

Fl.: 174 Proc.: 62 - GUANDU/12
Rubrica: *[assinatura]*



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A EROÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA
DO RIO GUANDU, RJ.**

Luísa Falqueto Duarte

Orientadora Prof.^a Dr.^a Alessandra Carreiro Baptista

**SEROPÉDICA
2013**

LUÍSA FALQUETO DUARTE

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A EROSÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA
DO RIO GUANDU, RJ.**

Monografia submetida ao corpo docente do curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Agrimensor.

Orientadora Prof.^a Dr.^a Alessandra Carreiro Baptista

SEROPÉDICA

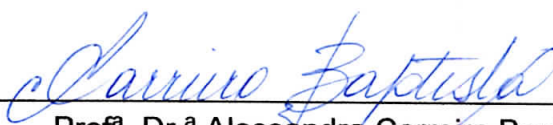
2013

LUÍSA FALQUETO DUARTE

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A EROSÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA
DO RIO GUANDU, RJ.**

Monografia submetida ao corpo docente do curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Agrimensor.

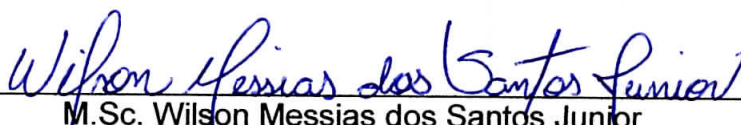
APROVADA: 24 de abril de 2013.



Prof.^a Dr.^a Alessandra Carreiro Baptista
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(Orientadora)



M.Sc. Marcelo dos Santos Salomão
Faculdade de Geologia da UERJ



M.Sc. Wilson Messias dos Santos Junior
Secretaria de Desenvolvimento Regional

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pelo amparo e por sempre iluminar o meu caminho.

À Prof.^a Dr.^a Alessandra Carreiro Baptista pela orientação, confiança, pelos valiosos ensinamentos e ajuda na execução deste trabalho.

Aos colaboradores da banca avaliadora, o geólogo Marcelo dos Santos Salomão e ao geógrafo Wilson Messias dos Santos Junior.

Aos Prof. Dr. Luiz Guimarães Barbosa e Prof. Mrc. João Golçalves Bahia pelos valiosos ensinamentos, amizade e estímulo.

Aos amigos de curso pela amizade, companheirismo, estímulo e apoio em todos os momentos que precisei.

À todos os funcionários e colegas do Departamento de Engenharia da UFRRJ pelas diferentes formas de auxílio e atenção prestados.

Aos meus pais, Newton Pizzol Duarte e Isabel Falqueto Duarte, pelo apoio em todas as decisões, pela compreensão, carinho, educação e por sempre estarem presentes mesmo com a distância.

À minhas irmãs, Míriam Falqueto Duarte e Aline Falqueto Duarte, pela compreensão, companheirismo, carinho e apoio.

À minha avó Zulmira Pizzol Duarte pelo carinho e presença constante em minha vida.

À minha tia Hilarina Maria Pizzol Duarte pelo estímulo, carinho e palavras de amizade e conforto.

Aos meus avós maternos, Ambrósio Falqueto e Lucina Zandonadi Falqueto (*in memoriam*) pelo exemplo de vida.

À AGEVAP pela concessão do auxílio financeiro.

À ESRI por disponibilizar o *software*.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1. Meio Ambiente e Gestão Ambiental.....	12
3.2. Modelagem Ambiental.....	15
3.3. Planejamento Integrado	16
3.4. Erosão.....	17
3.4.1. Processos erosivos.....	17
3.4.1.1. Infiltração, Armazenamento e Geração de Runoff.....	18
3.4.1.2. Escoamento superficial.....	18
3.4.1.3. Escoamento subsuperficial.....	19
3.4.1.4. Piping.....	19
3.4.1.5. Splash.....	20
3.4.2. Fatores controladores da erosão.....	20
3.4.2.1. Erosividade da chuva	21
3.4.2.2. Propriedades do solo.....	21
3.4.2.3. Cobertura vegetal	22
3.4.2.4. Características das encostas.....	22
3.5. Avaliação Multicriterial.....	23

3.5.1. Método AHP (Processo Analítico Hierárquico)	24
3.6. SIG e Avaliação Multicritério.....	25
4. METODOLOGIA.....	27
4.1. Caracterização física da Região Hidrográfica do Rio Guandu.....	27
4.1.1. Relevo	28
4.1.2. Uso e Cobertura do Solo	28
4.1.3. Aspectos Geológicos	29
4.1.4. Aspectos Geomorfológicos.....	29
4.1.5. Condições Hidrológicas	29
4.1.6. Clima	30
4.2. Materiais e Métodos.....	30
4.3. Suscetibilidade a Processos Erosivos	32
4.3.1. Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Consistente - MDEHC .	32
4.3.2. Carta de Declividade e Suas Classes.....	33
4.3.3. Carta Geomorfológica.....	34
4.3.4. Carta Geológica.....	36
4.3.5. Carta de Uso e Cobertura do Solo	37
4.3.6. Carta de Precipitação	39
4.3.7. Curvatura vertical e longitudinal	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6. CONCLUSÕES	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geometria e declividades em encostas retilínea, convexa e côncava.	23
Figura 2 - Mapa de Localização da Região Hidrográfica do Rio Guandu.....	28
Figura 3 - Fluxograma das etapas de trabalho para a suscetibilidade à erosão	31
Figura 4 – Carta de Declividade reescalada para valores de suscetibilidade.....	34
Figura 5 – Carta Geomorfológica reescalada para valores de suscetibilidade.....	35
Figura 6 – Carta Geológica reescalada para valores de suscetibilidade	37
Figura 7 – Carta de Uso e Cobertura do Solo reescalada para valores de suscetibilidade.	38
Figura 8 – Carta de precipitação reescalada para valores de suscetibilidade.....	39
Figura 9 – Carta Morfológica da Curvatura Vertical reescalada para valores de suscetibilidade	41
Figura 10 – Carta de Carta Morfológica da Curvatura Longitudinal reescalada para valores de suscetibilidade	42
Figura 11 – Cenário 1 - Carta de Suscetibilidade à Erosão da Região Hidrográfica do Rio Guandu.	52
Figura 12 – Cenário 2 - Carta de Suscetibilidade à Erosão da Região Hidrográfica do Rio Guandu	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de declividade referente Figura 4	34
Tabela 2 – Classes geomorfológicas referente Figura 5.	35
Tabela 3 – Classes litológicas referente Figura 6.....	36
Tabela 4 – Classes de uso e cobertura do solo referente Figura 7(continua).	37
Tabela 5 – Classes de precipitação referente a Figura 8.	39
Tabela 6 – Classes da curvatura vertical utilizadas referente à Figura 9	40
Tabela 7 – Classes da curvatura longitudinal utilizadas referente à Figura 10.....	40
Tabela 8 - Importância relativa entre os fatores e os pesos ponderados calculados de acordo com a matriz de atribuição para o Cenário 1	43
Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica (continua).....	45
Tabela 10 – Tabela contendo as áreas e porcentagens das respectivas classes de suscetibilidade à erosão presente na região hidrográfica	51

RESUMO

DUARTE, Luísa Falqueto. **Carta de Suscetibilidade a Erosão da Região Hidrográfica do Rio Guandu, RJ.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Agrimensura. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2013. 58 p.

O conhecimento sobre as características físicas de determinadas áreas já notórias pela sua suscetibilidade a erosão é fundamental para o desenvolvimento ou adaptação de metodologias que sirvam de suporte para o planejamento e organização territorial. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de uma proposta da carta de suscetibilidade à erosão para a Região Hidrográfica do Rio Guandu, RJ. Para isso, foram utilizadas as variáveis de declividade, geomorfologia, geologia, forma do relevo, precipitação e uso e ocupação do solo. As informações foram analisadas e classificadas como fatores para o processo denominado Análise Multicritério, através dos quais foram gerados cenários finais para a tomada de decisão. Pretende-se, assim, contribuir para a construção de alternativas de desenvolvimento local, integrado e sustentável para a Região Hidrográfica do Rio Guandu.

ABSTRACT

DUARTE, Luísa Falqueto. **Cartographic Letter of Erosion Susceptibility to the Hydrographic Region of Rio Guandu, RJ.** Completion of Course Work. Land Surveying Engineering Course. Rural Federal University of Rio de Janeiro. Seropédica, 2013. 58 p.

The knowledge about the physical characteristics of certain notorious areas by its susceptibility to erosion is critical for the development or adaptation of methodologies which support planning and territorial organization. This study aimed to prepare the proposal for a cartographic letter of erosion susceptibility to the Hydrographic Region of Rio Guandu, RJ. For this, were used variables of slope, geomorphology, geology, landforms, precipitation, soil use and occupation. The data were analyzed and classified as factors for a process called Multicriteria Analysis, through which the final scenarios were generated for decision making. The aim is thus contribute to the construction of alternatives for local, integrated and sustainable development for the Rio Guandu Hydrographic Region.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade humana, com o intuito de promover alguma forma de desenvolvimento para a região, acaba causando impactos ao ambiente em que vive. Como exemplos desses impactos tem-se o mau uso do solo e da água, seja em áreas rurais ou urbanas e, como consequências, não só os desmatamentos, erosão, poluição e contaminação dos lençóis freáticos e demais corpos d'água, como também o frequente acúmulo de materiais tóxicos e/ou nocivos a saúde humana e aos demais seres vivos presentes no ecossistema em tese.

No que diz respeito à região urbana, sabe-se que essas são desmatadas, alterando a cobertura do solo e ocasionando alterações principalmente no ciclo hidrológico, ocorrendo menor infiltração de água e ainda aumento no escoamento superficial. Aumentando-se então, a produção de sedimentos, alterando tanto o solo, em função do empobrecimento de sua fertilidade e perdas por erosão, como nos cursos d'água, implicando em enchente, assoreamento, e/ou a contaminação dos cursos d'água.

Sabe-se que a erosão é um problema que acompanha a humanidade desde os seus primórdios, e em alguns momentos da história, se ela não foi o principal agente dizimador de uma civilização, certamente foi um dos mais importantes (SILVA ; SHULZ E CAMARGO, 2003).

Nessa circunstância, foi estabelecida a hipótese de que se pode detectar áreas suscetíveis à erosão através da análise multicriterial e representá-la por cartas, mapeadas por meio de métodos estruturados em SIG - Sistemas de Informações Geográficas, levando-se em consideração que a bacia hidrográfica é um sistema e que a análise de suscetibilidade natural à erosão foi avaliada utilizando-se o Processo Analítico Hierárquico, empregando-se os seguintes fatores naturais: geologia, geomorfologia, precipitação, uso e cobertura do solo e declividade da área em estudo, representada pela Região Hidrográfica do Rio Guandu, RJ.

2. OBJETIVO

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo principal identificar, em estudo de caso, a suscetibilidade à erosão com aplicação da análise multicritério. Para tanto, foi utilizada ponderação qualitativa a partir de informações de

declividade, geomorfologia, geologia, forma do relevo, precipitação e uso e ocupação do solo, bem como a caracterização da região quanto à erosão.

A quantificação e análise da erosão e suas consequências são fatores fundamentais para que, no momento da tomada de decisão – visando a aplicação de medidas mitigadoras e do desenvolvimento sustentável das unidades de planejamento, haja uma distribuição justificada dos recursos financeiros, nos dias de hoje cada vez mais escassos.

Assim, com os produtos deste trabalho de pesquisa espera-se contribuir para a construção de alternativas de desenvolvimento local, integrado e sustentável para a Região Hidrográfica do Rio Guandu.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Meio Ambiente e Gestão Ambiental

Quando se trata do meio ambiente são abordados temas a respeito de sustentabilidade ambiental e gestão ambiental. A respeito do primeiro, o Ministério do Meio Ambiente relaciona à capacidade de suporte dos ecossistemas associados de absorver ou se recuperar dos impactos ambientais derivadas da ação humana (ação antrópica), implicando um equilíbrio entre as taxas de emissão e/ou produção de resíduos e taxas de absorção e/ou regeneração da base natural de recursos.

No dicionário básico de meio ambiente, organizado por Verocai (2001), sustentabilidade ambiental tem as seguintes definições:

Melhoria da qualidade da vida humana, respeitando a capacidade de assimilação dos ecossistemas que a suportam. A sustentabilidade ambiental define-se por duas funções (*services*) fundamentais do meio ambiente - fonte e receptor - que se devem manter inalteradas durante o período em que se requer a sustentabilidade (...). Assim, a sustentabilidade ambiental é um conjunto de restrições de quatro atividades fundamentais que regulam a escala do subsistema econômico do homem: a assimilação da poluição e dos resíduos, no que se refere à função "receptor", e o uso dos recursos renováveis

e dos não renováveis, no que se refere à função "fonte". O ponto fundamental a ser observado nesta definição é que a sustentabilidade ambiental é um conceito da ciência natural e obedece a leis biofísicas, mais do que às leis humanas. Esta definição geral parece ser válida, qualquer que seja o país, o setor ou a época por vir.

Verocai (2001), diz que o conceito original de gestão ambiental diz respeito à administração, pelo governo, do uso dos recursos ambientais, por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e providências institucionais e jurídicas, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade do meio ambiente, assegurar a produtividade dos recursos e o desenvolvimento social. Este conceito, entretanto, tem se ampliado nos últimos anos para incluir, além da gestão pública do meio ambiente, os programas de ação desenvolvidos por empresas para administrar suas atividades dentro dos modernos princípios de proteção do meio ambiente.

Para Zuquette (1993), gestão ambiental consiste na administração integrada da região (ambiente) com critérios de equilíbrio, promovendo o desenvolvimento e bem estar harmonioso dos seres humanos (melhorar a qualidade de vida, manter a disponibilidade dos recursos) sem esgotar e/ou deteriorar os recursos renováveis e sem destruir (dilapidar) os não-renováveis.

No entendimento de Tolba (1987), a gestão ambiental refere-se ao gerenciamento de todas as atividades humanas que tem significativo impacto sobre o meio ambiente. Essa nova forma de gerir alarga o conceito de processo de desenvolvimento, ao incluir como objetivo maior a qualidade ambiental, e ao permitir que ele se dê por um longo prazo e em bases sustentáveis.

