

MAPEAMENTO DE ÁREAS FAVORÁVEIS AOS REASSENTAMENTOS DA POPULAÇÃO VÍTIMA DE CHEIAS AO SUL DA BACIA DO LIMPOPO - MOÇAMBIQUE

Lucrêncio Silvestre Macarringue^{1/3}, Édson Luis Bolfe^{1/2}, Euclides Délio Matule³, Lucas da Conceição Maziva⁴

¹Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Instituto de Geociências, Cidade Universitária, Campinas, São Paulo, Brasil, lucrencio.macarringue@gmail.com; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Brasília, Distrito Federal, Brasil, edson.bolfe@embrapa.br; ³Instituto de Formação em Administração de Terras e Cartografia – INFATEC, Matola, Maputo, Moçambique, deliomatule@gmail.com; ⁴Instituto Nacional de Gestão de Calamidades, Maputo, Moçambique, lucasmaziva@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo objetivou mapear potenciais áreas de restrição à ocupação humana bem como as áreas de reassentamento em alguns distritos junto da bacia do Limpopo ao sul da província de Gaza no âmbito das cheias e processos de reassentamentos. Como dados foram utilizados imagens Operational Land Imager-Land Remote Sensing Satellite (OLI-Landsat 8) e do Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer-Global Digital Elevation Model (ASTER-GDEM), base cartográfica contendo infraestruturas e serviços, e consultas bibliográficas. A análise de dados foi feita em ambiente SIG utilizando técnicas de processamento digital de imagens, modelagem (média ponderada) e análise de dados. Os resultados obtidos incluem mapas com potenciais áreas de risco à ocupação humana bem como áreas favoráveis aos reassentamentos além de uma nova base cartográfica que poderá ser utilizada em outros estudos.

Palavras-chave — Geotecnologias, Média Ponderada, vulnerabilidade, SIG.

ABSTRACT

This paper aimed mapping potential restriction area's as well as suitability for human settlement at some districts along the Limpopo basin in the south side of the province of Gaza in the floods framework and resettlement processes. Operational Land Imager-Land Remote Sensing Satellite (OLI-Landsat 8) and Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer-Global Digital Elevation Model (ASTER-GDEM) images were used, cartographic base containing infrastructures and services, and the bibliographic research. Data analysis was performed in a GIS environment using digital image processing techniques, modelling (index overlay) and data analysis. The results obtained include maps with potential risk areas to human settlement as well as suitability areas to resettlement, besides a new cartographic base that could be used in other studies.

Key words — geotechnologies, index overlay vulnerability, GIS.

1. INTRODUÇÃO

As cheias, dentre outras, são calamidades recorrentes ao longo da bacia do Limpopo afetando e dizimando vidas de milhares de pessoas que vivem ao longo dos principais rios da bacia sobretudo nas regiões costeiras onde os rios desaguam [1].

Mecanismos e ações de salvaguarda das vidas humanas têm sido levadas a cabo pelo Instituto Nacional de Gestão de Calamidades – INGC e parceiros através de programas como o de reassentamento das populações afetadas [2]. Porém, observa-se que após a incidência das calamidades, a população regressa as áreas de origem tidas como de risco.

O INGC iniciou um processo de mapeamento de áreas de riscos a vários eventos incluindo as cheias [3] na perspectiva de evitar com que as comunidades se instalem em tais áreas. Contudo, no processo de reassentamento não são observadas as condições básicas as quais manteriam as populações naqueles locais quer sob ponto de vista infraestrutural, socioeconômico bem como biofísico [4].

Na sequência das cheias, as comunidades são retiradas para as áreas que apenas não foram afetadas por estas, negligenciando outros condicionantes para a instalação tais como: áreas agrícolas - uma vez que a agricultura é a base de sustento e desenvolvimento do país [5] vias de acesso e proximidade de infraestruturas básicas (saúde, educação).

Nesse sentido, além de identificar e mapear áreas de risco, o INGC deve identificar e mapear potenciais áreas de reassentamento da população, de modo que não surjam reassentamentos dos reassentados. Nesse processo é importante a integração de dados geográficos/espaciais através de técnicas de geoprocessamento, modelagem e uso de um sistema de informação geográfica na identificação desses locais [6].

