



ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO-MOCAMBIQUE

ANALYSIS OF EROSION RISK AREAS IN THE LICUNGO WATER BASIN- MOZAMBIQUE

ANÁLISIS DE ÁREAS DE RIESGO DE EROSIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO LICUNGO-MOZAMBIQUE

Gerson Moura Chitula¹, Domingo Juma²

e616082

<https://doi.org/10.47820/recima21.v6i1.6082>

PUBLICADO: 1/2025

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo detectar a ocorrência de áreas suscetíveis à erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Licungo. Para tanto, foi estabelecida a relação entre variáveis geomorfológicas e de cobertura da terra presentes na área de estudo, a partir de dados cartográficos digitais (SRTM e imagens de satélite). Esses dados foram mensurados em ambiente SIG a partir do processo de álgebra de mapas, tendo como produto final o mapa de suscetibilidade a erosão. Na ocasião, foram consideradas as variáveis declividade, uso e cobertura de solo e orientação das vertentes. Os resultados indicaram que as áreas de maior grau de suscetibilidade a erosão resultam da correlação entre o maior grau de declividade, a exposição do solo e a orientação das vertentes predominantemente na bacia em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia Hidrográfica de Licungo. Erosão. Análise. AHP. Risco.

ABSTRACT

The present work aims to detect the occurrence of areas susceptible to erosion in the Licungo River Basin. Therefore, the relationship between geomorphological and land cover variables present in the study area was established, based on digital cartographic data (SRTM and satellite images). These data were measured in a GIS environment from the map algebra process, having as a final product the erosion susceptibility map. On that occasion, the variables slope, land use and cover and slope orientation were considered. The results indicated that the areas with the highest degree of susceptibility to erosion result from the correlation between the highest degree of slope, soil exposure and the orientation of the slopes predominantly in the basin under study.

KEYWORDS: Licungo Hydrographic Basin. Erosion. Analysis. AHP. Risk.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo detectar la ocurrencia de áreas susceptibles a la erosión en la cuenca del río Licungo. Para ello, se estableció la relación entre las variables geomorfológicas y de cobertura del suelo presentes en el área de estudio a partir de datos cartográficos digitales (SRTM e imágenes satelitales). Estos datos se midieron en un entorno SIG a partir del proceso de álgebra de mapas, teniendo como producto final el mapa de susceptibilidad a la erosión. En su momento, se consideraron las variables pendientes, uso y cobertura del suelo y orientación de la pendiente. Los resultados indicaron que las áreas de mayor grado de susceptibilidad a la erosión son el resultado de la correlación entre el mayor grado de pendiente, la exposición del suelo y la orientación de las laderas predominantemente en la cuenca en estudio.

PALABRAS CLAVE: Cuenca Hidrográfica de Licungo. Erosión. Análisis. AHP. Riesgo.

¹ Mestrado em Gestão Ambiental e Recursos Hídricos e licenciado em Ciências Biológicas. Docente na Universidade Aberta ISCED e Universidade Católica de Moçambique no curso de Licenciatura em Gestão Ambiental.

² Especialista Ambiental e Funcionário dos Serviços Distrital de Planeamento e Infraestrutura no Distrito de Nacala-Velha Moçambique.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO - MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

1. INTRODUÇÃO

A urbanização desencadeia um processo de intensas transformações antrópicas realizadas na superfície terrestre. Tal processo se materializa na alteração da dinâmica hidrológica e geomorfológica do espaço urbano, em decorrência da retirada da vegetação e pela introdução de novos materiais sobre o solo, dentre outros aspectos. Um dos primeiros reflexos da formação de um núcleo urbano sobre um ambiente fluvial são as alterações sobre o escoamento superficial, pois a impermeabilização do solo acarretará em diminuição da infiltração da água das chuvas, e, em alguns casos, na impermeabilização total, aumentando, consideravelmente, o escoamento superficial, o que promove um maior poder erosivo das áreas de solo exposto, tendo como consequência, o assoreamento dos canais fluviais da bacia hidrográfica. Uma vez que o canal se encontra assoreado, a sua capacidade de armazenamento diminui, tornando a área mais suscetível à ocorrência de enchentes e inundações.

