

Aplicação do conceito de morfodinâmica à análise da vulnerabilidade à erosão na bacia do rio Tapacurá – PE

Sara Fernandes de Souza, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPE.
E-mail: sarinhafs@hotmail.com

Cristiana Coutinho Duarte, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPE.
E-mail: crisdat@hotmail.com

Hewerton Alves da Silva, Graduando de Bacharelado em Geografia-UFPE.
E-mail: he.wasufpe@gmail.com

Maria do Socorro Bezerra de Araújo, Professora do Departamento de Ciências Geográficas-UFPE.
E-mail: socorroaraujo@pq.cnpq.br

Antônio Carlos de Barros Corrêa, Professor do Departamento de Ciências Geográficas-UFPE.
E-mail: dbiase2001@terra.com.br

Resumo

A aplicação do conceito de morfodinâmica à análise da vulnerabilidade em estudos ambientais tem se tornado uma prática cada vez mais frequente nos estudos de geografia física aplicada. No que concerne as pesquisas voltadas aos processos erosivos, há uma contribuição efetiva dos trabalhos de gabinete, favorecendo a rapidez, eficiência e confiabilidade dos resultados alcançados que servirão de base para a condução das investigações *in loco*. O objetivo do presente estudo foi estimar o índice de vulnerabilidade morfodinâmica da bacia do rio Tapacurá, leste de Pernambuco, através da sistematização e correlação dos seus processos ocorrentes, visando o discernimento do grau de estabilidade da paisagem a partir da aplicação dos princípios metodológicos da Ecodinâmica de Tricart. No tocante aos procedimentos, utilizou-se a proposta de Crepani, na qual cada parâmetro estruturador da paisagem teve sua vulnerabilidade avaliada a partir de uma média aritmética realizada entre os valores já definidos para cada um dos temas considerados. A aplicação desse conceito mostrou-se eficaz na identificação das áreas de menor ou maior risco em relação ao grau de estabilidade processual, demonstrando que os níveis categóricos que mais influenciaram no resultado do grau de vulnerabilidade foram a pedologia, a vegetação e a precipitação.

Palavras-Chave: Morfogênese; Estabilidade ambiental, Técnicas de geoprocessamento, Nordeste do Brasil.

Abstract

The application of the morphodynamics concept to environmental studies has become frequent in applied physical geography studies. As far as erosive processes are concerned, there is an effective contribution of technical office works, favoring the speed, efficiency and reliability of the results which shall help guide the conduction of *in loco* investigation. The aim of present study was the estimation of the morphodynamics vulnerability within the Tapacurá river watershed, eastern State of Pernambuco, by the systematization and correlation of occurring processes, aiming at discerning the level of landscape sensitivity based on the application of Tricart's Ecodynamics methodological principles. As far as methodological procedures are concerned Crepani's proposal was adopted, in which each landscape structuring parameter had its vulnerability assessed by means of an arithmetic average of all considered themes. The application of the concept was effective in the identification of areas of lower or higher process risk, showing that the most influential categorical levels were pedology, vegetation and precipitation.

Keywords: Morphogenesis; Environmental stability, Geo-processing techniques, Northeastern Brazil.

1. Introdução

Erosão é o processo que gera o desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo e é o principal causa do depauperamento acelerado das terras (Bertoni e Neto 1990). O processo erosivo se torna muito mais agressivo quanto menor a cobertura vegetal, maior a intensidade da chuva, maior o grau de declividade e maior a vulnerabilidade do solo à erosão (Ranieri et al., 1998).

