

Análise de riscos à perda de solo para diferentes cenários de uso e ocupação na bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas

Ivanhoé Soares Bezerra, Tarciso Cabral da Silva

Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia, João Pessoa, PB

ivanhoe.bezerra@gmail.com; tarcisocabral@gmail.com

Recebido: 16/02/14 - revisado: 27/03/14 - aceito: 12/05/14

RESUMO

As bacias hidrográficas costeiras do nordeste do Brasil têm tido um processo intensivo de ocupação nas últimas décadas. Sendo assim, o planejamento do uso do solo deve ser considerado como uma atividade essencial a ser priorizada. Este trabalho trata da análise de risco à perda de solo, que é interpretada como um estudo-chave para a adequada ocupação de bacias hidrográficas. O objetivo foi avaliar o risco à perda de solo, com base nos cenários de uso atual e potencial, na bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, na região litorânea sul do estado da Paraíba. A metodologia para a realização do trabalho envolveu a avaliação à propensão ao risco à perda de solo, considerando o uso potencial das terras das sub-bacias dos rios, definido por meio da distribuição do coeficiente de rugosidade. Foram construídos mapas de temas influentes, além dos cenários de ocupação da bacia, aos quais se associaram valores em uma escala de propensão à perda de solo para definição do risco e indicação dos usos mais apropriados. A comparação dos cenários de uso do solo atual e potencial permitiu concluir que a forma atual de ocupação está mais propensa ao risco em 67,24% da área da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas.

Palavras Chave: *Bacia hidrográfica. Ecodinâmica. Risco à perda de solo. Uso e ocupação das terras.*

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o processo de ocupação das bacias hidrográficas costeiras do nordeste brasileiro tem sido intenso. Isso indica que o planejamento dessa ocupação deve ser encarado como uma atividade imprescindível, haja vista os determinantes ambientais e sua compatibilização com os diversos usos do solo, notadamente naquelas bacias hidrográficas que contribuem para a formação de reservatórios fluviais destinados a sistemas de abastecimento de água.

Por outro lado, o planejamento ambiental tem se tornado cada vez mais fortalecido dentre as políticas governamentais, principalmente no que tange aos recursos hídricos. Cita-se como exemplo a Política Nacional dos Recursos Hídricos do Brasil (BRASIL, 1997), que em seu Artigo 5º define, como um dos seus instrumentos, os Planos de Recursos Hídricos, orientados para unidades mínimas de gestão, as bacias hidrográficas. Outro exemplo a ser ressaltado é a adoção, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), do instrumento da Avaliação Ambiental Integrada (AAI) de Bacia Hidrográfica como estratégia para a redução dos conflitos nos licenciamentos ambientais (CABRAL CRUZ et al., 2013).

Neste sentido, o estudo de risco à perda de solo, é um dos elementos que podem fundamentar o planejamento de bacias hidrográficas, definir metas, objetivos e ações a serem desenvolvidas nos seus estudos e planos ambientais e de recursos hídricos.

Guerra et al. (2007) destacam o fato da bacia hidrográfica ser a unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre

os diversos elementos da paisagem e processos envolvidos, logo passando a representar a unidade ideal de planejamento de uso das terras. Assim, Rahman et al. (2009) consideram que o mapeamento dos riscos à perda de solo pode ser efetivamente utilizado para a formulação de estratégias de planejamento e gerenciamento para a proteção e conservação do solo na bacia hidrográfica. Evidentemente a proteção contra a erosão do solo constitui ação primordial no processo de conservação dos recursos hídricos superficiais. Esses riscos só podem ser identificados a partir do conhecimento de diversos temas influentes e envolve a caracterização física do solo porque ela indica pontos instáveis ou estáveis das terras das bacias hidrográficas.

A perda do solo através dos processos erosivos vem sendo um dos grandes problemas identificados em diversas partes da superfície terrestre. De acordo com D'Agostini (1999), a percepção corrente dos processos erosivos se relaciona com seu aspecto físico degradador e há a necessidade de migração para o entendimento de uma ameaça à sustentabilidade das relações homem-meio, com modelagens não relacionadas à predição dos seus resultados, mas do equacionamento do problema e como esse pode interferir na natureza comportamental, de prioridades, de valores e critérios.

O risco é a probabilidade de perdas futuras e se constitui na interação entre dois fatores básicos, a ameaça e a vulnerabilidade (ARBOLEDA, 2008; UNISDR, 2009). Ao longo dos anos diversas metodologias foram sendo desenvolvidas com o intuito de mensurar os níveis de risco aos quais se encontram submetidas determinadas áreas. Algumas delas se pautam na utilização de modelos matemáticos e simulação (ROSA et al., 2000; BESKOW et al., 2009), outras em sistemas de informações

geográficas e técnicas de sobreposição de mapas (KHEIR et al. 2008; WANG et al., 2008;).

O estudo do risco à perda do solo, conforme o modelo proposto por Crepani et al. (2001) visa mensurar em que grau os processos naturais de perda de solo, ameaçam a relação homem-meio, servindo assim de suporte à busca pelo equacionamento do problema. Assim, a metodologia para a avaliação da vulnerabilidade à perda de solo, proposta por esses autores, considera os fatores ambientais e antrópicos. É pautada nos conceitos da ecodinâmica associada à utilização de imagens de satélite, permitindo, dessa forma, uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem.

Deve ser observado que, o método de exame pelo qual se inferem os efeitos relativos às causas, envolvendo os conceitos de risco e vulnerabilidade, convencionou-se tratar de uma metodologia denominada de análise de risco. Para a obtenção do Risco (Rs) utiliza-se, neste trabalho, um modelo empírico, aplicado individualmente a cada unidade territorial básica, que considera os aspectos: Geologia (G), Geomorfologia (R), Solos (S), Vegetação (Vg) e Clima (C), aos quais se associam valores. Entre os usuários anteriores desse modelo, Ribeiro & Campos (2007), identificaram que 95% da área total da região do Alto Rio Pardo, em Pardinho, São Paulo apresentam grau de risco classificado como medianamente a moderadamente estável.

