

Utilização de imagens do satélite de alta resolução RapidEye para análise da resiliência da população as margens do rio Una, Palmares, Pernambuco, Brasil

Betânia Queiroz da Silva¹
Luciana Maria Da Silva²
Carlos Alberto Borba Schuler³

¹ Instituto Federal de Pernambuco – IFPE/UAB
Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, Brasil
bethqueiroz@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná - UFPR
Caixa Postal 19001, 81.531-990 Curitiba, Paraná, Brasil
lumasilva15@gmail.com

³ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - PPGCGTC - Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil
cschuler@ufpe.br

Abstract. In 2010, the district of Palmares, located in the state of Pernambuco, suffered a big environmental impact due to a strong flood of the River Una, with repercussions on several to the resident population. This work presents socio-environmental conjunctures afterward flood due this event is considered of high magnitude. For this was used RapidEye high spatial resolution satellite image of year 2015 of the area to check the occupation, contrasted with on-site visit and the data of the Chart of Susceptibility to the flood of the CPRM, which enabled us identify the area classification as high, medium and low risk. This context highlights that interventions have been taken by the government to combat and minimize new flooding due the risk that the area presents to the population, for example, the development Chart of Susceptibility to the flood, Digital Terrain Models (DTM), both necessary for this research. With the analyzes it was evidenced that the population continues to occupying many areas affected by flood and that even with the development of public projects to combat flooding the region is still very vulnerable. This context emphasized that, the monitoring of the affected areas is a substantial factor to detecting impacts and to forestalling future risks. It is noteworthy that all products were generated from the high resolution image data, which allow a better interpretation of the area and aid in the restructuring projects.

Palavras-chave: remote sensing, chart of susceptibility to the flood, surveys, environment, sensoriamento remoto, carta de suscetibilidade à inundação, levantamentos, meio ambiente.

1. Introdução

No Brasil, a partir da década de 1950, verifica-se o acelerado crescimento das áreas urbanas, provocando um processo de urbanização desordenado e inúmeros problemas socioambientais para a população residente nesses locais. Com isto, acentuou-se a segregação sócio espacial nas cidades (IBGE 2000; Reckiegel e Robaina 2005). Este processo acarreta problemas devido à falta de infraestrutura das cidades ao receber um grande número de pessoas e de demandas sociais (Sánchez 2010).

A aceleração e o não planejamento da população urbana causam muitos problemas sociais e ambientais (Novack e Kux 2010), destacando-se: congestão de tráfego, acúmulo de lixo, poluição do ar, inundações (Amaral e Ribeiro 2009), deslizamento (Tominaga 2009), falta de água ou de espaço, ocupações irregulares que são os assentamento subnormais em geral ocupados pela população de baixa renda que proliferam em áreas muitas vezes de proteção ambiental (Gonçalves et al. 2013) e áreas sujeitas à risco geológico (Reckiegel e Robaina 2005; Dos Santos et al. 2016). Adicionalmente a multiplicação de bairros com infraestrutura deficiente, habitações situadas em áreas de risco e alterações nos sistemas naturais (Bandeira e Coutinho 2008).

Destacam-se, ainda, os fenômenos naturais relacionados ao clima, sobretudo quando se apresentam como eventos extremos, geram na sociedade inúmeros problemas, muitos dos quais de forma catastrófica, repercutindo negativamente ao longo do tempo na qualidade de vida das populações. Nas últimas décadas o Brasil vem vivenciando avanços significativos em relação à gestão de riscos ambientais, impulsionado devido aos movimentos de massas e inundações que acontecem em quase todas as grandes metrópoles brasileiras (Bandeira et al. 2009). Esses movimentos envolvem perdas de bens, infraestrutura e vítimas fatais.

Na Zona da Mata Sul Pernambucana, eventos pluviiais extremos são verificados no período de outono-inverno, sendo comum a ocorrência de eventos de alta magnitude e recorrência nos meses de junho e julho. Apesar destes episódios extremos desencadearem processos geomorfológicos sobre as encostas e interflúvios, como a aceleração da erosão linear e movimentos de massa, as enchentes e inundações constituem-se o principal risco geomorfológico, que afeta de forma abrangente a população da região, sobressaindo-se como área repetidamente afetada por tais eventos, como exemplo, a bacia do rio Una (Girão et al. 2013).

