



ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE DA PAISAGEM À EROÇÃO NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO TAPEROÁ (PB)

Saulo Roberto de Oliveira Vital
Universidade Federal de Pernambuco

Oswaldo Girão
Universidade Federal de Pernambuco

Resumo

A visão morfodinâmica da paisagem é uma importante ferramenta conceitual que pode fornecer dados consistentes acerca dos processos geomorfológicos e do nível de degradação da paisagem. O objetivo deste artigo consiste em analisar as principais variáveis condicionantes dos processos erosivos e deposicionais na bacia do alto Taperoá (PB), levando em consideração os impactos gerados sobre a estrutura da paisagem e criadores de morfologias erosivas e deposicionais, com base no resgate da dinâmica geomorfológica e do uso e ocupação da área. A partir da análise dos dados gerados pela pesquisa, percebeu-se que a bacia do alto Taperoá encontra-se sob condições de forte controle tectônico, exibindo formas hierarquizadas a partir da distribuição litológica e das estruturas deformacionais a elas associadas, nitidamente controladas por zonas de cisalhamento mesoproterozóicas. Esta característica natural controla, até certo ponto, a distribuição das áreas fortemente instáveis na área de estudo, que se encontram atreladas às escarpas controladas por falhas, além das regiões de cimeira. Ademais, notou-se que o uso do solo tem gerado significativas parcelas fortemente instáveis nas regiões do plano aluvial, totalizando cerca de 5% da área total da bacia. Do mesmo modo os 35% de áreas *intergrades* representam um risco potencial à erosão nas áreas do pedimento rochoso, sendo possivelmente um dos principais responsáveis pelo aumento na produção de sedimentos. Por fim, os 65% de áreas estáveis indicaram para esta bacia uma relativa situação de preservação, sem, no entanto, apontar para um quadro de despreocupação.

Palavras-chave: Morfodinâmica; Erosão; Degradação, Bacia Taperoá (PB).

MORPHODYNAMIC ANALYSIS OF UPPER TAPEROÁ RIVER BASIN (PB)

Abstract

The morphodynamics view of the landscape is an important conceptual tool that can provide consistent data on the geomorphological processes and the level of

degradation of the landscape. The objective of this article is to analyze the main variables and constraints of erosive depositional processes in the upper Taperoá basin (PB), taking into account the impacts on the landscape structure and creators of erosive and depositional morphologies, based on the recovery of dynamic geomorphological and the use and occupation of the area. From the analysis of the data generated by the survey, it was noticed that the basin is high Taperoá under conditions of strong tectonic control, displaying hierarchical forms from the lithological distribution and deformational structures associated with them, clearly controlled by zones Mesoproterozoic shear. This natural feature controls to some extent the distribution of highly unstable areas in the study area, which are linked to controlled by faults scarps, beyond the regions of the summit. Furthermore, it was noted that the land use has generated significant portions strongly unstable regions of the alluvial plain, totaling about 5 % of the total basin area. Similarly 35 % of intergrades areas represent a potential risk to erosion in areas of rocky pediment, and possibly a major contributor to the increase in sediment yield. Finally, 65 % of stable areas indicated in this basin relative situation of preservation, without, however, point to a picture of nonchalance.

Keywords: Morphodynamics, Erosion, Degradation, Taperoá basin (PB).

INTRODUÇÃO

Em regiões semiáridas as características peculiares de seus agentes físico-naturais conferem a este ambiente uma exclusividade no tocante à sua análise. A ação dominante do intemperismo físico, aliado a variação espaço-temporal das precipitações, contribui substancialmente para o balanço morfogenético positivo, dando origem a uma pedogênese de baixo grau. A partir deste quadro, subentende-se que o Domínio das Caatingas necessita de estudos aprofundados acerca de sua dinâmica geomorfológica, tendo em vista que o atual período de expansão das atividades econômicas na área de estudo tem induzido a sinais de degradação da estrutura superficial da paisagem.

Um dos atuais problemas relativos à degradação do ambiente físico neste domínio natural diz respeito à crescente produção de sedimentos ao longo das últimas décadas, refletindo o avanço das atividades agropecuárias tradicionais em largas parcelas do semiárido nordestino.

Diante desse quadro, os estudos que tratam da dinâmica geomorfológica em ambiente semiárido, tomando como base a dinâmica de uso e ocupação do solo, ainda são escassos. No tocante ao mapeamento geomorfológico, afirma-se o mesmo, uma vez que o Estado da Paraíba ainda carece de produtos desta natureza para o semiárido, em contrapartida aos trabalhos de mapeamento geomorfológico que têm sido desenvolvidos em áreas tropicais úmidas, conforme os trabalhos de Furrier et al. (2006).

Para o entendimento deste processo, a análise morfodinâmica da paisagem se constitui como uma metodologia aplicável, tendo em vista que o balanço entre morfogênese e pedogênese, muitas vezes, é alterado pela ação antrópica, resultando em mudanças significativas na paisagem.

Na Paraíba, uma das regiões mais afetadas por este processo tem sido a microrregião do Cariri. Os problemas atuais que se desenvolvem nesta região, de acordo com Souza (2008), passam por uma revisão minuciosa do seu processo histórico de ocupação.

No intuito de investigar o problema da erosão antrópica, este artigo tem como objetivo analisar as principais condicionantes dos processos erosivos e deposicionais na bacia do alto curso do rio Taperoá, levando em consideração os impactos gerados sobre a estrutura superficial da paisagem, criadores de morfologias erosivas e deposicionais, com base no resgate do uso e ocupação da terra e no estudo geomorfológico desta área, com base na tipologia de Tricart (1977).

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo encontra-se localizada entre os limites das Mesorregiões da Borborema e Sertão e, Microrregiões do Cariri Ocidental e Serra de Teixeira, entre as coordenadas W 37°14'13"/S 7°10'80" e W 36°49'12"/S 7°24'36", abrangendo os municípios paraibanos de Teixeira, Cacimbas, Desterro, Livramento e Taperoá. Sua área total corresponde a 552 km² (Figura 1).

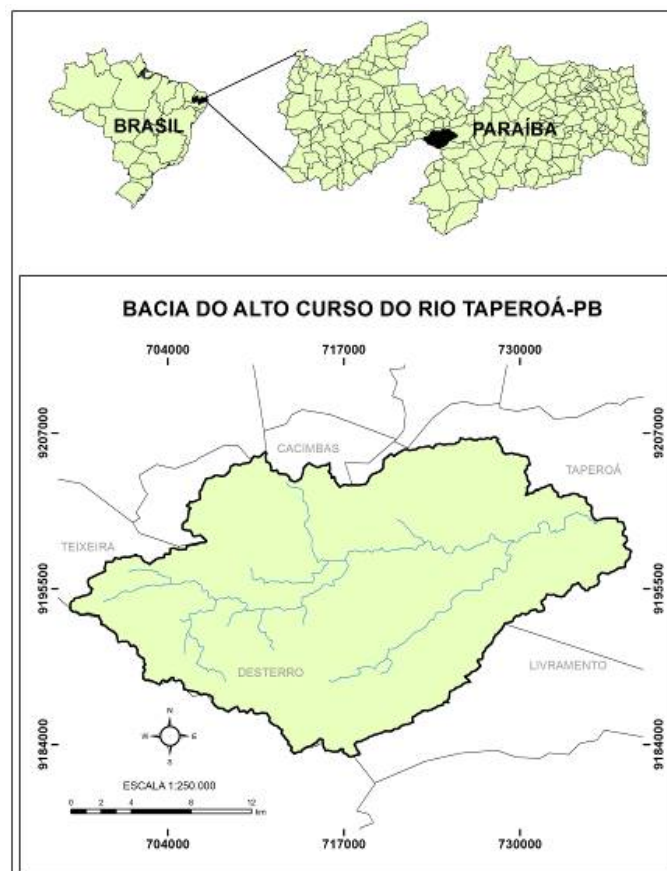


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do alto curso do Rio Taperoá-PB.