Por outro lado, Rocha et al. (2009), consideram que o coeficiente de rugosidade (CR) é um parâmetro que permite a definição do uso potencial da terra, com relação às suas características, para a agricultura, pecuária ou reflorestamento. Para seu cálculo, considera como parâmetros básicos a densidade de drenagem da bacia hidrográfica (definida como a relação entre o comprimento dos rios que a compõe e sua área) e a sua declividade média. Portanto, o coeficiente de rugosidade se apresenta como um elemento de utilidade para o planejamento e análise do grau de deterioração ou degradação em bacias hidrográficas,

conforme observado por Baracuh et al. (2003); Pissarra et al. (2004), Sampaio et. al. (2010) e Silva et al. (2010).

Segundo Oliveira e Rodrigues (2009), os cenários pretendidos relativos às definições para o uso potencial da terra, indicam possibilidades de utilização, atendendo diferentes formas de uso, configurando-se num importante instrumento de apoio à tomada de decisões, visando o estabelecimento de políticas adequadas para o uso do solo na bacia hidrográfica.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar o risco à perda de solo na bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, no litoral sul do estado da Paraíba, com base nos cenários de seu uso atual e potencial. Pretende-se, dessa forma, orientar os tomadores de decisão sobre o planejamento do espaço geográfico da bacia hidrográfica visando a recomendação da adoção das melhores práticas de conservação do solo.

A comparação dos cenários atual e potencial de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica permitiu concluir que a forma atual de ocupação gera maiores propensões ao risco à perda do solo em 67,24% de sua área.

LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas possui área de 462,36km² e se localiza entre os paralelos 7°32'S e 7°18'S e os meridianos 36°08'O e 34°48'O, na interface entre a Zona da Mata paraibana e pernambucana, compreendendo parte dos municípios de Pedras de Fogo, Alhandra, Pitimbú e Caaporã no estado da Paraíba, com uma área de 375,21km², e os municípios de Itambé e Goiana no estado de Pernambuco, com uma área de 87,15km² (Figura 1). É uma área sedimentar na área de abrangência do grupo Barreiras inserida nas unidades da Planície Costeira e dos Tabuleiros Costeiros, caracterizados



Figura 1 - Localização da bacia do rio Abiaí-Papocas

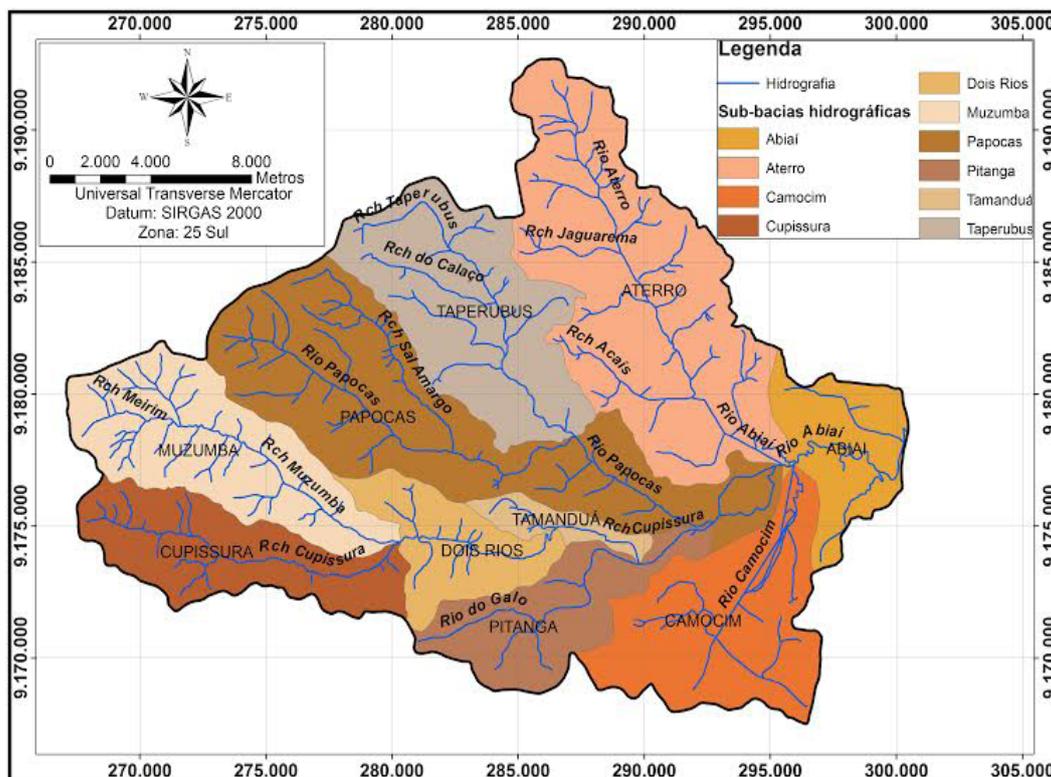


Figura 2 - Delimitação das sub-bacias

pelas baixas altitudes. A ocupação do solo se caracteriza pelo uso intensivo da agricultura, seguido de áreas de expansão urbana e industrial, mas ainda com porções residuais de Mata Atlântica, com destaque para grande área ocupada com vegetação de mangue. As precipitações anuais têm média de 1.700 mm (BEZERRA, 2013), sendo o clima predominante na região o tropical úmido.

A bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas é considerada como de grande importância, haja vista a existência de mananciais, que atenderão, em curto prazo, à ampliação do abastecimento da região metropolitana da capital do estado da Paraíba, João Pessoa, com vazão de adução estimada em 1.200 L.s⁻¹.