A morfodinâmica constitui uma abordagem conceitual voltada para a análise do conjunto de processos interligados responsáveis pela gênese e evolução do modelado (Tricart 1977). Diante disto estes princípios estabelecem uma perspectiva sistêmica, a qual leva em consideração a integração de todos os processos ocorrentes em uma paisagem, responsáveis pelo seu afeiçoamento. A utilização do método morfodinâmico de Tricart (1977), para a avaliação da vulnerabilidade das terras, e da proposta de Crepani et al. (1996), que avalia cada unidade da paisagem física, atribuindo um valor ao seu grau de estabilidade e por fim estabelecendo uma média aritmética dos valores individuais, tornou-se uma prática constantemente utilizada nas análises ambientais. Há na literatura um vasto número de trabalhos que a utilizam, como Gomes (2005) que estudaram a avaliação da vulnerabilidade à perda de solo aplicando o método morfodinâmico; Vasconcelos et al. (2007) que aplicaram a morfodinâmica para um mapeamento geomorfológico em área semi-árida; e Menezes et al. (2007) que calcularam o índice de vulnerabilidade à erosão a partir das relações entre morfogênese e pedogênese.

Desta forma para se avaliar o grau da morfogênese de uma paisagem, onde ocorre a entrada e saída de energia processual, torna-se importante o conhecimento das características físicas que constituem as unidades de relevo (Corrêa, 2006). Esse conjunto de atributos físicos necessários para uma análise de uma unidade de paisagem tem como ênfase a forma e o estágio de evolução do relevo, como também as suas formações superficiais, suas características climáticas, e a cobertura vegetal estabelecida (Menezes et al, 2007). De acordo com Crepani et al., (1996) para que se possa obter de forma mais precisa as respostas de cada unidade de paisagem torna-se necessário à integração de todos os seus atributos. O presente estudo tem como objetivo estimar o índice de vulnerabilidade morfodinâmica da bacia do rio Tapacurá, através da sistematização e correlação dos seus processos ocorrentes, visando o entendimento do grau de

estabilidade da paisagem a partir da consideração dos princípios metodológicos da Ecodinâmica de Tricart.

2. Material e Métodos

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Tapacurá, que congrega 12 sub-bacias. A área possui clima do tipo As', com chuvas de outono-inverno, do tipo pseudo tropical da classificação climática de Köppen. (BRAGA, 2001), com precipitações variando de 850 mm a 1600 mm anuais. Geologicamente insere-se no embasamento da Província Borborema (CPRM, 2001), a qual compreende rochas metaplutônicas: leocogranitóides contendo biotita e muscovita; o complexo de Belém de São Francisco; suíte magmática: monzonitos e granodioritos com enclaves máficos/ filiação alcalina-metaluminosa; suítes magmáticas: quartzodioritos com variações para monzodioritos, monzogranitos e biotitagránodioritos; o complexo Surubim; o complexo gnáissco-migmáticos indiscriminados. O relevo da área é constituído por colinas e cristas. A cobertura vegetal é constituída por remanescentes da mata atlântica e de vegetação de caatinga na área sudoeste da bacia. Os principais tipos de solos ocorrentes são: Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Luvisolo, Planassolo, Gleissolo, Neossolo Regolítico, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico (ZAPE, 2001). A predominância de solos relacionados à pedogênese tropical úmida reflete-se na morfologia colinosa da área a leste da bacia.

2.2. Metodologia

Para estimar a vulnerabilidade à perda de solo foi utilizado o estudo dos componentes estruturadores da paisagem: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima. Cada unidade de paisagem teve sua vulnerabilidade avaliada a partir de uma média aritmética realizada entre os valores já definidos para cada um dos componentes estruturadores da paisagem (Crepani et al.,1996): $Vulnerabilidade = (Ge + G + P + F + C) / 5$

Onde: Ge = valor atribuído a Geologia (litologia); G = valor atribuído a Geomorfologia (declividade); P = valor atribuído a Pedologia; F = valor atribuído Vegetação; C = valor atribuído ao Clima (precipitação).