Para o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2000) gestão ambiental entende-se o conjunto de princípios, estratégias e diretrizes de ações e procedimentos para proteger a integridade dos meios físicos e bióticos, bem como a dos grupos sociais que deles dependem.

Esse conceito inclui, também, o monitoramento e o controle de elementos essenciais à qualidade de vida, em geral, e à salubridade humana, em especial. Suas atividades envolvem o monitoramento, o controle e a fiscalização do uso dos recursos naturais, bem como o processo de estudo, avaliação e eventual licenciamento de atividades potencialmente poluidoras.

Envolvem também, a normatização de atividades, definição de parâmetros físicos, biológicos e químicos dos elementos naturais serem monitorados, assim como os limites de sua exploração e/ou as condições de atendimento dos requerimentos ambientais em geral.

Segundo Souza (2000) o método de execução da gestão ambiental deve seguir as seguintes etapas:

- ✓ elaboração da caracterização ambiental e da atividade;
- ✓ realização de uma análise ambiental;
- ✓ estudo e adoção de ações mitigadoras e proposição e operação de uma rede de monitoramento.

Para o mesmo autor, a caracterização ambiental é responsável pela determinação das vocações e suscetibilidades naturais dos fatores ambientais, que podem ser subdivididos em meios físico, biológico e antrópico. Os fatores físicos do meio ambiente devem ser entendidos como toda a estrutura abiótica. Alguns desses importantes fatores são: os recursos hídricos, a caracterização hidrogeológica, a pedologia, a descrição geomorfológica, os estudos geológicos e geotécnicos e os estudos climatológicos.

Os fatores relativos ao meio biológico constituem a estrutura biótica do meio ambiente. Inserindo a rede trófica, que é entendida como fração de um universo do qual se compõe o meio físico e sobre o qual o ser humano intervém (ecossistemas terrestre e aquático).

O meio antrópico, de acordo com Lamb (1980) *apud* Mota (2000), envolve o ser humano e suas relações sociais, culturais e econômicos com os fatores ambientais.

O mesmo autor cita trabalhos de Ab'Saber (1994) que afirmam a etapa da caracterização ambiental como de grande interesse para a previsão de impactos, pois, além de fornecer dados sobre sítios de implantação, fornece informações sobre uma determinada região, delineando a área de influência a ser afetada direta ou indiretamente pelas atividades.

Sendo assim, é indispensável o conhecimento da estrutura, da composição e da dinâmica dos fatores que caracterizam o espaço total da região escolhida, uma vez que a erosão hídrica, que comprometeu os recursos naturais, pondo em risco a

produção econômica, pela degradação dos solos e assoreamento dos mananciais que influenciam na qualidade e disponibilidade da água.

3.2. Modelagem Ambiental

A modelagem ambiental não é uma nova descoberta, tampouco uma nova atividade. Ela vem sendo desenvolvida através dos séculos. Ao utilizar-se de um modelo, busca-se respostas a uma determinada situação possível de ser simulada. No entanto, a utilização de um modelo exige que o usuário possua conhecimentos sobre processos e eventos que estão sendo simulados para que a simulação seja a mais próxima possível da realidade (JAMES e HUNTLEY, 1990).

Um modelo é uma abstração da realidade projetada para realizar uma tarefa específica. Os modelos matemáticos utilizam equações que simulam vários cenários e eventos e preveem ou simulam impactos, sendo os mesmos uma hipótese sobre o sistema que representam (SAGGIO, 1992). Segundo o autor, o objetivo principal da modelagem não é produzir uma cópia exata do ecossistema, mas sim tentar reproduzir as características relevantes para o tratamento de uma determinada questão, podendo o ecossistema ser modelado de diferentes maneiras, de acordo com as informações disponíveis e os propósitos do projeto.

Uma função dos modelos é servir como instrumento para o planejamento. O planejamento envolve-se em realizar previsões, considerando as implicações de planos alternativos sem os custos de esperar ou de colocá-los em prática. A simulação pode ser feita desde uma simples projeção ou tendência para sistemas complexos em sua distribuição espacial. Caso as previsões sejam corretas, pode-se tomar decisões e fazer escolhas entre os cenários simulados pela modelagem (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O manejo e o planejamento devem integrar as várias atividades humanas desenvolvidas na área da bacia hidrográfica com os impactos resultantes à qualidade dos meios físico e biótico. Para tanto, é necessário a utilização de ferramentas de apoio à decisão que permitam simular vários cenários e comparar as respostas de cada um. As ferramentas necessárias, em geral, são modelos capazes de simular esses dados, integrando dados de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e de evolução da ocupação e da cobertura vegetal do solo.

Modelos de simulação espacial visam auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e dos processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como eles evoluem diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais (RODRIGUES et al., 2007).

Nesse contexto, a metodologia sistêmica cartográfica, empregada neste estudo e pautada na ecodinâmica, permitiu a investigação da suscetibilidade natural à erosão ao considerar a modelagem e quantificação dos elementos da paisagem para entender, de forma integrada, as variáveis do meio físico, demonstrando que a carta de suscetibilidade à erosão pode ser um instrumento cartográfico importante para análise no gerenciamento da informação territorial.

3.3. Planejamento Integrado

A necessidade de promover a recuperação ambiental e a manutenção de recursos naturais escassos, como a água, fez com que o conceito de bacia hidrográfica passasse a ser difundido e consolidado, tendo-se observado o fato de que ela extrapolava os limites político-administrativos das regiões.

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área total drenada por um rio e seus tributários. Cada bacia hidrográfica, unidade geomorfológica fundamental, é formada por um conjunto de sub-bacias superpostas (CALIJURI e BUBEL, 2006).

Para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água, foi preciso reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico, que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto em uma área. Foi preciso também entender como os recursos naturais estão interligados e são dependentes. Ou seja, quando o curso de um rio é alterado para levar esgotos para longe de uma determinada área, acaba por poluir outra. Da mesma forma, a impermeabilização do solo em uma região provoca o escoamento das águas para outra, que passa a sofrer com enchentes. Diante disso, tornou-se necessário reconhecer, na dinâmica das águas, que os limites geográficos para trabalhar o equilíbrio ecológico devem ser os da bacia hidrográfica, ou seja, o espaço territorial determinado e definido pelo escoamento, pela drenagem e pela influência da água, do ciclo hidrológico na superfície da Terra e não as divisões políticas definidas pela sociedade, como

municípios, estados e países, que não comportam a dinâmica da natureza (EMATER, 2003).

3.4. Erosão

Erosão é o deslocamento, transporte e depósito, de forma contínua, das partículas do solo pela ação dos rios, ventos, geleiras e enxurradas da chuva (LEPSCH, 2002).

Segundo Guerra (2003) a erosão dos solos é um processo que ocorre em duas fases: uma que constitui a remoção (*detachment*) de partículas, e outra que é o transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos. Quando não há energia suficiente para continuar ocorrendo transporte, ocorre a deposição desse material transportado, que é a terceira fase.

Segundo Guimarães (2008) os processos resultantes da erosão pluvial estão intimamente relacionados aos vários caminhos tomados pela água da chuva na sua passagem através da cobertura vegetal e ao seu movimento na superfície do solo. A erosão ocorre a partir do momento em que as forças que removem e transportam materiais excedem aquelas que tendem a resistir à remoção.

3.4.1. Processos erosivos

Segundo Guerra (2003) o ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo. Sendo que durante a ocorrência de um período chuvoso parte da água cai diretamente no solo, independente da cobertura vegetal. A ação das gotas de chuva diretamente ou por meio do gotejamento das folhas causa a erosão por salpicamento (*splash*). A água que chega ao solo pode ser filtrada ou armazenada em pequenas depressões, aumentando a umidade do solo e abastecendo o lençol freático.

Quando o solo não consegue mais absorver água o excesso começa a se mover em superfície ou subsuperfície, podendo provocar erosão, através do escoamento. Para se compreender melhor a erosão, dividiram-se os principais processos controladores deste fenômeno, levando-se em consideração as características relativas à infiltração, armazenamento e geração de *runoff*, como se

dá o escoamento superficial e subsuperficial, bem como os processos de *piping* e *splash*, como abaixo descritos.

3.4.1.1. Infiltração, Armazenamento e Geração de Runoff

Segundo Morgan (1986) a taxa de infiltração é o índice que mede a velocidade com que a água da chuva infiltra no solo.

Segundo Guerra (2003) as taxas de infiltração podem variar bastante, em um mesmo local, em função de diferenças de estrutura ao longo do perfil, diferenças em graus de compactação e teor de umidade antecedente.

A água da chuva que chega ao solo é armazenada, e seu armazenamento pode ser influenciado pelas propriedades do solo, características das chuvas, tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, características das encostas e microtopografia do terreno (GUERRA, 2005).

Segundo Carvalho et al. (2006) apud Guimarães (2008) o *runoff* (escoamento superficial) está diretamente relacionado com as condições de infiltração da água do solo. De acordo com Guerra (2003) se a intensidade da chuva for menor do que a capacidade de infiltração do solo não haverá *runoff*. Porém, se a intensidade da chuva exceder a capacidade de infiltração, ocorrerá *runoff*. Guerra (2003) relata que a comparação entre intensidade da chuva e capacidade de infiltração nem sempre se aplica. Em certos casos, o fator controlador da produção do *runoff* é o teor limitante de umidade dos solos, que resulta no encharcamento dos mesmos. De acordo com Guerra (2005) à medida que a umidade aumenta vai dificultando a ação da infiltração, resultando na saturação e conseqüentemente, na formação de poças.

3.4.1.2. Escoamento superficial

Segundo Guerra (2003) o escoamento superficial ocorre durante um evento chuvoso, quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada, podendo ocorrer quando a capacidade de infiltração for excedida. Cria-se um fluxo de água que transpõe vários obstáculos, que podem ser fragmentos rochosos e cobertura vegetal, os quais fazem diminuir sua energia. O aumento da energia

ocorre quando há interação entre o fluxo de água e as gotas de chuva que caem sobre esse fluxo.

Segundo Horton (1945) *apud* Guimarães (2008) durante o pico de um evento chuvoso o escoamento superficial recobre dois terços ou mais das encostas de uma bacia de drenagem. Para o referido autor, o fluxo resulta da intensidade ser maior do que a capacidade de infiltração do solo e é distribuído da seguinte maneira na encosta: o topo da encosta é uma zona sem fluxo que forma uma área sem erosão; a uma distância crítica do topo, ocorre o acúmulo suficiente de água, onde o fluxo começa; um pouco mais abaixo, na encosta, a profundidade do fluxo aumenta, e ele se torna canalizado formando ravinas.

3.4.1.3. Escoamento subsuperficial

O escoamento subsuperficial, além de controlar o intemperismo, afeta diretamente a erodibilidade dos solos através de suas propriedades hidráulicas, influenciando o transporte de minerais em solução. A ocorrência do escoamento subsuperficial quando em fluxos concentrados em túneis ou dutos possui efeitos erosivos, que podem provocar o colapso da superfície resultando na formação de voçorocas (GUERRA, 2003).

Segundo Oliveira (2005) ravinas e voçorocas podem ser consideradas como incisões que resultam da tendência de sistemas naturais a atingir um estado de equilíbrio entre energia disponível e eficiência do sistema em dissipar energia. Quando um sistema natural (encosta, bacia hidrográfica, etc.) não é eficiente para dissipar a energia disponível, o sistema se adapta de forma a atingir um novo estado de equilíbrio. No caso dos solos, tanto a intensidade e frequência de precipitações, teor de umidade dos solos entre outras, quanto à alteração do uso do solo, cobertura vegetal, grau de estruturação e demais, podem levar a uma situação de desequilíbrio.

3.4.1.4. Piping

Segundo Guerra (2003) os dutos (*piping*) ou túneis são grandes canais abertos em subsuperfície, com diâmetros que variam de poucos centímetros até

vários metros. O processo de formação desses dutos está relacionado ao próprio intemperismo, sob condições especiais geoquímicas e hidráulicas, havendo a dissolução e carreamento de minerais em subsuperfícies.

De acordo com Bertoni & Lombardo Neto (1990) o *piping* ocorre quando a água da superfície se movimenta dentro do solo até encontrar uma camada menos permeável, arrastando as partículas finas nas camadas mais porosas.

3.4.1.5. Splash

A erosão por *splash*, também conhecida no Brasil como erosão por salpicamento, ocorre basicamente como um resultado das forças causadas pelo impacto das gotas de chuva. Uma gota de chuva quando bate em um solo molhado remove partículas que estão envolvidas por uma película de água. A gota descreve uma curva parabólica que se move lateralmente mais ou menos quatro vezes a altura do deslocamento. O *splash* ocorre tanto para baixo como para cima de uma encosta, mas quase sempre as partículas são transportadas para baixo três vezes mais distante do que para cima. Além das partículas serem transportadas pelo impacto causado pelas gotas de chuva, algumas são deslocadas pelo choque proporcionado por sedimentos que se batem uns contra os outros (GUERRA, 2003).

Segundo Guerra (2005) a erosão por *splash* é o estágio inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõe o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial.

3.4.2. Fatores controladores da erosão

Segundo Guerra (2003) os fatores controladores da erosão são aqueles que determinam as variações nas taxas de erosão (erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas). É por causa da interação desses fatores que certas áreas erodem mais do que outras. A intervenção do homem pode alterar esses fatores e, conseqüentemente, apressar ou retardar os processos erosivos.

3.4.2.1. Erosividade da chuva

Segundo Moreira & Pires Neto (1998) a mecânica da erosão pelas chuvas deve-se à combinação do tamanho e da velocidade das gotas de chuva com a duração das precipitações e a velocidade do vento. Quando as gotas de chuva atingem o solo, deslocam grãos e agregados, que podem então ser carregados pelo escoamento superficial ou pelo vento. A velocidade terminal das gotas de chuva é função do seu tamanho: quanto maiores, maior a velocidade.

Observa-se que para predizer perda de solo, deve levar em consideração outras variáveis que também afetam o processo erosivo, além da chuva.

3.4.2.2. Propriedades do solo

Segundo Bertoni & Lombardo Neto (1985) entre as principais propriedades que conferem a maior ou menor resistência à ação erosiva das águas destacam-se: a textura, a estrutura e a permeabilidade.

