFPR, 1998.
- RODRIGUES, A. **A sustentabilidade da agricultura em Guaraqueçaba: o caso da Produção Vegetal**. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento – UFPR, Curitiba, 2002.
- ROSS, J. L.S. Geomorfologia aplicada aos EIAs RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2000
- TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977, 91p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente).

WISNIEWSKI C. et al., **Diagnóstico do clima, caracterização sócio-econômica da agricultura e dos sistemas agrícolas, Relatório Final.** Zoneamento Econômico-Ecológico da APA de Guaraqueçaba. Documento Impresso, Curitiba, 1996