Por essa razão, este artigo tem como objetivo mapear potenciais áreas de restrição à ocupação humana bem como as áreas de reassentamento em alguns distritos junto da bacia do Limpopo ao sul da província de Gaza. O resultado pode servir de base para outras partes de Moçambique que passam pelo mesmo cenário [4].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais incluem cenas de imagens ASTER-GDEM com resolução de ~ 30 metros na área de estudo [7] e OLI-Landsat 8 [8] cobrindo toda área de estudo (conforme tabela 1). As imagens GDEM e OLI (com valores de reflectância a superfície) foram obtidas em: <https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> e <https://earthexplorer.usgs.gov/> respectivamente.

OLI-Landsat 8			
CENAS	PATH	ROW	DATA
1	167	76	11/03/2018
2	167	77	11/03/2018
3	168	77	28/12/2017

Tabela 1. Cenas do OLI-Landsat utilizadas

Além desses materiais, foi utilizada a base cartográfica obtida no Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção (CENACARTA) referente a infraestruturas e ainda imagens da plataforma Google Earth para auxiliar no processo de classificação.

A área de estudo compreende a parte sul da bacia de Limpopo, integrando 4 distritos e 1 cidade da província de Gaza na região sul de Moçambique considerados potencialmente vulneráveis [1] nomeadamente Bilene, Xai-Xai, Chókwe, Guijá e Chibuto, e a Cidade de Xai-Xai, (Figura 1).

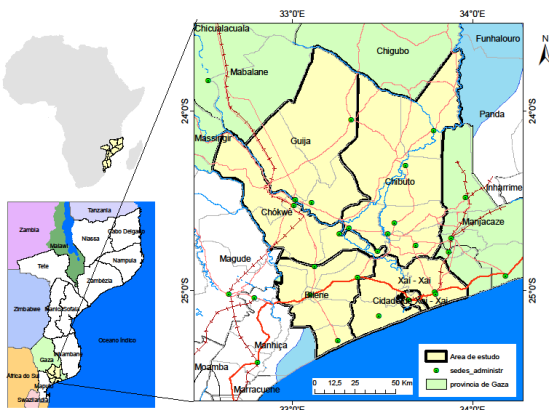


Figura 1. Localização da área de estudo
Fonte: BD_CENACARTA

Ocupa uma área de 16.419 km² (correspondente a 19%) da área total ocupada pela bacia em Moçambique) e uma população estimada em 771.447 [9]. A bacia hidrográfica do Limpopo em Moçambique, cujo principal rio é o rio Limpopo, coincide quase inteiramente com a província de Gaza (98%), ocupando ainda parte de três distritos da província de Inhambane (2%) [10].

As imagens ASTER-GDEM e OLI-Landsat 8 foram processadas utilizando um SIG seguindo-se técnicas de processamento digital de imagens conforme descritas resumidamente no fluxograma da Figura 2. A validação da classificação foi através da interpretação visual de imagens de alta resolução disponibilizadas no *Google Earth* gerando-

se a matriz de confusão e índice Kappa que tem sido úteis e recomendáveis para avaliação de mapeamento [11].

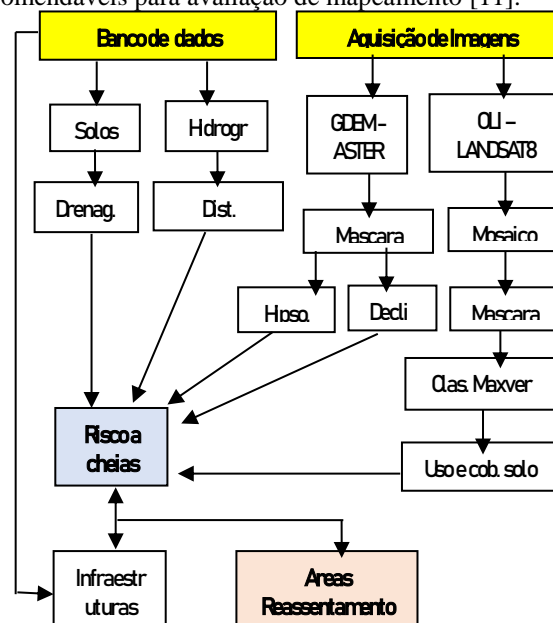


Figura 2. Fluxograma metodológico

A modelagem dos dados foi feita através do algoritmo *index overlay* que é um dos modelos guiados pelo conhecimento [12] recomendado para estudos desse género [13] cuja expressão matemática é expressa pelas seguintes equações para mapas binários e multiclassificados respectivamente:

$$S = \frac{\sum W_i \text{class}(MAPI)}{\sum W_i} \quad \text{eq. 1}$$

$$S = \frac{\sum S_{ij} W_i}{\sum W_i} \quad \text{eq. 2}$$

A equação 1 foi utilizada para modelar as áreas de reassentamentos e a equação 2 para modelar as áreas de risco a inundações.

Os planos de informação utilizadas para a ponderação foram a declividade e hipsometria gerados através das imagens GDEM-ASTER, uso e cobertura de terra gerado a partir da classificação da imagem OLI-Landsat-8 utilizando o classificador *maxver* que tem sido muito utilizado por apresentar relativamente bons resultados [14][15], solos (variável drenagem) e rios (através da definição de distancias euclidianas). As classes definidas e os pesos atribuídos a cada um dos planos de informação podem ser encontradas na tabela 2 sendo que os para cada classe do plano de informação os pesos variam de 1 a 5 e que reflete o nível de suscetibilidade/risco a inundações em que 1 significa menor e 5 maior suscetibilidade (tabela 2).

Com os dados de infraestruturas sociais e viárias, fez-se um *buffer* de 2 Km o qual determina a distância máxima proposta pelos autores em que as pessoas podem distar dessas infraestruturas.

Uso e cob. do solo	P	Hipso. (m)	P	declives (%)	P.
Vegetação densa	1	(-13) - 30	5	0 - 3	5
Outra vegetação	2	30 - 60	4	(3 - 8)	4
corpos de água	5	60 - 90	3	(8 - 13)	3
area construída	4	90 - 150	2	13 - 20	2
solo exposto	3	> 150	1	20 - 187	1

solos (drenagem)	P.	Dist. Euclid (rios)	P.
Boa a excessiva/excessiva	1	< 1km	5
Imperfeita/imp. a boa	2	1-2Km	4
Imp. a mod./moderada	3	2-3Km	3
imperfeita a ma/mod. a ma	4	3-4Km	2
ma a muito ma/agua	5	> 5Km	1

Tabela 2. Relação dos pesos atribuídos a cada dado

Na identificação de áreas de risco foi utilizado a equação 2 tendo se atribuído pesos diferenciados as classes do mesmo plano de informação e mesmo peso para todos os planos de informação (declividade, hipsometria, drenagem, rios e uso e cobertura de terra) e para as áreas de reassentamentos, fez-se a aplicação da equação 1 agregando dados de risco de cheias (gerado anteriormente), infraestruturas e estradas.

3. RESULTADOS

Com base no processamento de imagens obteve-se um mapa de uso e cobertura do solo com um nível de exatidão global de ~ 78% e um índice Kappa de ~ 0,72 que é considerado substancial ou muito bom (Tabela 3) [16][17].

Classif.	Dados de referência					Total
	corpo de água	veget densa	outra veget	solo expost o	área construíd a	
corpos de agua	628	0	0	61	0	689
vegetação densa	0	770	1	0	0	771
outra vegetação	0	4	661	0	5	670
solo exposto	5	0	0	155	18	178
área construída	0	0	1	637	352	990
Total	633	774	663	853	375	3298

Tabela 3. Valores da matriz de confusão

Em relação ao mapa de risco de inundações, verificou-se que maior parte da área é coberta com as classes de médio e baixo risco (figura 3). As áreas de baixo a muito baixo risco que *a priori* são as ideais para o reassentamento da

população, corresponde a ~ 45% da área total. Contudo pela distribuição das áreas de risco por distrito percebe-se que os distritos de Chókwe e Guijá e a cidade de Xai-Xai são os mais críticos pois maior parte da sua extensão territorial é considerada de médio a alto risco e são os mais populosos com população concentrada nas sedes distritais (figura 3).