De acordo com Infanti Jr. & Fornasari Filho (1998) a textura, ou seja, o tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração e absorção de água chuva, interferindo no potencial de enxurradas no solo e também na maior ou menor coesão entre as partículas.

Logo, solos de textura arenosa são normalmente porosos, permitindo rápida infiltração das chuvas e dificultando o escoamento superficial; entretanto, como possuem baixa proporção de partículas argilosas, apresentam maior facilidade para a erosão, que se verifica mesmo em pequenas enxurradas.

O modo como se arranjam as partículas do solo, influi na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva e na capacidade de arraste de partículas do solo. A permeabilidade determina a maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva, estando diretamente relacionada com a porosidade do solo (INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998).

3.4.2.3. Cobertura vegetal

A densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda de solo. O tipo e percentagem de cobertura vegetal podem reduzir os efeitos dos fatores erosivos naturais. A cobertura vegetal pode também reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva e dessa forma, minimiza os impactos das gotas, diminuindo a formação de crostas no solo, reduzindo a erosão (GUERRA, 2003).

Observa-se também, que as raízes da cobertura vegetal podem ramificar-se e, aumentar a estabilidade dos agregados presentes no solo, levando em consideração que quando as partículas do solo são mantidas juntas, aumenta a resistência.

3.4.2.4. Características das encostas

Os fatores relativos às encostas podem afetar a erodibilidade dos solos de diferentes maneiras: por meio da declividade, do comprimento e da forma da encosta (GUERRA, 2003).

A perda total de solo representa uma combinação da erosão por ravinamento causada pelo escoamento, juntamente com a erosão entre ravinas causada pelo impacto das gotas de chuva. Esses processos são influenciados pela declividade das encostas devido ao efeito na velocidade do escoamento (HADLEY et al., 1985).

Segundo Luk (1979) os solos com maior erodibilidade são aqueles situados em encostas com 30° de declividade. Assim, segundo Guerra (2003) a declividade das encostas deveria ser analisada em conjunto com as características da superfície do solo que, igualmente, afetam a remoção do solo e a quantidade de escoamento.

Para Bertoni & Lombardi Neto (1985) o comprimento da rampa é um dos mais importantes fatores na erosão do solo, pois com o aumento do comprimento da rampa, ocorre um aumento no volume de escoamento superficial, produzindo um aumento na intensidade de erosão, principalmente sob a forma de sulcos.

A forma das encostas é outro fator que tem papel importante na erodibilidade dos solos. Hadley et al. (1985) destaca que a forma das encostas pode ser mais importante do que a declividade, na erosão dos solos.

A classificação das formas de encostas de Troeh (1965) foi utilizada por Rodrigues (1982) conforme a Figura 1.

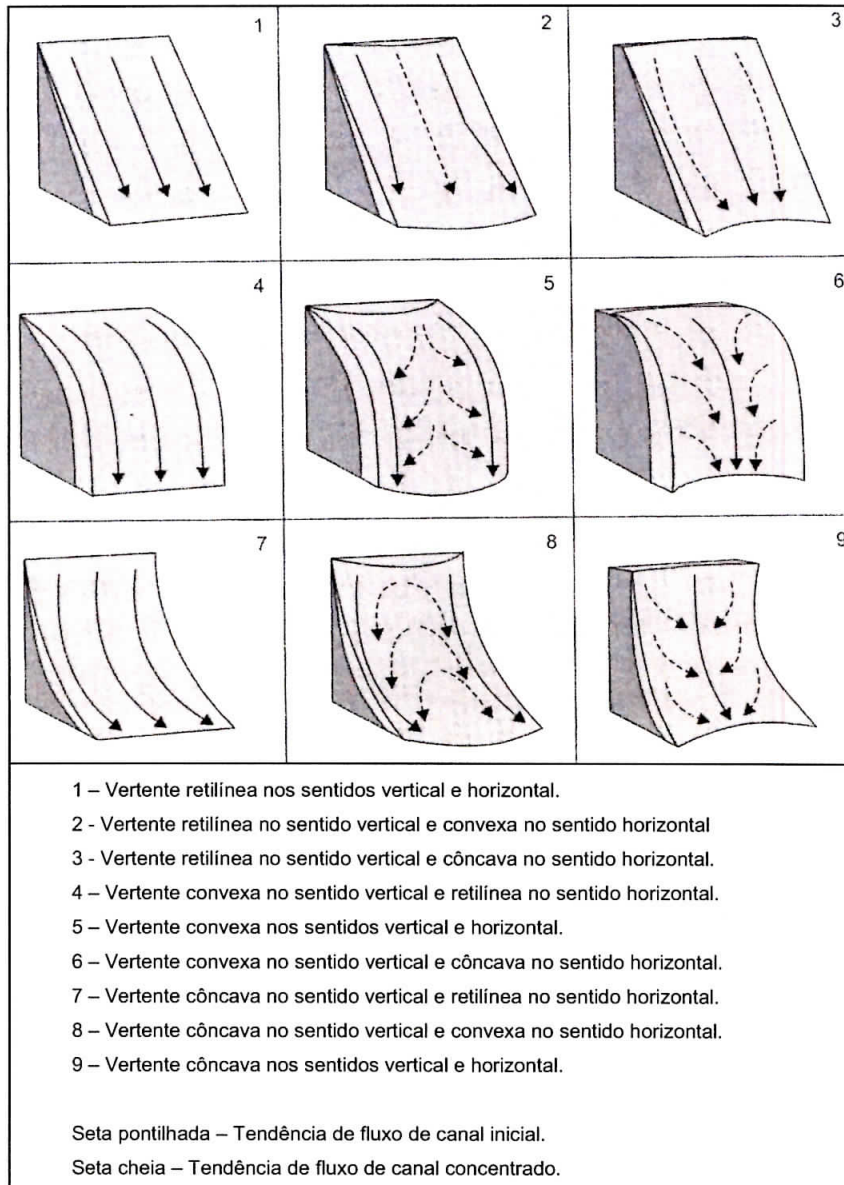


Figura 1 - Geometria e declividades em encostas retilínea, convexa e côncava.
 FONTE: Rodrigues (1982)

3.5. Avaliação Multicriterial

A análise multicriterial é um método de análise de alternativas para resolução de problema que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado

(FRANCISCO et al., 2007). Distintos métodos de análise multicriterial representam diferentes formas de aproximação para a tomada de decisão. Segundo Fidalgo (2003) e Zuffo (1998), a seleção do método depende do problema particular considerado, das preferências do tomador de decisão e de muitos outros fatores (SARTORI, 2010).

Existem diversos modelos utilizados atualmente que utilizam estas informações, dentre os mais conhecidos estão: critérios de pontos, método ELECTRE, método ANP e o método AHP o qual será utilizado neste trabalho e é explicado a seguir.

3.5.1. Método AHP (Processo Analítico Hierárquico)

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o AHP ajuda as pessoas a escolher e a justificar a sua escolha. Baseado em matemática e psicologia, ele foi desenvolvido na década de 1970 pelo Prof. Thomas Saaty [1] [2], então, na Escola Wharton da Universidade da Pensilvânia.

O método tem como base a representação de um problema complexo através da estruturação hierárquica do mesmo, objetivando priorizar os fatores na análise das diversas alternativas. Este processo segue quatro etapas básicas: estruturação hierárquica, comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema, princípio de priorização e sintetização de prioridades.

A etapa de estruturação hierárquica consiste da definição do objetivo global e decomposição do sistema em vários níveis de hierarquia. Essa estruturação possibilita a visualização do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema. A hierarquia é composta dos eventos e suas respectivas relações, podendo a mesma ser simples ou composta.

A comparação paritária é representada por uma matriz quadrada cujos elementos são os pesos atribuídos à comparação entre dois elementos A_i e A_j . Salienta-se que esta é uma matriz recíproca na qual todo elemento A_{ij} corresponde um $A_{ji} = 1/A_{ij}$ e todo $A_{ii} = 1$.

A matriz apresenta uma inconsistência de julgamento quando $A_{ij} \neq 1/A_{kj}$ podendo esta inconsistência ser tolerável até um certo limite. A tolerabilidade da inconsistência desta matriz é determinada através de um índice denominado “Índice Randômico” que é fornecido por uma tabela e é função da dimensão da matriz de comparação.

Através da matriz de comparação, obtém-se o vetor de prioridade relativa por um autovetor que viabiliza a determinação do grau de importância dos elementos em cada nível hierárquico, sendo esta a fase de priorização dos elementos do sistema.

Na etapa final, as prioridades numéricas são derivadas para cada uma das alternativas da decisão. Desde que estes números representam a habilidade relativa das alternativas de conseguir o objetivo da decisão, permitem uma consideração direta dos vários cursos de ação.

Passa-se a etapa de sintetização de prioridades com o objetivo de definir a prioridade global dos planos alternativos, através da multiplicação dos elementos da matriz de prioridades relativas destes planos, pelas prioridades relativas dos critérios.

Pode-se perceber que o objetivo final do AHP é priorizar as alternativas de forma a apontar a melhor.

3.6. SIG e Avaliação Multicritério

Em muitas das aplicações de SIG na área de análise ambiental, é comum o envolvimento de múltiplos critérios para se atender a um ou mais objetivos. É a denominada Avaliação Multicritério (AMC). Problemas de decisão espacial normalmente envolvem um grande conjunto de alternativas viáveis e múltiplas. As alternativas são frequentemente avaliadas por um número de indivíduos. Os indivíduos são tipicamente caracterizados por uma única preferência com relação a importância relativa dos critérios com base nos quais as alternativas são avaliadas (MALCZEWSKI, 2006).

Assim, muitos problemas de decisão espacial dão origem ao SIG baseada na avaliação multicritério (SIG-AMC). A ferramenta SIG é frequentemente reconhecida como um sistema de apoio à decisão envolvendo a integração de dados

especialmente referenciados em um ambiente de resolução de problemas. Por outro lado, AMC fornece um rico conjunto de técnicas e procedimentos para estruturação de problemas de decisão, e projetar, avaliar e priorizando decisões alternativas. (COWEN, 1988).

Malczewski (2004) *apud* Moraes (2012) afirmou que a integração entre as técnicas de tomada de decisão multicritérios e sistemas de informações geográficas representa um avanço considerável nas análises envolvendo adequação de uso da terra, em relação às abordagens convencionais de sobreposição (overlay) de mapas. Segundo o autor, a AMC em ambiente SIG pode ser pensada como um processo que combina e transforma dados espaciais e não-espaciais (entrada) e uma decisão resultante (saída). Os procedimentos envolvem a utilização de dados geográficos, as preferências dos tomadores de decisão e a manipulação dos dados e preferências de acordo com regras de decisão especificam. Desta maneira, duas considerações são de importância crítica para a AMC:

- As capacidades do SIG de aquisição, armazenamento, recuperação, manipulação e análise de dados;
- As capacidades dos métodos de tomada de decisão multicritérios (TDMC) em combinar os dados geográficos e as preferências dos tomadores de decisão em valores unidimensionais de decisões alternativas.

Jankowski; Adrienko e Adrienko (2001) *apud* Moraes (2012) discutiram o papel dos mapas em avaliações multicritérios. Segundo os autores, o apoio à decisão espacial é uma das funções centrais de um SIG. Um dos focos no desenvolvimento de capacidades de apoio a decisão em ambiente SIG tem sido a integração de mapas com modelos de decisão de multicritérios.

Nesses instrumentos, o papel dos mapas vai além da mera exibição do espaço geográfico de decisão e de resultados da AMC. Os mapas tornaram-se um “índice visual” pelo qual o usuário ordena opções de decisão, assinala prioridades e critérios de decisão e aumenta o espaço de saída dos critérios pelo conhecimento derivado dos mapas.

A maior vantagem do método AHP é que ele requer que os indivíduos façam somente comparações entre pares de alternativas. Baseado em Steiguer, Duberstein e Lopes (2005) lista como alguns aspectos positivos do método AHP:

simplicidade; clareza; facilidade de uso; permite a interação entre o analista e o decisor; habilidade de manusear com julgamentos inconsistentes dentre outros. Já como aspectos negativos o autor cita: subjetividade na formulação da matriz de preferência; deve ser procedida uma análise acurada para identificar e caracterizar as propriedades dos níveis da hierarquia que afetam o desempenho do objetivo mais alto; é muito importante que haja consenso na priorização dos níveis mais altos da hierarquia, dentre outros aspectos.

As etapas da análise espacial, aqui apresentadas, permeiam a análise da situação vigente da região hidrográfica estudada, somando ao conhecimento obtido através desse estudo, o poder público poderá avaliar e construir propostas de intervenção ambiental, uma vez que a erosão constitui o principal componente de degradação dos solos.

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização física da Região Hidrográfica do Rio Guandu

A área estudada abrange as bacias dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim, totalizando uma área de drenagem de 3.690 km², envolvendo totalmente os municípios de Mangaratiba, Itaguaí, Seropédica, Queimados, Engenheiro Paulo de Frontin, Japeri e Paracambi; e parcialmente, Miguel Pereira, Vassouras, Barra do Piraí, Mendes, Nova Iguaçu, Piraí, Rio Claro e Rio de Janeiro (Figura 2). Nesta área vivem cerca de 1 milhão de habitantes, o que representa cerca de 70% da área total da bacia hidrográfica contribuinte à Baía de Sepetiba (INEA, 2011).