A bacia do alto curso do rio Taperoá faz parte da bacia hidrográfica do rio Paraíba, sendo o rio Taperoá seu principal afluente, que nasce na serra de Teixeira e se estende no sentido NO-SE, desembocando no rio Paraíba que, por sua vez, deságua no Oceano Atlântico, onde forma importante estuário (PARAÍBA, 2007).

Geologia

A bacia do rio Taperoá encontra-se assentada sobre as rochas cristalinas de origem pré-cambriana do Planalto da Borborema. Esta unidade é definida como um extenso cinturão orogênico meso/neoproterozóico que se estende por grande parte do Nordeste Brasileiro. Nessa região ocorre um extenso complexo gnáissico-migmatítico com manchas de rochas granitóides e grabóides, compostas por micaxistos com sillimanita e granada (ALMEIDA, 1977).

As rochas presentes nesta área apresentam estruturas planares, caracterizadas pela textura xistosa e bandada em virtude dos esforços a qual foram submetidas. Um fato importante é que o grau de inclinação dos planos de xistosidade nessas estruturas exerce forte controle sobre a morfogênese regional (CORRÊA, 2001).

Geomorfologia

O relevo da área é constituído por maciços fragmentados, expressando-se na paisagem sob a forma de escarpas, amplas superfícies aplainadas e maciços residuais, que refletem as direções das linhas de fratura e a dinâmica evolutiva do Maciço Regional da Borborema (CARVALHO, 1982).

O Planalto da Borborema estende-se até os limites com o Pediplano Sertanejo, por meio de encostas muito erodidas, delineadas por uma linha de escarpa bastante tortuosa e profundamente entalhada pela drenagem, expondo vales embutidos entre cristas de quartzitos e paredões de granito, conforme é observado na divisa entre os municípios de Teixeira, Patos e São José do Bonfim, ambos localizados no estado da Paraíba (Figura 2).



Figura 2 – Vista panorâmica do contato entre o Pediplano Sertanejo, em primeiro plano, e as *hogbacks* da escarpa ocidental do Planalto da Borborema, em segundo plano, Região da Pedra do Tendó, às margens da PB-276, entre os municípios de Teixeira e São José do Bonfim.

As superfícies Cariris Velhos e Teixeira, níveis de aplainamento referidos às cotas de 650 e 800 metros, respectivamente, citados por Carvalho (1982), são observados na região estudada a partir da hierarquização de duas morfoesculturas separadas por níveis de encostas e englobando cotas altimétricas com desníveis que chegam a mais de 300 metros.

Solos

Com base no ZANE (Zoneamento Agroecológico do Nordeste) foram identificadas as seguintes classes de solos na área de estudo: Luvisolos, Neossolos litólicos, Neossolos regolíticos e Neossolos quartzarênicos, caracterizando tipos de solos rasos e pedregosos, típicos de regiões semiáridas, onde a precipitação anual escassa e irregular acaba retardando a pedogênese.

Os Luvisolos são solos não hidromórficos, com horizonte A incipiente e horizonte B apresentando tonalidade avermelhada ou amarelada, com alta saturação por bases. Esses tipos de solo, geralmente, ocorre em relevos suave ondulados e são bastante rasos, pois os horizontes A e B dificilmente ultrapassam 1 metro de profundidade. Na zona semiárida estes solos apresentam limitação quanto à disponibilidade de água e também são bastante sujeitos à compactação, favorecendo à erosão linear (CAMARGO, 1987).

De acordo com Albuquerque et al., (2002), as perdas anuais de solo do tipo Luvisolos em áreas desmatadas do semiárido chegam a alcançar 58,5 t/há-1. Isto ocorre, pois a susceptibilidade à erosão hídrica é uma de suas características; potencializada pela morfologia do terreno, intensidade pluviométrica, cobertura vegetal decídua e técnicas agrícolas tradicionais.

Outro tipo de solo ocorrente na área, o Neossolo regolíticos, contém horizonte A diretamente sobrejacente ao horizonte C, podendo conter horizonte B incipiente com, aproximadamente, 10 cm de espessura, apresentando bastante fragmentos da rocha mãe no horizonte alterado (BRASIL, 1999).

São tipos de solos que apresentam sérias limitações ao uso agrícola em virtude da deficiência hídrica, favorecida por sua elevada pedregosidade e pouca espessura. Geralmente, nesses solos, são cultivados algodão arbóreo em consórcio com o milho e feijão ou são realizadas atividades ligadas à pecuária extensiva associado ao cultivo de algumas culturas adaptáveis a estas condições rigorosas, como o agave (CAVALCANTE, 2005).

Uma variação dos Neossolos, os Neossolos quartzarênicos, também ocorrem na área de estudo, aliado às várzeas fluviais, onde também ocorre intensa atividade agrícola. De acordo com Passos et al. (2010), esses tipos de solos são bastante suscetíveis à erosão, pois contêm um elevado teor de areia. Em virtude da intensa atividade agrícola e de sua textura arenosa, estes são sujeitos à lixiviação, especialmente quando ocorrem em terrenos de declividades muito elevada.

Outro tipo de solo, o Neossolo litólicos, também é frequente na bacia do alto Taperoá (PB). Em geral, contêm elevado teor de matéria orgânica presente no horizonte A, assentados diretamente sobre o horizonte C. Sua massa é constituída por fragmentos de rocha, em geral, cascalhosos e até matações. Geralmente, o

horizonte B se encontra em estado inicial de formação, cuja espessura não satisfaz os parâmetros de um horizonte B diagnóstico (BRASIL, 1999).

Também, são solos que favorecem à erosão, devido sua baixa capacidade de absorção, pois sua espessura delgada favorece a interrupção precoce do fluxo d'água em seu interior, facilitando o escoamento em superfície e, em subsuperfície, na zona de contato entre o solo e a rocha. Tal situação pode gerar processos erosivos capazes de criar deslizamentos, se agravando nas encostas mais íngremes e desprovidas de vegetação (PASSOS et al., 2010).

Clima

O clima da bacia do alto Taperoá é do tipo semiárido, caracterizado por médias pluviométricas inferiores a 800 mm anuais e temperaturas médias mensais superiores a 18°C. A maior concentração da pluviosidade total, cerca de 65%, ocorre entre os meses de janeiro a abril (SOBRINHO et al., 2010).

Nas regiões mais elevadas da bacia, que compreende os municípios de Cacimbas e Teixeira, as condições climáticas rigorosas são amenizadas por um clima de altitude, diferentemente dos demais municípios que fazem parte do Cariri paraibano a exemplo de Desterro, que chega a alcançar médias pluviométricas anuais inferiores a 300 mm, em anos bastante secos.

Na porção que compreende os Cariris Velhos, assim como em todo o semiárido, os valores mais elevados de precipitação ocorrem em virtude da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e Linhas de Instabilidade (LI) (NIMER, 1980).

O setor leste da bacia (porção Cariris Velhos) faz parte de um ponto final de invasão de correntes perturbadas, representado por um largo corredor bastante árido, no sentido NE-SW. Conforme explicitado anteriormente, na área de Desterro, situada entre no divisor de águas das bacias do rio Piranhas e Paraíba (bacia do alto Taperoá), encontra-se o índice pluviométrico mais baixo, alcançando o valor de 276 mm (NIMER, 1979).