Na cidade de Palmares as inundações são recorrentes e em 2010 aconteceu uma grande enchente. Onze meses depois a cidade sofreu com as chuvas e decretou estado de calamidade pública novamente. As disritmias pluviiais causam impactos marcantes a uma população, principalmente em áreas em que a ação antrópica contribui para potencializar os desastres naturais (Oliveira, 2013). Evidencia-se que sem uma ação efetiva a população encontra-se em um risco constante a novas enchentes que podem ser tão marcantes como os últimos eventos extremos de 2010 e 2011.

Segundo Cunico e Oka-Fiori (2014) o estudo da resiliência e da adaptação são indispensáveis para compreender a maneira como as pessoas e lugares enfrentam o perigo, ajustando condutas, especialmente durante e imediatamente após o evento. Diante de todos os argumentos discutidos, o objetivo deste estudo é analisar a resiliência da população nas margens do Rio Una a partir das imagens do satélite de alta resolução RapidEye, 17-04-2015, por meio do mapeamento de risco à inundação realizado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM, da visita in loco em agosto de 2015 para ratificação dos dados e das interferências dos projetos públicos de enfrentamento a eventos de grande magnitude, 4 (quatro) anos após um evento extremo de inundação sofrido pela população da cidade de Palmares.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

Os relatórios desenvolvidos pelo ITEP (2011) traz um histórico de recorrentes eventos extremos de enchentes no município de Palmares nos anos de 1973, 1975, 1988, 2000, 2005 e 2010, os quais mostram que chuvas provocaram grandes estragos, decretando estado de calamidade pública com situação emergencial. Adicionalmente o ano de 2011.

A cidade de Palmares pertence à Mesorregião da Mata e na Microrregião Mata Meridional Pernambucana. Está inserida na Província Borborema com unidades litoestratigráficas do neoproterozóico e mesoproterozóico. A área está sob o domínio das colinas da Zona da Mata Sul, com clima As' (quente e úmido) com chuvas outono-inverno o que provoca uma pluviometria acima 1.800 mm, tendo o Rio Una o mais importante da região da Mata. Na Figura 1 apresenta-se o mapa de localização do município de Palmares no estado de Pernambuco. Ressalta-se que este trabalho tem como foco a área as margens do Rio Una, onde fica situada a área urbana do município, como se observa no recorte da imagem de satélite na Figura 1.

O município de Palmares é caracterizado por um relevo que faz parte da unidade das Superfícies Retrabalhadas que é formada por áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso,

com relevo bastante dissecado e vales profundos. A região é formada pelo “mar de morros” que antecede a Chapada da Borborema e solos pobres. A cidade está localizada no curso médio do rio Una que apresenta o regime pluviométrico com ocorrência de um período úmido compreendido entre abril a agosto, sendo em geral os meses de junho e julho, quando ocorrem os maiores registro pluviométricos (SNIRH, 2016).

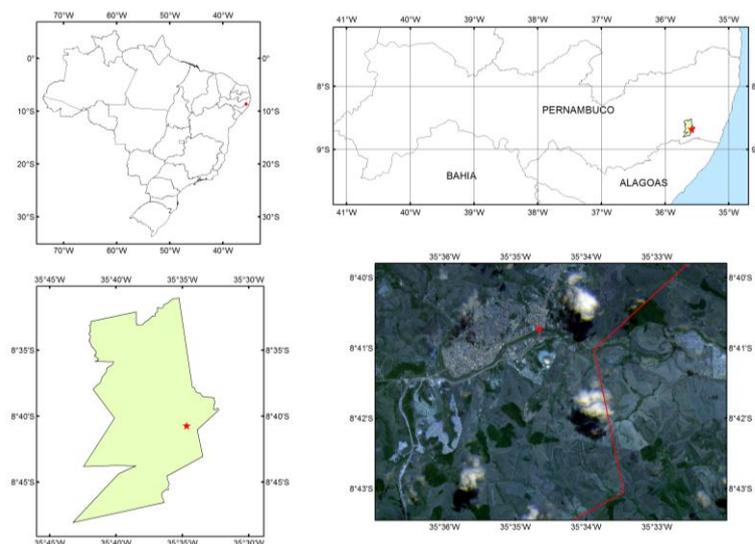


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo em Palmares – PE.