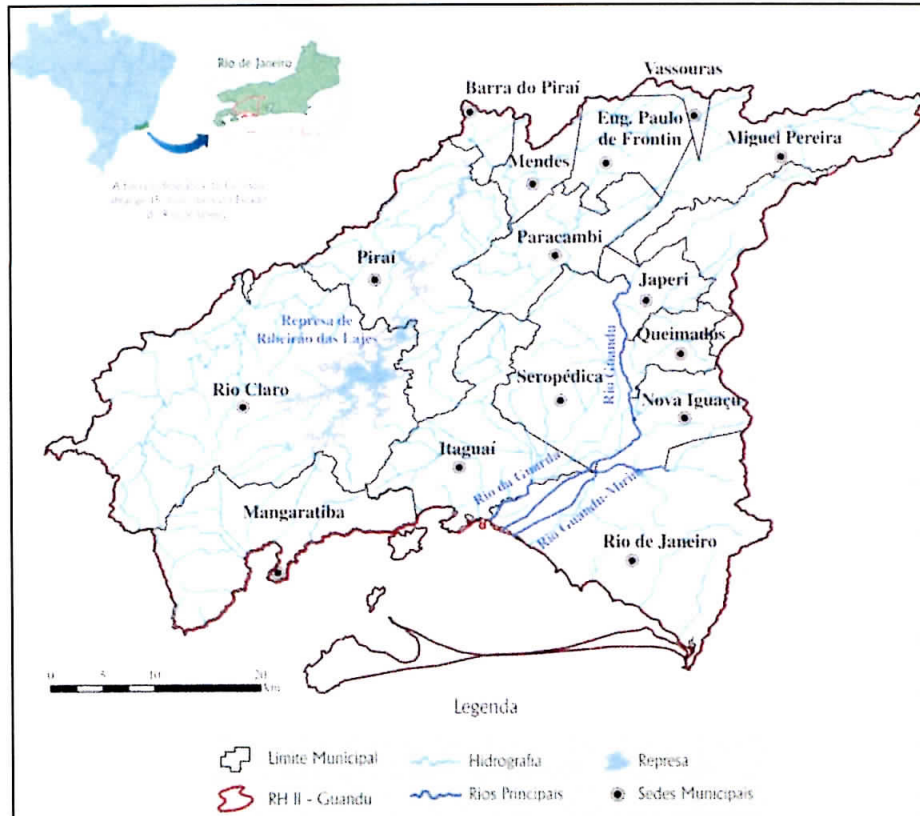


Figura 2 - Mapa de Localização da Região Hidrográfica do Rio Guandu

FONTE: <<http://www.comiteguandu.org.br/>>

4.1.1. Relevo

O relevo caracteriza-se pela proximidade com o oceano, acidentado e íngreme, de elevadas altitudes, apresentando variação abrupta entre serra e planície.

4.1.2. Uso e Cobertura do Solo

A parte leste da bacia é caracterizada pela presença de áreas urbanas de média e baixa densidade (18% e 24% dessas classes para todo o Estado), reflexo da conurbação com a cidade do Rio de Janeiro. Apresenta 21% das áreas de manguezal e 10% das restingas do Estado do Rio associados à Baía de Sepetiba, e também na mesma, encontra-se 14% das áreas de reflorestamento e 56% das áreas

classificadas como solo exposto, em decorrência da mineração e da expansão urbana (INEA, 2011).

4.1.3. Aspectos Geológicos

As rochas paraderivadas são representadas pela Unidade Santo Eduardo onde ocorrem milonitos gnaisses e blastomilonito com intercalações de anfibólitos; o Batólito Serra das Araras é caracterizado por plutonitos foliados cinzentos, geralmente protomilonítico e variações de milonitos das Unidades Três Ilhas e Unidade Monte Verde (INEA, 2011).

4.1.4. Aspectos Geomorfológicos

O atual cenário morfológico da região apresenta predomínio de planícies fluviais e fluviomarinhas (até 20 m) na porção leste da região, onde se inicia a baixada da Guanabara, abrangendo os rios Guandu e Santana e Ribeirão das Lajes. Na vertente norte-noroeste, voltada para o Médio Vale do Paraíba do Sul, há predomínio de colinas (20-100 m), características dessa região. Separando esses dois ambientes morfológicos, observam-se serras escarpadas (acima de 400 m), serras isoladas e serras locais de transição entre amplitudes altimétricas diferentes (200–400 m), no alinhamento NE-SW, característico da geomorfologia do Estado e do Sudeste brasileiro. Na Restinga de Marambaia (Baía de Sepetiba) observa-se a ocorrência de feições geomorfológicas costeiras, classificadas como cordões arenosos, dunas e restingas (INEA, 2011).

4.1.5. Condições Hidrológicas

A região apresenta taxa de evapotranspiração maior do que a de precipitação. Isso pode ser comprovado ao se observar as estações de inverno e verão, nas quais, respectivamente, não há déficit e não há excedente hídrico; ou seja, no verão há incidência de chuvas convectivas pelo aumento da temperatura e alta taxa de precipitação, e, no inverno, a região é seca. Logo, conclui-se que a distribuição

hídrica é baixa e que tal resultado é devido, no verão, à alta concentração de chuvas nas áreas da baixada, as quais apresentam poucas áreas florestadas e alta densidade urbana (INEA, 2011).

4.1.6. Clima

A média anual da temperatura (série histórica) se mantém entre 24° C e 26° C. Observando os dados nas estações de verão e inverno, percebe-se uma massa de calor se movimentando para a região de baixada. Isso ocorre devido ao comportamento do relevo nessa região hidrográfica que, mais a oeste, estabelece um ponto com temperaturas mais amenas (região marcada por colinas, morros, serras isoladas e escarpadas) e, à medida que se aproxima da área de baixada, a temperatura aumenta.

Percebe-se que na área intermediária entre serra e baixada ocorre um acúmulo de água acima de 1.200 mm. As estações são bem definidas, chove bastante no verão e o inverno é muito seco. Isto acontece devido à maior incidência do sol e consequente aumento da temperatura no verão (INEA, 2011).

4.2. Materiais e Métodos

Para a obtenção do mapeamento das áreas predisposta à ocorrência de processos erosivos, o trabalho seguiu as etapas, de acordo com o fluxograma a seguir (Figura 3).

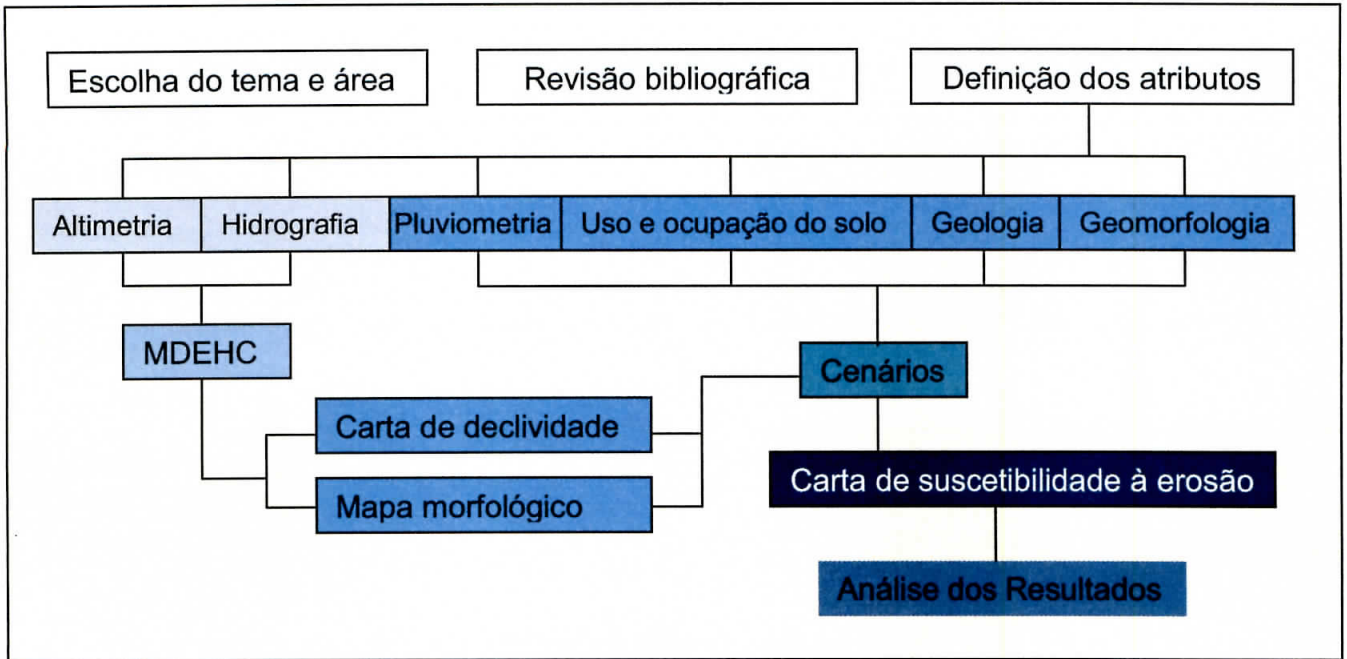


Figura 3 - Fluxograma das etapas de trabalho para a suscetibilidade à erosão

Os materiais utilizados apresentam-se na escala 1:50.000 e 1:100.000, sendo esses:

- Carta Geológica, adquirida no banco de dados online do INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>;
- Carta Geomorfológica, adquirida no banco de dados online do INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>;
- Carta Hidrográfica, adquirida no banco de dados online do INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>;
- Carta Altimétrica, adquirida no banco de dados online do INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>;
- Carta de Uso e Cobertura do Solo, adquirida no banco de dados online do INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>;
- Carta Pluviométrica, adquirida no banco de dados online do INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/>.

Foi, ainda, utilizado:

- Software ArcGIS, version 10.1, disponível em <<http://www.esri.com/landing-pages/software/arcgis/arcgis101-trial>>.

4.3. Suscetibilidade a Processos Erosivos

Tendo em vista o mapeamento da suscetibilidade a erosão da Região Hidrográfica do Rio Guandu, foram utilizadas neste trabalho técnicas de integração, processamento e análise de dados. Através de análise qualitativa dos elementos do meio físico elaborou-se cenários descritivos para a suscetibilidade à erosão.

Para converter os fatores em imagens padronizadas a uma escala de suscetibilidade, utilizou-se o modelo probabilístico *fuzzy*, reescalando-se os fatores para valores de suscetibilidade, variando de zero (baixa suscetibilidade) a 9 (muito alta suscetibilidade), conforme descrito a seguir.

Cabe ressaltar que os pesos e valores atribuídos neste trabalho partiram de revisão bibliográfica e auxílio de profissionais das áreas correlatas.

Fatores usados na análise de suscetibilidade à erosão:

- ✓ Precipitação
- ✓ Geologia
- ✓ Geomorfologia
- ✓ Curvatura Vertical
- ✓ Curvatura Longitudinal
- ✓ Declividades
- ✓ Uso do Solo

4.3.1. Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Consistente - MDEHC

Nas últimas duas décadas, diversos algoritmos têm sido implementados em módulos específicos dos sistemas de informações geográficas com a finalidade de automatizar a extração de características morfométricas da superfície terrestre, a partir dos modelos digitais de elevação, dentre as quais se destaca o delineamento

de bacias hidrográficas e da respectiva rede de drenagem. As vantagens da automação em relação aos procedimentos manuais são a maior eficiência e confiabilidade dos processos, a reprodutibilidade dos resultados e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento dos dados digitais (CHAVES, 2002).

O modelo digital deve representar o relevo de forma fidedigna e assegurar a convergência do escoamento superficial para e ao longo da drenagem mapeada, garantindo assim a sua consistência hidrológica.

Assim, para este trabalho foi utilizado o *TopoToRaster/ArcGIS*, o que permitiu a imposição da hidrografia ao modelo digital de elevação (MDE). A resolução utilizada foi de 10m, tendo-se em vista a escala de trabalho e o tempo para sua geração.

Após a geração do MDE, foi feito o trabalho de preenchimento das depressões espúrias. As depressões são células cercadas por células com maiores valores de elevação. Sua presença em um MDE produz a descontinuidade do escoamento superficial descendente para uma célula vizinha. Por definição, as depressões incluem áreas planas e depressivas. Algumas delas podem ser naturais, mas a maioria delas é considerada espúria, decorrentes do próprio processo de geração do MDE (amostragem e interpolação) e da truncagem dos valores interpolados para números inteiros na saída do modelo (CHAVES, 2002).

4.3.2. Carta de Declividade e Suas Classes

A carta de declividade, obtida a partir do MDEHC, foi subdividida em seis classes, conforme Tabela 1. As faixas foram divididas segundo critérios de declividade em: tipo e comprimento das pendentes, com o objetivo principal de fornecer subsídios ao estabelecimento dos graus de limitações com relação ao emprego de implementos agrícolas e a suscetibilidade à erosão (Figura 4).

Tabela 1 – Classes de declividade referente à Figura 4.

CLASSES	INTERVALOS DE CLASSE DE DECLIVIDADE (Porcentagem)	Grau de suscetibilidade a erosão
Classe 1	0 – 2%	Baixo
Classe 2	2 – 8%	Médio
Classe 3	8 – 20%	Alto
Classe 4	20 – 45%	Alto
Classe 5	45 – 75%	Muito Alto
Classe 6	> 75%	Muito Alto

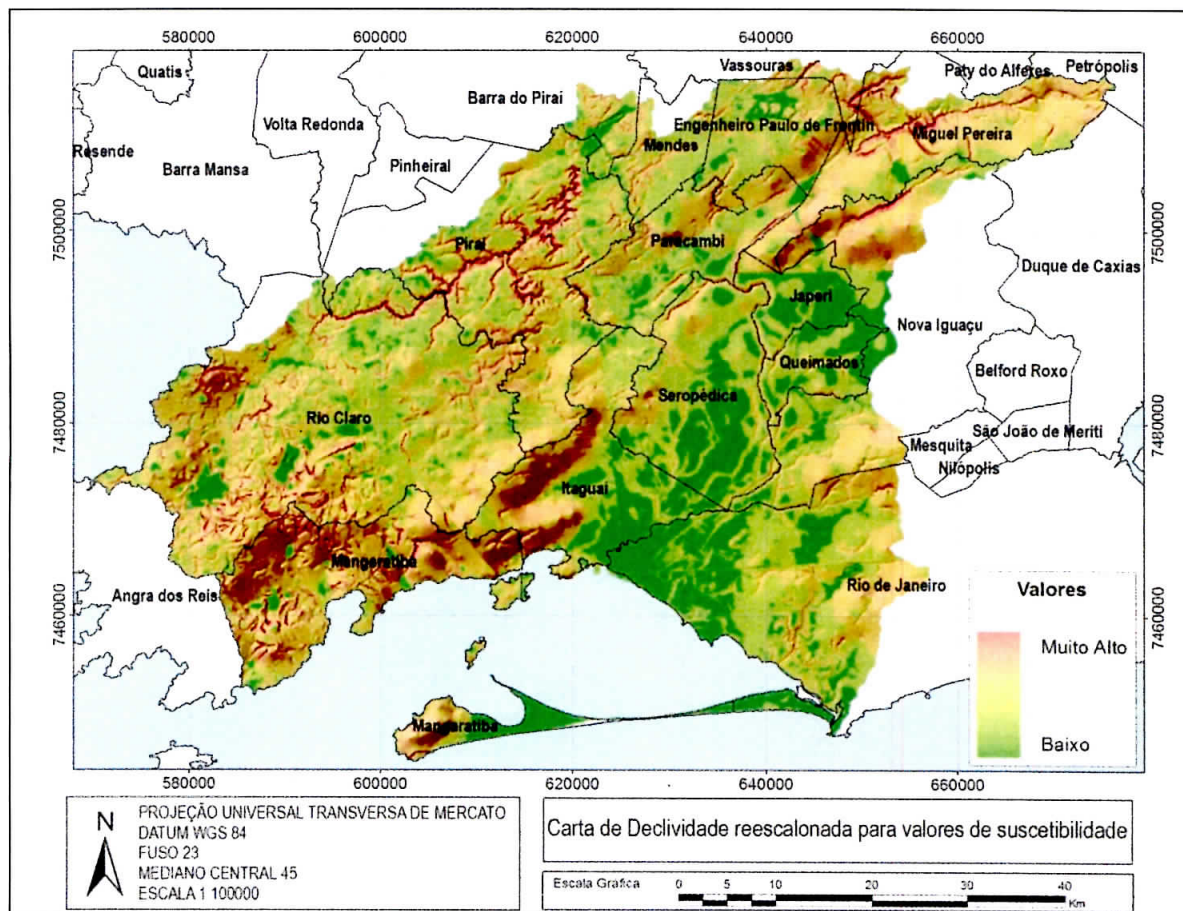


Figura 4 – Carta de Declividade reescalada para valores de suscetibilidade.