Os mapas foram gerados em ambiente SIG, utilizando o software ArcGIS 9.1, (disponível no Lab. Geografia Física Aplicada - UFPE). Os dados cartográficos foram extraídos das cartas planialtimétricas digitalizadas na escala de 1:100.000 da SUDENE. Os dados de precipitação foram obtidos das normais de cada município, cedidas pelo LAMEPE – ITEP. O mapa geológico tomou como base o levantamento Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Pernambuco na escala de 1:500.000 da CPRM. O mapa de solos foi elaborado a partir do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE, 2001), na escala de 1:100.000. A partir da imagem de radar da articulação SB-25-Y-C e SC-25-V-A, disponibilizada pela Embrapa Monitoramento por Satélite, foram obtidas as características morfométricas do relevo, com base nos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). A partir desses dados foi construído o mapa de declividade através do software ArcGIS 9.1. A análise da vegetação foi feita por meio da imagem Landsat-5/TM (29/08/2007), a partir do cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), que identificou áreas de cobertura densa, esparsa e rala. O processamento digital da imagem foi realizado no software ERDAS IMAGE 9.1, disponível no Departamento de Meteorologia (UFCG). A análise da vegetação e a detecção de mudanças na cobertura foi realizada para analisar sua dinâmica temporal. Os valores do IVDN variam de -1 a +1. Para superfícies com alguma vegetação o IVDN varia de 0 e 1. Quanto mais próximo de 1 maior a densidade de cobertura vegetal; o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação, ou seja, representa superfícies não vegetadas; para a água e nuvens o IVDN geralmente é menor que zero (SILVA, 2007).

Os mapas temáticos elaborados foram sobrepostos no ambiente SIG e, com o cruzamento, foi possível elaborar o mapa final de isovalores de vulnerabilidade e estabilidade das unidades ambientais da bacia do Rio Tapacurá – PE, na escala de 1:150.000. Com a geração de todos os mapas, foram estimados índices de vulnerabilidade através da dinâmica entre litologia, declividade, solos, IVDN, e precipitação, de acordo com Tricart (1977). A delimitação da área foi feita em ambiente SIG, no qual foram determinados células de 2 mil metros para toda a área. Assim para a avaliação das células foram atribuídos valores que variaram de 1 (impacto mínimo) a 3 (impacto máximo). Desta forma, cada célula recebeu valores que foram interpretados como descritores do seu grau de equilíbrio morfodinâmico e o nível de estabilidade e vulnerabilidade aos processos erosivos superficiais puderam ser determinados. A partir da atribuição dos valores

a cada célula foi gerado no software ArcGIS, na função Spatial Analyst – Interpolate to raster – Kriging, um mapa de isovalores de vulnerabilidade morfodinâmica para a bacia, o qual indica através de índices a estabilidade da área. O interpolador “kriging” foi selecionado por ser o mais usado.

3. Resultados e Discussão

Os complexos geológicos (figura 1) tiveram seus índices de vulnerabilidade e estabilidade estipulados segundo a sua litologia (Crepani et al., 1996). Estes índices foram: o complexo My4sm (rochas metaplutônicas leucogranitóides contendo biotita e muscovita), o qual foi considerado com 1,2 de vulnerabilidade/estabilidade; a unidade Mbf (Complexo Belém de São Francisco) que obteve o valor 1,3; o complexo Ny3m (monzonitos e granodioritos com enclaves máficos e filiação alcalina-metaluminosa) recebeu o valor 1,5; O complexo Ny3qd (quartzodioritos com variações paramonzodioritos, monzogranitos e biotita granodioritos) recebeu o índice 1,2; a unidade Nsu (Complexo Surubim) teve o valor 2,0; e o Pgm1 (Complexo Gnáissico Migmatítico indiscriminado), com o valor de 1,5. Quanto à litologia a área apresentou níveis de susceptibilidade estáveis, variando entre 1,2 e 2,0.