Para Gregory (2006), o processo de impermeabilização do solo resulta também no aumento da vazão do rio, pois promove um aumento significativo na disponibilidade de água no canal, principalmente em situação de extrema pluviosidade, o que irá promover um maior processo erosivo das margens. A exposição do solo acelera os processos erosivos mediante o escoamento superficial difuso (erosão em lençol), a concentração dos fluxos (erosão em ravinas), podendo evoluir para um escoamento mais concentrado, chegando a formar voçorocas, que são incisões mais profundas no solo, as quais atingem o lençol freático (Guerra; Marçal, 2012).

O clima, a natureza do solo, a declividade do terreno e ao manejo do solo, são fatores que condicionam o grau de suscetibilidade a erosão dos solos (Lepsch, 2010). Para Guerra *et al.*, (2010), a ação da chuva representa o principal fator da erosão. Quando ocorre decorrente de ações humanas, o processo erosivo constitui o mais sério impacto humano causado ao meio ambiente (Goudie, 1990).

Na Bacia do Licungo, assim como em diversas outras de grande e médio porte, pode-se detectar problemas dessa natureza, apresentando a ocorrência de áreas de risco relacionados a erosão do solo e movimento de massa, além dos riscos de natureza hidrológica: enchentes, inundações e alagamento. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo mapear áreas suscetíveis à erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Licungo a partir da relação entre variáveis geomorfológicas e de cobertura da terra.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de estudo

O rio Licungo está situado entre os paralelos 15° 18' e 17° 42' Sul e os meridianos 36° 00' e 37° 33', na província da Zambézia, nasce nos montes Namúli, perto da cidade de Gurué, e desagua no oceano indico próximo a Vila Valdez, 50 km a Norte da Cidade de Quelimane (Langa, 2002). Este nasce a cerca de 1.650 m de altitude. A sua bacia hidrográfica é de 27.726 Km², o grande desnível entre o seu curso superior e inferior, determina uma grande capacidade erosiva no seu curso superior



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO- MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

o que assegura condições favoráveis para produção hidroelétrica. Tem um percurso de cerca de 336 km de comprimento, atravessa uma região rica sob ponto de vista minério (Muchangos, 1999).

Faz limite a Norte com as bacias dos rios Raraga, Molócue e Malela, Sul com as bacias dos rios Zambeze e Namacurra, a Oeste com Nalaua e Lúrio e a Este pelo oceano Indico. O Seu eixo maior, que se desenvolve sensivelmente na direcção NW – SE, tem aproximadamente 255km.