4.3.3. Carta Geomorfológica

A carta geomorfológica, obtida a partir do banco de dados do INEA, apresenta as seguintes classes geomorfológicas para a região hidrográfica e foram reescaladas a valores de suscetibilidade conforme ilustra a Tabela 2 e Figura 5.

Tabela 2 – Classes geomorfológicas referente à Figura 5.

CLASSES	Grau de suscetibilidade a erosão
Serras Escarpadas	Muito Alto
Serras Isoladas e Locais	Muito Alto
Colinas	Médio
Cordões Arenosos, dunas e restingas	Muito Alto
Morros	Alto

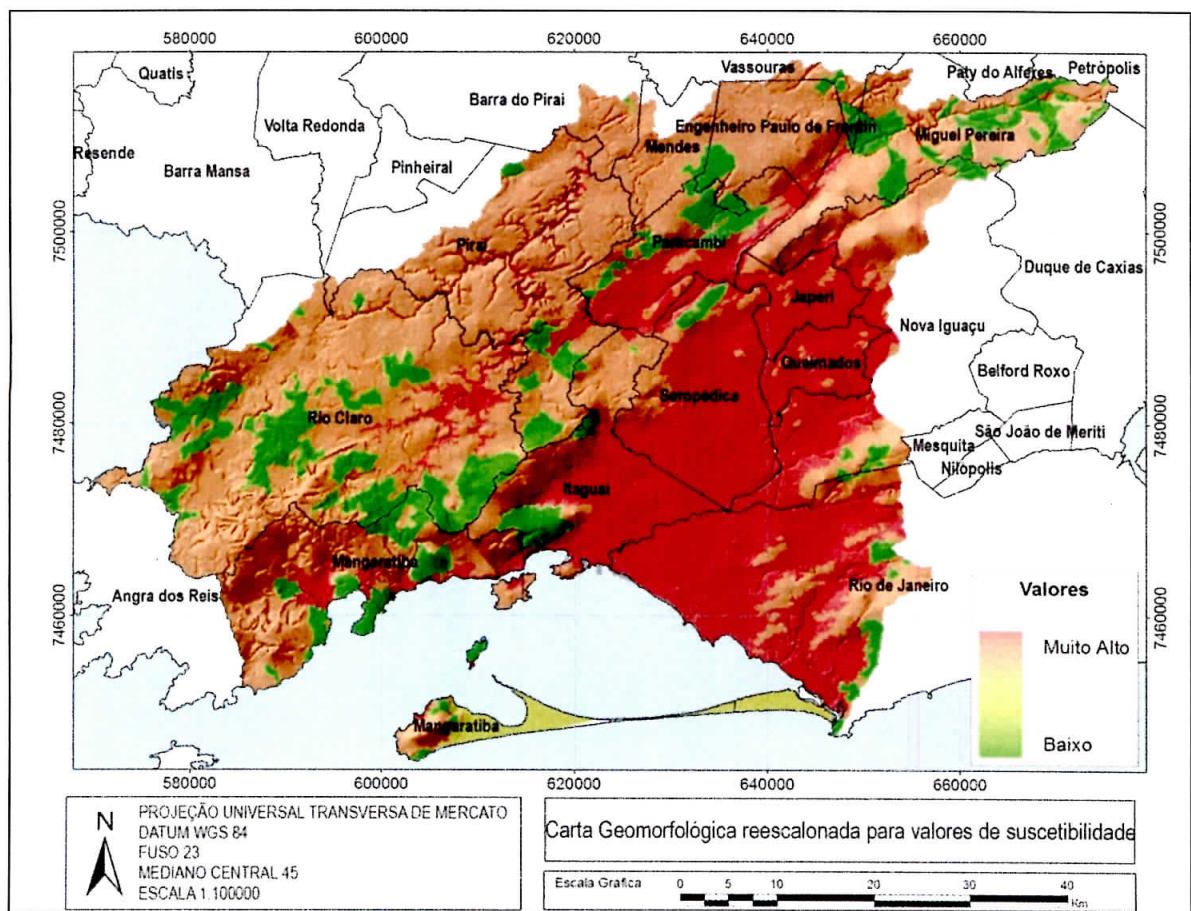


Figura 5 – Carta Geomorfológica reescalada para valores de suscetibilidade.

4.3.4. Carta Geológica

A carta geológica, obtida a partir do banco de dados do INEA, apresenta as classes litológicas para a região, e foram reescaladas a valores de suscetibilidade conforme ilustra a Tabela 3 e Figura 6.

Tabela 3 – Classes litológicas referente à Figura 6

CLASSES LITOLÓGICAS	Grau de suscetibilidade a erosão
Qa - Sedimentos Fluviais	Muito Alto
ALC - Rochas Alcalinas	Baixo
pCIIag - Unidade Angelim	Alto
pCIIrn - Unidade Rio Negro	Muito Alto
pCIIse - Unidade Santo Eduardo	Muito Alto
pCIbj - Unidade Bela Joana	Muito Alto
pCIcl - Unidade Catalunha	Alto
pCImv - Unidade Monte Verde	Médio
pCIti - Unidade Tres Ilhas	Alto
pCbsa - Batolito Serra das Araras	Médio
pCbso (GR) - Batolito Serra dos Orgaos (Granito)	Baixo
pCbso (GRGD) - Batolito Serra dos Orgaos (Granodiorito)	Baixo
pCgd - Unidade Granodioritica	Baixo
pCgr - Rochas Graniticas	Baixo
pCgrad - Granito Andorinha	Baixo
pCgrmd - Granito Ilha da Madeira	Baixo
pCgrmg - Granito Mangaratiba	Baixo

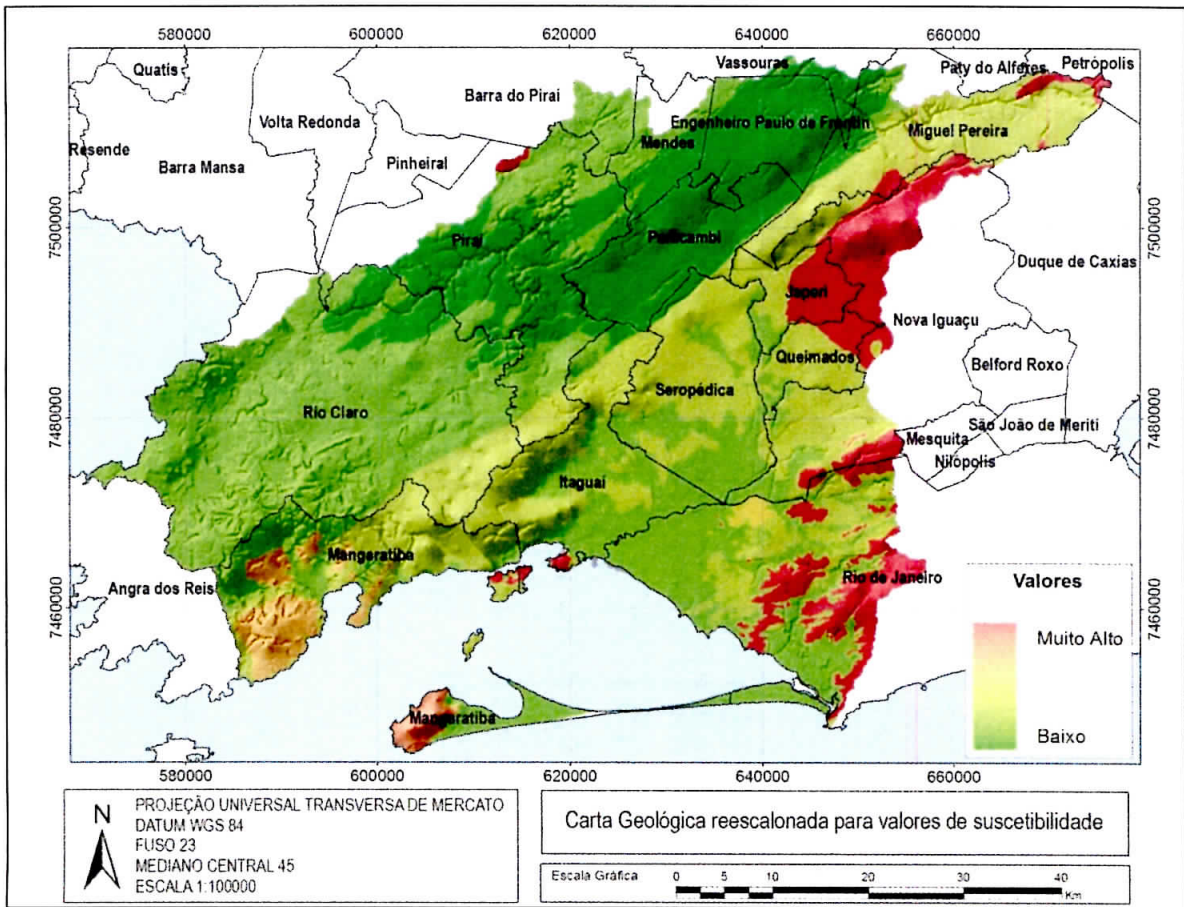


Figura 6 – Carta Geológica reescalada para valores de suscetibilidade.

4.3.5. Carta de Uso e Cobertura do Solo

Carta de Uso e Cobertura do Solo, obtida a partir do banco de dados do INEA, apresenta as classes da Região Hidrográfica e foram reescaladas a valores de suscetibilidade conforme ilustram a Tabela 4 e Figura 7.

Tabela 4 – Classes de uso e cobertura do solo referente à Figura 7(continua).

Classes de Uso e Cobertura do Solo	Grau de suscetibilidade a erosão
Afloramento Rochoso	Baixo
Agricultura	Muito Alto
Cordões arenosos	Muito Alto
Floresta	Baixo
Mangue	Baixo
Ocupação Urbana de Alta Densidade	Muito Alto

Tabela 4 – Classes de uso e cobertura do solo referente à Figura 7.

Ocupação Urbana de Baixa Densidade	Alto
Ocupação Urbana de Média Densidade	Muito Alto
Pastagem	Muito Alto
Pastagem em Várzea	Alto
Reflorestamento	Médio
Restinga	Muito Alto
Solo exposto	Muito Alto
Vegetação Secundária em Estágio Inicial	Alto
Água	Baixo
Áreas úmidas	Muito Alto

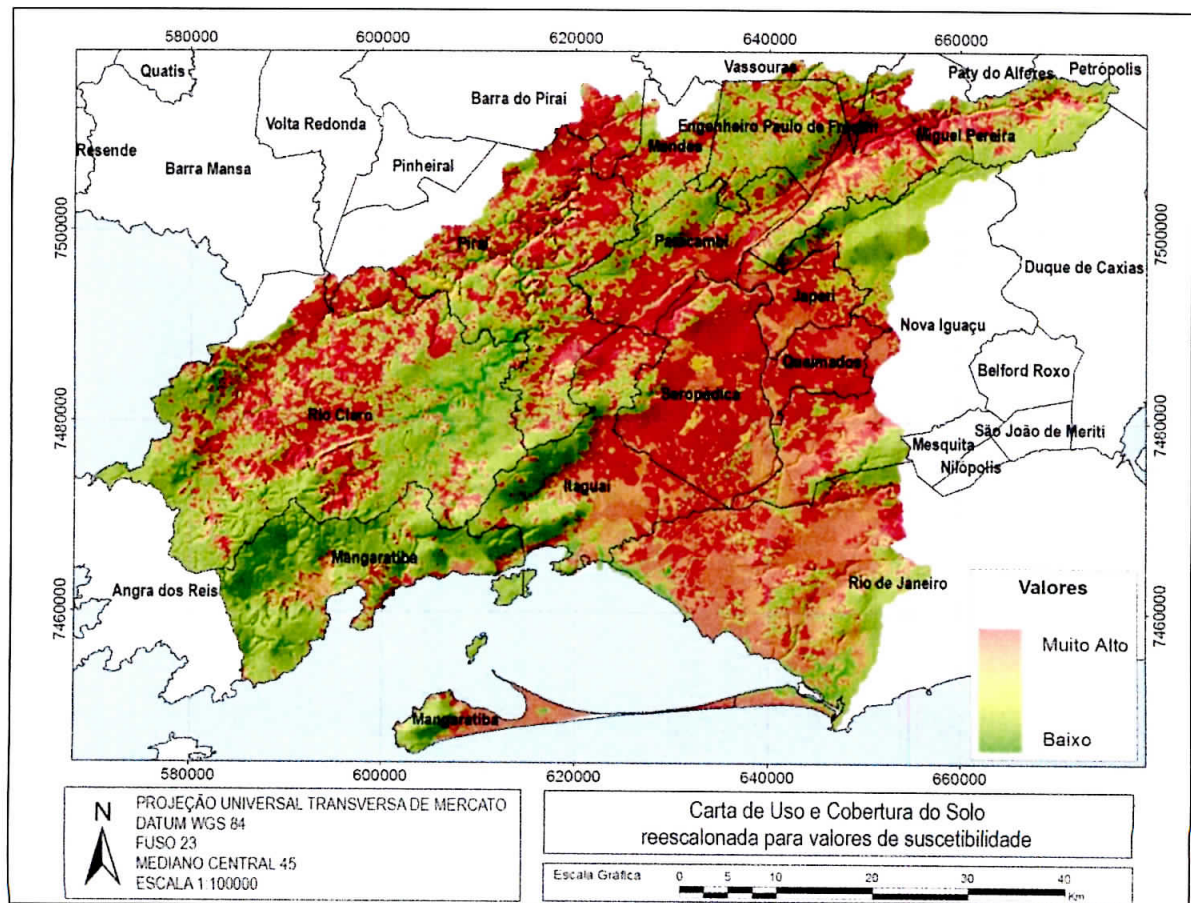


Figura 7 – Carta de Uso e Cobertura do Solo reescalada para valores de suscetibilidade.