Para a análise mostrada nesse trabalho, a bacia hidrográfica foi subdividida em 10 sub-bacias (Figura 2). A sub-bacia do rio Papocas é a de maior expressividade no tocante ao comprimento de rios, seguida pela sub-bacia do rio Aterro, porém, em termos de área, essa situação se inverte. A sub-bacia menos representativa relativamente ao comprimento dos rios é a do Cupissura que corresponde a 0,68%, enquanto que a Dois Rios é a menos representativa em área, correspondendo a 5,12% da área da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas.

Os rios principais são o Abiaí e o Papocas que é afluente ao primeiro no seu baixo curso. O ponto mais elevado do rio Abiaí se encontra numa altitude de 50m, desembocando no mar, enquanto que o rio Papocas nasce em altitudes próximas a 60m.

METODOLOGIA

A análise de cenários voltados à identificação das pos-

sibilidades de perda de solo por processos erosivos comparou duas situações: o uso e ocupação atual e o uso planejado com base no Uso Potencial da Terra nas diversas sub-bacias do rio Abiaí-Papocas. A Figura 3 apresenta o fluxograma adotado para execução da análise, sendo esta dividida em três etapas. A primeira consiste no diagnóstico realizado a partir de bases cartográficas e imagem de satélite. A segunda na aplicação do método desenvolvido por Crepani et al. (2001) e a terceira no cruzamento de cenários para definição do cenário ideal e realização dos prognósticos.

Obtenção, homogeneização e tratamento dos dados utilizados

A análise do risco à perda de solo tem como subsídios cinco temáticas básicas: geologia, geomorfologia, solos, uso e ocupação (atual e planejado) e climatologia.

Os dados básicos para elaboração das diversas temáticas se encontravam em meio analógico e em meio digital tipo CAD – *Computer Aided Design*, e em formato *shapefile*. As escalas desses produtos variavam de 1:25.000 a 1:100.000. Todos os dados foram convertidos para formato *shapefile* e reprojeto para o datum horizontal SIRGAS 2000, sendo definido como escala do mapeamento a 1:100.000. Todos os mapas foram elaborados usando um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A partir dos usos do solo predefinidos e predominantes na bacia hidrográfica, foram realizadas visitas ao campo com o auxílio de um coletor de dados GPS (Sistema de Posicionamento Global) para a validação dos resultados obtidos a partir da interpretação da imagem de satélite.

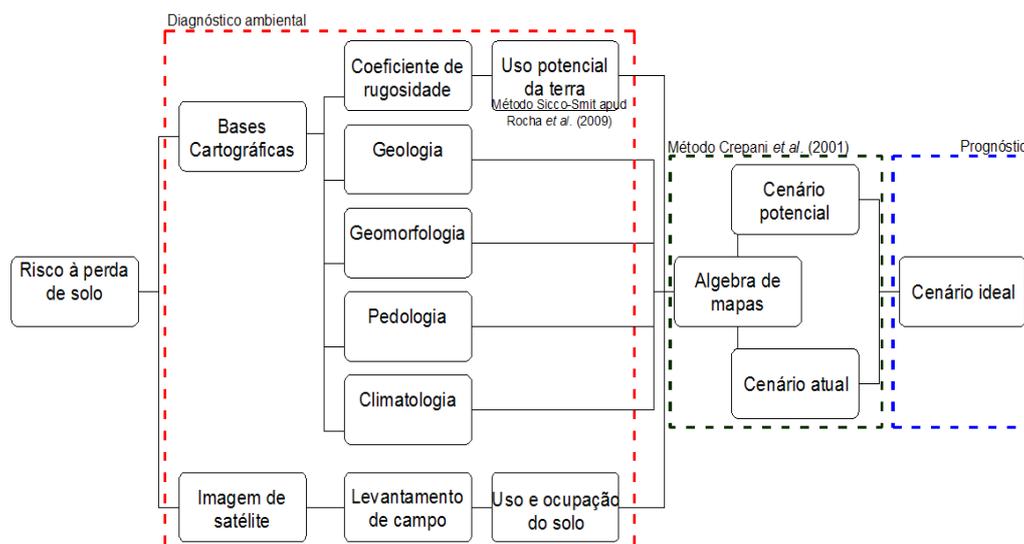


Figura 3 - Fluxograma para análise do risco à perda de solo

Caracterização Física: Coeficiente de Rugosidade e o Uso Potencial da Terra

A análise quanto ao uso potencial da terra foi feita à luz do conceito do coeficiente de rugosidade, definido por Sicco-Smitt (1978). Para o seu cálculo, para sub-bacias, entende-se como componentes independentes a densidade de drenagem da sub-bacia e a sua declividade média, conforme as Equações 1, 2 e 3:

$$CR = D \times H \quad (1)$$

$$D = Cc / A \quad (2)$$

$$H = ((\sum L.Cn \times \Delta b) / A) \quad (3)$$

onde:

CR - coeficiente de rugosidade (km⁻¹)

D - densidade de drenagem da sub-bacia (km.km⁻²)

H - declividade (adimensional)

Cc - comprimento dos cursos d'água da sub-bacia (km)

A - área da sub-bacia (km²)

$\sum L.Cn$ - somatório dos comprimentos das curvas nível mapeadas na sub-bacia (m)

Δh - equidistância das curvas de nível (m) ($\Delta h = 10m$).