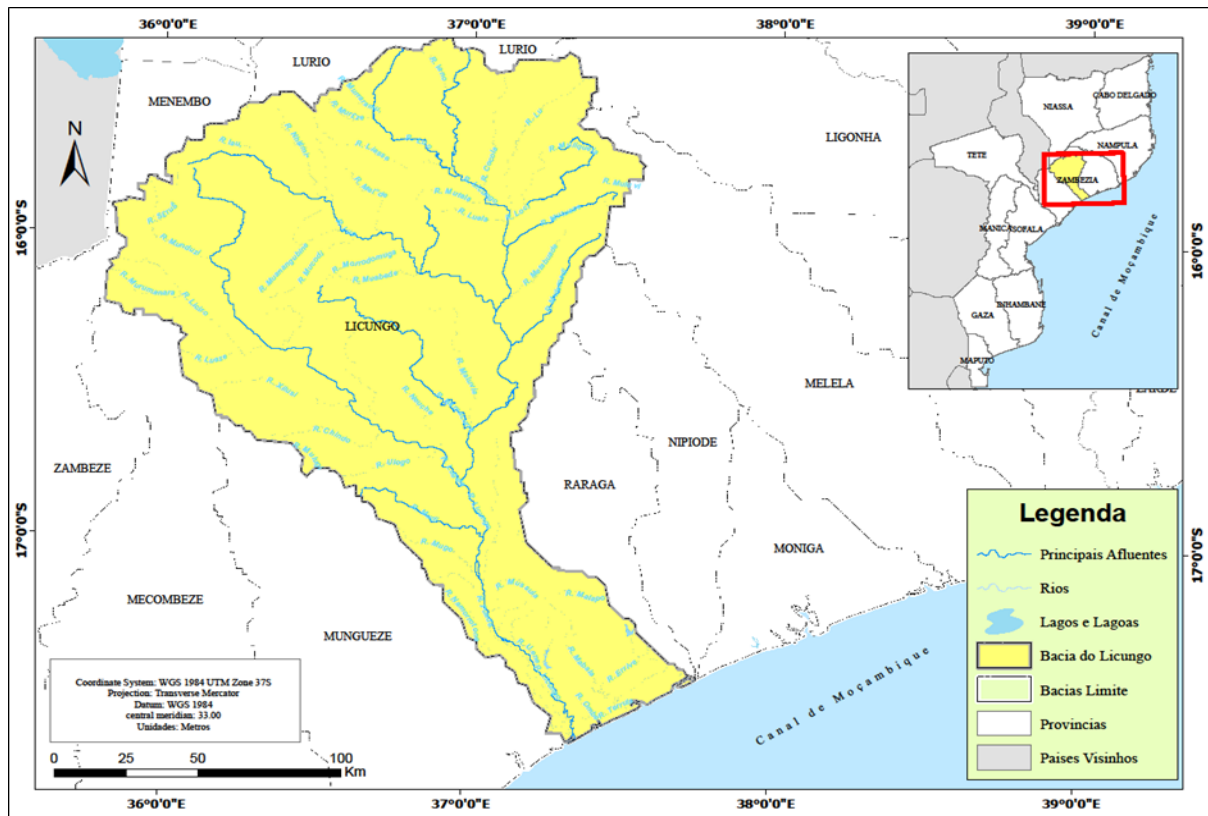


Figura 1: Bacia hidrográfica do Licungo

O seu perímetro é de cerca de 798 km, verificando-se contudo, após a confluência com o rio Lugela próximo da Cidade de Mocuba. O rio Licungo tem como principais afluentes na margem direita os rios Luo, Namacurra, Lugela e Mudi e na margem esquerda os rios Muliquela, Mutuavi, Metuade e Mulemadi.

O leito do rio Licungo é muito declivoso da nascente até a cota 700 (metros) próximo da cidade de Gurué, sendo inclinação média de 44 metros/quilometro no curso superior. No curso médio, desde Gurué até a Cidade de Mocuba a inclinação é de 7.8 m/km, e de Mocuba até à foz o rio tem uma inclinação média de 0.88 m/km (Langa, 2002).

Devido à topografia, o risco de inundações na bacia é menor, entre tanto, existem algumas povoações inundáveis no médio e baixo Licungo, tal como, Munhamade, Mocuba, Malei e Nate no distrito de Maganja da costa. Consideram-se criadas condições de ocorrência de cheia na bacia do Licungo se se verificarem as seguintes condições:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO- MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

- Nível Hidrométrico na E91 (Mocuba) de 6.30 m,
- Nível de alerta Precipitação ≥ 100 mm/ 24 horas a montante da bacia.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da bacia é tropical húmido, com temperatura média de 25°C. A precipitação média anual varia entre 1000 a 1400mm. Há ocorrência de subclimas resultantes da altitude (Clima modificado pela altitude) nas regiões de Gurué e Mulumbo no distrito de Milange onde predominam precipitações orográficas. Tem temperaturas média de 25°C ena região de Gurué, e de 18°C a 20°C e a precipitação média anual nas regiões de maior altitude é de 1800 a 2400 mm.

No geral, a região do alto Licungo á montante chove mais que as regiões do médio e baixo Licungo devido as características dos sub-climas. Como se pode compreender, as precipitações numa dada bacia são muito importante, pois contribuem no aumento do escoamento superficial e na recarga dos aquíferos, bem como a subida do nível freático das bacias hidrográficas. No caso vertente da bacia do rio Licungo, a precipitação contribui em média com cerca de 2/3 para o escoamento total da bacia (Langa, 2002).