4.3.6. Carta de Precipitação

A carta de precipitação, obtida a partir do banco de dados do INEA, apresenta as classes para a Região Hidrográfica, e foram reescaladas a valores de suscetibilidade conforme ilustra a Tabela 5 e Figura 8.

Tabela 5 – Classes de precipitação referente à Figura 8.

Classes de chuva (mm)	Grau de suscetibilidade a erosão
1200 - 1400	Baixo
1400 - 1600	Médio
1600 - 1800	Alto
1800 - 1929	Muito Alto

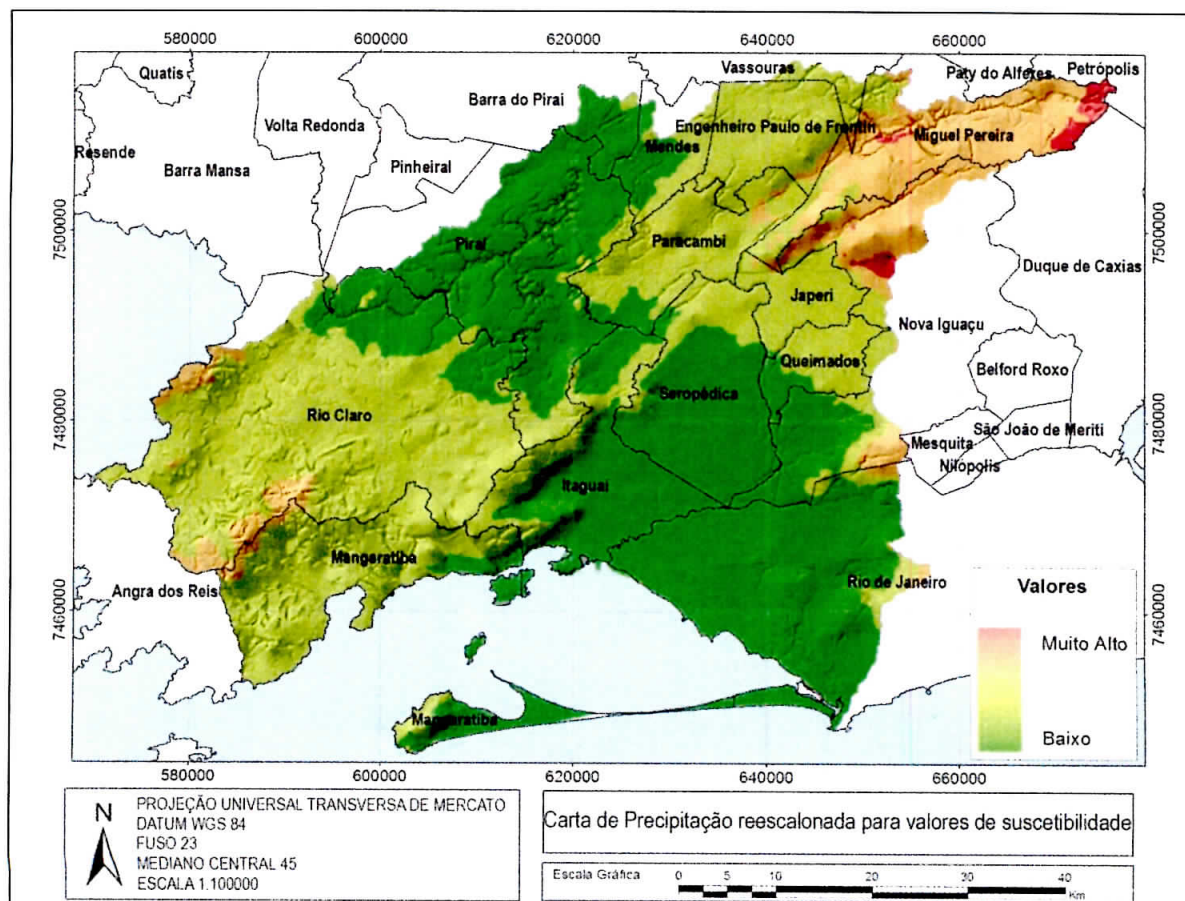


Figura 8 – Carta de precipitação reescalada para valores de suscetibilidade.

4.3.7. Curvatura vertical e longitudinal

A concavidade e/ou convexidade das encostas é um fator variável que está relacionado ao raio de curvatura (quando retilínea, o raio tende ao infinito) e sua variação pode influenciar mais ou menos a ocorrência dos movimentos de massa gravitacionais (RODRIGUES, 2002).

As cartas de curvatura, geradas a partir da carta clinométrica, foi subdividida em três classes: classe 1, côncavo; classe 2, plano; classe 3, convexo. Posteriormente, as encostas foram reclassificadas quanto ao seu perfil vertical e longitudinal formando a morfologia da vertente.

A influência do relevo no processo de erosão é também consequência da sua morfologia, sendo assim, as três formas supracitadas têm predisposição diferenciada à erosão. A curvatura vertical afeta a aceleração e desaceleração do fluxo e, portanto, influencia a erosão e deposição. A curvatura longitudinal influencia a convergência e divergência do fluxo.

As classes morfológicas foram reescaladas a valores de suscetibilidade conforme ilustram as Tabelas 6 e 7 e as Figuras 9 e 10.

Tabela 6 – Classes da curvatura vertical utilizadas referente à Figura 9.

Classes da curvatura vertical	Grau de suscetibilidade a erosão
Côncava	Médio
Plana	Alto
Convexa	Muito Alto

Tabela 7 – Classes da curvatura longitudinal utilizadas referente à Figura 10.

Classes da curvatura longitudinal	Grau de suscetibilidade a erosão
Côncava	Médio
Plana	Alto
Convexa	Muito Alto

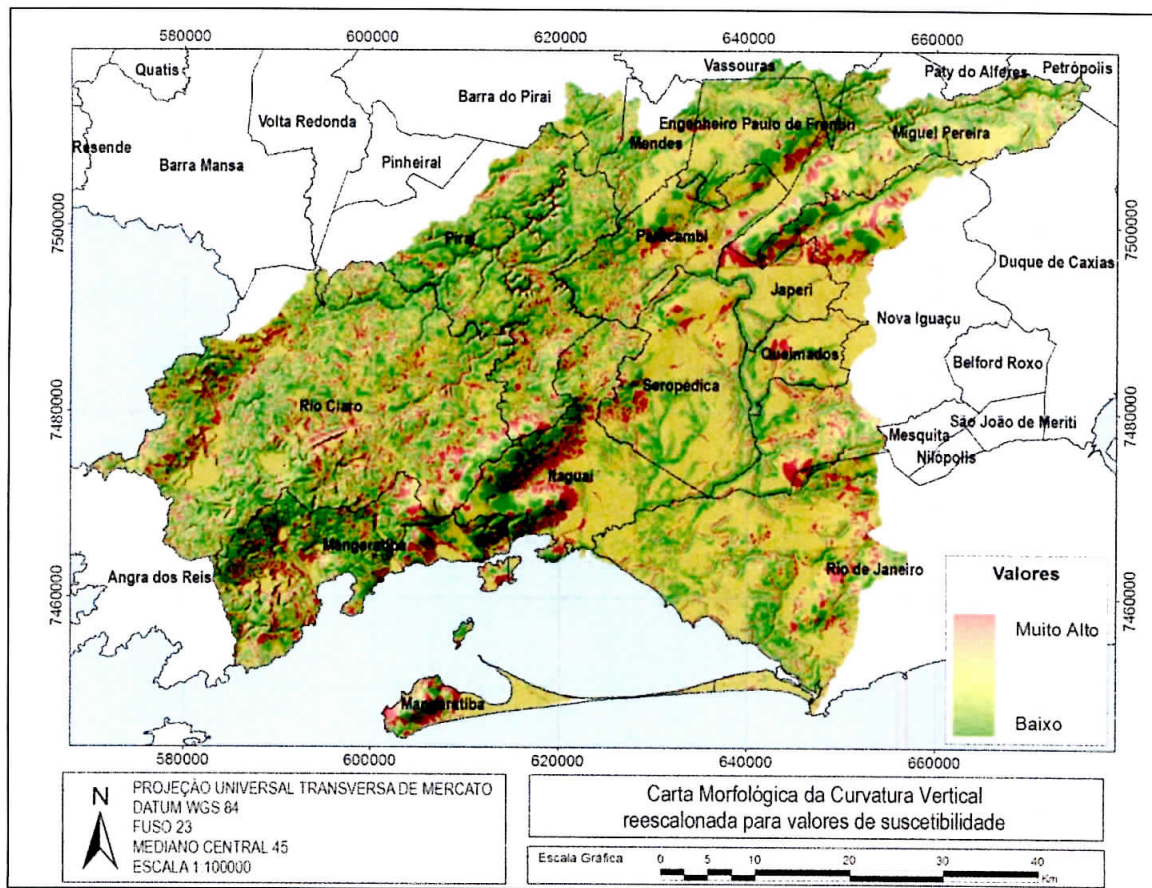


Figura 9 – Carta Morfológica da Curvatura Vertical reescalada para valores de suscetibilidade.

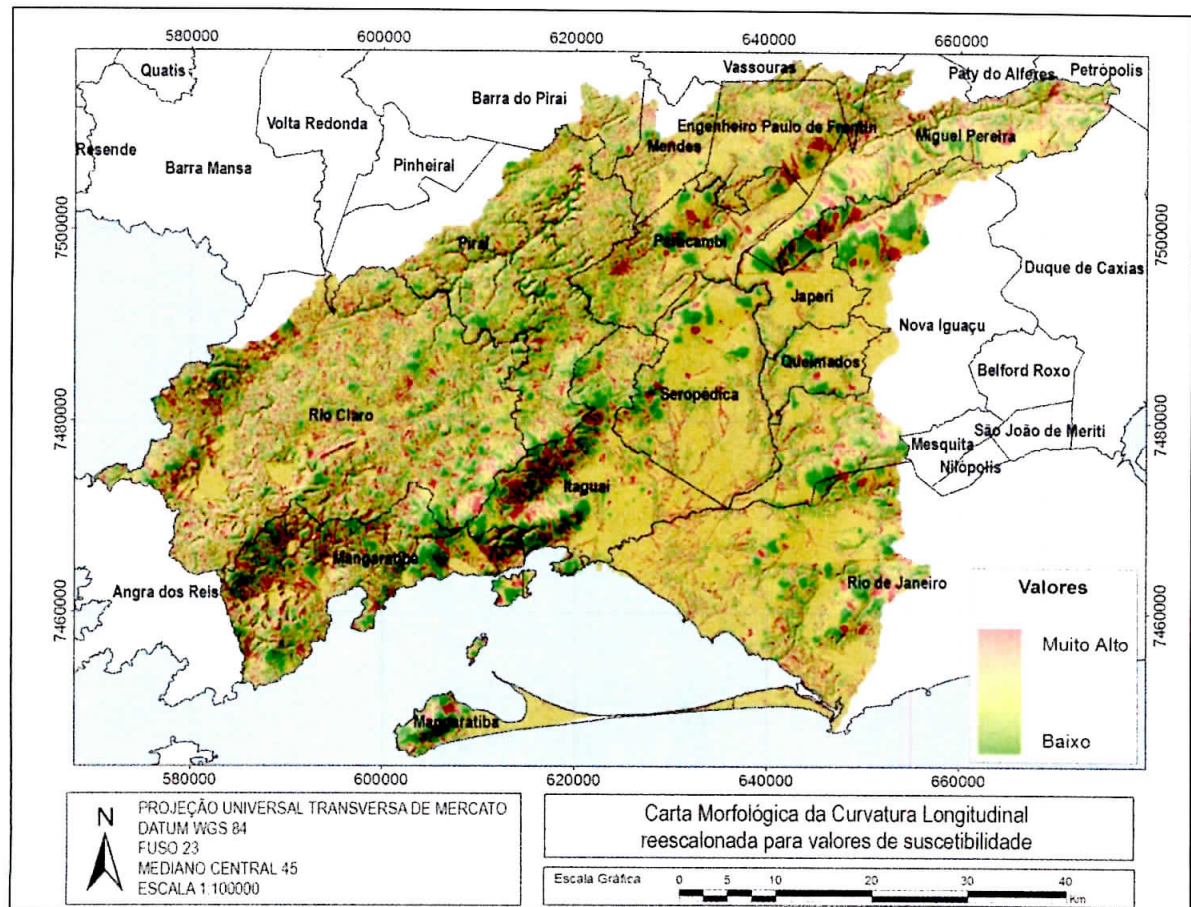


Figura 10 – Carta de Carta Morfológica da Curvatura Longitudinal reescalada para valores de suscetibilidade.