O rio Uma, no município de Palmares, apresenta uma vasta diversidade de uso da água, incluindo, o abastecimento público, o lazer, irrigação para agricultura familiar e a pecuária. Na cidade a atividade sulcroalcooleira tem grande destaque com a Usina Norte Sul e este segmento apresenta significativo consumo de água e potencial poluidor. A atividade pesqueira no município de Palmares é pouco expressiva, realizada apenas para consumo local. Os efluentes oriundos de atividades domésticas são lançados diretamente no Rio aumentando a poluição.

O domínio interfluvial caracteriza-se por colinas planas, onde se registra poucas porções de mata nativa nos topos, devido ao plantio da cana de açúcar, além das moradias em suas encostas. Enquanto no domínio fluvial, que apesar da boa calha, encontra-se com grande concentração de plantas aquáticas (baronezas), restos de antigas vigas de moradias e nas margens, plantio de gramíneas de sustentação, contrastando com um corredor de asfalto para pedestre construído as margens do Rio após enchente de 2010, como apresentado na Figura 2.



Figura 2. Calçadão construído as margens do Rio após enchente de 2010. Fonte: Os autores.

2.3 Materiais e Métodos

Foi realizada uma visita a campo no dia 04 de agosto de 2015, onde se observou a área urbana as margens do Rio Una, localizada na cidade de Palmares, que as últimas enchentes

devastaram, para verificar a situação atual, em relação à recuperação da área e adaptação da população a sua situação de risco.

Utilizou-se as imagens oriundas do satélite RapidEye (resolução 5,0 m) obtidas no dia 17 de abril de 2015, para interpretações das áreas ocupadas nas margens do Rio, disponibilizadas e obtidas gratuitamente no Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016), cujas características principais estão apresentadas na Tabela 1. Para o recobrimento total da área de estudo foi utilizadas as imagens 2535103_2015_04_17_RE2_3A_318218_CR, com a composição das bandas 4, 3, 2 para melhor interpretação das informações obtidas em campo.

Adicionalmente, utilizaram-se os dados do Sistema de informação geográfica (SIG), a base cartográfica, mapa geomorfológico, modelos digitais do terreno (MDT) oriundos do mapeamento da CPRM em 2014, mas que é atualizado a partir de novas informações. Estes produtos são gerados com escala 1:25.000, que visam cartografar áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundação, classificadas como alto, médio e baixo, relacionadas, principalmente, com movimentos de massas e inundações, em municípios brasileiros priorizados pelo Governo Federal (CPRM, 2016). Diante de todas as informações levantadas pode-se evidenciar o risco em que a área está exposta.

Tabela 1. Características dos satélites da Imagem *RapidEye*. Fonte: Adaptado do *RapidEye* (2016)

Sistema	Altitude (km)	Resolução Temporal (dias)	Resolução espectral por bandas (nm)	Tamanho do pixel - Ortoretificado (m)
<i>RapidEye</i>	630	5,5 dias (no nadir)	Blue - 440-510 nm	5 m
			Green - 520-590 nm	5 m
			Red - 630-685 nm	5 m
			Red Edge - 690-730 nm	5 m
			NIR - 760-850 nm	5 m

Por fim, os dados foram inserido no *software* ArcGis® para a comparação e análise das imagens RapidEye com os dados da Carta de Suscetibilidade à Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, para verificação de qual nível a inundação definido pela CPRM a área ocupada pela população é classificada. *A posteriori* foram pesquisadas quais ações têm sido feitas para prevenir novos desastres.