2.2. Material e métodos

Mapa de risco de inundação

A classificação das áreas susceptíveis a erosão na bacia foi elaborada a partir de um processo de álgebra, envolvendo os mapas de declividade, cobertura da terra e orientação das vertentes, atribuindo pesos para cada mapa e para suas respectivas variáveis, conforme sua maior ou menor influência quanto a ocorrência de processos erosivos. A classificação da cobertura da terra foi realizada a partir da aplicação da classificação supervisionada de imagem de satélite, que consiste numa técnica de sensoriamento remoto, bastante utilizada como método para reconhecer os elementos que recobrem a superfície terrestre. Esta etapa consistiu, basicamente, em identificar os tipos de cobertura da terra existentes na imagem, a partir da sua resposta espectral.

Com o auxílio do software ArcGIS 10.5 foi realizada a leitura dos pixels referentes a cada tipo de cobertura da terra, sendo necessário realizar primeiramente a coleta de amostra de pixels. Foram diferenciadas seis classes de cobertura da terra (Área arbustiva, vegetação nativa; vegetação herbácea; Áreas de cultivo, habitações e corpos de água). O critério estabelecido para a definição das classes de uso baseou-se na resolução espacial da imagem de satélite e no objetivo do estudo.

As informações geomorfológicas foram obtidas a partir da confecção dos mapas de declividade e orientação de vertentes. Para a extração dessas informações foi utilizada uma imagem do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), obtida no USGS com resolução espacial de 30 metros. O método usado foi o AHP, que em português é traduzido como *Processo de Hierarquia Analítica*, desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70, tendo como principal característica a decomposição hierárquica do problema, criando-se uma hierarquia de critérios e convertendo avaliações subjetivas de importância relativa em um conjunto de pontuações e pesos gerais, foi



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO- MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

desenvolvida para ajudar na tomada de decisão a partir de uma série de fatores, sejam quantitativos ou qualitativos.

De maneira geral, AHP é a teoria e a metodologia para medição relativa. Na medição relativa, não se está interessado na exata medição de algumas quantidades, mas sim nas proporções entre elas. A ideia central é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. Segundo Vieira (2006)¹, o método está construído sobre três princípios:

- *Construção de hierarquias*: O método permite a estruturação dos critérios, sendo a estruturação em árvore a mais utilizada, na qual o critério de mais alto nível é decomposto a níveis mais detalhados.
- *Definição de prioridades*: tais prioridades são definidas a partir de comparações par a par dos elementos, à luz de determinado critério.
- *Consistência lógica*: o método permite, por meio da proposição de índices, avaliar a consistência da definição de prioridades, ou seja, é capaz de verificar a consistência dos julgamentos.

Os fatores determinados como importantes e que influenciam diretamente no nível da água alcançado por uma enchente, independente da precipitação incidente são: Declividade, Uso e ocupação de solo, orientação das vertentes.

Foram atribuídos os seguintes pesos para cada elemento dos mapas temáticos, conforme o grau de relevância frente a ocorrência dos processos erosivos:

- Declividade (0-3% / 3-8% = peso 1; 8-13% / 13-20% = peso 2; 20-45% / >45% = peso 3).
- Cobertura de solo (Água / Vegetação nativa = peso 1; Vegetação secundária = peso 2; Solo Exposto / Urbanização = peso 3).
- Orientação das vertentes (Plano / Sudoeste / Oeste / Noroeste = peso 1; Norte / Nordeste / Sul = peso 2; Leste / Sudeste = peso 3).

De posse dos mapas temáticos mencionados, foi realizada uma operação de álgebra de mapas, onde foram estabelecidos os seguintes pesos: Declividade = 0,45; Cobertura da terra = 0,35; Orientação das vertentes = 0,20. O peso 0,45 foi atribuído a declividade devido à forte influência da gravidade na ocorrência de erosão. A cobertura da terra atribuiu-se o peso 0,35 por constituir um fator potencializado, ou até mesmo o gatilho para gênese do processo de erosão. No caso das vertentes, aquelas orientadas para leste e sudeste, representam as encostas mais susceptíveis a ação dos sistemas climáticos produtores de chuva atuantes na área de estudo, sendo atribuído o peso 0,20 para a orientação das vertentes.