Para aplicar o modelo AHP, foi estabelecida uma estrutura hierárquica entre os fatores. Para cada um dos fatores utilizados foram designados valores às classes de cada variável, como visto anteriormente. Estruturados os fatores, foram realizadas comparações pareadas, para identificar quão melhor seria cada alternativa em relação às demais. Com base nesses critérios, foi possível realizar os julgamentos e definir os pesos utilizados na ponderação de cada variável (Tabela 8)

Tabela 8 - Importância relativa entre os fatores e os pesos ponderados calculados de acordo com a matriz de atribuição para o Cenário 1.

Fatores ¹	Chuva	Geologia	Geomorfo	Vertical	Longitudinal	Declividades	Uso	Pesos
Chuva	1							0,300
Geologia	1/6	1						0,0451
Geomorfo	1/4	3	1					0,1090
Vertical	1/3	3	1	1				0,1125
Longitudinal	1/3	3	1	1	1			0,1125
Declividades	1	4	3	3	3	1		0,2722
Uso	1/4	1	1/3	1/3	1/3	1/4	1	0,0486
RC = 0,02584 ²								

Posteriormente, os fatores foram agregados usando o procedimento da Combinação Linear Ponderada (WLC) através da qual cada fator padronizado foi multiplicado pelo seu peso correspondente, foram somados e a soma é dividida pelo número de fatores. A combinação ponderada é calculada para cada pixel na imagem e permite a compensação entre os fatores.

Foram criados cenários para a suscetibilidade à erosão a partir da conjugação de diferentes valores de importância relativa entre os fatores. A Tabela 8 acima explicitou a distribuição das importâncias relativas e o cenário criado objetivando a espacialização da suscetibilidade (Cenário 1).

Considerando a susceptibilidade à erosão na região hidrográfica do Rio Guandu e analisando a carta resultante dos cruzamentos pela metodologia utilizada, definiram-se quatro classes de susceptibilidade: baixa, média, alta e muito alta (Cenário 2), conforme apresentado nos resultados a seguir. O cenário 2 é considerado, neste trabalho, como a Carta de Suscetibilidade à Erosão para a Região Hidrográfica do Rio Guandu.

¹ Valor 1: mesma importância de um item sobre outro; valor 1/2: importância intermediária entre igualmente e moderadamente menos importante; valor 1/3: importância moderadamente menor de um fator sobre outro; 1/4: importância intermediária entre moderadamente e fortemente menos importante; 1/5: fortemente menos importante; 2: importância intermediária entre igualmente e moderadamente mais importante; 3: moderadamente mais importante; 4: importância intermediária entre moderado e fortemente mais importante; 5: fortemente mais importante; 6: importância intermediária entre forte e muito fortemente mais importante; 7: muito fortemente mais importante.

² Para se avaliar se realmente os pesos calculados são verídicos, se fez necessário calcular a razão de consistência (RC), que deve apresentar um valor menor que 0,10, uma vez que se considera aceitável uma razão de consistência menor que 0,10.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 9, abaixo, mostra a predisposição dos fatores do meio físico, utilizados neste estudo, à erosão para cada município ou parte desses que compõem a região hidrográfica do Rio Guandu.

Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica (continua).

Municípios	Precipitação (mm/ano)	Geologia	Geomorfologia	Curvatura Vertical	Curvatura Longitudinal	Declividades	Uso e Cobertura do Solo	Grau de Suscetibilidade à Erosão
Mangaratiba	Predomina a faixa 1400 – 1600.	Predomínio da Unidade Rio Negro e Unidade Santo Eduardo.	Predomínio das Serras Escarpadas.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da curvatura convexa.	Predomínio da faixa 8% - 45%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta. Apresenta ainda Pastagens em Várzea, Pastagem, Vegetação Secundária de Estágio Inicial, Ocupação Urbana de Baixa e Média Densidade, Restinga, Áreas Úmidas, Cordões Arenosos, Afloramento Rochoso.	Alto a Muito Alto.
Itaguaí	Predomina a faixa 1244 – 1400.	Predomínio da Unidade Rio Negro e Sedimentos Fluviais.	Predomínio das Planícies Fluviais e Fluviomarinhas.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 0% - 45%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta, Pastagem. Apresenta ainda Ocupação Urbana de Baixa e Média Densidade, Pastagem em Várzea, Mangue, Agricultura, solo Exposto, Cordões Arenosos, Restinga, Mangue e Água.	Médio a Alto.

Fl. 218 Proc. 62 - GUANDU/12
 Rubrica:

Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica (continua).

Seropédica	Predomina a faixa 1244 – 1400.	Predomínio da Unidade Rio Negro e Sedimentos Fluviais	Predomínio das Planícies Fluviais e Fluviomarinhas.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da faixa 0% - 20%.	Predomínio de Pastagem. Apresenta ainda Ocupação Urbana de Baixa e Média Densidade, solo Exposto, Reflorestamento, Água, Floresta, Pastagem em Várzea e Agricultura.	Médio.
Engenheiro Paulo de Frontin	Predomina a faixa 1400 – 1600.	Predomínio do Batólito Serras das Araras.	Predomínio das Colinas e Morros.	Predomínio das curvaturas plana e côncava.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da faixa 0% - 20%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta e Pastagem. Apresenta ainda Vegetação Secundária em Estágio Inicial e Ocupação Urbana de Média Densidade.	Médio e Alto.
Japeri	Predomina a faixa 1400 – 1600.	Predomínio do Batólito Serra dos Órgãos.	Predomínio das Planícies Fluviais e Fluviomarinhas.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da faixa 0% - 8%.	Predomínio de Pastagem, Ocupação Urbana de Baixa e Média Densidade. Apresenta ainda Floresta, Pastagem em Várzea, Agricultura e Vegetação Secundária em estágio inicial.	Médio e Alto.

Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica (continua).

Queimados	Predomina a faixa 1400 – 1600.	Predomínio da Unidade Rio Negro.	Predomínio das Planícies Fluviais e Fluviomarinhas.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da faixa 0% - 8%.	Predomínio de Pastagem e Ocupação urbana de Média Densidade. Apresenta ainda Solo Exposto, Pastagem em Várzea, Floresta, Reflorestamento e Água.	Médio e Alto.
Paracambi	Predomina a faixa 1400 – 1600.	Predomínio do Batólito Serras das Araras.	Predomínio das Planícies Fluviais e Fluviomarinhas.	Predomínio das curvaturas plana e côncava.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 0% - 20%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta e Pastagem. Apresenta ainda Ocupação de Média Densidade, Agricultura, Pastagem em Várzea, Água, Vegetação Secundária de Estágio Inicial e Reflorestamento.	Médio e Alto.

Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica (continua).

Miguel Pereira	Predomina a faixa 1600 – 1800.	Predomínio do Unidade Rio Negro.	Predomínio das Serras Escarpadas, Serras Isoladas e locais.	Predomínio das curvaturas plana e côncava.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 8% - 20%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta e Pastagem. Apresenta ainda Ocupação Urbana de Baixa e Média Densidade, Pastagem em Várzea, Reflorestamento e Vegetação Secundária em Estágio inicial.	Alto e Muita Alto.
Vassouras	Predomina a faixa 1400 – 1600.	Predomínio do Batólito Serra das Araras.	Predomínio da Serras Escarpadas, Serras Isoladas e Locais, Morros e Colinas	Predomínio da curvatura côncava.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 0% - 20%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta e Pastagem. Apresenta ainda Vegetação Secundária em Estágio Inicial.	Alto.
Barra do Pirai	Predomina a faixa 1244 – 1400.	Predomínio da Unidade Santo Eduardo.	Predomínio das Colinas e Morros.	Predomínio da curvatura côncava.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 0% até 20%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Pastagem, Floresta e Ocupação Urbana de Média Densidade. Apresenta ainda Ocupação Urbana de Baixa Densidade, Vegetação Secundária em Estágio Inicial, Pastagem em Várzea e Água.	Médio e Alto.

Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica (continua).

<p>Nova Iguaçu</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira predomina a faixa 1600 - 1800. Já na divisa com Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, predomina a faixa 1244 – 1400.</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira há predomínio do Batólito Serras dos Órgãos, Unidade Rio Negro e Rochas Alcalinas. Já na divisa com Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, há predomínio da Unidade Rio Negro,</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira há predomínio das Serras Escarpadas. Já na divisa com Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, há predomínio das Planícies Fluviais e Fluviomarinhas</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira há predomínio das curvaturas côncava, plana e convexa. Já na divisa com Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, há predomínio da curvatura plana.</p>	<p>Tanto na divisa com Miguel Pereira, quanto, Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, há predomínio das curvaturas plana e convexa.</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira há predomínio da faixa 20% até 75%. Já na divisa com Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, há predomínio da faixa 0% até 20%. Em ambas são significativas as declividades superiores a 75%.</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira há predomínio de Floresta. Apresenta ainda Pastagem, Pastagem em Várzea, e Reflorestamento. Já na divisa com Queimados, Seropédica e Rio de Janeiro, há predomínio de Ocupação Urbana de Média Densidade e Pastagem. Apresenta ainda Floresta e Ocupação Urbana de Alta Densidade.</p>	<p>Na divisa com Miguel Pereira: Alto e Muito Alto. Já na divisa com Queimado, Seropédica e Rio de Janeiro: Médio e Alto.</p>
<p>Piraí</p>	<p>Predomina a faixa 1244 – 1400.</p>	<p>Predomínio do Batólito Serra das Araras e Unidade Santo Eduardo.</p>	<p>Predomínio das Colinas.</p>	<p>Predomínio das curvaturas côncava, convexa e plana.</p>	<p>Predomínio da curvatura convexa.</p>	<p>Predomínio da faixa 8% até 45%. São significativas as declividades superiores a 75%.</p>	<p>Predomínio de Pastagem e Floresta. Apresenta ainda Ocupação Urbana de Baixa e Média Densidade, Reflorestamento, Vegetação Secundária de Estágio Inicial, Pastagem em Várzea e Água.</p>	<p>Médio e Alto.</p>

Tabela 9 – Fatores analisados e o grau de suscetibilidade à erosão, predominantes em cada município da região hidrográfica.

Mendes	Predomina a faixa 1244 – 1400 e 1400 - 1600.	Predomínio do Batólito Serra das Araras e Unidade Santo Eduardo.	Predomínio das Colinas.	Predomínio das curvaturas côncava e plana.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 8% até 45%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Floresta e Pastagem. Apresenta ainda Ocupação Urbana de Média e baixa Densidade, Vegetação Secundária em Estágio Inicial.	Médio e Alto.
Rio Claro	Predomina a faixa 1400 - 1600.	Predomínio da Unidade Santo Eduardo e Unidade Três Ilhas.	Predomínio das Colinas, Morros e Serras Escarpadas e Serras Isoladas e locais.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio das curvaturas convexa e plana.	Predomínio da faixa 8% até 45%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio de Pastagem e Floresta. Apresenta ainda Vegetação Secundária de Estágio Inicial, Ocupação Urbana de Média e Média Densidade, Reflorestamento, Pastagem em Várzea, Afloramento Rochoso e Água.	Médio, Alto e Muito Alto.
Rio de Janeiro	Predomina a faixa 1244 - 1400.	Predomínio Planícies Fluviais e Fluviomarinhas.	Predomínio da Ocupação Urbana de Alta Densidade.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da curvatura plana.	Predomínio da faixa 0% até 20%. São significativas as declividades superiores a 75%.	Predomínio da Ocupação Urbana de Média Densidade. Apresenta ainda Floresta, Pastagem, Mangue, Ocupação de Baixa e Alta Densidade, Áreas Úmidas, Restinga, Pastagem em Várzea, Vegetação, Água, Secundária em Estágio Inicial, Cordões Arenosos.	Médio e Alto.

Fazendo-se a análise dos resultados percebe-se que as áreas de maior fragilidade, sendo a classe alta correspondente a uma área aproximada de 1.750,54 Km², o que corresponde a 47,44% da região e a classe muito alta a uma área equivalente a 31,37 km², referindo-se a 0,85% desta região em estudo. Ambas as classes são identificadas nos municípios de Vassouras, Miguel Pereira, Nova Iguaçu (divisa com Miguel Pereira, Japeri e Queimados), Rio Claro e Mangaratiba.

Essas regiões apresentam predomínio das classes de precipitação entre 1400 – 1800 mm/ano com presença de 1800 mm/ano. Tratando-se do fator geológico há predomínio de Unidade Rio Negro, Unidade Santo Eduardo, Batólito Serra das Araras, Batólito Serra dos Órgãos, Rochas Alcalinas. Já para a geomorfologia, apresentam predomínio das Serras Escarpadas, Serras Isoladas e Locais, Morros e Colinas. Em relação à curvatura vertical, tem-se o predomínio das curvaturas plana e côncava. E para a curvatura longitudinal, predomínio das curvaturas convexa e plana. Ainda, para a declividade observa-se o predomínio da faixa 8% até 45%, e que são significativas as declividades superiores a 75%. E por fim, para o fator de uso e cobertura do solo, há predominância de Floresta e Pastagem.

A classe de média suscetibilidade está presente em toda a área, apresentando aproximadamente 1.894,45 Km², correspondendo a 51,34% da área total da região hidrográfica. Observa-se preponderância desta classe no município de Seropédica.

Nota-se que a classe baixa é a menos presencial, tendo esta uma área de aproximadamente 13,65 Km², correspondendo a 0,37% de toda região hidrográfica (Tabela 10).

Tabela 10 – Tabela contendo as áreas e porcentagens das respectivas classes de suscetibilidade à erosão presente na região hidrográfica.

Classes de suscetibilidade à erosão	Área (Km²)	Porcentagem (%)
Baixa	13,65	0,37%
Médio	1894,45	51,34%
Alta	1750,54	47,44%
Muito Alta	31,37	0,85%

Os cenários são ilustrados pelas Figuras 11 e 12.