Sicco-Smit (1978) consideram que o coeficiente de rugosidade é um parâmetro que permite a definição do uso potencial da terra com relação às suas características para a agricultura, pecuária ou florestamento. O coeficiente de rugosidade indica assim as áreas com maior risco à erosão, sendo com isso possível a classificação dos potenciais usos em quatro classes:

Classe A: solos apropriados para agricultura;

Classe B: solos apropriados para pecuária;

Classe C: solos apropriados para pecuária/florestamento;

Classe D: solos apropriados para florestamento;

Para a obtenção das classes de uso potencial A, B, C e

D, segundo Sicco-Smit (1978), toma-se o cálculo da amplitude do CR, que se trata da diferença entre o maior e menor valor obtido desse parâmetro para as diversas sub-bacias. O valor da amplitude é dividido por quatro, determinando assim o intervalo correspondente a cada classe. Os valores do CR de cada sub-bacia enquadram-se em uma das quatro classes, onde:

Os menores valores do CR pertencem à Classe A;

Os maiores valores do CR pertencem à Classe D;

Os valores intermediários do CR, respeitando os intervalos definidos com base na amplitude, pertencem à Classe B e à Classe C.

Avaliação do Risco à Perda de Solo

A análise do risco se pauta no conceito de Unidade de Paisagem Natural que, conforme Crepani et al. (2001), se trata de unidade territorial básica, a qual agrupa um determinado espaço ambiental com suas características físicas, os eventos e interações que nesse ocorrem. É essencial em seu estudo o conhecimento da gênese, constituição física, forma e estágio de evolução e cobertura vegetal. O resultado das diversas interações então é representado em forma de imagens.

O cálculo do risco para os cenários atual e potencial, se baseia na metodologia proposta por Crepani et al. (2001), onde se aplica a Equação 4 a partir do processo de álgebra de mapas, sendo os resultados comparados à escala de propensão associada ao risco à perda de solo conforme a Tabela 1. A escala de propensão ao risco à perda de solo mostrada na Tabela 1 varia conforme a categoria morfodinâmica, onde os valores mais próximos a 1,0 relacionam-se com maior estabilidade, valores em torno de 2,0, estabilidade intermediária e valores próximos a 3,0 são os mais instáveis.

$$R_s = (G + R + S + V_g + C) / 5 \quad (4)$$

Tabela 1 - Escala de propensão ao risco à perda de solo

| Unidade de Paisagem | Média | Propensão ao risco | Grau de Saturação | | | |
|---------------------|-------|-------------------------------|-------------------|-------|------|-------|
| | | | Vermelho | Verde | Azul | Cores |
| U1 | 3,0 | Instável | 255 | 0 | 0 | |
| U2 | 2,9 | | 255 | 51 | 0 | |
| U3 | 2,8 | | 255 | 102 | 0 | |
| U4 | 2,7 | | 255 | 153 | 0 | |
| U5 | 2,6 | Moderadamente Instável | 255 | 204 | 0 | |
| U6 | 2,5 | | 255 | 255 | 0 | |
| U7 | 2,4 | | 204 | 255 | 0 | |
| U8 | 2,3 | | 153 | 255 | 0 | |
| U9 | 2,2 | Medianamente Estável/Instável | 102 | 255 | 0 | |
| U10 | 2,1 | | 51 | 255 | 0 | |
| U11 | 2,0 | | 0 | 255 | 0 | |
| U12 | 1,9 | | 0 | 255 | 51 | |
| U13 | 1,8 | Moderadamente Estável | 0 | 255 | 102 | |
| U14 | 1,7 | | 0 | 255 | 153 | |
| U15 | 1,6 | | 0 | 255 | 204 | |
| U16 | 1,5 | | 0 | 255 | 255 | |
| U17 | 1,4 | Estável | 0 | 204 | 255 | |
| U18 | 1,3 | | 0 | 153 | 255 | |
| U19 | 1,2 | | 0 | 102 | 255 | |
| U20 | 1,1 | | 0 | 51 | 255 | |
| U21 | 1,0 | | 0 | 0 | 255 | |

Fonte: adaptado de Crepani et al. (2001)

onde:

- G - valor do risco ao tema geologia
- R - valor do risco ao tema geomorfologia
- S - valor do risco ao tema solos
- Vg - valor do risco ao tema uso e ocupação do solo (relativamente à vegetação)
- C - valor do risco ao tema clima.

- $D_{RS} < 0$, as propensões ao risco do cenário potencial são maiores que os do cenário atual, logo esse é mais propenso às perdas de solo.

Essas situações auxiliam na definição de qual cenário deve ser adotado para determinada porção do espaço de tal forma que a propensão às perdas naturais de solo seja minimizada.

Comparação de Cenários

Segundo Bezerra (2013) a Equação 5 relaciona os cenários atual e potencial e identifica em que porções do espaço ocorrem as menores propensões ao risco e qual cenário é responsável por esse:

$$D_{RS} = RS_{UA} - RS_{UP} \quad (5)$$

onde:

- D_{RS} - diferença entre os cenários atual e potencial quanto ao risco à perda de solo
- RS_{UA} - risco à perda de solo do cenário atual
- RS_{UP} - risco à perda de solo do cenário potencial.

Os resultados possíveis para Equação 5 permitem identificar três situações:

- $D_{RS} = 0$, as propensões ao risco dos cenários atual e potencial são idênticas.
- $D_{RS} > 0$, as propensões ao risco do cenário atual são maiores que os do cenário potencial, logo esse é mais propenso às perdas de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Risco à perda de solo para os temas básicos

Em termos de risco a perda de solo para o tema geologia (Figura 4) a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas apresenta predominantemente níveis moderados de instabilidade que se correlacionam com as formações do período terciário. A estabilidade ocorre apenas nas formações do período pré-cambriano, sem representatividade, permitindo considerar que a formação geológica confere a esta um caráter de instabilidade à perda do solo com predominância da morfogênese.

O risco referente ao tema geomorfologia mostra a tendência à estabilidade (Figura 5), as estruturas geomorfológicas caracterizadas por relevo plano, suave ondulados e de interflúvio plano tendem a apresentar propensão a níveis estáveis e moderadamente estáveis, enquanto que relevos forte ondulado e de interflúvio forte ondulado tendem a propensões medianas, com equilíbrio entre a instabilidade e a estabilidade relativamente à perda de solo.