¹ Vieira, G.H. (2006), *Análise e comparação dos métodos de decisão multicritério AHP Clássico e Multiplicativo, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)* - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.



3. RESULTADOS

Os estudos que buscam a qualificação ou quantificação da fragilidade ambiental de uma determinada área são de extrema relevância para o planejamento e gestão territorial da região em estudo. Por meio da utilização do SIG, foi possível compor os mapas de comportamento dos parâmetros de suscetibilidade elencados neste estudo, como apresenta abaixo São eles: declividade, uso da terra e orientação das encostas.

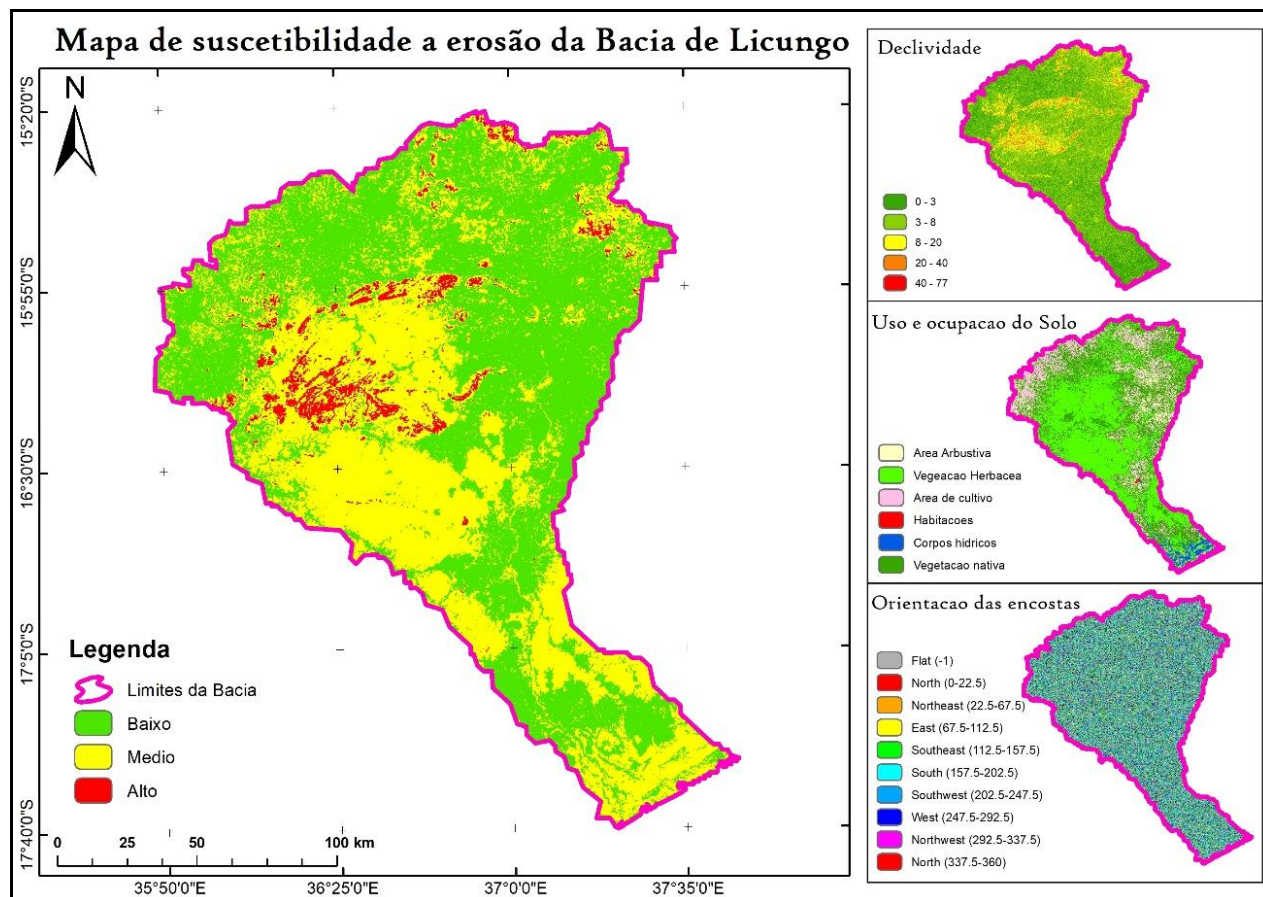


Figura 2: Mapa de susceptibilidade a erosão da Bacia do Licungo

Analisando a referida figura, é possível observar a predominância de área antropizada, o que corresponde à zona alta. A respeito da geomorfologia da região, há uma prevalência de cotas altimétrica e declividade altas na porção central da Bacia. Sobre a pedologia, a maior parte é preenchida por solos jovens e pouco desenvolvidos, geralmente sem horizontes definidos ou apresentando ligeiros indícios de processos geoquímicos como ligeiras variações de cor ou de acumulação de minerais argilosos, com baixa capacidade de infiltração, pois possuem rocha dura contínua a menos de 1,0 m de profundidade e um grau de saturação de bases de 50% ou superior abaixo dos 20 cm, ou seja, são eles mais suscetíveis à inundação e bastante propensas à erosão.

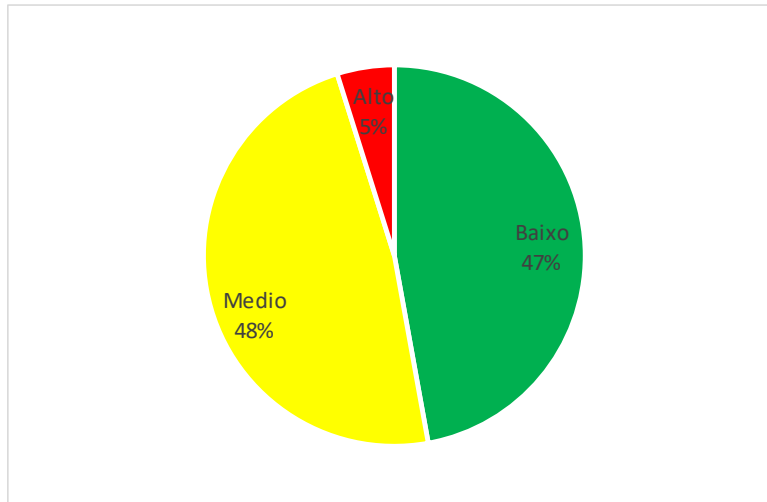
O mapa de erosão obtido pelo método de análise de AHP evidenciou uma área de alto corresponde a 1205,55 km² (5%) do total da área de estudo.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO - MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