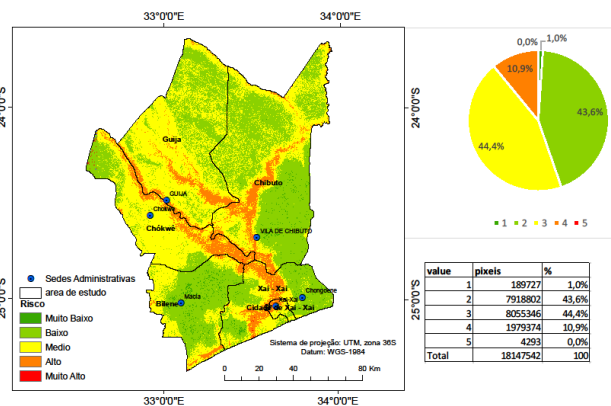


Figura 3. Distribuição das áreas de risco a inundações.

Em relação às áreas para reassentamento das vítimas de cheias, segundo a metodologia utilizada (sobretudo a distância máxima em relação às infraestruturas sociais) foram encontradas o equivalente a ~ 9% da área classificada com baixo e muito baixo risco (figura 4).

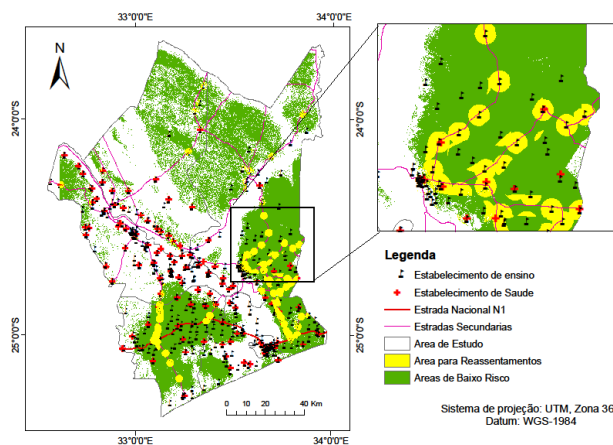


Figura 4. Áreas adequadas aos reassentamentos

4. DISCUSSÃO

O grau de concordância ao mapeamento, embora considerado muito bom, apresentou uma mistura considerável de pixels entre as classes de corpos de água e solo exposto, e entre a área construída e solo exposto. A primeira situação foi provavelmente devido a presença de partículas em suspensão nos rios e para a outra, devido às características das áreas construídas, sendo que há no geral falta de pavimento e não apresentam uma estrutura urbanística planejado associado a fraca densidade populacional por se tratar de áreas rurais (tabela 3).

As áreas de risco constituem um problema muito sério e ao mesmo tempo um grande desafio para as autoridades moçambicanas pois, observa-se que a maioria da população encontra-se nessas áreas devido a relativa densidade de rede viária e a existência do curso de água para irrigação de suas machambas (pequenas áreas de cultivo). Dada a essas razões a população tem preferido fixar residências nestas áreas por forma encurtar as distâncias de suas casas às machambas e vice-versa.

Há que se estudar formas de lidar com essa situação pois por mais que sejam mapeadas as áreas de reassentamento estas devem apresentar condições atrativas à população além das que foram consideradas (disponibilidade de água potável, eletricidade, terras aráveis, formas de geração de renda).

Através do mapa de risco constata-se uma vulnerabilidade permanente da população face as cheias pois várias infraestruturas consideradas básicas estão sob áreas de risco e continuam atraindo a população para lá.

Apenas 9% da área estudada apresenta-se ideal para reassentamento da população. Isso pressupõe deficiências na mobilidade e acessibilidade geográficas [18] nesta região colocando em causa o sucesso dos projetos de reassentamento.

5. CONCLUSÕES

A metodologia apresentada para o mapeamento de áreas favoráveis aos reassentamentos considerou áreas que apresentam simultaneamente vias de acesso e infraestruturas básicas a um raio de 2km dentro das áreas de baixo risco. Consideram-se razoáveis estas variáveis mas há que se agregar outras para que a população se sinta atraída por estas áreas de forma a reduzir ou evitar o fenômeno de reassentamento dos reassentados.