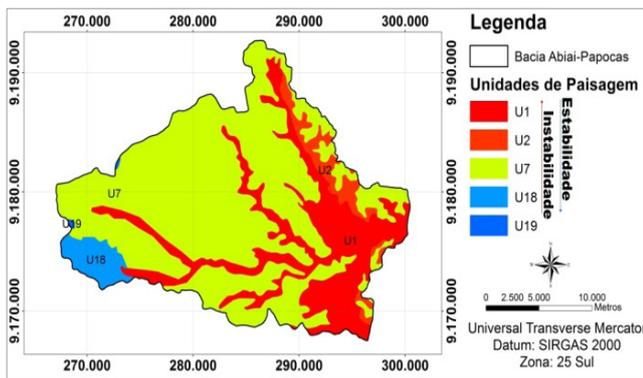


Figura 4 - Risco à perda de solo para o tema geologia

Os solos ocorrentes conferem em maior proporção o nível de risco medianamente estável/ instável (Argissolo Vermelho Amarelo), ou seja, existe um equilíbrio entre os processos de formação do solo e erosivos. Em menores áreas (Espodosolos, Organossolos, Gleissolos e Neossolos Flúvicos) os processos erosivos predominam. Espacialmente referem-se às porções sudeste e noroeste, onde ocorre instabilidade à perda de solo; e em porções muito pequenas de sua superfície (Latossolo), localizados na porção central, onde os solos são mais envelhecidos e desenvolvidos, ocorre a estabilidade (Figura 6)

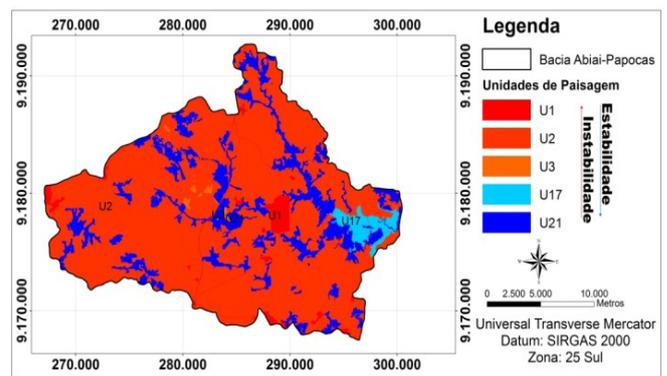


Figura 7 - Risco à perda de solo para o tema uso e ocupação atual do solo

a preservação de remanescentes florestais e os manguezais.

Segundo a metodologia de Crepani et al. (2001), o risco relativo à climatologia é avaliado com base na relação entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso. Assim, para o risco em relação à climatologia, observa-se (Figura 8) que na maior porção da bacia hidrográfica ocorre um nível mediano de risco, ocorrendo o equilíbrio entre a estabilidade e a instabilidade, logo entre a morfogênese e a pedogênese. Em uma pequena área, na parte oeste da bacia, ocorrem as menores intensidades pluviométricas, referidas aos meses mais chuvosos, com média de 200mm/mês. Nessa área a morfogênese prevalece, gerando níveis moderados de estabilidade.

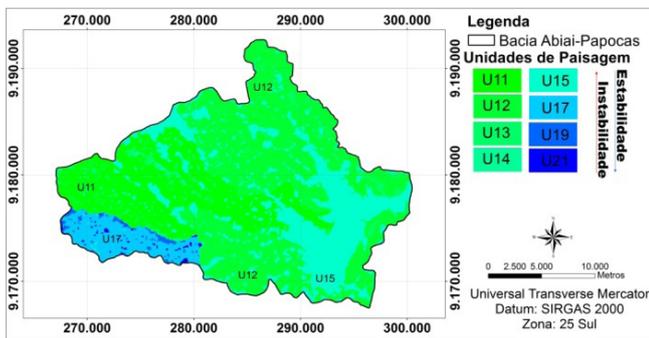


Figura 5 - Risco à perda de solo para o tema geomorfologia

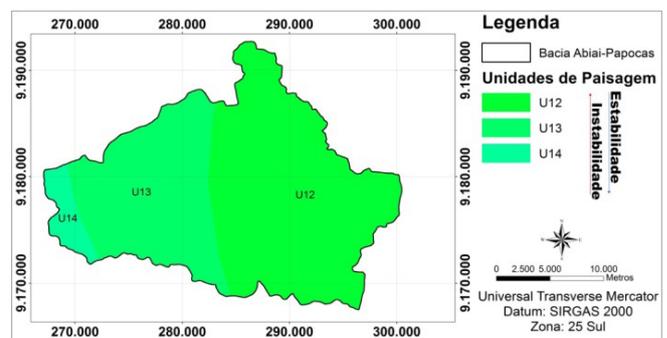


Figura 8 - Risco à perda de solo para o tema climatologia

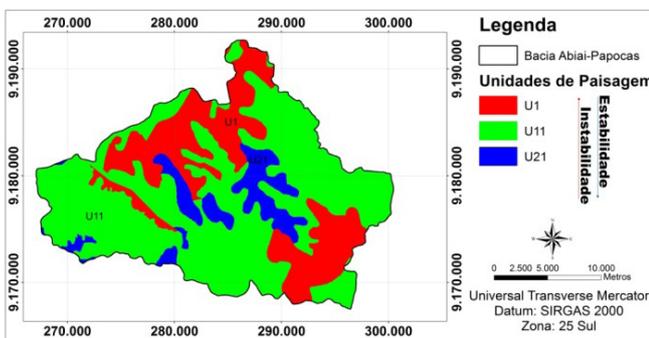


Figura 6 - Risco à perda de solo para o tema pedologia

Em termos de risco à perda do solo devido ao tema uso e ocupação do solo atual (Figura 7) as áreas antropizadas, onde ocorrem as atividades agropecuárias, com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar e urbanização, são aquelas mais instáveis. As áreas mais estáveis são aquelas onde se observam