Gráfico 1: Distribuição das áreas de Erosão



A bacia foi dividida em três classes de áreas susceptíveis aos riscos de erosão, onde a classe considerada de baixo risco representa a média proporção da bacia, apresentando uma área de ocupação de 11963,32 km², e a classe de baixo risco representa uma área de 11724,07 km², sendo que ambas as classes representam 95% da área de estudo. O relevo mostrou ter uma grande importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. Onde o relevo é plano, não há deslocamento e transporte de partículas de solo, qualquer que seja as classes de solo que compõem a unidade de mapeamento. As áreas compostas de terras planas ou quase planas, declive inferior a 3%, onde o assoreamento superficial ou enxurrada (deflúvio) é muito fraco ou lento. O declive do terreno, não oferece riscos à erosão hídrica significativa.

O contexto acima apresentado resulta na formação de pequenas incisões erosivas no solo, como também, incisões profundas e amplas como as voçorocas, aumentando a carga de sedimentos carregada para a calha fluvial e o seu consequente assoreamento. De modo geral, em toda a extensão da bacia está ocorrendo aumento do processo de impermeabilização do solo, pois é evidente o forte processo de urbanização apresentado nos últimos anos. Este contexto foi corroborado pelo mapa de suscetibilidade à erosão, uma vez que foi possível observar que as áreas de alto risco se encontram, justamente, distribuídas ao longo das vertentes íngremes, onde ocorre solo exposto. As zonas de baixo risco correspondem, exatamente, às porções impermeabilizadas, onde se distribuem as moradias e as zonas de médio risco às porções da inflexão topo/encosta.