3. Resultados e Discussão

Evidenciou-se com a visita em campo que a ponte construída após a enchente 2010, obra da duplicação da BR-101, na localização de -8,678778S e -35,577722W, altitude de 118m, foi uma reconstrução planejada, porém não está sendo conservada. As margens do Rio foi construída uma orla com pista de *cooper* como apresentado na Figura 3.

Este projeto de construção da Orla do rio evita novas ocupações por parte da população nas margens do Rio, evitando a vulnerabilidade e possíveis danos em novas enchentes. No local, o domínio interfluvial caracteriza-se por colinas planas, onde se registram poucas porções de mata nativa nos topos, devido ao plantio da cana de açúcar, além das moradias em suas encostas. Enquanto no domínio fluvial, que apesar da boa calha, encontra-se com grande concentração de plantas aquáticas (baronesas), restos de antigas vigas de moradias e nas margens destaca-se o plantio de gramíneas de sustentação, contrastando com um corredor de asfalto para pedestre. No entanto, este é apenas um trecho onde o projeto está concluído na área central da cidade, a leste e a oeste do Rio não foi executado o projeto, mesmo a construção da orla estando no projeto inicial.

Seguindo o curso do rio em direção a jusante, no centro da cidade foi verificado que a reconstrução das moradias segue por parte da população, porque as obras de revitalização e

construção da orla estão paradas e não contemplou toda a área atingida pelas enchentes como previa o projeto inicial, como apresentado nas Figuras 4 e 5.

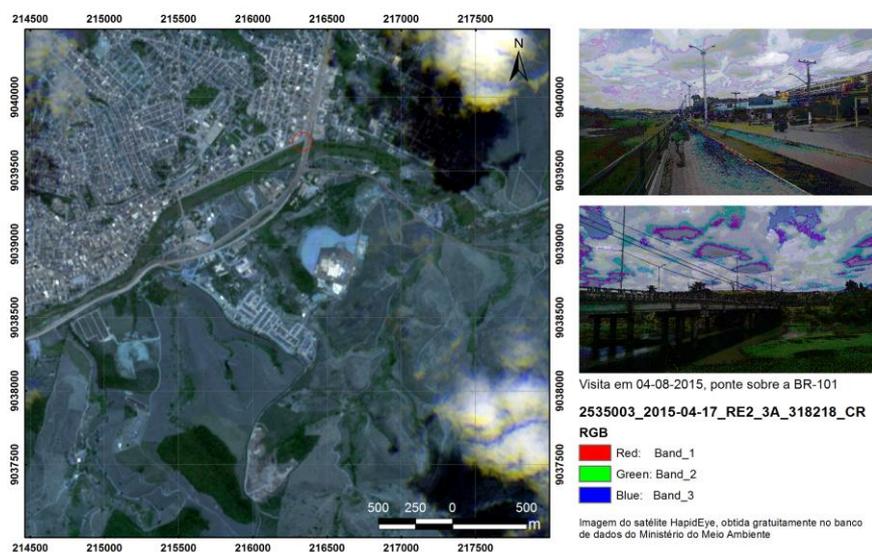


Figura 3. Mapa de área visitada em 2015, com destaque na construção da ponte e da pista de cooper. Fonte da fotografia: Os autores



Figuras 4 e 5. Local onde o projeto de revitalização não foi efetivado, reconstruções irregulares feitas por moradores locais. Fonte das Fotografias: Os autores