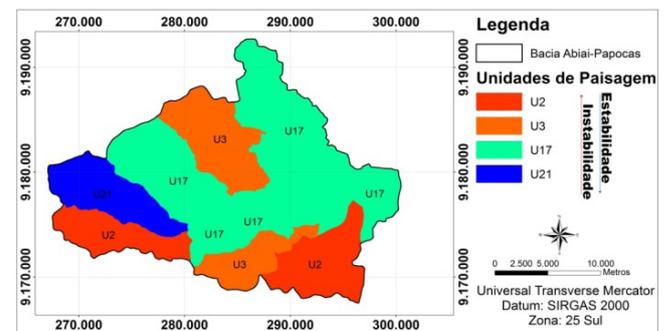


Figura 9 - Risco à perda de solo para o tema uso potencial

Caso fosse adotado o uso potencial das terras de acordo com a metodologia descrita por Sicco-Smit (1978) nas sub-bacias

hidrográficas do rio Abiaí-Papocas, no tocante ao risco à perda de solo (Figura 9) predominaria a estabilidade moderada, onde ocorreriam atividades de pecuária consorciada com reflorestamento. A estabilidade se configuraria nas porções em que as práticas de conservação ambiental são predominantes. As áreas instáveis se apresentariam nas áreas aptas ao desenvolvimento de atividades agropecuárias e manutenção das atuais práticas agrícolas.

Risco à perda de solo para o cenário atual

A bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas apresenta em seu cenário atual propensão ao risco à perda de solo que vai desde moderadamente estável a moderadamente instável. A Tabela 2 apresenta a distribuição em área e percentual dos diversos riscos identificados. A Figura 10 apresenta a espacialização dessas manchas.

Com base na Tabela 2 observa-se que em 58,84% da área da bacia hidrográfica predominam níveis moderados de instabilidade, em 38,67% níveis medianos onde há o equilíbrio entre estabilidade e instabilidade e em apenas 2,49% moderada estabilidade, sendo esses níveis bem distribuídos ao longo de toda a bacia hidrográfica, o que indica a predominância de

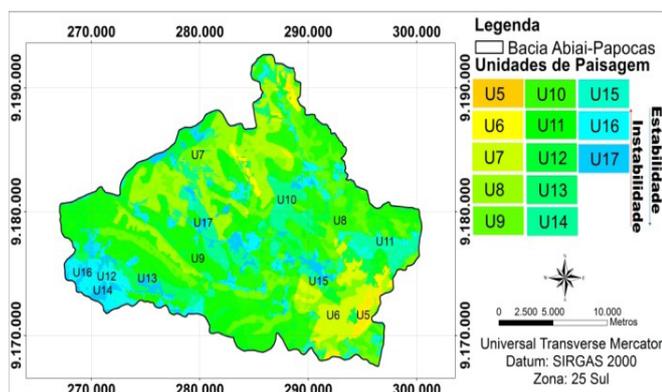


Figura 10 - Risco à perda de solo para o cenário atual

processos morfogenéticos. Esse contexto permite admitir que a bacia hidrográfica apresenta tendência a níveis medianos de perda de solo com atividade erosiva considerável e que pode ser intensificada pelos processos antrópicos.

Risco à perda de solo para o cenário potencial

A consideração do cenário potencial busca indicar o planejamento do espaço de tal forma que sejam minimizados as propensões à perda de solo por processos erosivos, conforme a definição para o uso potencial das terras para a sub-bacia. Como no caso do cenário atual, o cenário potencial apresentou propensões ao risco que vão desde moderadamente estável até moderadamente instável. A Tabela 3 apresenta a distribuição em área e percentual dos riscos identificados. A Figura 11 apresenta a espacialização dessas manchas.

Observa-se que no cenário potencial em 76,30% da área da bacia do rio Abiaí-Papocas ocorre a predominância de níveis medianos de riscos onde a estabilidade está em equilíbrio com a instabilidade. Mesmo ocorrendo um planejamento do espaço ainda ocorreriam níveis moderados de instabilidade, abrangendo 22,66% da superfície, além de conferir uma estabilidade à perda do solo em apenas 1,04%.

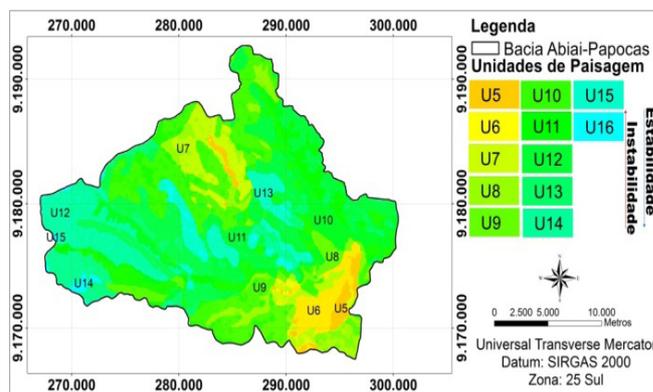


Figura 11 - Risco à perda de solo para o cenário potencial

Tabela 2 - Propensão ao risco do cenário atual

| Unidade | Propensão ao risco | Área (km ²) | Percentual (%) |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------|
| U17/U16/U15/U14 | Moderadamente estável | 11,52 | 2,49 |
| U13/U12/U11/U10/ U9 | Medianamente estável/instável | 178,81 | 38,67 |
| U8/U7/U6/U5 | Moderadamente instável | 272,03 | 58,84 |
| Total | | 462,36 | 100,00 |

Tabela 3 - Propensão ao risco à perda de solo do cenário potencial

| Unidade | Propensão ao risco | Área (km ²) | Percentual (%) |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------|
| U16 /U15/U14 | Moderadamente estável | 4,81 | 1,04 |
| U13/U12/U11/U10/ U9 | Medianamente estável/instável | 352,82 | 76,30 |
| U8/U7/U6/U5 | Moderadamente instável | 104,73 | 22,66 |
| Total | | 462,36 | 100,00 |

Análise dos cenários de risco

A análise espacial dos cenários atual e potencial referente ao aspecto risco permitiu identificar qual das opções compatibiliza melhor a necessidade de conservação do solo da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. A Tabela 4 apresenta a quantificação pautada na diferença de propensão ao risco identificado na bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas. A Figura 12 mostra a espacialização desses eventos.