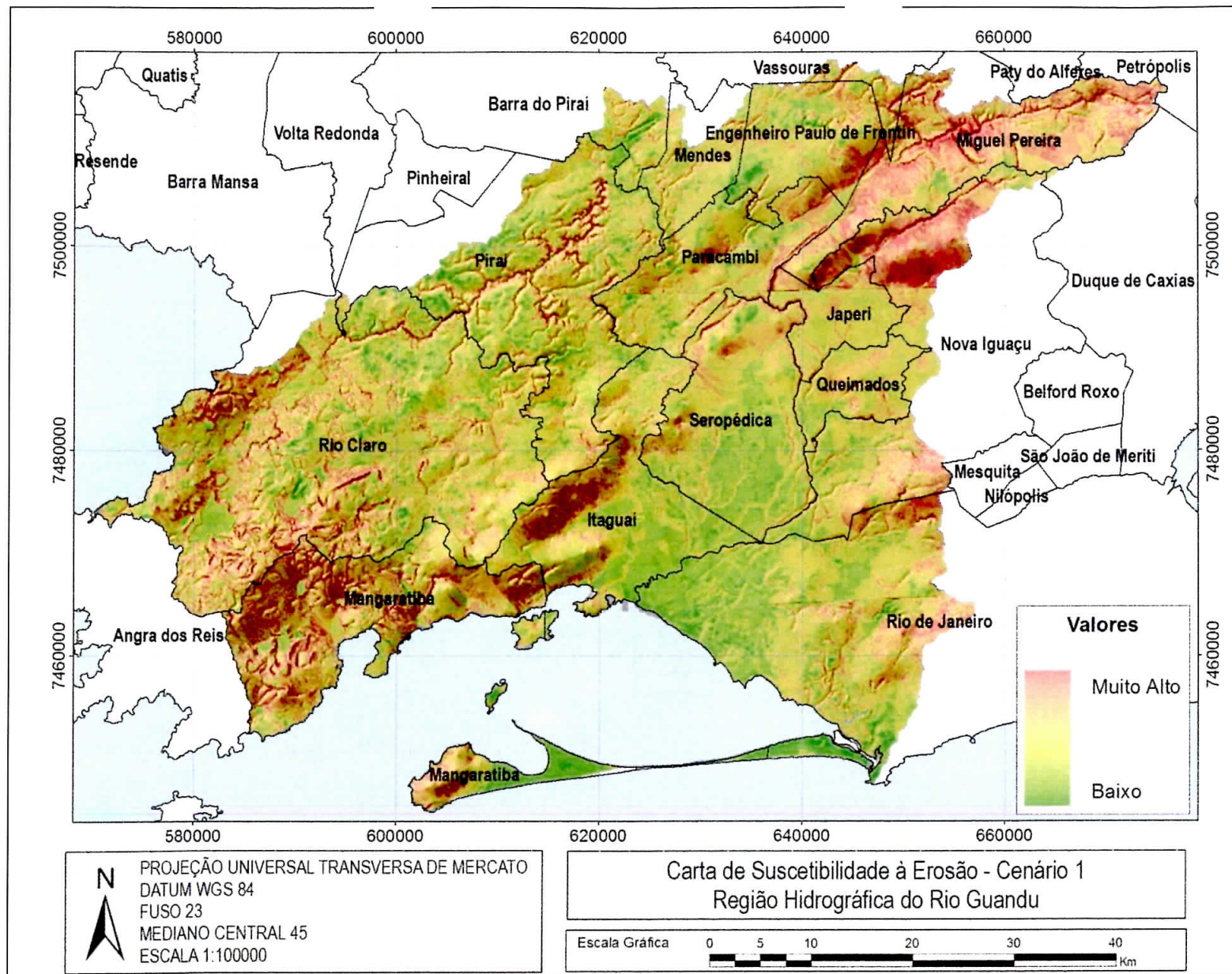
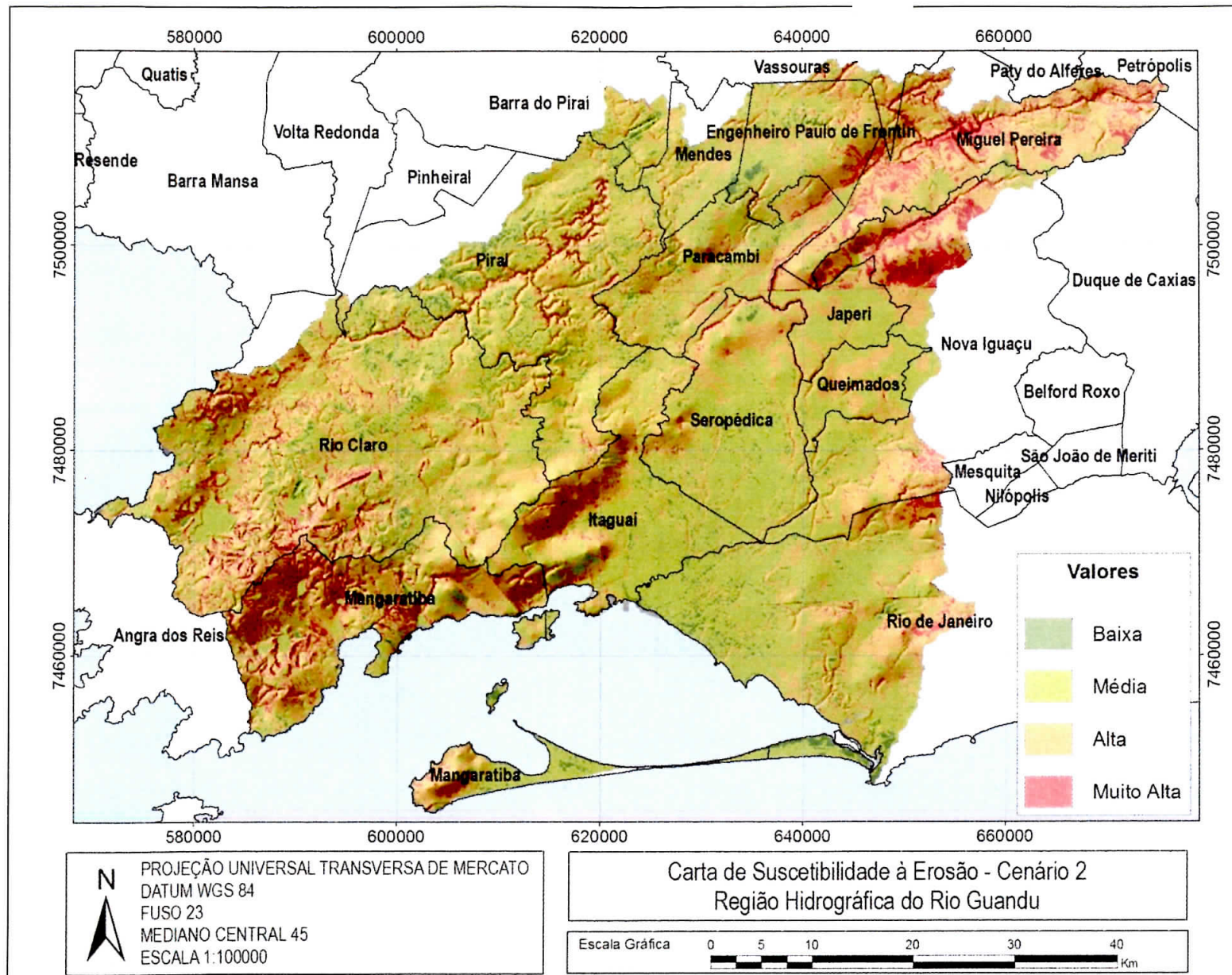


Figura 11 – Cenário 1 - Carta de Suscetibilidade à Erosão da Região Hidrográfica do Rio Guandu.

Fl.: 225 Proc.: 62 - GUANDU/12
 Rubrica: *[Handwritten Signature]*



N
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATO
 DATUM WGS 84
 FUSO 23
 MEDIANO CENTRAL 45
 ESCALA 1:100000

Carta de Suscetibilidade à Erosão - Cenário 2
 Região Hidrográfica do Rio Guandu
 Escala Gráfica 0 5 10 20 30 40 Km

Figura 12 – Cenário 2 - Carta de Suscetibilidade à Erosão da Região Hidrográfica do Rio Guandu

Fl.: 226
 Proc.: 62- GUANDU/13
 Rubrica: *[Handwritten Signature]*

Em suma, a Região Hidrográfica do Guandu, apresenta predominância dos graus de suscetibilidade à erosão de Médio e Alto, correspondendo a uma área de 3.644,79 Km², referente a 98,78% da área total da região hidrográfica.

As classes de média e alta suscetibilidade foram localizadas principalmente nas bordas da bacia, ou seja, áreas que promovem maior produção de sedimentos, sendo estes carreados até o reservatório. Estas áreas de grau médio e alto estão situadas maior parte nos relevos mais escarpados encontrados dentro da região hidrográfica, mais íngremes, com classes de declividade maiores que 20 % e em áreas de pastagem e ocupação urbana.

6. CONCLUSÕES

Analisando os resultados alcançados neste estudo, foi possível concluir que a avaliação multicriterial, é adequada ao mapeamento da suscetibilidade à erosão em ambiente SIG, pois com base nos autores referenciados o método organiza por hierarquia a combinação de diversas variáveis, que foi o caso da suscetibilidade a erosão.

Esse mapeamento permitiu ter uma dimensão das áreas mais suscetíveis a erosão na Região Hidrográfica do Rio Guandu, tendo esta região predominância das classes média e alta.

Recomenda-se que a ocupação da bacia siga algumas precauções e práticas nas áreas que apresentam ser suscetíveis, como: restringir a ocupação em encostas com declividade acima de 20%; proteger as nascentes dos córregos que compõem a rede de drenagem da região hidrográfica; revegetar áreas com desmates nas cabeceiras e matas ciliares, mantendo as áreas de preservação.

A carta pode dar suporte a tomada de decisão para aprofundamento do estudo da região, podendo contribuir na construção de metodologias de planos de gestão ambiental, possibilitando alternativas futuras de manejo, recuperação e conservação dos solos da bacia, e alertar o Poder Público no intuito de minimizar o risco ambiental das terras, relevo e uso das terras, visando o planejamento ambiental.

Ainda, como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se o estudo com a inclusão de outras variáveis, como a pedologia que não foi usada neste trabalho, a

utilização de mais hierarquias na análise multicriterial, neste trabalho só foi usada uma hierarquia, assim como também, o uso de dados cartográficos em uma maior escala, para que consiga ter um nível de detalhamento maior dos critérios utilizados, além de atividades de campo/trabalhos de campo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDO NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 335p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão dos recursos naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília: MMA, 2000.
- CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. M. Conceituação de microbacias. In: **As florestas plantadas e a água**. LIMA, W. P. e ZAKIA, M. J. B. (org), ed. RIMA, SNPq, 2006.
- CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 115p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1999.
- COWEN, D. J. **GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 54, p. 1551-1554, 1988.
- EMATER. Agricultura orgânica/agroecológica. (2003), **Seminário interno de troca de experiências**. Disponível em <<http://www.emater.or.gov/agrorg/Seminar/Pg35.html>>. Acesso em 23 de janeiro de 2013.
- FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnósticos de planejamentos ambientais**. 2003. Total p. Tese (Doutorado em planejamento e desenvolvimento rural e sustentável) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. **Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de Áreas de Preservação Permanente**. AnaisXIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 5ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro: 2003. 472 p.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S., BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ª Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro: 2005. 340p.

- GUIMARÃES, A. O. **Influência do meio físico na predisposição a movimentação de massa no município de Ipatinga, MG**. Viçosa (MG); 2008. (Tese de Livre Docência – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFV).
- HADLEY, R. F.; LAL; ONSTAD, C. A., WALING, D. E.; YAIR, A. **Recent developments in erosion and sediment yield studies**. Technical documents in hidrology. International Hydrological Programme, UNESCO, Paris, 1985. 127p.
- INFANTI JR. N., FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de engenharia**. ABGE, São Paulo: 1998. P. 487.
- JAMES, D. J. C.; HUNTLEY, I. D. Some aspects of the process of mathematical models. In: **Mathematical Modelling – a source book of case studies**. London. P. 1-17. 1990.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.
- LUK, S. H. Effect of soil properties on erosion by wash na splash. **Earth Surface Processes**, v.4, p241-255, 1979.
- MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriterial decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, August 2006, p. 703–726.
- MORAES, I. B. C. M. **Mapeamento Digital de Áreas Suscetíveis a Erosão na Área Continental do Município de Angra dos Reis, RJ**. Rio de Janeiro (RJ); 2012. (Dissertação de Livre Docência – Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro).
- MOREIRA, C. V. R., PIRES NETO, A, G. Clima e relevo. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Orgs.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p.487.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. Longman Group, Inglaterra, 1986. 298p.
- MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Editora Proedi/ Editora da Universidade Federal do Ceará (UFC), 2000.
- OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S., BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340p.

- RIO DE JANEIRO (ESTADO). SECRETARIA ESTADUAL DO AMBIENTE. **O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro** / Organizadoras: Julia Bastos e Patrícia Napoleão. – Rio de Janeiro: SEA; INEA, 2011. 160 p.
- RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S. & SOUZA COSTA, W. L. 2007. Dinâmica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. Anais XIII **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE.
- SAGGIO, A. A. **Estudo da eutrofização do reservatório de Barra Bonita (Rio Tiete – SP) através de simulação numérica**. São Carlos, 105 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – USP/São Carlos.1992
- SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. Dissertação (Mestrado)–FEC/UNICAMP, 2004
- SILVA, A. M.; SHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140p.
- SOUZA, M. P. de. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos, SP: Ed. Riani Costa, 2000.
- STEIGUER J.E., DUBERSTEIN J., LOPES V.. **The Analytic Hierarchy Process as a Means for Integrated Watershed Management**. University of Arizona, Tucson.
- TOLBA, M. K. **Sustainable development constrains and opportunities**. Londres: Butterworth, 1987.
- VEROCAI, I. **Dicionário básico de meio ambiente**. Disponível em: <http://www.redeambientalrj.org.br/dic_amb 08.12.2001>. Acesso em 21 de janeiro de 2013.
- ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. Tese de doutorado, EESC/USP, São Carlos. 1998.
- ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para exploração**. São Carlos (SP); 1993. (Tese de Livre Docência –Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos da USP.

EM BRANCO

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL - AGEVAP

TERMO DE ENCERRAMENTO DE VOLUME

Em 02 / 10 / 2013, procedemos o
encerramento deste volume nº I, do processo
nº 012-GUANDU/12, contendo 231 folhas,
abrindo-se, em seguida, o volume nº II.

Rolita C. Machado
.....
Funcionário AGEVAP