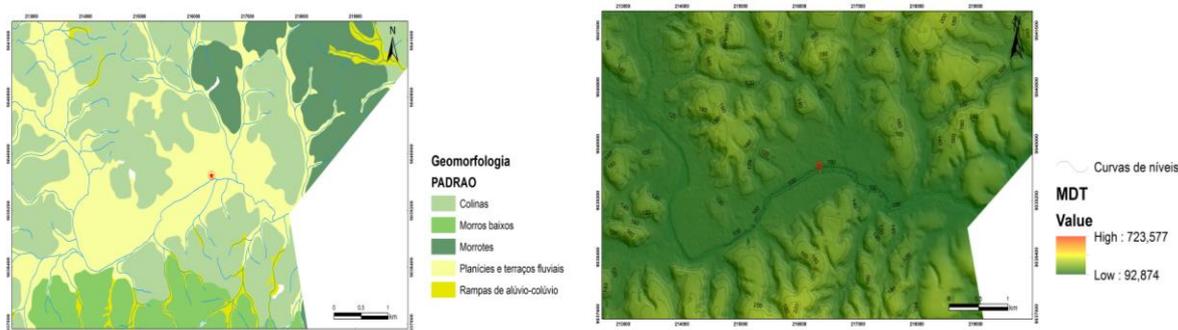
Destaca-se que parte da população da área foi indenizada porque perderam tudo com a enchente de 2010, outros receberam uma casa na vila construída com recurso público, no entanto, como a Orla não foi construída, muitos não saíram do local da antiga moradia e reconstruíram suas casas e/ou comércio no mesmo lugar. Segundo Silva et al. (2003) os eventos de inundações (histórico das enchentes) em Pernambuco são recorrentes como mostra as seguintes médias diárias apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Dados históricos de eventos extremos em Palmares. Fonte: CPRM (2014)

ANO	PRECIPITAÇÃO (mm ³)
1973	110,0
1975	940,0
1988	459,0
2000	Estimada 1200,0
2010	170,0

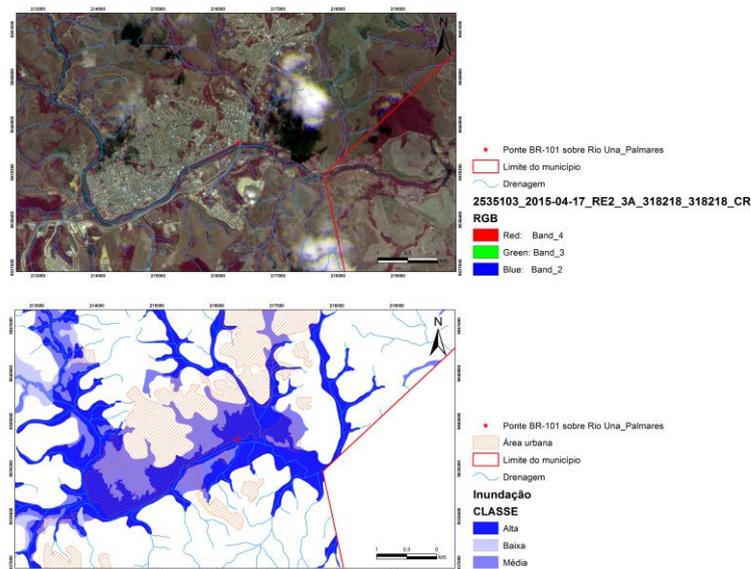
No entanto, medidas eficazes devem ser efetivadas pelo poder público e apoiadas pela comunidade para evitar possíveis desastres nos períodos que ocorrerem eventos extremos. A

geomorfologia da área urbana da cidade é formada por vários morrotes, morros baixos e colinas com altitude do topo variando de 120 a 220m. A BR-101 margeia o rio, o ponto visitado e grande parte da área urbana da cidade, localizam-se numa planície e terraços fluviais, com altitude de 100m acima do nível do mar, que facilita o espalhamento da água em situação de grande índice pluviométrico e as áreas de altitudes mais elevadas em conjunto às ações antrópicas servem de barramento para a contenção da água fluvial, evitando o escoamento das águas, conseqüentemente provocando enchentes com maior intensidade. Nas Figuras 6 e 7 apresentam-se a caracterização da geomorfologia e o MDT, respectivamente.



Figuras 6 e 7. Geomorfologia e o MDT da área. Fonte: Adaptado da CPRM (2016)

Através das imagens RapidEye é possível observar o Rio Una margeando toda a área urbana da cidade, ao sobrepor os dados do mapa de suscetibilidade a inundações é verificado que a área é de risco alto e médio à inundações e esta é densamente ocupada. Destaca-se que a BR-101, a Ponte e a Orla estão em áreas classificadas com alto risco à inundações como apresentado nas Figuras 8 e 9, recorte da imagem de satélite da área com as feições antrópicas e um recorte da carta de suscetibilidade com as feições sobrepostas, respectivamente.