Observa-se na Tabela 4 que o cenário atual em 67,24% da área da bacia hidrográfica torna o ambiente mais instável e, portanto, propenso a maiores perdas de solo por processos erosivos que o cenário potencial. É perceptível que a sub-bacia do rio Muzumba, em comparação percentual com as demais é aquela cujo cenário atual causa as maiores perdas de solo. Em situação inversa, verifica-se a do Cupissura onde 0,30% de sua área, a situação vigente gera maiores níveis de perda de solo.

Nota-se também que das 10 sub-bacias, em 7 delas o percentual cujo cenário causa maiores perdas de solo é maior que o valor identificado para a bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas.

Em 32,76% da área estudada a manutenção do cenário atual levaria a níveis mais estáveis. As sub-bacias do Camucim e Cupissura merecem destaque, pois o planejamento do espaço proposto não se adequaria o que ocasionaria maiores perdas de solo. Sabendo-se que os elementos variáveis nos cenários são o uso e ocupação do solo, a ação antrópica é a principal responsável pelo aumento ou diminuição da propensão aos riscos encontrados para a bacia hidrográfica.

Esses resultados revelam que apesar de toda a atividade antrópica desenvolvida na região da bacia não foram ainda alcançados os níveis máximos de instabilidade, com existência apenas dos processos de morfogênese, o que fisicamente não ocorre, tendo em vista que não há como cessar os processos de pedogênese.

Tabela 4 - Diferença dos riscos: cenário atual - cenário potencial por sub-bacia e para a bacia do rio Abiaí-Papocas

| Sub-bacia | Situação | | | | | |
|-----------|--|---|---------------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| | Cenário atual causa perdas maiores de solo | | | Cenário atual causa perdas menores de solo | | |
| | Área (km ²) | Percentual em relação à bacia Abiaí-Papocas (%) | Percentual em relação à sub-bacia (%) | Área (km ²) | Percentual em relação à bacia Abiaí-Papocas (%) | Percentual em relação à sub-bacia(%) |
| Abiaí | 15,86 | 3,43 | 63,85 | 8,98 | 1,94 | 36,15 |
| Aterro | 78,22 | 16,92 | 83,88 | 15,03 | 3,25 | 16,12 |
| Camocim | 1,68 | 0,36 | 3,33 | 48,71 | 10,54 | 96,67 |
| Cupissura | 0,11 | 0,02 | 0,30 | 37,07 | 8,02 | 99,70 |
| Dois Rios | 21,5 | 4,65 | 90,76 | 2,19 | 0,47 | 9,24 |
| Muzumba | 45,8 | 9,91 | 93,05 | 3,42 | 0,74 | 6,95 |
| Papocas | 68,2 | 14,75 | 77,24 | 20,1 | 4,35 | 22,76 |
| Pitanga | 28,68 | 6,20 | 91,75 | 2,58 | 0,56 | 8,25 |
| Tamanduá | 6,49 | 1,40 | 87,94 | 0,89 | 0,19 | 12,06 |
| Taperubus | 44,35 | 9,59 | 78,01 | 12,5 | 2,70 | 21,99 |
| Total | 310,89 | 67,24 | | 151,47 | 32,76 | |

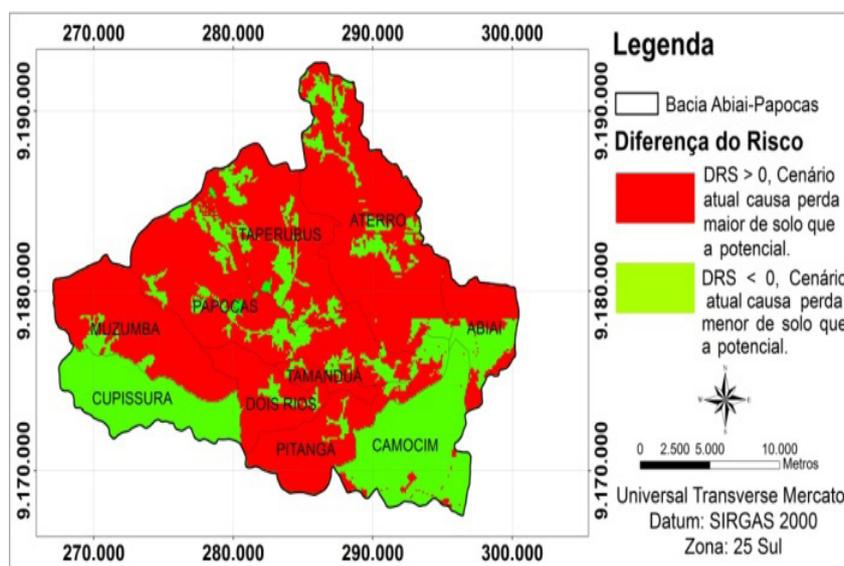


Figura 12 - Risco à Perda de Solo: Diferenças Cenário Atual - Cenário Potencial

CONCLUSÕES

A análise dos cenários atual e potencial do uso do solo considerando os cinco temas estudados (geologia, geomorfologia, solos, vegetação e climatologia) e o uso e ocupação atual e potencial não apresentou resultados considerados negativos. Efetivamente, não foram identificados, em nenhum dos cenários, propensão à instabilidade para a bacia hidrográfica, sendo os níveis máximos de riscos classificados como moderadamente instáveis. No entanto, entre as 10 sub-bacias componentes da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, em 7 delas o percentual do cenário que causa maiores perdas de solo é maior que o valor identificado para a bacia hidrográfica como um todo. A comparação dos cenários atual com o potencial mostra que a forma atual de ocupação do solo gera maiores propensões ao risco. Entretanto, este resultado só é válido para 67,24% da área da bacia hidrográfica.