4. CONSIDERAÇÕES

A análise aos processos erosivos na Bacia Hidrográfica do Licungo se concretizou através de técnicas de geoprocessamento, com destaque à álgebra de mapas por análise hierarquizada dos fatores naturais. O uso de Sistema de Informação Geográfica mostrou-se como é um instrumento adequado em análises ambientais, possibilitando inferir que as áreas mais susceptíveis a erosão na



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO- MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

bacia está localizada, sobretudo, ao longo das vertentes íngremes no alto curso fluvial, onde são encontradas declividades mais acentuadas e nas encostas que delimitam os terraços fluviais no médio curso. O desmatamento das encostas e o aumento do poder erosivo da água devido impermeabilização do topo dos tabuleiros são os responsáveis diretos por desencadear processos erosivos lineares acentuados, formando incisões profundas no solo. Desse modo consoante aos resultados obtidos, é possível afirmar que a ocorrência de áreas de risco de erosão na Bacia Hidrográfica do Licungo é produto das alterações da cobertura do solo, representadas pelo desmatamento, impermeabilização do solo e a ocupação de áreas suscetíveis a erosão, fatores esses evidenciados através da análise integrada dos agentes naturais.

5. RECOMENDAÇÕES

Devido à sua capacidade de incorporar facilmente vários julgamentos, a análise multicritério e a combinação com ferramentas do GIS oferecer uma solução para problemas envolvendo múltiplos critérios para se solucionar um problema envolvendo dados espaciais. Neste sentido:

- Recomenda-se a aplicação deste método (Avaliação Multicritério) para identificação das áreas de risco à erosão na bacia do Licungo, assim como em outras bacias. Para a prevenção e controle destes desastres, recomenda-se a aplicação das medidas estruturais através do processo de ordenamento territorial.
- Recomenda-se também a aplicação das medidas não estruturais, tais como mapeamento detalhado de áreas de risco, sistema de alerta ligada e seguros.

REFERÊNCIAS

DE HOLLANDA VIEIRA, Paulo Barral; DE OLIVEIRA, Francisco Henrique. **Análise das áreas públicas do bairro do córrego grande (UEP-12)**. Florianópolis/SC, 2004.

GALLI, I.; NASCIMENTO, L. P. A S.; BELDERRAIN, M. C. N. Aplicação do método AHP clássico na escolha do operador logístico de uma empresa de telecomunicações. *In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Foz do Iguaçu. Anais Eletrônicos – Artigos. Foz do Iguaçu: ENEP, 2007. p. 1-9.

GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment**. Oxford: Blackwell Publishers, 1990.

GREGORY, K. J. The human role in changing river channels. *In: Geomorphology*, v. 79, p.172–191, 2006.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. *In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Eds.). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LICUNGO- MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Domingo Juma

MELO, A. S. T.; HECKENDORFF, W. D.; ALVES, E. L. GUIMARÃES, M. M. M. O meio ambiente natural: componentes abióticos e bióticos. *In*: MELO, A. S. T. (Org.). **Projeto de Pesquisa**: Vale do Jaguaribe, João Pessoa: Ed. UNIPÊ, 2001.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; RESCK, D.V.S. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após 20 anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 335-344, 2004.

RUDARI, R.; GABELLANI, S.; DELOGU, F. *A simple model to map areas prone to surface water flooding*. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 10, p. 428-441, 2014.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R de O.; EUGENIO, F. C. (Coord.). **ArcGIS 9.3 totais**: aplicações para dados especiais. Alegre, ES: Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito Santo/CAUFES, 2010. 180 p.

TUCCI, C. E. M. (Coord.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Associação Brasileira de Recursos Hídrico/UFRGS - ABRH, 1993. 952 p.