Figuras 8 e 9. Identificação das feições antrópicas e sobreposição na Carta de Suscetibilidade à inundações.

Destaca-se que grande parte da população, atingida pelas enchentes de 2000 e 2011, grande parte reconstruíram suas casas e comércios e continuam ocupando a planície e terraços fluviais. A população que residia na área onde foi construída a Orla foi relocada pelo poder público para as áreas classificadas pela geomorfologia como morros baixos e colinas. Com a

construção da Barragem de Serro Azul existem perspectivas por parte da população ribeirinha que não haja possibilidade de outro evento de tal porte, como aconteceu em 2011.

O evento ocorrido entre 16 e 19 de junho de 2010, segundo Girão *et al.*, 2013, na Zona da Mata Sul de Pernambuco, mas com maior intensidade nas bacias dos rios Una e Serinhaém, é um claro exemplo desta característica atmosférica. Os padrões normais de circulação atmosférica em grande escala determinam o mês de junho como um dos meses de maior precipitação da estação chuvosa na faixa litorânea de Pernambuco. Ao ocorrerem anomalias oceânicas atmosféricas, este padrão pode influenciar a quantidade de chuva para mais ou para menos. Neste episódio havia a confluência de dois sistemas atmosféricos em atuação, acoplados à ocorrência de duas importantes anomalias sobre os oceanos. Esses fatores contribuíram para a maior intensidade e permanência do evento. Vale salientar que na enchente de 2010, o Rio subiu 12m em relação ao seu leito normal, trazendo calamidade ao município, onde mesmo aqueles em segundo piso foram afetados pelas águas (CPRM, 2014).

As áreas planas as vertentes são amplas e com declives inferiores a 3°, porém a aridez dos solos favorece o escoamento superficial dos regimes de precipitação. Ocorrem feições erosivas laminares com baixo grau de suscetibilidade a movimentação gravitacional de massa, sendo classificada na classe baixa, quanto a movimentos gravitacionais de massa, 89,461% da área urbanizada/edificada da cidade e quanto à classificação de suscetibilidade a inundações 18,939% classificada como classe alta (CPRM, 2014).

4. Conclusões

Há uma necessidade de conscientizar a população a não ocupar áreas de risco tendo em vista o período de enchente ser cíclico e a cidade ser plana, contribuindo para o alagamento já que o leito principal do Rio está assoreado e ocupado por construções as suas margens.

Os principais impactos relacionados às enchentes em Palmares estão relacionados à falta de planejamento urbano, ausência de infraestrutura, falta de controle de uso do solo, sistema de alerta a enchentes. Estudos como a Carta Geotécnica e implantação de pluviômetros já em processo de elaboração contribuirá para o município na decisão de implantação de novos empreendimentos. O principal desafio consiste em desenvolver um método eficaz que incorpore a percepção do risco à vulnerabilidade existente aos mecanismos de adaptação e resiliência, aprimorando as ações de planejamento e governança, por meio de visões não lineares que considerem a dinâmica dos processos, incertezas e possíveis imprevistos.

As imagens de satélite de alta resolução contribuem para o monitoramento e verificação da situação atual das áreas afetadas pelas enchentes, podendo-se fazer estudos temporais. Estes dados juntamente com o mapeamento de inundação são ferramentas que possibilitam aos gestores públicos um melhor planejamento da ocupação urbana, evitando novos desastres.

Referências Bibliográficas

Amaral, R.; Ribeiro, R. R. **Desastres naturais conhecer para prevenir: Inundações e Enchentes**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em 16/07/2016.

Bandeira, A.P.N., Coutinho, R.Q. **Gerenciamento de Risco de Escorregamentos de Encostas na Região Metropolitana do Recife –PE**. COBRAMSEG, 2008.