Cobertura vegetal e uso do solo

De modo geral, toda a área da bacia do rio Taperoá é constituída por uma vegetação do tipo savana estépica, conhecida no Brasil como caatinga. Este tipo de formação vegetal apresenta estrato arbustivo dominante e alguns indivíduos arbóreos esparsos, além de larga concentração de cactáceas, diferindo apenas em termos de densidade (SOUZA et al., 2004).

As principais espécies que ocorrem na região são: *Cereus jamacaru* DC (mandacaru); *Pilosocereus gounellei* Weber (xique-xique); *Caesalpinia pyramidalis* Tul (catingueira) e *Mimosa sp.* (jurema) (SOUZA et al., 2004).

A cobertura vegetal em extensas áreas da bacia do rio Taperoá apresenta-se bastante esparsa, com uma considerável área de solo exposto, correspondente às áreas urbanizadas e degradadas pela exploração mineral e uso inadequado do

solo. As formas de uso do solo que mais impactam negativamente esta área são: a caprinocultura extensiva, a exploração de vários tipos de minérios e a extração de lenha para a transformação do carvão. Estas práticas estão causando um processo intenso de degradação da estrutura superficial da paisagem gradativamente nesta região (PAIVA et al., 2009).

METODOLOGIA

O presente trabalho adotou como base metodológica a tipologia da morfodinâmica de Tricart (1977), que distingue os meios em estáveis, intermediários (*intergrades*) e fortemente instáveis. Como base para integração de informações em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) utilizou-se como base os níveis da pesquisa geográfica estabelecidos por Libault (1971).

A proposta de Libault (1971) estabelece os níveis da pesquisa em: compilatório, correlatório, semântico e normativo (Figura 3). No nível compilatório desenvolve-se o levantamento bibliográfico, a obtenção das informações cartográficas, a delimitação da área de estudo e a definição dos mapas temáticos.

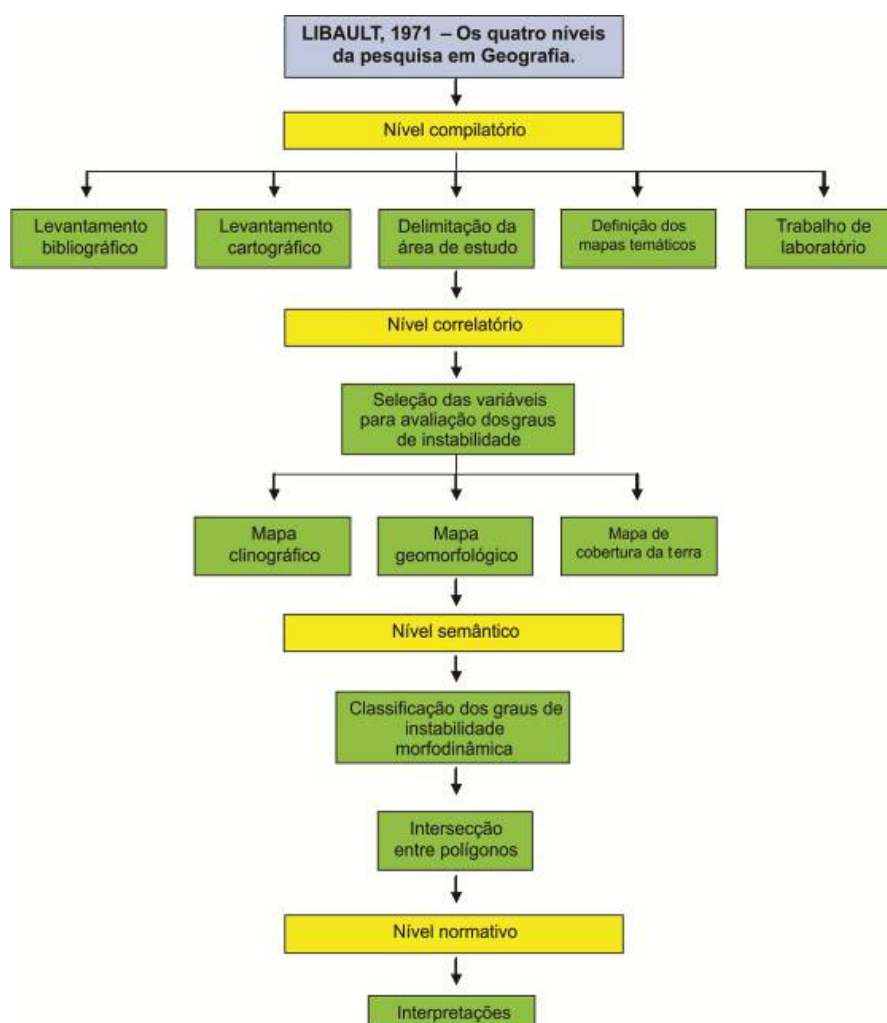


Figura 3 – Organograma representando os níveis metodológicos adotados na pesquisa. Fonte: adaptado de Leme (2007).

Nesta etapa da pesquisa, as informações altimétricas e de declividade dos terrenos foram extraídas das imagens coletadas pelo SRTM, disponíveis no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA/INPE) em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>, contendo 30 m de resolução.

A delimitação da área de estudo foi realizada a partir da imagem SRTM a partir da extração de informações de direção de fluxo e fluxo concentrado e geração automática das curvas de nível para visualização dos divisores topográficos.

Também foram obtidas imagens do Satélite ETM+/Landsat 7, em oito bandas espectrais, também disponíveis gratuitamente no Catálogo de Imagens do INPE em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. As imagens são do ano de 2006 referentes à órbita/ponto 215/65 de junho de 2006. As mesmas foram obtidas levando em consideração uma cobertura mínima de nuvens em uma época do ano próxima ao período úmido, para não mascarar a vegetação.

Na etapa de correlação, que diz respeito ao desenvolvimento da seleção das variáveis ambientais, foram elaborados os mapas temáticos de solos, geologia, geomorfologia, cobertura da terra e declividade, utilizados para a delimitação das unidades morfodinâmicas a partir de um processo de interseção entre camadas.

O mapa de cobertura do solo foi gerado a partir da execução de técnicas de pré-processamento (realce) e processamento (extração das componentes principais e classificação supervisionada), a partir das quais foram definidas quatro classes: vegetação densa, vegetação esparsa, açudagem, solo exposto e mancha urbana.

O mapa geomorfológico foi construído com base no Modelo Digital de Elevação sobreposto ao relevo sombreado e às imagens de satélites, que foram utilizados para a delimitação das unidades do relevo. Ambas as unidades foram validadas através da realização de trabalhos de campo.

O mapa de declividade também foi elaborado a partir do MDE/SRTM do qual foram extraídas as curvas de nível e construído um Modelo Numérico do Terreno (MNT). A partir do MNT foram definidas as classes a partir de uma operação de fatiamento com base na equidistância entre as curvas de nível, definindo seis classes com base na proposta de Brasil S/D (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de declividade segundo a EMBRAPA.

Classes de Declividade	
Classe	Declividade (%)
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Moderadamente ondulado	8 - 13
Ondulado	13 - 20
Forte ondulado	20 - 45
Escarpado	> 45

Fonte: Brasil (S/D).

No nível semântico foi realizado o cruzamento entre as classes dos mapas mencionados, obedecendo sistematicamente a tipologia de Tricart (1977): áreas estáveis (peso 1), intergrades (peso 2) e fortemente instáveis (peso 3).

A respeito da cobertura da terra a atribuição de valores obedeceu sistematicamente ao critério de fitoestabilidade. Obviamente, as áreas de vegetação densa receberam peso 1, enquanto as parcelas com significativa presença de vegetação esparsa receberam o valor 2, e as áreas de solo exposto juntamente com a malha urbana apresentou peso 3 na escala morfodinâmica.