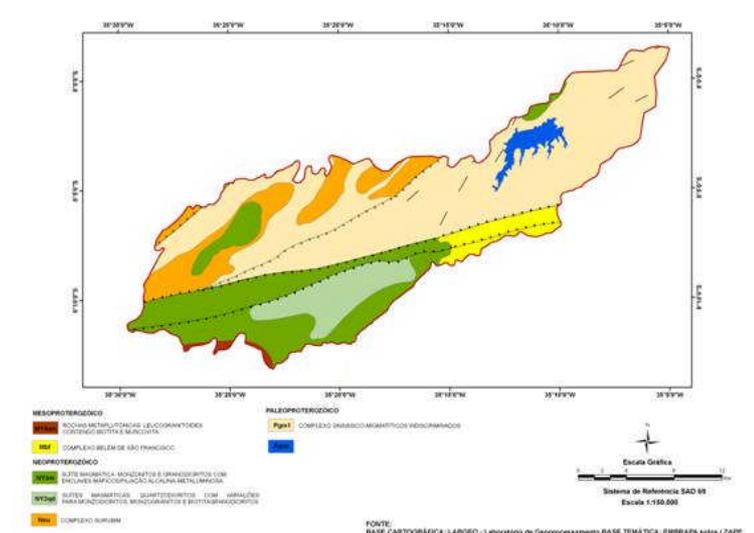


Figura 1. Mapa de Unidades Geológicas da Área de Estudo.

O mapa de declividade (figura 2) foi classificado de acordo com Crepani et al. (2001), que define as classes de gradiente de encostas como, sendo: muito baixa, declividade inferior a 2% e vulnerabilidade 1,0; baixa, declividade entre 2 % e 6% e vulnerabilidade 1,5; média, declividade

entre 6% e 29% e vulnerabilidade 2,0; alta, declividade entre 20% e 50% e vulnerabilidade 2,5; e muita alta, declividade acima de 50% e vulnerabilidade 3,0. A maior parte da área de estudo possui declividade entre 6% e 20%.

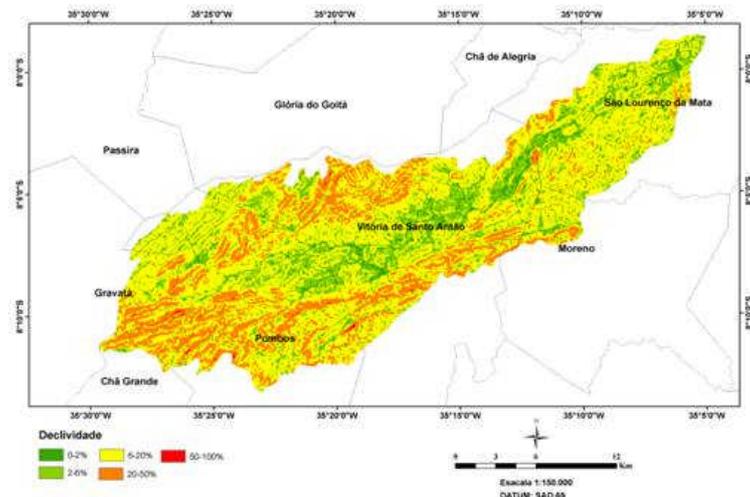


Figura 2. Mapa de Declividade da Área de Estudo.

O grau de maturidade do solo é a principal característica considerada para a análise de sua susceptibilidade a erosão, para a qual são consideradas a mineralogia, textura e estrutura dos mantos de alteração. De acordo com Crepani et al. (1996) são considerados solos mais estáveis aqueles com valores iguais a 1,0; os indicados como intermediários são aqueles com valores iguais a 2,0, uma vez que, são mais vulneráveis e menos intemperizados; os solos mais instáveis e com alta susceptibilidade a erosão são os com valores iguais a 3,0 que são caracterizados como solos jovens e pouco desenvolvidos. Foram identificadas na área as seguintes classes de solos (figura 3): (Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Luvisolo, Planossolo, Gleissolo, Neossolo Regolítico, Neossolo Flúvico e Neossolo Litólico), que tiveram vulnerabilidade/estabilidade de 1,0 a 3,0. O solo que possui predominância na área de estudo é o Argissolo Vermelho, que possui valor de risco 2,0. Assim, constata-se que, pedologicamente, a bacia do Rio Tapacurá, possui uma susceptibilidade morfodinâmica intermediária.