Bandeira, A.P.N.; Coutinho, R.Q.; Alheiros, M.M. **Importância da Caracterização Geológico-Geotécnica e da Chuva para Gerenciamento de Áreas de Riscos**. P. 1-10, 2009. Disponível em: <http://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobrae/2009-bandeira.pdf>. Acesso em 15/08/2016.

CPRM Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de Suscetibilidade**. Recife, 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/observatoriodaschuvas/mapeamento/mapa-suscetibilidade.html>. Acesso em 15/08/2016.

CPRM Serviço Geológico do Brasil. **Cartas de Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-3507.html>. Acesso em 16/09/2016.

Cunico, C.; Oka-Fiori, C. O estado de normalidade e o estado de exceção diante da importância das categorias de “Vulnerabilidade”, “Risco” e “Resiliência”. **Caminhos de Geografia - Revista online**. v. 15, n. 52, p. 01–20, ISSN 1678-6343, Uberlândia, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>>

Girão, O.S.; Corrêa, A.C.B.; Nobrega, R.S.; Duarte, C.C. O papel do clima nos estudos de prevenção e diagnóstico de riscos geomorfológicos em bacias hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: Antonio José Teixeira Guerra; Maria do Carmo Oliveira Jorge. (Org.). **Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 126-159, 2013.

Gonçalves R.M., Pacheco A.P., Tanajura E.L.X., Da Silva, L.M. Urbanização costeira e sombreamento na praia de Boa Viagem, Recife-PE, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**. Nº 54, P. 241-255, 2013. ISSN 0718-3402, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022013000100013>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de distribuição da população 2000**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografi_a/mapas_doc1.shtm. Acesso em: 06/10/2016.

ITEP (Instituto de Tecnologia de Pernambuco). **Relatório de impacto ambiental: estudo de impacto ambiental – EIA: sistema de controle de cheias da bacia do rio Una – Barragem Serro Azul**. Recife: ITEP / Unidade Gestora de Projetos Barragens da Mata Sul, 2011. 41 p.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Geocatalogo**. Disponível em:< <http://geocatalogo.mma.gov.br/>>. Acesso em 16/10/2016.

Novack, T.; Kux, H.J.H. Urban land cover and land use classification of an informal settlement area using the open-source knowledge-based system InterIMAGE. **Journal of Spatial Science**. P. 23- 41, 2010.

Oliveira, E. M. **Análise das políticas de gestão dos recursos hídricos e seus reflexos sobre as enchentes provocados pelo Rio Una em Palmares-PE**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2013.

RapidEye: **Delivering the World – Satellite Imagery Product Specifications**. Disponível em: http://www2.flyby.it/images/brochure/rapideye/eng/RE_Product_Specifications_ENG.pdf Acesso em 15/09/2016.

Reckziegel, B.W.; Robaina, L.E.S. Riscos geológico-geomorfológicos: revisão conceitual. **Ciência e Natura**, UFSM. V.27, P. 65-83, 2005.

Sánchez, R. La debilidad de la gestión del riesgo en los centros urbanos. El caso del Área Metropolitana de Santiago de Chile. **Revista de Geografía Norte Grande**, Nº 47, P. 5-26, 2010

Santos, J.C. Toujagues, R.M.; Silva, B.Q.; Da Silva, L.M. Atualização do Mapeamento de Risco Geológico do Bairro Mutange no Município de Maceió-AL, Brasil. In Selper Argentina, **Anais...**, Argentina, 2016. Disponível em: <https://selperargentina2016.org/trabajos-aceptados/>. Acesso em 10/09/2016.

Silva, S.R.; Freire, P.K.C.; Barbosa, D.L.; Wanderley, S.F.S. A gestão dos recursos hídricos em Pernambuco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, 2003, Curitiba. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 499.

SNIRH (Sistema Nacional de Informação em Recursos Hídricos) **Informações sobre recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/>. Acesso em 28/09/2016.

Tominaga, L.K. Desastres naturais conhecer para prevenir: Escorregamento. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em 16/07/2016.