No mapa de declividade, o peso 1 foi atribuído às áreas planas e suave onduladas, o peso 2 foi vinculado aos setores moderadamente ondulado e ondulado e o peso 3 para as regiões forte onduladas e escarpadas.

Os pesos atribuídos ao mapa geomorfológico obedeceu aos critérios geológicos e de suas respectivas unidades. Na morfoestrutura da área a maior presença de estruturas lineares, tais como: xistosidade e bandeamentos presentes nos complexos metamórficos mesoproterozóicos, ligados as áreas pedimentares, atribuem maior físsibilidade aos estoques litológicos, o que permite em uma escala qualitativa atribuir-lhes o valor máximo de susceptibilidade morfodinâmica, ou seja, 3. Já os metagranitóides, por estarem em uma situação intermediária entre as estruturas maciças das rochas magmáticas plutônicas e as estruturas bandeadas dos complexos metamórficos, favorecem a atribuição de um peso 2 nas escala morfodinâmica. Em virtude de sua estruturação maciça e relativa baixa permeabilidade atribui-se valor 1 as rochas intrusivas neoproterozóicas. Em função do seu caráter inconsolidado e presença ativa da pedogênese nos horizontes superiores atribui-se valor 3 as coberturas sedimentares elúvio-colúviais e aluviais presentes na área.

Os pesos foram determinados com base nos princípios da morfodinâmica (TRICART, 1977), que define três tipos de ambientes, distinguindo-os em: estáveis, intergrades e fortemente instáveis. Desse modo, o peso 1 foi atribuído às áreas estáveis, 2 aos meios intergrades e 3 aos fortemente instáveis. Tendo em vista que, os diferentes meios são definidos com base na litologia, relevo, solos, vegetação e clima, foram atribuídos os pesos para cada uma das classes dos mapas, levando em consideração potencial de cada uma à deflagração da erosão, por exemplo: tipos de usos mais degradantes, relevos mais inclinados e demais categorias receberam peso 1.

O clima não foi incluído na análise tendo em vista a ausência de dados confiáveis a exemplo da intensidade pluviométrica impossibilitou a inclusão desta variável na análise. A geologia também não foi incluída na análise, tendo em vista que não foi um dado gerado nesta pesquisa, não sendo, portanto, resultado. Desse modo foram incluídos apenas os mapas geomorfológico, clinográfico e de cobertura da terra. Por fim, no nível normativo, realizou-se uma operação de sobreposição entre polígonos, ou seja, um procedimento de intersecção entre camadas.

A sobreposição entre polígonos é uma operação topológica, onde as coordenadas dos nós, arcos e polígonos são armazenadas em tabelas que instruem o computador sobre o relacionamento destas entidades (ver em nível semântico), possibilitando a formulação de algoritmos empregados na resolução de diferentes problemas.

Essas são operações essenciais para análise espacial, bastante utilizada em situações onde é necessário combinar ou comparar dados existentes em diferentes camadas, a exemplo de mapas temáticos (CÂMARA et al., 2005).

A operação de interseção entre camadas seleciona áreas em comum entre ambas (entrada), que serão incluídas na formação de uma nova camada ou plano de informação (saída). O novo produto gerado apresentará o resultado da interseção entre as duas camadas de entrada (Figura 4).

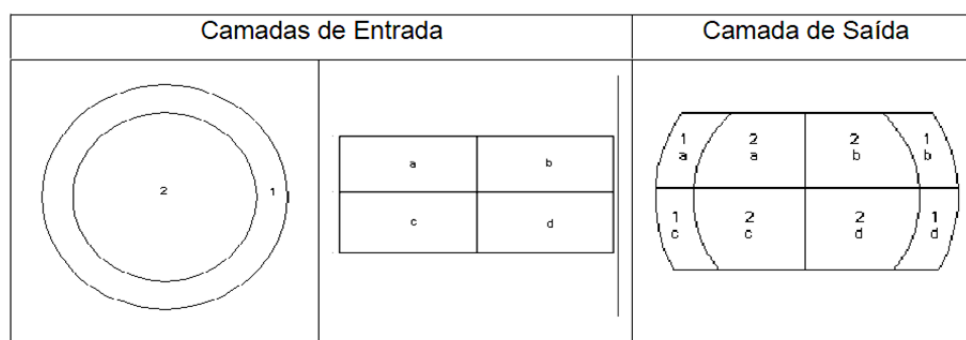


Figura 4 – Interseção entre duas camadas. Fonte: Câmara et al. (2005)

Deste modo, a nova camada terá uma área existente resultante da interseção entre as duas camadas precedentes, além disso, todos os atributos pertencentes às camadas anteriores serão preservados, entretanto apresentando novos padrões de dados e agrupamentos. O banco de dados é espacialmente limitado pela área gerada na interseção entre as duas camadas selecionadas (SILVEIRA, 2006).

RESULTADOS

A partir da confecção do mapa geomorfológico tornou-se possível distinguir as principais unidades morfoestruturais e morfoesculturais da bacia do alto Taperoá, sendo identificadas as seguintes unidades: cimeira, encostas sem cobertura coluvial, encostas estruturadas em rampas de colúvio, encostas de recuo de falha, encostas estruturadas em avental de colúvio, pedimentos com coberturas detrítica, maciços residuais em crista, inselberg e planície aluvial (Figura 5).

As regiões de Cimeiras compreendem o nível mais elevado do relevo na área de estudo, correspondendo aos setores acima de 800 m, os quais se encontram desprovidos de cobertura sedimentar e vegetação. Na região do alto Taperoá, uma dessas porções corresponde ao Pico das Almas, localizado à noroeste do município de Taperoá (PB) (Figura 6).

As encostas sem cobertura coluvial correspondem às áreas declivosas, sujeitas a um intenso processo erosivo, onde ocorrem diversas ravinas nas porções inconsolidadas do terreno. A acentuada declividade do terreno, em geral, acima de 40%, não permite o acúmulo de material remobilizado das porções mais elevadas do terreno.

As encostas estruturadas em rampas de colúvio também estão presentes na área e correspondem a pontos de declividade característica de vertentes onde verifica-se certo nível de acumulação de sedimentos em virtude do movimento de massa.