Na bacia, foi possível identificar áreas de cobertura vegetal densa, sendo representada pelo índice de risco 1,0; áreas de vegetação esparsa, representadas pela susceptibilidade 2,0; e as porções de vegetação rala que foram consideradas como possuindo vulnerabilidade 3,0. A vegetação serve como uma capa protetora do solo, pois o mesmo se torna mais vulnerável à perda

de material à medida que perde cobertura vegetal, sofrendo ação direta dos fatores erosivos. Portanto, quanto mais intensa for a cobertura vegetal, maior será sua representação de estabilidade, a qual é indicada pelo valor igual a 1,0. O cálculo do IVDN resultou na definição de cinco classes: a primeira foi de 1,32 a 0 representando a água; a segunda foi de 0 a 0,27, que indicou áreas de solo exposto e áreas impermeabilizadas; a terceira foi de 0,27 a 0,53, indicando áreas de vegetação rala; a quarta foi de 0,53 a 0,63, indicando vegetação esparsa; e a quinta foi de 0,63 a 0,83, representando a vegetação densa (figura 4).

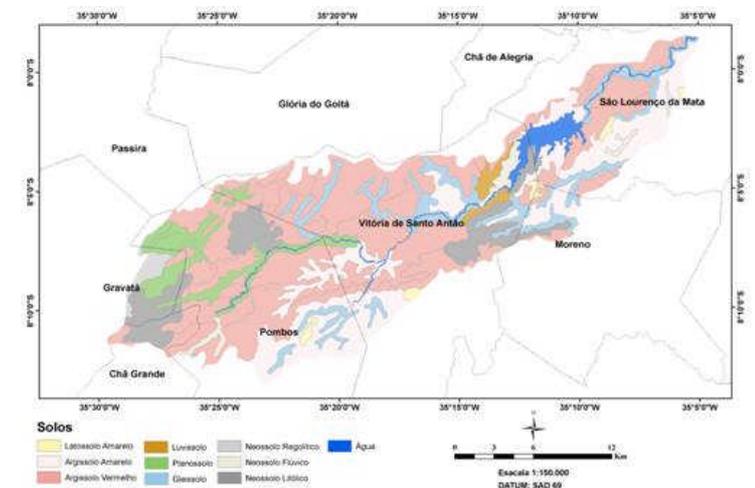


Figura 3. Mapa Pedológico da Área de Estudo.

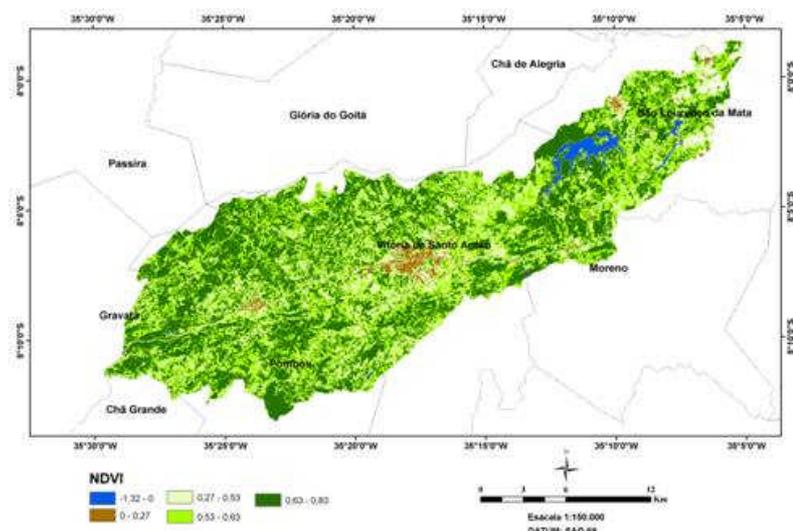


Figura 4. Mapa de IVDN da Área de Estudo.