Esses valores despertam para a necessidade de se repensar sobre os usos atualmente ocorridos com o objetivo de se tentar evitar maiores propensões à instabilidade para a região, com maior predominância dos processos de morfogênese. Indicam também a necessidade de estudos mais detalhados nestas áreas.

Por outro lado, deve ser recomendada a manutenção do uso atual nas áreas em que foram identificadas menores propensões à perda de solo em comparação ao uso considerado potencial.

Sabe-se que é praticamente impossível se manter uma bacia hidrográfica, onde ocorrem usos antrópicos, com níveis de estabilidade à perda de solo, mas, pode-se ter como meta o alcance de níveis, pelo menos, medianos de estabilidade e instabilidade.

Portanto, no processo de elaboração do plano da bacia hidrográfica ou do estudo ambiental, pautado em um zoneamento do uso do solo, deve ser levada em consideração a possibilidade de análise considerando o uso potencial, além do atual, objetivando alcançar os menores índices de risco à perda do solo. Neste sentido, a metodologia mostrada nesse trabalho e os resultados alcançados podem servir como um instrumento de utilidade para o processo de planejamento no espaço geográfico da bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão das bolsas para o desenvolvimento da pesquisa que originou esse artigo.

REFERÊNCIAS

ARBOLEDA, O. D. C. Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Sostentabilidad, Tecnología y Humanism*, n. 3, p. 1-20, 2008.

BARACUHY, J. G. V.; KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.;

DUARTE, S. M. A.; LIMA, V. L. A. ROCHA, J. S. M.; DANTAS NETO, J. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n.1, p.159-164, jan./apr. 2003.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURTI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modelling. *Catena*, v.79, n. 1, p.49-59, Oct. 2009.

BEZERRA, I. S. Análise de riscos à perda de solo para cenários de uso e ocupação atual e potencial da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.433/97, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

CABRAL CRUZ, J.; NUMMER, A. V.; ELTZ, F. L. F.; SILVA, J. L. S.; ARAUJO, T. A. Avaliação Ambiental Integrada: Construção Metodológica de Modelo para Bloco do Meio Físico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 1, P. 223-233, jan./mar. 2013.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA. C. C. F. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos: MCT/INPE, 2001. 124 p.

D'AGOSTINI, L. R. *Erosão: o problema mais que o processo*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 131 p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

KHEIR, R. B.; ABDALLAH, C.; KHAWLIE, M. Assessing soil erosion in Mediterranean karst land scapes of Lebanon using remote sensing and GIS. *Engineering Geology*, v. 99, n. 3-4, p. 239-254, June 2008.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S. C. Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia, MG. *Sociedade & Natureza*, v. 21, n. 3, p. 305-314, 2009.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.28, n. 2, p. 297-305, mar./apr. 2004

RAHMAN, MD. R.; SHI, Z. H.; CHONGFA, C. Soil erosion hazard evaluation - An integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecological Modelling*, v. 220, n. 13-14, p. 1724-1734, July 2009.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo da Região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 6, p. 628-636, nov./dez. 2007.

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, M. J. M.; CARPES, C. M. *Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. 4. ed. Santa Maria: UFSM, 2009.

ROSA, D. L.; MORENO, J. A.; MAYOL, F.; BONSON, T. Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelERO model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.81, n. 3, p. 179-190, 2000.

SAMPAIO, M. V.; SANTOS, M. S.; ROCHA, J. S. M.; PAULA, M. D.; MENDES, A. V. Deterioração físico-conservacionista da sub - bacia hidrográfica do Rio Ibicuí-Mirim – RS. *Ciência Agrotécnica*. v. 34, n. 2, p. 300-306, mar./apr. 2010.

SICCO SMIT, G. SLAR for forest type-classification in a semi-deciduous tropical region. *ITC Journal*, n. 3, p. 385-401, 1978.

SILVA, L.; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A.; COSTA FILHO, J. F. Caracterização geomorfométrica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do Açude Soledade. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 2, p. 112-122, 2010.

UNISDR. *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Geneva: ONU, 2009.

WANG, X. D.; ZHONG, X. H.; LIU, S. Z.; LIU, J. G.; WANG, Z. Y.; Li, M .H. Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments*, v.72, n. 10, p. 1929-1939, Oct. 2008.

Risk analysis of soil loss for different use and occupancy scenarios in the Abiaí-Papocas river basin

ABSTRACT

In recent decades, the coastal basins of northeastern Brazil have undergone an intensive process of occupation. Thus, land use planning should be considered as an essential activity. This paper deals with the analysis of the risk of soil loss, which is interpreted as a key-study for proper use of the soil in the watershed. The objective was to evaluate the risk of soil loss scenarios based on current and potential use in the Abiaí-Papocas river basin in the southern coastal region of the state of Paraíba, Brazil. The methodology for this study involved the assessment of the propensity to risk the loss of soil together with the definition of the potential land use sub-basin through the distribution of the roughness coefficient of the sub-basins. Maps of influential topics were constructed, in addition to scenarios of land use, which are associated with values on a scale of propensity of soil loss for the definition of risk and indication of the most appropriate uses. A comparison of current and potential scenarios of use showed that the current form of land use generates higher propensities for risk in 67.24% of the basin area.

Keywords: Watershed planning; Ecodynamics; Soil erosion risk; Use and occupation of land.