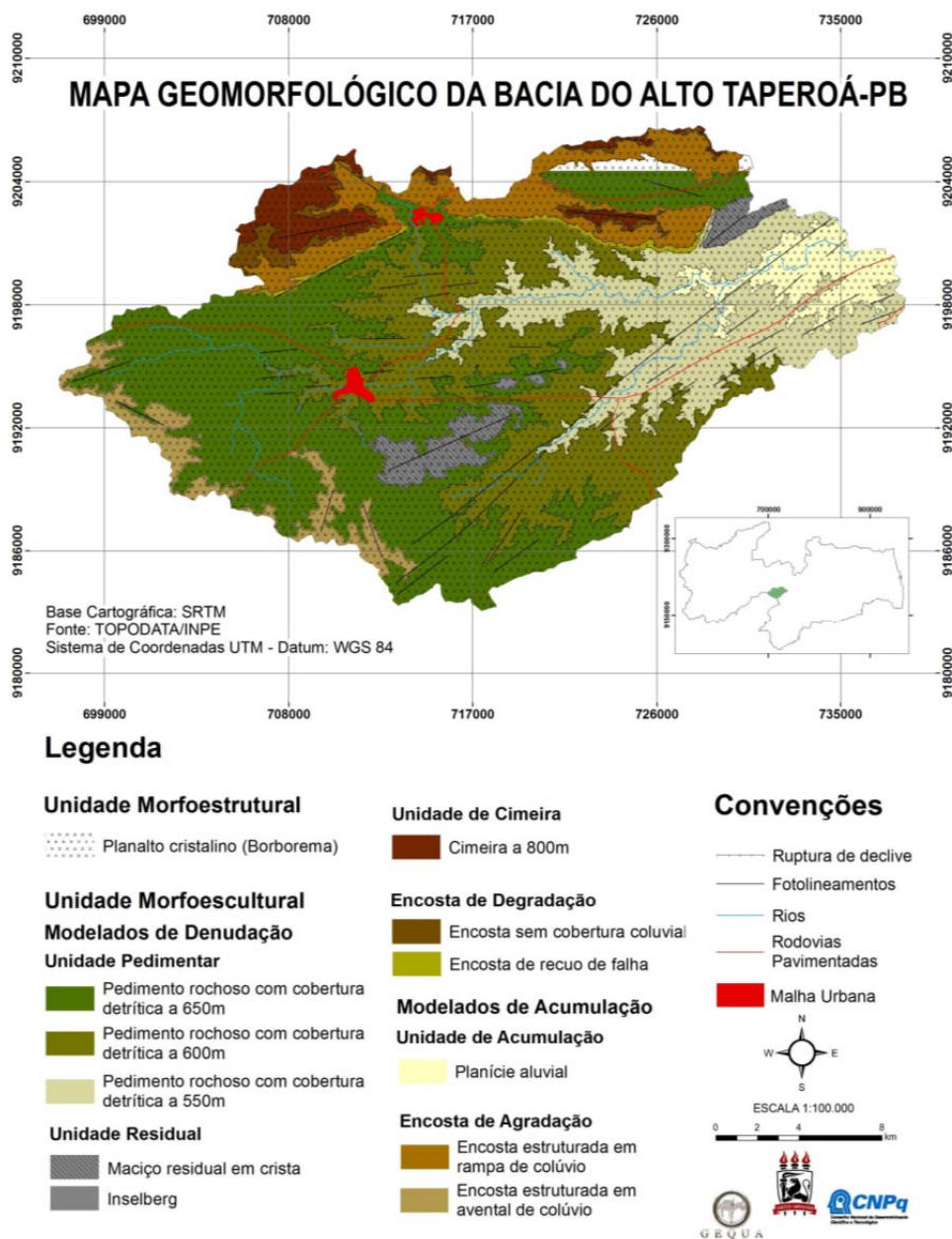


Figura 5 – Mapa geomorfológico da bacia do alto Taperoá (PB).

As encostas de recuo de falha são resultantes do processo de movimentação ocasionada por uma falha normal. No caso específico da área de estudo, este soerguimento encontra-se associado à evolução e dinâmica tectônica de Suítes Graníticas do Complexo Cariris Velhos.



Figura 6 – Visão panorâmica da Serra das Almas, no município de Taperoá (PB).

Observa-se que essas escarpas separam os pedimentos da cimeira planáltica coincidindo, em diversos graus de recuo, com as falhas delimitantes dos corpos intrusivos neoproterozóicos (Figura 7).

Algumas, porém, demonstram sinais evidentes de rejuvenescimento, ao estilo da tectônica ressurgente que, ao longo do Cenozóico, retoma esforços deformacionais por meio de antigas zonas de fraqueza herdadas do Pré-Cambriano. É notável a pouca incisão da drenagem em alguma dessas encostas permitindo a observação *in situ* de feições neotectônicas do tipo facetas triangulares e drenagem em gargalo, assim atestando a retomada erosiva pós-deformação, provavelmente, na vigência do próprio quaternário.

As encostas estruturadas em avental de colúvio são vertentes suavizadas por uma rampa de colúvio geralmente situada em zonas de meia encosta, onde sua declividade permite a acumulação de um maior aporte de sedimentos remobilizados.

Os pedimentos com cobertura detrítica são áreas suavemente planas que são receptoras de sedimentos carreados das porções mais elevadas do relevo. Esse material possui o aspecto de um leque e é frequentemente remobilizado para as planícies. Por esse motivo, restam sobre esta unidade extensas superfícies constituídas por pavimentos detríticos, típicos de zonas semiáridas.

Os maciços residuais em crista correspondem a antigas superfícies ou pediplanos, geralmente relacionados a rochas de litologia mais resistente. Seu aspecto em crista segue a tendência geral das direções preferenciais das linhas de falha.

Na bacia estudada também foram encontradas elevações residuais provenientes do processo de pediplanação, as quais apresentam uma morfologia bastante

peculiar e marcante, estando isoladas das demais porções circunvizinhas do terreno, neste caso, os inselbergs.



Figura 7 – Encosta de recuo de falha localizada na porção nordeste da bacia, entre os municípios de Taperoá e Cacimbas.

Nas planícies aluviais encontram-se vales encaixados, compostas por grandes quantidades de areia grossa e grânulos. Nesta unidade foram identificados terraços erosivos que testemunham antigos níveis do leito, onde também são encontrados fortes sinais de impactos, dentre eles, salinização e erosão (Figura 8).

Ressalta-se que, ambas as superfícies integram a unidade morfoestrutural Planalto da Borborema, tendo o seu desenvolvimento ocorrido a partir de controles tectônicos erosivos e litológicos ao longo de todo o Cenozóico.

Do ponto de vista morfoestrutural, a área tem suas formas hierarquizadas a partir da distribuição litológica e das estruturas deformacionais a elas associadas. Em linhas gerais, as áreas deprimidas pedimentadas associam-se à ocorrência dos complexos metamórficos; as cimeiras planálticas, no entanto, são sustentadas por suítes intrusivas neoproterozóicas de diversas afinidades químicas.

Em uma escala de detalhe, os maciços residuais do tipo inselberg aparecem comumente estruturados em metagranitóides cuja meteorização resulta em relevos em forma de cristas. Estas por sua vez, são nitidamente controladas pelas zonas de cisalhamento mesoproterozóicas às quais esses litotipos encontram-se confinados.

O quadro apresentado sugere um relevo amplamente influenciado por fatores de ordem estrutural, em contrapartida à visão eminentemente morfoclimática. É sabido que o relevo, uma vez que constitui o produto do balanço entre os agentes internos e externos, deve ser analisado levando em todos os fatores que agem em sua modelagem, inclusive o fator antrópico.



Figura 8 – Ocorrência de processo erosivo em terraço fluvial nas proximidades da entrada do município de Taperoá (PB).

O mapa de declividade expõe claramente as características morfológicas da região, com predominância de relevos suave ondulado (3-8%) a moderadamente ondulados (8-13%) nas porções pedimentares e ondulado (13-20%) a escarpado (>45%) nas encostas e rampas de colúvio.

As características de declividade apresentadas elevam a suscetibilidade do terreno à erosão, juntamente com as chuvas concentradas e a cobertura vegetal esparsa. Por outro lado, os solos rasos e pedregosos, típicos do semiárido nordestino, apresenta-se como fator limitante a ocorrência de deslizamentos e movimentos de massa, havendo predominância do fluxo em lençol.

No entanto, nas zonas de colúvio, a disponibilidade de certo estoque de material remobilizado atrelada às condições de ocupação, marcada pelo uso intensivo do solo, eleva consideravelmente os níveis de erosão, culminando na colmatação dos vales e assoreamento de rios e reservatórios.

Relacionado com a ocupação do solo, observa-se no mapa de cobertura do solo que as áreas com ocorrência de solo exposto estão associadas as margens fluviais onde, naturalmente, a fertilidade potencial do solo proporciona condições para a expansão das atividades agrícolas (Figura 9).

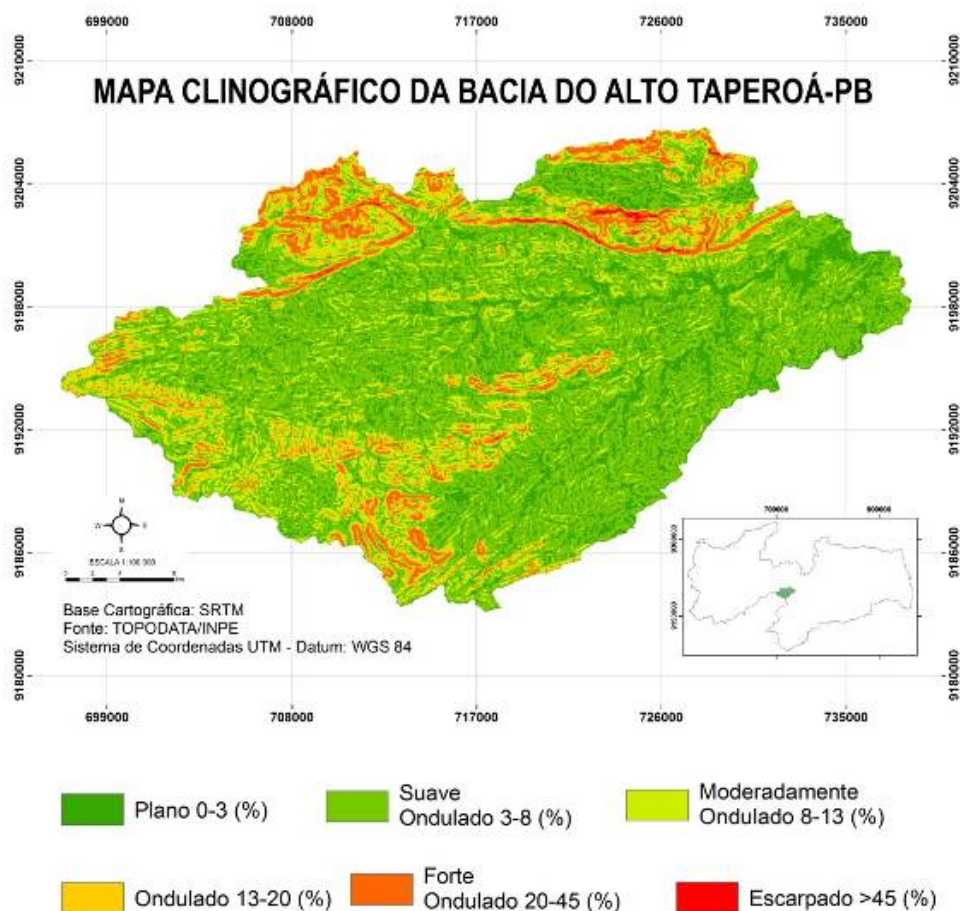


Figura 9 – Mapa de declividade da bacia do alto curso do rio Taperoá (PB).

Esta distribuição obedece sistematicamente às unidades do relevo, onde as principais culturas se distribuem regra geral, nas várzeas onde são encontradas culturas comerciais e de subsistência como o feijão, milho, palma e algodão, e nas áreas pedimentares onde ocorre o capim penhasco, jurema, catingueira e marmeleira, onde são encontrados fortes sinais de degradação da paisagem.

A Caatinga mais preservada distribui-se ao longo das porções mais elevadas do relevo, a aproximadamente 550 m de altitude, revelando encostas bastante preservadas do ponto de vista do equilíbrio morfodinâmico.

Conforme observou-se no trabalho de campo, o processo de degradação da paisagem tem se estendido amplamente nas porções das margens fluviais, com fortes sinais de erosão e salinização.

Uma das causas da erosão nas planícies fluviais não se encontra diretamente relacionada às atividades que se desenvolvem in situ, mas, a expansão da agropecuária para as porções pedimentares, onde o desgaste do solo provoca a erosão e por sua vez a remobilização de material para as calhas fluviais, passando a alterar o nível de base dos rios que passam a erodir suas margens. Portanto, este tem se constituído como um dos principais problemas incidentes nesta área.

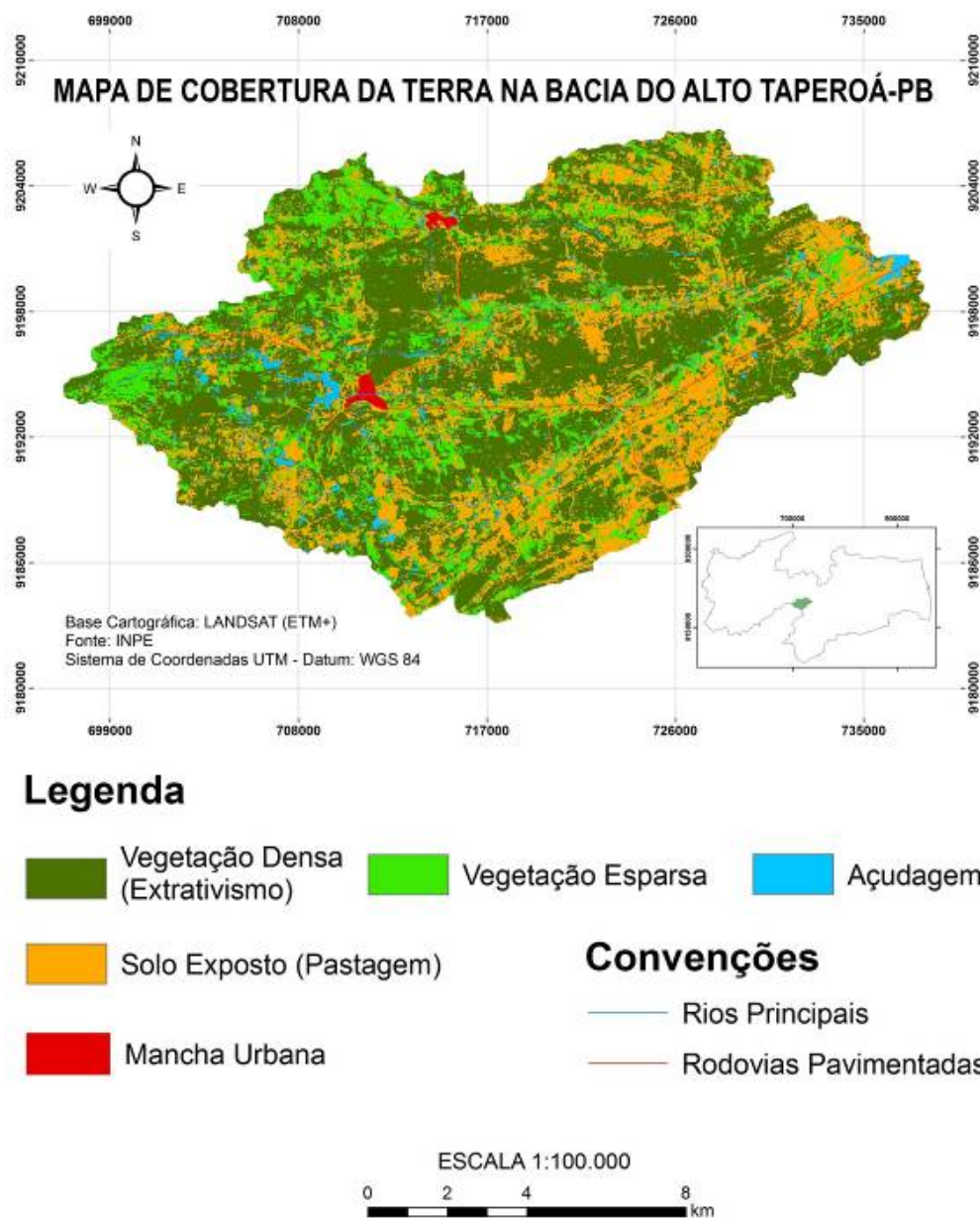
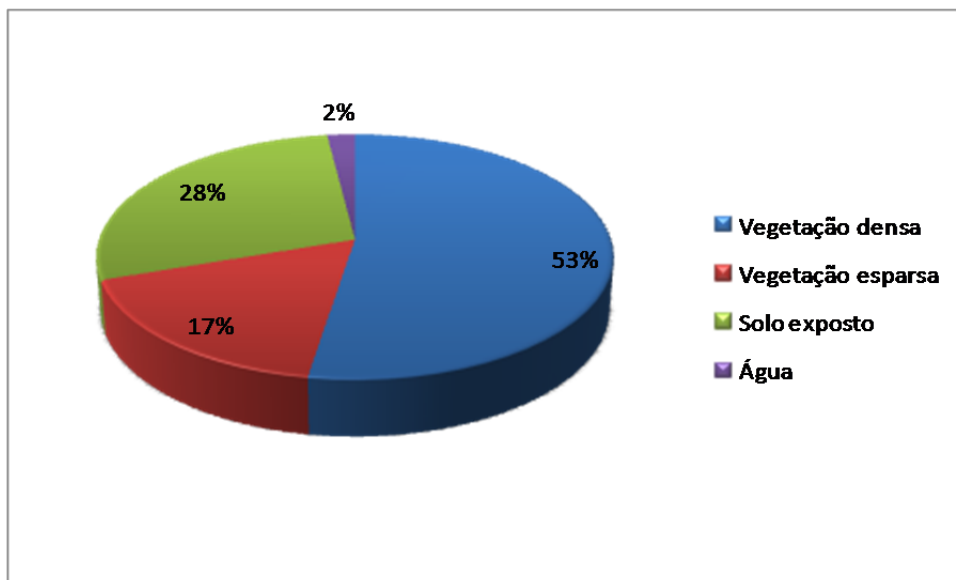


Figura 10 – Mapa de cobertura da terra no município da bacia do alto curso do rio Taperoá (PB).

De acordo com o mapa de cobertura do solo, mais de 50% da área de estudo encontra-se recoberta por vegetação densa, enquanto 17% apresentam um tipo de cobertura vegetal mais esparsa e 28% de solo exposto. De modo geral, observa-se que a grande parcela de vegetação esparsa e de solo exposto ocupam as várzeas e algumas porções do pedimento, onde encontram-se grande parcela do processo de degradação da paisagem. Doutro modo, a grande parcela preservada da vegetação ou vegetação densa, encontra-se relacionada às áreas de encostas preservadas e topos de baixas elevações (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Percentual de abrangência de cada classe do mapa de cobertura da terra.



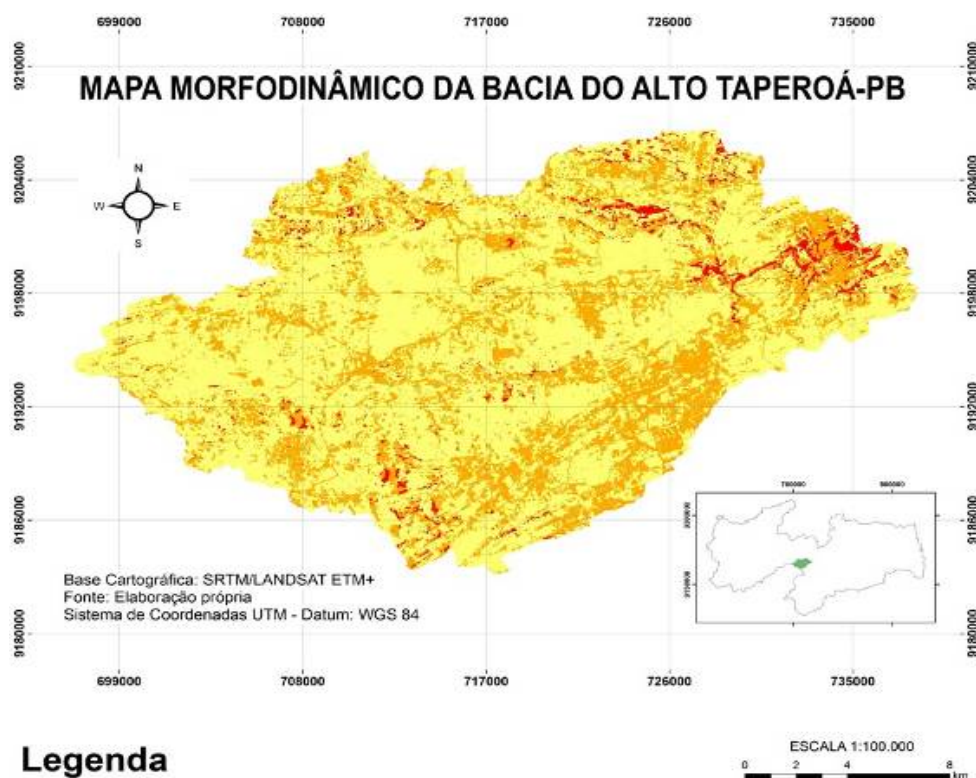
A princípio, optou-se pelo cruzamento entre as informações de declividade e geomorfologia juntamente com a cobertura da terra, gerando um produto que represente a morfodinâmica na bacia do alto curso do rio Taperoá-PB.

Conforme o mapa morfodinâmico, observa-se que as áreas avermelhadas, representando a classe fortemente instável, encontra-se em sua maioria relacionada às regiões de cimeira, onde a exposição da rocha nua com forte declividade não permite o desenvolvimento da pedogênese, além da vasta ocorrência nas regiões do plano aluvial onde as atividades agrícolas tradicionais têm gerado uma expressiva degradação da paisagem. Ocorrências esparsas de forte instabilidade também acompanham as regiões pedimentares e as encostas estruturadas em avental de colúvio, conforme verifica-se no setor sudoeste da bacia (Figura).

De modo geral, notou-se que a distribuição das atividades econômicas segue a tendência costumeira de ocupar determinadas parcelas do relevo, neste caso as margens fluviais. Esta questão revela uma ampla relação entre a própria tectônica da bacia e a instalação das atividades econômicas. Observa-se no mapa de cobertura do solo que a linhas de falhas condicionam exatamente a disposição geral das áreas de solo exposto, o que revela uma ampla relação entre tectônica, cursos fluviais e uso do solo. Essa distribuição gerou em média 5% de áreas vulneráveis a erosão, conforme se verifica no mapa de instabilidade morfodinâmica.

Uma vez que, sendo classificada como uma porção fortemente instável torna-se bastante difícil a recuperação destas áreas, tendo em vista que, a formação de áreas desta natureza, sob o ponto de vista morfodinâmico, pressupõe a ultrapassagem do limiar de recuperação.

Do mesmo modo, os 30% de áreas intermediárias incutem a necessidade urgente de medidas preventivas e corretivas relacionadas ao desenvolvimento das atividades econômicas típicas da região, a exemplo da caprinocultura extensiva e da agricultura baseada em técnicas tradicionais. A partir de então, subte-se que a grande parcela estável não pode motivar a um quadro de despreocupação, tendo em vista que o atual avanço desordenado das atividades agrícolas, sem que haja uma gestão ambiental adequada, pode provocar o aumento das parcelas degradadas a longo prazo. Do mesmo modo, também se entende que a parcela de áreas intergrades representa uma tendência potencial de degradação para esta bacia (Gráfico 1).

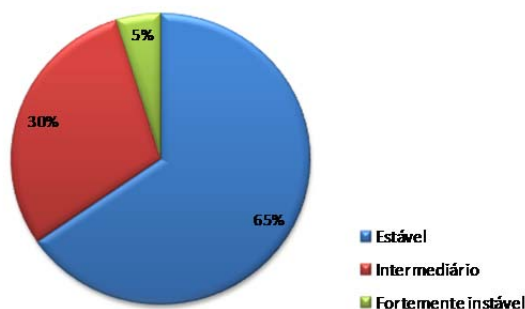


Legenda

Estável Intergrade Fortemente instável

Figura 11 – Mapa morfodinâmico da bacia do alto curso do Rio Taperoá (PB).

Gráfico 1 – Representação em percentual das classes do mapa morfodinâmico da bacia do alto Taperoá-PB.



Mesmo diante deste quadro, em geral, observou-se que a área de estudo encontra-se relativamente preservada sob o ponto de vista da ocorrência em massa de áreas instáveis, contendo feições erosivas do tipo ravinas ou voçorocas. Subtende-se que este é um quadro típico das regiões semiáridas, onde o fluxo laminar é substancialmente predominante. No entanto, a medição destes índices demanda uma escala de tempo maior. Como dito anteriormente, isto não revela uma situação que favoreça a desatenção, uma vez que o diagnóstico ambiental precoce se revela como um poderoso instrumento para o planejamento ambiental, capaz de subsidiar os órgãos públicos competentes pela gestão destas áreas.

Sabe-se, portanto, que embora 65% da bacia esteja relativamente preservada sob o ponto de vista morfodinâmico, a existência de outros 35% de áreas divididas entre fortemente instáveis e intergrades pressupõem áreas com risco de erosão, tendo como grande consequência o desgaste do solo e o aumento da produção de sedimentos, à medida que o material remobilizado as encostas gera inevitavelmente a colmatação dos vales fluviais. Além disso, o aparecimento de feições erosivas lineares surge como consequência da compactação do solo em virtude da pecuária extensiva, ou tão somente atrelada as margens dos canais fluviais, onde foram encontrados sinais de erosão linear.

CONCLUSÕES

Uma tentativa de mapear áreas degradadas com risco de erosão se desenvolveu nesta pesquisa. Embora não se esgote todas as análises suficientes para o reconhecimento minucioso das causas deste processo, entende-se que a utilização de SIG como ferramenta para esta análise necessita de um maior grau de atenção e esforço em torno de sua aplicação por parte dos pesquisadores geógrafos. Por outro lado, subtende-se que a pesquisa de campo não é dispensada em nenhuma hipótese.

Primeiramente, observa-se que a bacia do alto Taperoá-PB, até mesmo por seu próprio nome, localiza-se em uma das áreas mais elevadas do Planalto da Borborema, sendo esta importante morfoestrutura que cruza grande parte do nordeste brasileiro. A existência de amplas evidências de processos tectônicos, capazes de gerar extensas zonas falhadas é uma característica intrínseca desta bacia, que não se desliga jamais dos fatores de ordem morfodinâmica. Sabe-se, portanto, que grande parte das áreas fortemente instáveis desta bacia encontram-se atreladas a estes ramos com fortes sinais de tectônica ressurgente, capazes de gerar amplas zonas de altitudes através de falhas normais.

Sabe-se também que a dinâmica de ocupação do solo nesta bacia segue regra geral, as áreas favoráveis do ponto de vista geomorfológico, evidentemente que esta é uma tendência que ocorre em diversos pontos da superfície terrestre. Ao longo de toda a história da humanidade, as grandes civilizações sempre se desenvolveram às margens de importantes rios. Na bacia do alto Taperoá ocorre uma tendência importante sobre este ponto de vista. A ocupação das áreas férteis correspondentes aos leitos fluviais, amplamente representada como setores instáveis através do mapa morfodinâmico, já se encontram sobre forte nível de degradação, dando vez para a ocupação de outras parcelas do relevo.

Este processo tem possivelmente provocado a remobilização de material sedimentar para as calhas fluviais, alterando significativamente o nível de base das drenagens na área em questão. No entanto, foge do escopo desta pesquisa, a tentativa de medição do nível de sedimentação atual nos reservatórios naturais e artificiais desta bacia.

Portanto, levando em consideração este quadro, buscou-se representar através de um mapa morfodinâmico as áreas fortemente instáveis, intergrades e estáveis ao longo da bacia do alto Taperoá-PB. Através deste produto e das observações realizadas em campo, notou-se que a distribuição das áreas instáveis (representando o total de 5%), encontram-se fortemente atreladas às porções do plano aluvial, com ocorrências esparsas nas áreas de cimeira evidentemente, e no pedimento rochoso, geralmente nas áreas de sopé.

As áreas intergrades encontram-se em sua grande maioria relacionadas às zonas de solo exposto, pois provavelmente ainda não ultrapassaram o limiar de recuperação. Sabe-se então que esta é uma situação de alerta, ao passo que, a insistência no uso desordenado destas áreas pode tornar estas áreas fortemente instáveis, sabendo que as áreas intermediárias simbolizam uma tendência geral de recuperação ou degradação.

Por fim, percebe-se através do mapa morfodinâmico, que mais de 50% da bacia encontra-se em estado de estabilidade. Através das observações em campo, foi possível notar que as grandes zonas fitoestáveis encontram-se sobre as encostas conservadas do ponto de vista ecodinâmico, pois no período úmido a vegetação se impõe na paisagem da bacia.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, H. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. **Anais...** SBG, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRAPA. **As paisagens e o processo de degradação do semiárido nordestino**. Rio de Janeiro, S/D.

BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. Catálogo de Imagens. São José dos Campos: INPE. Imagem de satélite. Landsat: PB. Ago.2006. Disponível em: <www.dgi.inpe.br/CDSR>. Acesso em 13jul2011.

BRASIL. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos: INPE. Imagem de radar. SRTM: PB. 2001. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/topodata>. Acesso em 13jul2001.

CAMARA, G. **Geoprocessamento: teorias e aplicações**. INPE, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livro>. Acesso em: 25 jan 2011.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

CARVALHO, M. G. D. F. **Estado da Paraíba: classificação geomorfológica**. João Pessoa: Editora da UFPB, 1982.

CAVALCANTE, F. S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no Estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. n. 8, p. 1-10, 2005.

CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 2001. 386f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2001.

FURRIER, M.; ARAÚJO, M.E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v.6, n.2, p.61-70, 2006.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Método em Questão**, São Paulo, n. 1, 1971.

LEME, S. M. **Relevo, processos geocológicos, processos sócio-reprodutores e a fragilidade ambiental na bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP**. 2007. 196f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007.

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NIMER, E. Subsídio ao plano de ação mundial para combater a desertificação: programa das Nações Unidas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n. 3, v. 42, p. 612-37, 1980.

PAIVA, L. A. N.; SILVA, F. M.; NASCIMENTO, P. S. R. Uso de imagens MODIS e TM para a detecção de áreas degradadas na sub-bacia do Taperoá-PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009.

PARAÍBA. Secretaria do Meio Ambiente. AESA. **Anuário Estatístico da Paraíba**. Campina Grande: 2007.

PASSOS, P. F.; SANTANA, N. M. G.; TEIXEIRA, J. L.; PAZ, D. M.; MENEZES, J. B. Uso de técnicas de Geoprocessamento para estimativa de áreas susceptíveis à erosão na bacia hidrográfica do rio Mamanguape-PB. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.

SOBRINHO, M. Q. S.; COSTA FILHO, J. F.; SÁ, T. F. F.; COSTA, T. S. A. Variabilidade temporal da vegetação na bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB, usando técnicas de sensoriamento remoto. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CIENCIAS GEODESICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., 2010. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano, do silêncio do lugar à desertificação**. 2008. 198p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

SOUZA, B. I.; SILANS, A. M. B. P.; SANTOS, J. B. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 292-298, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

Contato com o autor: srovital@gmail.com

Recebido em: 16/07/2014

Aprovado em: 09/01/2015