De acordo com Crepani et al., (2001) o clima manipula o intemperismo ativamente, através da precipitação pluviométrica. Portanto a erosão é gerada a partir da interação entre precipitação e solo. Sendo assim, denomina-se de erosividade o poder da chuva em causar erosão. A partir da geração do Mapa de Precipitação Anual da área de estudo, cedida pelo LAMEPE – ITEP identificou-se as áreas de maior e menor índice pluviométrico. Desta forma os menores índices de chuva receberam o valor igual a 1,0. A Precipitação foi identificada em cinco classes variando desde 850 mm até 1600 mm anuais. As áreas mais próximas do litoral possuem os maiores índices de chuva, e a medida que se adentra para o oeste a quantidade de chuva diminui, também em resposta ao impedimento à propagação dos ventos úmidos do litoral decorrente da orientação das cristas que compõem a encosta oriental do Planalto da Borborema (figura 5).

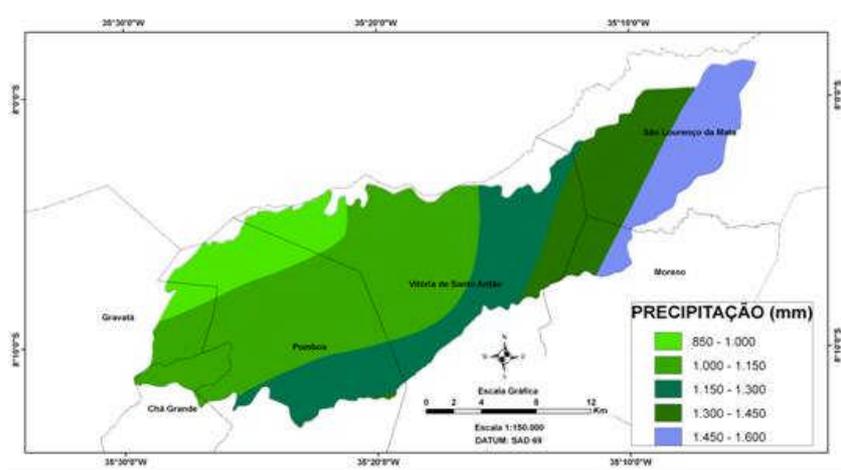


Figura 5. Mapa de Precipitação da Área de Estudo.

As unidades que influenciam a uma maior ou menor susceptibilidade à erosão, logo à ação da morfodinâmica foram analisadas e sintetizadas no Mapa de Valores de Risco (figura 6). Identificou-se um valor de risco das unidades ambientais interligadas que variam de 1,63 a 2,22. Desta forma o mapa foi classificado em nove classes representativas. As áreas de maior grau são apresentadas pela classe de 2,17 a 2,22, e a de menor grau pela classe de 1,63 a 1,70. Diante disto ficou evidente que as unidades que se impuseram nos resultados de vulnerabilidade da área de estudo foram a pedologia, a precipitação e a vegetação. A área identificada com maior risco foi justamente a que se localiza na porção de maior índice de precipitação, apesar de possuir declividade baixa. No entanto esta apresenta uma cobertura vegetal incipiente composta por plantações de cana-de-açúcar, solos do tipo argissolo, gleissolo e neossolo (solos com grau entre

2 e 3 de risco). Assim a área apresenta um alto grau de risco morfogenético. As áreas com baixo grau de risco, localizadas nas porções de maior precipitação são representadas por uma vegetação densa de mata atlântica, assim minimizando seu grau de risco através da cobertura vegetal. A porção com menor vulnerabilidade, apesar de estar em uma área de maior declividade, possui um menor índice de precipitação, uma vegetação esparsa e solos do tipo argissolo e planossolo, com valor de estabilidade 2. Assim resta claro que a declividade isoladamente não exerce forte influência sobre a estabilidade da área.