O método *index overlay* apesar das críticas que recaem sobre ele, da subjetividade na atribuição [13] apresentou resultados satisfatórios e por isso a sua aplicabilidade para o contexto moçambicano, contudo para que este mapeamento seja efectivo é necessário ser acompanhado pelos planos de ordenamento territorial.

6. REFERÊNCIAS

- [1] MOÇAMBIQUE, “Relatório sobre as lições aprendidas durante a Prontidão e resposta as emergências”, Maputo, 28 pp, 2013.
- [2] INGC. “Plano operacional para o vale do Zambeze - Cheias 2011”, Maputo, 12 pp., 2011.
- [3] Diário de Notícias (DN), “Gestão de calamidades em Moçambique cria mapa para prevenir cheias no centro do país”. Disponível em: <<https://www.dn.pt/lusa/interior/gestao-de-calamidades-em-mocambique-cria-mapa-para-prevenir-cheias-no-centro-do-pais-9418149.html>>, acesso em 16.ago.2018
- [4] Sousa, M.E.A., “A exploração mineira e o reassentamento forçado em moçambique: uma reflexão sobre a situação dos

deslocados do desenvolvimento”, *rev. Interdiscip. Mobil. Hum.*, Brasília, Ano XXIV, n. 47, p. 204-209, mai./ago. 2016

[5] Instituto Nacional de Estatística (INE), “Censo Agro-Pecuário 2009-2010: Resultados Definitivos – Moçambique”, INE, Maputo, 115 pp., 2011.

[6] Xavier, S. “Geoprocessamento e SIG’s”. IGEO, Rio de Janeiro, 104 pp., 2000.

[7] ASTER GDEM. Disponível em: <<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>>, acesso em 01.Set.2018.

[8] Landsat 8 – OLI. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>, acesso em: 01.set.2018.

[9] Instituto Nacional de Estatística, “Divulgação os resultados preliminares do IV Recenseamento Geral da População e Habitação 2017”, INE, Maputo, 14 pp., Disponível em: <<http://www.ine.gov.mz/operacoes-estatisticas/censos/censo-2007/censo-2017/>>, acesso 04.ago.2018

[10] Milhano, A.P.F.R., “Gestão dos recursos hídricos em Moçambique: Gaza – rio Limpopo”, Lisboa: ISCTE, 2008. Tese de mestrado. Disponível em [www:<http://hdl.handle.net/10071/1376>](http://hdl.handle.net/10071/1376)., acesso 15.ago.2018

[11] Brites R. S., Soares V. P. & Ribeiro C. A. A. S. “Comparação de Desempenho entre Três Índices de Exatidão Aplicados a Classificações de Imagens Orbitais” In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, *Anais.. INPE*, p. 813-821.

[12] Bonham-Carter G.F. “Geographic Information Systems for geoscientists. Modelling with GIS”. 1 ed. *Computer Methods in the Geosciences*. vol.13. Ontario, Pergamon Press. 416p. 1994

[13] Marcelino E. V. & Formagio A. R., “Análise comparativa entre métodos heurísticos de mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos”. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais 1 *Anais...* Florianópolis, GEDN/UFSC, p. 392-407 (CD-ROM) 2004.

[14] Moreira, M. A. “Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação”. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003

[15] Mello A. Y. I, Alves D. S., Linhares C. A. Lima F. B., “Avaliação de técnicas de classificação digital de imagens Landsat em diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia”. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.537-547, 2012.

[16] Cohen J., “A Coefficient of Agreement for Nominal Scales”, *Educational and Psychological Measurement*, Volume: 20 issue: 1, pp. 37-46, April, 1960.

[17] Landis J. R. e Koch G. G. “The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data”, *Biometrics*, Vol. 33, No. 1, pp. 159-174. Mar., 1977.

[18] Castillo, R. A. “Mobilidade geográfica e acessibilidade: uma proposição teórica”. *Geosp – Espaço e Tempo* (Online), v. 21, n. 3, p. 644-649, dez. 2017.