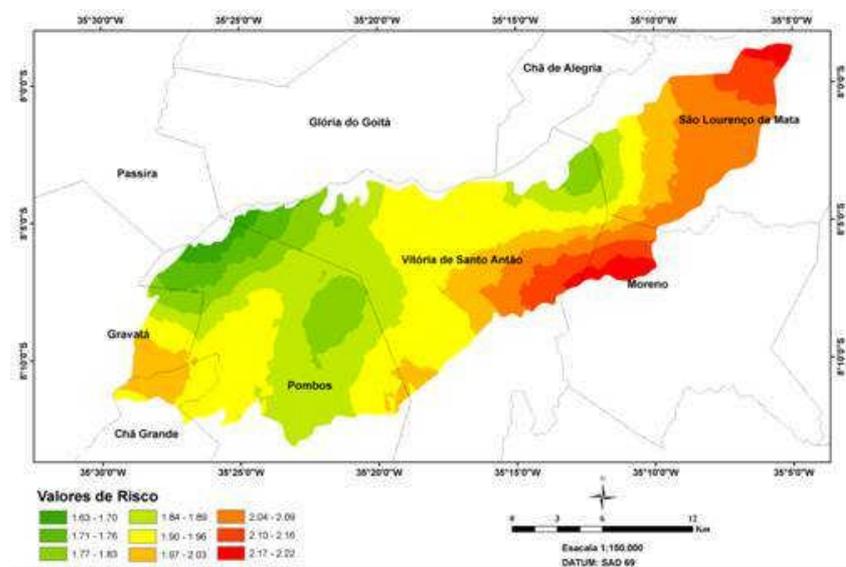


Figura 6. Mapa de Valores de Risco da Área de Estudo.

4. Conclusões

A aplicação do conceito de morfodinâmica à análise da vulnerabilidade à erosão na bacia do rio Tapacurá, mostrou-se eficaz na identificação das áreas de menor ou maior risco em relação ao grau de estabilidade processual. O mapa de risco demonstrou que os estruturadores que mais influenciaram no resultado do grau de vulnerabilidade foram a pedologia, a vegetação e a precipitação. Estudos de gabinete como este permite uma avaliação expedita de bacias hidrográficas, norteando trabalhos de detalhe nos quais se escolham áreas prioritárias para a coleta de informações espacializadas *in situ*, minimizando o risco da escolha aleatória de pontos de coleta em estudos de encostas ou de toposequências de solos voltados para a aferição dos processos de superfície terrestre.

5. Referências

- Bertoni, J.; Neto, F.L. (1990). Conservação do Solo. Editora: Ícone. São Paulo. 355p.
- Braga, R.(Cod). (2001). Gestão ambiental da bacia do Tapacurá. Plano de ação. UFPE/CTG/DECIVIL/GRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE.
- Corrêa, A. C. B. (2006). Morfodinâmica e sensibilidade ambiental semi-áridos brasileiros: um enfoque a partir das relações solo x paisagem. Belém do São Francisco: Portal do São Francisco (CEVASF), v. 5, p. 51-65.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. <http://www.cprm.gov.br/> acessado em 25 de fevereiro de 2008.
- Creprani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Filho, H. P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. (1996). Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, 1996. Anais. São Paulo: Imagem Multimídia.
- Gomes, A. G. (2000). Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE). 160p. (INPE). Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto.
- ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. <http://www.itep.br/meteorologia> acessado em 05 de março de 2008.
- Menezes, J.B.; Araújo, M.S.B.; Galvincto, J.D.; Sampaio, E.V.S.B.; Correa, A.C.B. (2007). Índice de Vulnerabilidade à Erosão para uma Bacia na Mesorregião do São Francisco Pernambucano, a partir das Relações entre Morfogênese e Pedogênese. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 3, p. 84-98.
- Ranieri, S.B.L.; Sparovek, G.; Souza, M.P.; Dourado Neto, D. (1998). Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, n.4, p.751-60.
- Silva, B. B.; Mendonça, J. C. Determinação da Evapotranspiração com Imagens Landsat TM e Sebal. Aracaju, 3 a 5 de julho de 2007.
- SRTM (Shuttle Radar Topography Mission. <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>
- Tricart, J. (1977). Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 91p.
- Vasconcelos, T. L.; Souza, S. F.; Duarte, C. C.; Meliani, P. F.; Araújo, M. S. B.; Corrêa, A. C. B. (2007). Estudo Morfodinâmico em área do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro: Um Mapeamento Geomorfológico em Micro-Escala. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/ NAPA, v.24, nº 3, p. 34-48. set/dez.
- Zape. (2001). Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco / Fernando Barreto Rodrigues e Silva.[*et al.*]. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital.