

Análise metodológica de estudos referentes a eventos de movimentos de massa e erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil

A methodological analysis of studies regarding events of mass and erosion movements occurring in the northeast region of Brazil

Caio Lima dos Santos

Doutorando em Geografia no Programa de
pós-graduação em Geografia – PPGeo/UFPE, Brasil
caiolimageo@gmail.com

Fabrizio de Luiz Rosito Listo

Professor do Programa de pós-graduação em Geografia
PPGeo/UFPE, Brasil
fabrizio.listo@ufpe.br

Oswaldo Girão da Silva

Professor do Programa de pós-graduação em Geografia
PPGeo/UFPE, Brasil
osgirao@gmail.com

Rafael Brito dos Reis

Licenciado em Geografia pela Universidade Federal da Bahia, Brasil
rafaelpresbiterianoigeo@yahoo.com.br

Resumo

A presente pesquisa tem por objetivo descrever e contabilizar os casos oficiais reconhecidos pelo sistema integrado de informações sobre desastres e pelo Atlas Brasileiro de desastres naturais referente a ocorrências de eventos de movimento de massa e de erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil, bem como analisar os principais métodos utilizados para avaliação destes fenômenos (técnicas de campo, laboratório e geoprocessamento). Conforme a análise dos dados, foi verificado que os estados de Pernambuco e da Bahia apresentaram o maior número de ocorrências destes processos na região Nordeste, estando esse fato relacionado as condições físicas-naturais e as formas de uso da terra. Em termos metodológicos, é predominante no nordeste brasileiro a utilização de metodologias analíticas com a finalidade de identificação de áreas de risco de deslizamentos, considerando-se os condicionantes naturais e antrópicos.

Palavras-chave: Dinâmicas Superficiais, movimentos de massa, processos erosivos, Nordeste do Brasil.

Abstract

The present research aims to describe and account for official cases recognized by the integrated system of information on disasters and the Brazilian atlas of natural disasters related to events of mass movement and erosion occurred in the Northeast region of Brazil, as well as to analyze the main methods used for the evaluation of these phenomena (field techniques, laboratory and geoprocessing). According to the analysis of the data, it was verified that the states of Pernambuco and Bahia present the largest number of mass movement and erosion occurrences in the Northeast, being this fact related to the physical-natural conditions and the forms of surface occupation. In methodological terms, it is verified that in the Brazilian Northeast the analytical methodology is widely used in order to identify areas of risk of landslides, taking into account the natural and anthropogenic conditions.

Keywords: Surface dynamics, mass movements, erosion processes, northeastern Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa e os processos erosivos são fenômenos que estão relacionados à dinâmica superficial da paisagem natural terrestre. Os deslizamentos de terra são, assim como os processos de intemperismo e erosão, fenômenos naturais contínuos de dinâmica externa, que modelam a paisagem da superfície (FERNANDES; AMARAL, 2006).

Do ponto de vista conceitual, estes processos são fenômenos naturais que receberam variadas definições e classificações. No entanto, as propostas elaboradas por Augusto Filho (1992) e Fernandes e Amaral (1996) para os movimentos de massa; Lepsch (2002, 2010), Guerra et al. (2010) e Goudie (1990) para o processo de erosão, são as mais adotadas em caráter nacional. Com base em Augusto Filho (1992), os movimentos de massa são classificados em rastejo, escorregamentos, quedas e corridas. Os escorregamentos podem ocorrer de três modos, sendo eles os escorregamentos rotacionais, translacionais ou em cunha (FERNANDES; AMARAL, 1996).

O processo de erosão é definido como a remoção das partículas do solo das partes mais elevadas do relevo pela ação das águas da chuva e pela ação do vento, resultando no transporte e na deposição dessas partículas nas partes mais baixas do relevo, ou para o fundo dos lagos, rios e oceanos (LEPSCH, 2002). Com base em Lepsch (2010), o maior ou o menor grau de suscetibilidade que os solos apresentam frente a erosão está condicionado ao clima, a natureza do solo, a declividade do terreno e ao manejo do solo. Para Guerra et al. (2010), a erosão resulta, sobretudo, da ação da chuva (erosividade). Quando ocorre decorrente de ações humanas, o processo erosivo constitui um dos mais sérios impactos antrópicos causado ao meio ambiente, conforme Goudie (1990).

No Brasil, é comum a ocorrência de áreas de risco associadas a tais fenômenos em grandes cidades, incluindo as localizadas em regiões litorâneas, onde predominam, normalmente, relevos colinosos e/ou tabulares, além de um expansivo processo de urbanização (REDIVO et al., 2004; ZAIDAN; FERNANDES, 2009; VIEIRA et al., 2010; LISTO; VIEIRA, 2012).

A faixa litorânea da região Nordeste do Brasil se insere nesse contexto, sendo a Região Metropolitana de Recife, no estado de Pernambuco e a Região Metropolitana de Salvador, no estado da Bahia, aquelas que apresentam o maior número de registros de casos relacionados a eventos de movimentos de massa e de erosão (CEPED, 2012).

Essa situação reflete o modo como se deu o processo de urbanização em grande parte das cidades brasileiras, desconsiderando os aspectos físicos e os processos superficiais que caracterizam as diversas unidades de paisagem terrestres. Jesus (2004) classifica os cortes, aterros, erosão e assoreamento como feições do modelado antrópico resultantes do processo de urbanização como fatores potenciais de risco geomorfológico, na medida em que modificam e alteram a estabilidade dos terrenos ao longo do tempo.

As características socioeconômicas da população são um importante fator a ser considerado, pois os impactos gerados à paisagem, bem como os reflexos destes sobre a sociedade irão variar de acordo com o grau de desenvolvimento social e econômico. A ocupação rápida e inadequada do espaço urbano tem levado a população desprovida de poder econômico a ocupar áreas consideradas de risco, sobretudo as áreas susceptíveis aos processos de movimento de massa e de erosão, como as encostas e os fundos de vale, provocando, assim, a ocorrência de diversos desastres de variadas proporções, resultando, frequentemente, na ocorrência de perdas humanas (VEYRET, 2007; LISTO e VIEIRA, 2012). Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo realizar um levantamento dos principais eventos de movimentos de massa e de erosão registrados na região Nordeste do Brasil, bem como descrever alguns procedimentos metodológicos adotados na avaliação destes processos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi realizado o levantamento e a captura de dados e informações públicas disponíveis em trabalhos acadêmicos diversos e no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2012) referentes a casos confirmados de movimentos de massa e de erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil.

Com relação à série temporal, foram obtidos dados de eventos de movimentos de massa e de erosão ocorridos entre os anos de 1980 e 2017 na região Nordeste. Também foram obtidos dados junto ao Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2012), que por sua vez apresenta um levantamento de todos os eventos de desastres naturais registrados entre os anos de 1991 a 2012 no Brasil. Tais dados foram classificados com base na classificação e na Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).

Foi realizada uma análise dos procedimentos metodológicos adotados em pesquisas acadêmicas pretéritas sobre movimentos de massa e erosão para a área de estudo. Desse modo, inicialmente, a pesquisa pautou-se na análise documental e na coleta de dados oficiais. Por fim, os dados obtidos foram organizados em tabelas e espacializados a partir da elaboração de mapa temático em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) desenvolvido a partir de base cartográfica disponibilizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), tais como *shapes* dos estados brasileiros e da região Nordeste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos na região Nordeste

Os casos de desastres naturais relacionados a eventos de movimentos de massa e erosão ocorridos na Região Nordeste oficialmente reconhecidos e registrados por órgãos públicos foram tabelados e são apresentados na Tabela 1 e na Figura 1. O sistema integrado de informações sobre desastres, organizado pelo Ministério da Integração Nacional por meio da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil disponibiliza dados de desastres naturais de diversas ordens ocorridos no Brasil.

Tabela 1: Registros de casos de erosão e movimento de massa por estado da região Nordeste do Brasil no período de 1980 a 2017.

ESTADOS DA REGIÃO NORDESTE	PB	PE	AL	SE	MA	RN	CE	PI	BA
EROSÃO (Nº DE OCORRÊNCIAS)	03	17	05	00	00	00	03	00	12
MOVIMENTOS DE MASSA (Nº DE OCORRÊNCIAS)	02	60	00	02	04	01	01	01	25
TOTAL DE EVENTOS DE EROSÃO PARA A REGIÃO NORDESTE								40	
TOTAL DE EVENTOS DE MOVIMENTOS DE MASSA PARA A REGIÃO NORDESTE								95	

Fonte: Adaptado de CEPED (2012) e Sistema Integrado de informações sobre desastres.

De modo geral, os estados de Pernambuco e da Bahia são os mais representativos quanto aos casos de processos erosivos e de movimentos de massa (Figura 1) no Nordeste. Juntos, os dois estados apresentaram 72,5% dos casos de erosão e 89,5% dos casos de movimento de massa de todos os eventos ocorridos para o período avaliado (Gráfico 1 e Gráfico 2) (CEPED, 2012). Tal fato se deve a conjugação de dois fatores, principalmente: as condições físicas-naturais (geologia, relevo e clima) e a maior concentração urbana nos dois estados associada a forma de ocupação da superfície. Conforme Brasil (2013), a maior frequência de casos ocorre entre os meses de abril e agosto, coincidindo com o período de maior pluviosidade.

O estado de Pernambuco registrou a maior ocorrência de eventos no período analisado, representando um total de 17 casos de erosão e 60 de movimentos de massa. No estado da Bahia, foram registrados 12 casos de erosão e 25 de movimentos de massa (CEPED, 2012). A Figuras 2 e a Figura 3 representam os eventos de movimentos de massa ocorridos nas cidades de Salvador e Recife,

nos anos de 2016 e 2017, respectivamente, na qual é comum a ocorrência destes processos em áreas densamente ocupadas e, em geral, com ausência de infraestrutura.

As formações geológicas das áreas de “morros” localizados na Região Metropolitana de Recife são constituídas de sedimentos arenoso-argilosos na zona norte e, por sedimentos arenosos na zona sul, ambos relativos aos sedimentos da Formação Barreiras. Esse aspecto favorece uma maior suscetibilidade a eventos de movimento de massa e menor suscetibilidade a erosão na zona norte, enquanto a zona sul apresenta alta suscetibilidade a movimentos de massa no município. Soma-se a esses fatores a ocupação inadequada nessas áreas, que por sua vez se deu inicialmente sobre as planícies, áreas altamente susceptíveis a enchentes e inundações (GUSMÃO FILHO, 1995; ALHEIROS et al., 1998).

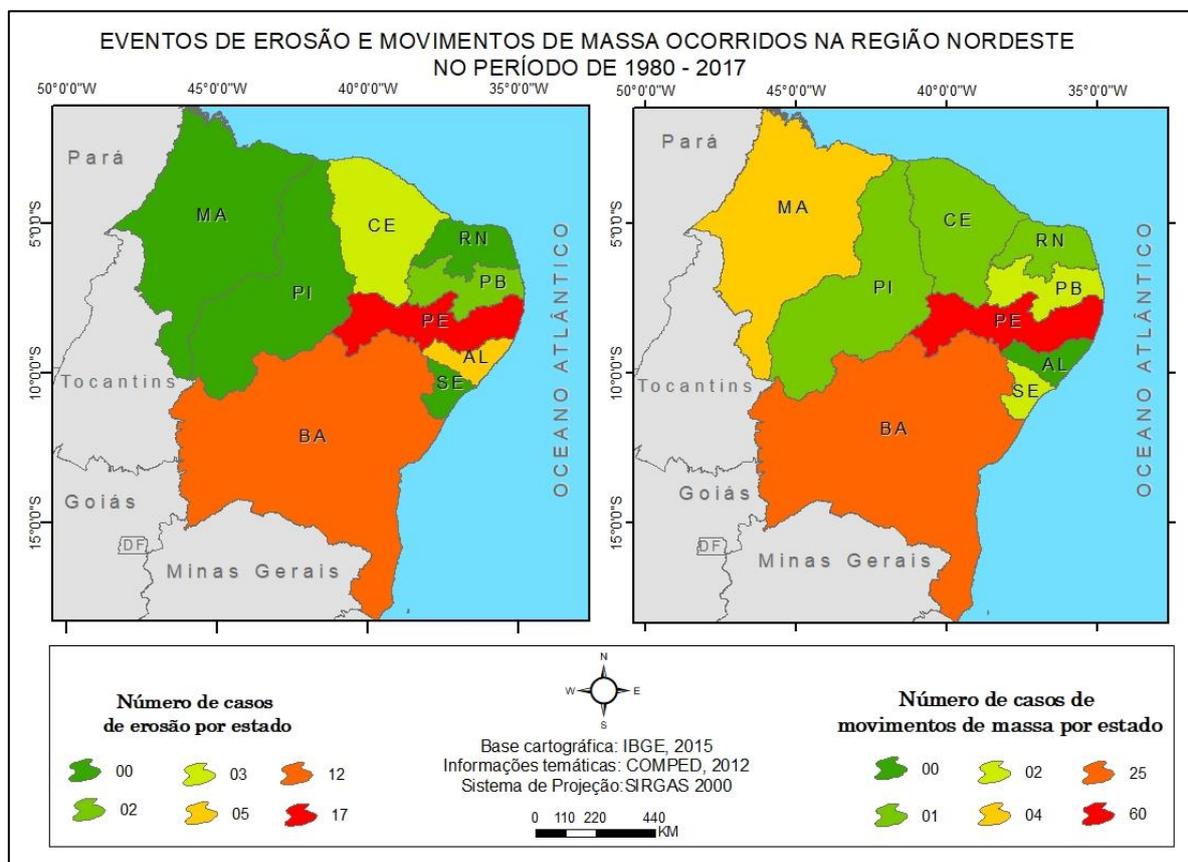


Figura 1: Total de eventos de movimento de massa e de erosão por estado da região Nordeste.

Fonte dos dados: CEPED (2012).

Devido aos recorrentes problemas relacionados a esses fenômenos, grande parte da população migrou para as áreas de morros no Recife a partir da década de 1940 (PONTUAL, 2001). Nesse caso, a ocupação dessas áreas promoveu cortes de talude, obstrução de drenagens, deposição de lixo e disposição de efluentes, resultando em desequilíbrios contínuos das encostas. Desse modo, os fatores antrópicos representam uma das principais causas do aumento de áreas de risco relacionadas a movimentos de massa e à erosão.



Figura 2: Deslizamento de terra ocorrido na cidade de Salvador (BA) em abril de 2016. **Fonte:** Portal G1. Acesso em 11/04/2018.



Figura 3: Deslizamento de terra na zona norte da cidade de Recife em junho de 2017. **Fonte:** JC Imagem. Acesso em 11/04/2018.

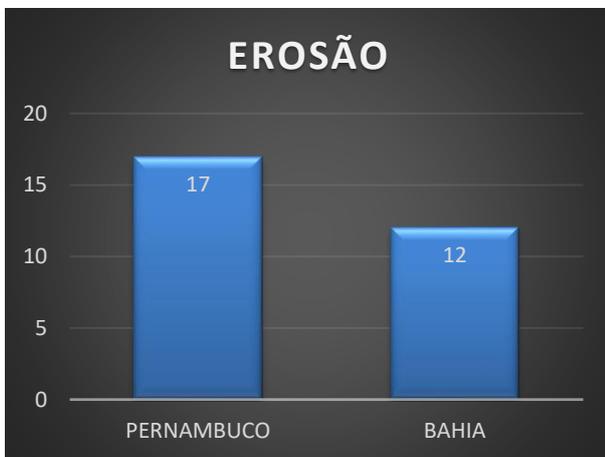


Gráfico 1: Total de casos de erosão registrados nos estados de Pernambuco e da Bahia no período de 1980 a 2017. Fonte dos dados: CEPED (2012).

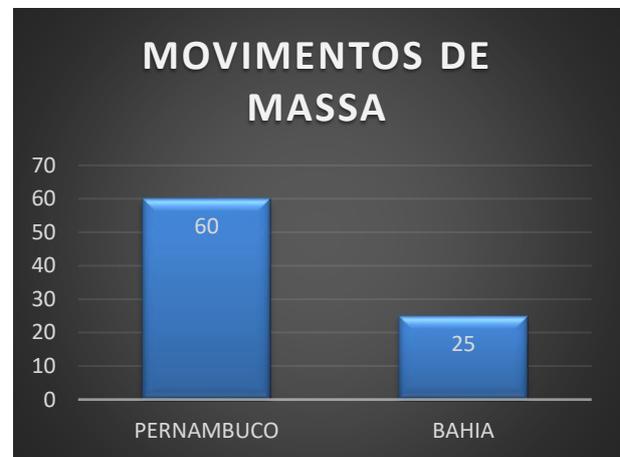


Gráfico 2: Total de casos de movimentos de massa registrados nos estados de Pernambuco e da Bahia no período de 1980 a 2017. Fonte dos dados: CEPED (2012).

Além dos fatores supracitados, o estado de Pernambuco possui em suas características climáticas, fatores potencializadores ou até mesmo deflagradores de situações de risco, cujas isoeitas anuais chegam a 2.000 mm. O principal sistema atmosférico que favorece a formação de chuvas intensas e recorrentes no litoral leste da região Nordeste, onde está inserida a Região Metropolitana de Recife, são os Distúrbios Ondulatórios de Leste, ou Ondas de Leste, os quais se caracterizam por uma perturbação barométrica no campo de propagação dos ventos alísios, se deslocando do oceano para o continente (FERREIRA; MELO, 2005). Os meses de maio, junho e julho são os mais representativos quanto aos totais pluviométricos, chovendo em média 288 mm, podendo ocorrer nesse período precipitações acumuladas acima de 100 mm num período de 24h (FERREIRA, 2016).

De igual modo, no estado da Bahia a ocupação inadequada da superfície associada as condições naturais representam o principal fator para deflagração de eventos erosivos e de movimentos de massa. O processo de ocupação da cidade de Salvador se deu inicialmente no cume

dos morros e nas áreas de encosta, promovendo fortes alterações na superfície, representada pelos cortes, aterros e retirada da vegetação original para construção de habitações.

Atualmente, essas áreas estão ocupadas por população de baixa renda e os riscos são potencializados quando a ocupação ocorre na zona de falha de Salvador, uma vez que essa estrutura apresenta fissuras e diáclases que cortam o subsolo em várias direções e formam inúmeras escarpas (GONZAGA; MATTOS, 2010). Segundo os mesmos autores, nos meses de abril, maio e junho o quantitativo pluviométrico varia em média entre 251 mm e 325 mm, representando o período de maior suscetibilidade a ocorrência de desastres relacionados a movimentos de massa e à erosão, devido às fortes precipitações associadas a um uso da terra inadequado.

No estado do Maranhão existem apenas 04 registros oficiais de movimentos de massa no período analisado, registrados nos municípios de Buriticupu e Jenipapo dos Vieiras. Tais municípios estão inseridos em um contexto geomorfológico dominado por chapadões, chapadas e cuestras. Nesses casos, os movimentos de massas foram deflagrados pela concentração de chuvas nos primeiros meses do ano (BRASIL, 2013).

De acordo com os dados oficiais do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPEDE, 2012), apenas um único registro de movimento de massa no estado do Ceará foi contabilizado e está relacionado a ruptura de dois açudes (Santo Antônio e José Alberto), decorrente da ocorrência de fortes chuvas em maio de 2012. Tal evento causou apenas danos materiais, uma vez que o momento da ruptura dos açudes se deu nas primeiras horas da manhã. Os casos relacionados a erosão registram apenas 03 episódios no mesmo período, ocorridos no município de Aracati, em 2011, relacionado a um evento de alta precipitação (CEPED, 2012).

O estado da Paraíba apresenta apenas 02 registros oficiais de casos de movimento de massa e 03 casos de erosão ocorridos nas cidades de Bananeiras e Alhandra, conforme a base de dados consultada (CEPED, 2012). Na cidade de João Pessoa, onde se encontra a maior concentração urbana do estado, o relevo tabular apresenta cotas altimétricas máximas variando entre 49 m e 77 m, pouco dissecado, representando uma área de altitude relativamente baixa. A baixa energia do relevo característico da cidade é resultado do forte controle estrutural atuante nos Tabuleiros Litorâneos do estado da Paraíba (FURRIER, 2006). Além desse aspecto, o contexto sedimentar formado por solos argilosos bastante espessos e de baixa permeabilidade oriundos dos sedimentos argilo-arenosos da Formação Barreiras, sobretudo nos tabuleiros litorâneos, recobertos originalmente por vegetação natural, garante certa estabilidade dos solos frente aos processos geomorfológicos de maior poder erosivo e de movimentos de massa.

O risco associado a movimentos de massa e a processos erosivos mais acentuados em João Pessoa está relacionado ao desencadeamento de processos geomorfológicos a partir da ação antrópica, notadamente o desmatamento e a introdução de fluxos concentrados a partir da destinação de esgotos

nas áreas mais declivosas, representadas pelas áreas de cabeceiras dos rios, onde o relevo apresenta maior grau de declividade e nas encostas das falésias inativas que limitam os tabuleiros litorâneos e a planície costeira (Figura 4, Figura 5 e Figura 6) (SANTOS, 2016; VITAL et al., 2016).



Figura 4: Cicatriz de deslizamento na comunidade do Timbó em encosta localizada no alto curso fluvial do rio Timbó. **Fonte:** Defesa civil de João Pessoa.



Figura 5: Deslizamento de terra ocorrido em setembro de 2013 em falésia inativa localizada na rodovia federal, BR 230, João Pessoa/PB. **Fonte:** Portal G1. Acesso em 11/04/2018.



Figura 6: Processo erosivo associado a concentração de fluxo pluvial em encosta no alto curso fluvial do rio Jaguaribe, localizado no bairro de Cruz das Armas, João Pessoa/PB. **Fonte:** Vital et al. (2016).

No estado do Rio Grande do Norte, houve registro de apenas 01 caso de movimento de massa ocorrido em junho de 2014 no bairro Mãe Luíza, cidade de Natal (Figura 7 e Figura 8). A deflagração desse evento está relacionada a conjugação de três fatores: as modificações das condições geotécnicas naturais do relevo (Duna) impetradas pelo processo de ocupação da área (problemas estruturais e entupimento das drenagens pluviais); às características do relevo (alta declividade e alta permeabilidade) e a ocorrência de elevados índices pluviométricos concentrados em 48h, representando um quantitativo maior do que o esperado para todo o mês (BELTRÃO et al., 2015).



Figura 7: Movimento de massa no Bairro Mãe Luíza, Cidade de Natal/RN ocorrido em junho de 2014. **Fonte:** Portal G1. Acesso em 11/04/20018.



Figura 8: Movimento de massa na Cidade de Natal/RN ocorrido em junho de 2014. **Fonte:** Portal G1. Acesso em 11/04/20018.

O estado de Sergipe apresenta 02 registros de casos de movimentos de massa, ocorridos nos municípios de Capela e Estância. Nos dois casos os eventos foram deflagrados por ocasião de fortes chuvas, resultando na destruição de pontes e moradias. No estado do Piauí, foi registrado apenas um caso de movimento de massa ocorrido no ano de 1999. Na ocasião, o movimento de massa foi provocado pelo processo de subsidência/colapso do solo decorrente de escavação para construção de obras de engenharia na cidade de Teresina. O evento não gerou vítimas fatais.

3.2. Métodos e técnicas aplicadas em estudos de áreas susceptíveis a movimentos de massa: modelos matemáticos e estatísticos

O uso de modelos matemáticos aplicados aos estudos de áreas instáveis susceptíveis a movimentos de massa figura como um efetivo instrumento metodológico, de fácil acesso e baixo custo, além da possibilidade de obtenção de resultados confiáveis e precisos. No Brasil, estudos pioneiros utilizando tais métodos foram realizados por Ramos et al. (2002); Guimarães et al. (2003); Fernandes et al. (2004); Redivo et al. (2004); Gomes (2006); Zaidan e Fernandes (2009), Vieira et al. (2010); Listo e Vieira (2012), Michel et al. (2014), entre outros.

Os modelos matemáticos baseiam-se em equações físicas, tendo como principal vantagem a não necessidade de incorporação de eventos pretéritos em sua análise, como ocorre no caso dos métodos determinísticos (LISTO, 2016). Simões et al. (2016) classifica os modelos matemáticos em modelos de análise regional (ex. SHALSTAB, SINMAP E TRIGS) e modelos de análise local (ex. GeoStudio).

O modelo SHALSTAB (*Shallow Landsliding Stability Model*) consiste numa representação da suscetibilidade a ocorrência de escorregamentos translacionais rasos, baseando-se na análise do grau de saturação do solo necessário para ocorrer a desestabilização da encosta (MICHEL et al., 2012). Esse modelo foi desenvolvido inicialmente por trabalhos de Dietrich et al. (1993, 1995), Montgomery e Dietrich (1994) e Dietrich e Montgomery (1998) nos Estados Unidos. Conforme análises de Ramos et al. (2002) e Vieira e Martins (2016), o modelo SHALSTAB apresenta forte potencial no que se refere à possibilidade de mensurar diversos fatores condicionantes para ocorrência de movimentos translacionais rasos, sendo eles a coesão dos solos, o fluxo de água e o grau de inclinação das encostas, diminuindo a subjetividade do processo de determinação dos locais de instabilidade. Os fatores limitantes a aplicação desse modelo consiste basicamente na qualidade dos dados disponíveis, na impossibilidade de representar matematicamente alguns aspectos físicos, entre outros (VIEIRA; MARTINS, 2016).

Mais recentemente, o modelo SHALSTAB passou por atualizações em sua rotina automatizada, a exemplo da criação da ferramenta ASA (*Automatic SHALSTAB Analysis*), desenvolvida por Sbroglia et al. (2017), que permite utilizar o modelo diretamente no *software* ArcGIS a partir de rotina inserida na caixa de ferramentas (*ArcToolbox*) do referido *software*. Além disso, tal ferramenta permitiu a espacialização dos parâmetros físicos dos solos a partir de ferramentas de Geoestatística (ex. coesão, ângulo de atrito, entre outros) das áreas de aplicação possibilitando sua utilização em escalas menores, inclusive para fins de planejamento regional. Estudos realizados no Nordeste com a aplicação desta nova ferramenta (ex. BISPO et al., no prelo que utilizaram o modelo na Chapada do Araripe/CE) já obtiveram resultados com sucesso na medida em que as áreas previstas como instáveis se localizaram nas áreas de maior ocorrência de cicatrizes de escorregamentos. Nesse sentido, esta ferramenta permitiu melhorar uma das principais limitações do modelo, como por exemplo, a necessidade de utilização de áreas de estudo pequenas (grandes escalas) em função da variabilidade pedológica das encostas.

O SINMAP (*Stability Index Mapping*) é um modelo matemático que classifica a estabilidade do terreno utilizando, em linhas gerais, a variação da declividade e parâmetros ligados a pluviosidade e a pedologia, combinando o modelo de estabilidade do talude infinito e o modelo hidrológico de estado uniforme para determinação de estabilidade (PACK et al., 2005). Junior et al. (2015) transcreveram o código fonte do modelo SINMAP para a plataforma TerraMA2, obtendo dados mais

precisos em comparação ao sistema original. A interação do modelo com o sistema possibilitou a execução do monitoramento em tempo real de áreas susceptíveis a movimento de massa, sendo possível inserir dados dinâmicos, atualizados de acordo com as condições geoambientais variantes em menor escala de tempo.

Em comparação aos modelos SHALSTAB e SINMAP, o modelo TRIGS (*Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model*) é aquele que se apresenta mais complexo devido a maior quantidade de dados de entrada e parâmetros topográficos, pedológicos, hidrológicos e pluviométricos necessários para a modelagem da estabilidade de encostas. O modelo analisa mudanças na carga de pressão durante um evento pluviométrico, associando um modelo hidrológico e um modelo de estabilidade, ou seja, calcula a estabilidade de encostas por meio de combinações de estabilidade e análises hidrológicas de maneira transiente (BAUM et al., 2002).

Diferente dos modelos apresentados anteriormente, o modelo GeoStudio atua em escala de detalhe (local), permitindo analisar diferentes fatores na deflagração de eventos de movimento de massa, sendo eles: indutores antrópicos (ex. a sobrecarga no solo); análise do fluxo no interior do solo (influência da infiltração da chuva); além da análise da estabilidade da encosta, em diferentes tipos de solos (SIMÕES et al., 2016).

Diversos trabalhos têm atestado a eficiência desses modelos em estudos de áreas susceptíveis a eventos de movimentos de massa (RAMOS et al., 2002; VIEIRA et al., 2010; LISTO; VIEIRA, 2012; MICHEL et al., 2014; SOARES e SOUZA, 2014; JUNIOR et al., 2015). Sendo assim, cabe ao pesquisador, ou a possíveis esferas administrativas, utilizar a metodologia mais adequada a área de estudo de interesse.

3.3. Suscetibilidade e risco a movimentos de massa e erosão no Nordeste brasileiro: técnicas aplicadas

Estudando a vertente úmida do maciço de Uruburetama, no estado do Ceará, Nordeste brasileiro, Lima et al. (2015) partiram de uma análise morfodinâmica, considerando aspectos como geologia, geomorfologia, clima e o uso ocupação da terra. Desse modo, foram considerados os fenômenos naturais potencializados pelas atividades humanas, que nesse caso são representadas pelas atividades agrícolas e pela construção de estradas. O controle estrutural (geologia) associado aos eventos pluviométricos (clima) e ao desenvolvimentos das atividades agrícolas (atividades humanas) representam o principal fator para ocorrência de movimentos de massa, que são classificados em dois tipos: translacionais rasos, associados a remoção da cobertura vegetal original para implantação de culturas agrícolas, aos cortes de estradas realizados na base da encosta e a saturação hídrica dos solos

nos anos em que a precipitação ocorre de modo regular; e as quedas de bloco, como resultado das obras de construção de estradas, que podem se desprenderem em períodos mais chuvosos.

A metodologia utilizada na referida pesquisa foi fundamentada em técnicas de geoprocessamento, utilizando-se cartas topográficas, imagens de satélite e imagens do radar SRTM para elaboração de Modelo Digital do Terreno, mapa hipsométrico e mapa de cobertura do solo. As cicatrizes de deslizamentos de terra foram identificadas em campo e localizadas com auxílio de GPS. O produto da pesquisa foi a elaboração de um mapa da distribuição espacial dos movimentos de massa na vertente úmida de Serra de Uruburetama, onde foi possível identificar por meio de coordenadas geográficas a localização das cicatrizes de deslizamentos e os locais mais susceptíveis aos eventos de movimentos de massa, sobrepostos ao mapa hipsométrico.

Para mapear as áreas de exposição ao risco de deslizamento de terra na comunidade São José do Jacó, na cidade de Natal, estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, Silva et al (2015) fundamentou sua pesquisa na metodologia analítica desenvolvida por Guerra (2009). O mesmo procedimento metodológico foi adotado por Macedo (2015), em estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental no Bairro Mãe Luiza, localizado na mesma cidade. A identificação de áreas de risco de deslizamentos de terra é resultado da análise de fatores de vulnerabilidade e de suscetibilidade que são determinados a partir da influência de condicionantes antrópicos e naturais, respectivamente.

Os fatores de risco são classificados a partir de uma escala de níveis que varia de 1 (baixo risco) a 5 (alto risco). A determinação desses valores é realizada em campo, por meio de visita técnicas, utilizando-se uma tabela contendo os fatores a serem analisados, conforme a Tabela 2. Posteriormente é feita a média aritmética desses valores, chegando-se a classificação da área em risco muito alto (valores variando entre 4,1 a 5), alto (valores variando entre 3,1 a 4), médio (valores variando entre 2,1 a 3) e baixo (valores variando entre 1 a 2).

Para a aplicação da metodologia apresentada em Guerra (2009) é necessário a adequação de tais fatores ao contexto social e as características físico-naturais predominantes na área a ser estudada, tendo em vista que esse procedimento foi desenvolvido e aplicado especificamente para o contexto socioambiental da região serrana do estado do Rio de Janeiro – Brasil. Além desse aspecto, a experiência e a acurácia do pesquisador torna-se um fator bastante relevante na obtenção dos resultados, sendo este o responsável pela indicação dos pesos para cada fator considerado, podendo, desse modo, ser possível a obtenção de resultados variados, a depender, por exemplo, da experiência do pesquisador.

Tabela 2: Fatores de vulnerabilidade a deslizamentos.

Fatores de Vulnerabilidade para Deslizamento de Terra	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Declividade (medida em graus)	1° - 10°	11° - 20°	21° - 30°	31° - 40°	Acima de 40°
Drenagem natural (quantidade de canais)	Locais que não recebem contribuição de canais de drenagem	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Locais que não recebem contribuição de canais de drenagem maior e com surgência de água	Local situado nos flancos dos canais de drenagem	Local situado dentro de um canal de drenagem (de primeira ordem)
Rede de esgoto sanitário	Rede de esgoto de boa qualidade e bem distribuída espacialmente	Rede de esgoto com problemas de vazamento	Presença de fossa e rede de esgoto com vazamento	80% fossa e/ou sumidouro	Presença de valas a céu aberto
Rede de águas pluviais	Rede de águas pluviais com um grande número de bueiros/canaletas, com boa distribuição espacial e limpos	Rede de águas pluviais com quantidade razoável de bueiros/canaletas com distribuição espacial regular	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos que não são suficientes para a vazão da água	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos e frequentemente entupidos e/ou canaletas quebradas	Ausência de bueiros/canaletas, canaletas quebradas e/ou canaletas com destino final na própria encosta
Abastecimento de água	Ótima qualidade das tubulações e ausência de Vazamentos	Baixo nível de vazamento e em poucos lugares	Médio nível de vazamentos e bem espalhados pela região	Alto nível de vazamentos das tubulações distribuídas por toda a área	Ausência total de abastecimento de água oficial
Lançamento de detritos (lixo/entulho)	Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequenas quantidades de detrito (espessura de até 0,50m) localizada em poucos lugares	Presença de razoável quantidade de detritos (espessura acima de 0,50m) distribuídas ao redor da ocorrência	Presença de grandes quantidades de detritos (espessura acima de 1,0m) jogados a intervalos regulares e nos mesmos locais	Presença de grandes quantidades de detritos (espessura acima de 1,0m) despejados frequentemente ao redor da ocorrência e nos mesmos locais
Existência de cortes e/ou aterros	Ausência de cortes e/ou aterros	Cortes e/ou aterros pequenos (até 1,50m) em pouca quantidade e com contenções	Cortes e/ou aterros maiores que o anterior em tamanho (acima de 1,50m) e em quantidade e com contenções	(Até 1,50m) e sem contenções.	Maiores que o anterior (acima de 1,50m) e sem contenções
Cobertura vegetal	Floresta densa e estabilizada	Árvores de médio porte e bem concentradas	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas	Gramíneas capins e/ou arbustos	Solo exposto
Existência de matacões (superficiais)	Não há matacões ao longo da encosta	Presença de pequenos matacões e de pequeno tamanho	Presença de matacões de porte médio, em quantidade pequena e concentrados em poucos locais e parcialmente enterrados	Presença de matacões de porte médio, em grande quantidade simplesmente apoiados no terreno em posição mediana desfavorável	Presença de matacões grandes, em grande número e em posições bastante desfavoráveis
Aspectos lito-estruturais	Rocha sã, sem aspectos de fraturas ou rupturas	Rocha com poucas fraturas localizadas, sem risco aparente de queda de blocos	Rocha com presença de fraturas localizadas e com aparência de risco moderado de queda de blocos	Rocha moderadamente fraturada com grande risco de queda de lascas/blocos	Rocha extremamente fraturada com alto risco de queda de lascas/blocos
Qualidade estrutural das moradias	Casas revestidas com bom aspecto e utilização de materiais de construção de boa qualidade, fundação em material estável, longe da crista e base de taludes	Casas de alvenaria com ou sem revestimento, com fundação em material estável e estrutura deficiente	Casas de alvenaria com fundação e estrutura deficientes, com presença de rachaduras	Casas de alvenaria sem fundação, sem calha, estrutura deficiente, com presença de rachaduras	Casas de alvenaria sem fundação e sem estrutura ou de madeira, com rachaduras e presença de afundamento do solo em alguns locais próximos à casa
Impermeabilização da encosta (% de ocupação de casas e vias públicas)	0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima de 45%
Existência de acesso de pedestres e viários sem pavimentação (% de ruas não calçadas)	0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima de 45%

Aspectos geotécnicos	Solo residual sem indícios de processo erosivo ou cicatrizes de deslizamentos	Colúvio sem sinais de rastejo e/ou solo residual	Colúvio com pequenos sinais de rastejo ou solo residual com sulcos e/ou algumas cicatrizes de deslizamento	Colúvio com sinais de rastejo ou solo residual com ravinas e/ou quantidade média de cicatrizes de deslizamentos; presença de trincas no solo	Colúvio com sinais de rastejo e muitas trincas; contato abrupto solo-rocha e solo residual com voçoroca
Densidade de ocupação da encosta (%)	0 a 15%	16 a 30%	31 a 50%	51 a 60%	Acima de 60%

Fonte: GUERRA (2009). Adaptado por MACEDO (2015).

Silva e Furrier (2017) realizaram uma análise dos tipos de risco para cidade de João Pessoa - PB, dentre esses aspectos abordaram o risco de movimentos de massa. O critério utilizado restringiu-se ao fator declividade, que nesse caso, os autores associaram ao uso e a ocupação do solo. Também foi aplicada a classificação das encostas propostas pela CPRM, contida em Brasil (2013). Desse modo, as encostas que apresentavam significativas evidências de instabilidade, como trincas no solo e degraus de abatimento, por exemplo, foram classificadas como área de alto risco de movimentos de massa. Nas áreas onde podiam ser observadas trincas no solo, degraus de abatimento, trincas nas residências, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento e feições erosivas, foram classificadas como áreas de risco muito alto para movimentos de massa.

Outra vertente metodológica bastante utilizada em estudos de erosão e movimentos de massa desenvolvidos na região Nordeste está fundamenta na sobreposição de mapas temáticos, que em sua maioria representam fatores como a geologia, solos, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, clima e elementos geomorfológicos, como a declividade e a orientação de encostas. Além destes, dados referentes a topografia extraídos de cartas topográficas e de imagens de satélite e de radar, como o SRTM, são bastante utilizados. De modo geral, são atribuídos pesos a esses dados que posteriormente são sobrepostos ou submetidos a uma álgebra de mapas por meio da elaboração de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Vital et al. (2016) analisou as áreas susceptíveis a erosão e a movimentos de massa no município de João Pessoa – Paraíba, Nordeste do Brasil, a partir de uma base cartográfica digital, sobrepondo elementos morfopedológicos aos tipos de cobertura do solo (Figura 9). Para tanto, foram produzidos mapas temáticos, a quais foram atribuídos pesos com base no grau de importância de cada uma das variáveis apresentadas para a ocorrência dos processos analisados, de modo que a soma dos valores obtenha valor total igual a 1.

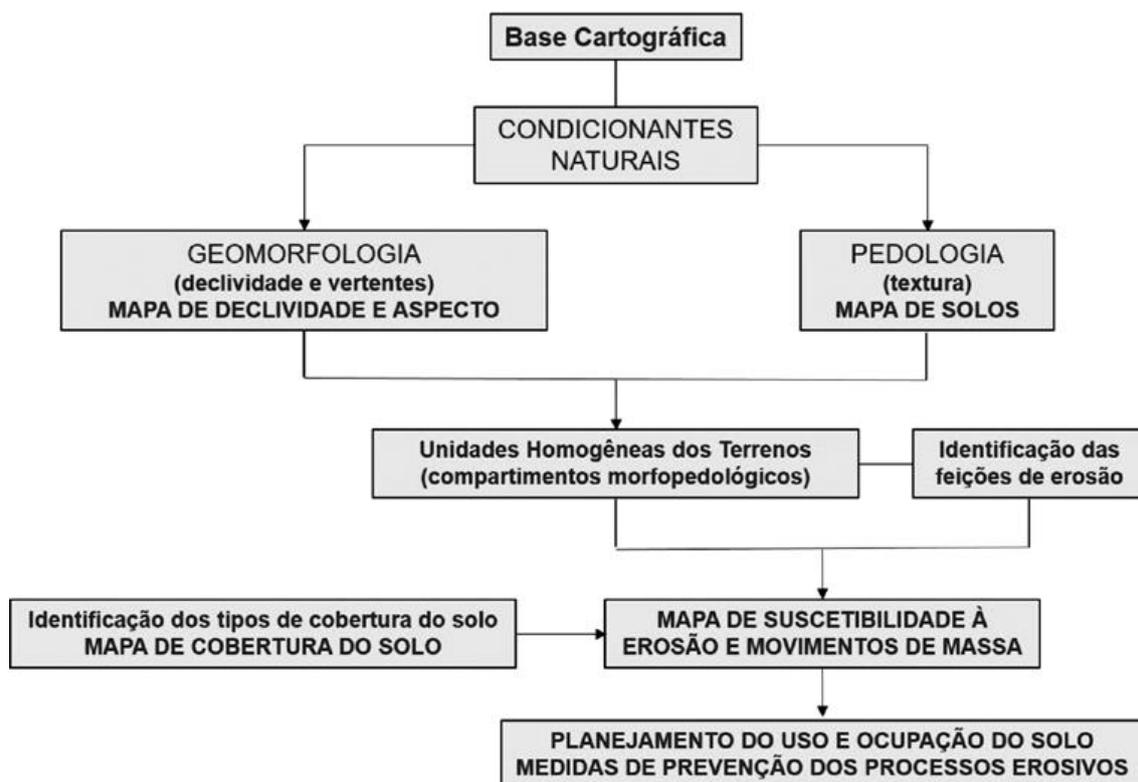


Figura 9: Organograma representando a metodologia adotada por Vital et al. (2016)

Fonte: Vital et al. (2016) adaptado de Macedo (2001).

Farias et al. (2010) para realizar a análise da vulnerabilidade a erosão na bacia do rio Capibaribe, Recife – PE, Nordeste do Brasil, utilizou-se da análise multicritério, fundamentada em Ross (1994), que considera as relações de dependência entre diversas variáveis, sendo elas: declividade, intensidade pluviométrica, cobertura vegetal e tipos de solo. Na ocasião, as informações foram obtidas a partir das seguintes fontes: Radar (SRTM), de onde é possível elaborar o MNT (Modelo Numérico do Terreno) para obtenção dos dados de declividade; pluviômetros distribuídos, por toda a extensão da bacia, para obtenção dos dados pluviométricos; Imagem do satélite *Landsat 5*, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para obter dados referentes a cobertura vegetal e mapas de solo, disponibilizado pela Embrapa.

Do mesmo modo, Ferreira (2008) investigando as áreas potenciais a vulnerabilidade a erosão na bacia do rio Botafogo, estado de Pernambuco, utilizou a sobreposição de fatores que influenciam na deflagração de processos erosivos, por meio da atribuição de pesos a cada elemento, e por fim, calculando a média ponderada dos valores de cada fator. A adoção desse procedimento metodológico necessita de adequações, a depender da área onde será aplicada, considerando-se que os pesos atribuídos para cada classe analisada irão variar de acordo com as características físico-ambientais e antrópicas de cada área.

Em Azambuja e Corrêa (2015) é descrito um procedimento metodológico para o estudo de áreas susceptíveis a erosão que parte da elaboração de um mapa morfodinâmico do município de

Garanhuns, Agreste Pernambucano. A elaboração desse mapa ocorreu a partir de dados digitais, como imagens do radar SRTM, imagens de satélite de diferentes anos disponibilizadas pelo *Google Earth*, mapa de geologia e hidrografia da área, além de dados climáticos de períodos distintos. A reunião desses dados permitiu a criação de um sistema de informação geográfica (SIG) o qual foi aplicado o método de análise ecodinâmica proposta por Tricart (1977) e a técnica de obtenção do grau de fragilidade da paisagem propostas por Ross (2005).

A análise desses dados indicou as áreas com maior suscetibilidade a erosão, associadas também a trabalhos *in loco*. Em campo, o procedimento metodológico indica a observação e a descrição do comportamento geomorfológico nas áreas selecionadas, caracterização dos depósitos recentes de encosta e da relação da geometria do relevo e os processos erosivos, bem como a descrição de processos erosivos provocados por intervenção antrópica. A última etapa consiste na coleta de amostras dos depósitos para análise em laboratório (granulometria, morfoscopia, análise geoquímica e mineralogia das argilas) a fim de interpretar os dados sedimentológicos produzidos em eventos recentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise de estudos referentes aos eventos de movimentos de massas e processos erosivos ocorridos na região Nordeste do Brasil verificou-se que os procedimentos metodológicos adotadas nesse campo de pesquisa aplicados nessa região estão fundamentados, sobretudo, em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, bem como na visualização/descrição *in loco*, nesse caso, apoiada em cadernetas e fichas de campo, elaboradas por instituições públicas atuantes nessa área de pesquisa, ou pelos próprios autores.

De modo geral, o procedimento metodológico adotado sempre parte do reconhecimento da dinâmica natural (geologia, geomorfologia e clima) associada ao tipo de cobertura do solo e à dinâmica antrópica. Esses dados são obtidos em imagens de satélite, sensor remoto (SRTM) e cartas topográficas. Posteriormente, são trabalhados em ambiente SIG, e quase sempre são sobrepostos, resultando na confecção de mapas de risco, suscetibilidade, vulnerabilidade e ocorrência de eventos.

A adoção de fórmulas matemáticas (ex. álgebra de mapas) representa outro aspecto presente nos trabalhos analisados, onde são adotados pesos para cada aspecto abordado, correspondendo à sua maior ou menor influência para ocorrência de eventos de erosão e movimento de massa. O cálculo dessas fórmulas é realizado por ferramentas e/ou extensões disponibilizadas pelos diversos programas de geoprocessamento. No entanto, a técnica e acurácia do pesquisador são de fundamental importância, uma vez que ele é o responsável pela adoção dos respectivos pesos adotados para cada elemento analisado, bem como pela formulação da fórmula utilizada.

Outro aspecto metodológico adotada nos trabalhos analisados é a verificação de campo, orientadas por fichas, elaboradas previamente, contendo aspectos a serem avaliados para determinar o tipo e o grau de risco que uma determinada área apresenta.

Em caráter comparativo, ressalta-se que, em trabalhos desenvolvidos para áreas das regiões Sul e Sudeste do Brasil, bem como em países desenvolvidos, observa-se a tendência de adoção de técnicas preventivas e de monitoramento de áreas, como a construção de um Sistema de Informação Geográfica, com o qual é possível criar cenários de situações de risco mediante a atuação de sistemas atmosféricos, por exemplo. O fato dessas áreas apresentarem forte tendência à ocorrência de eventos de escorregamentos em encosta e de áreas de risco de modo geral, haja vista seus condicionantes naturais, bem como um maior adensamento populacional, pode explicar o melhor desenvolvimento das técnicas aplicadas a esses estudos.

Na região Nordeste, os eventos de movimento de massa e erosão ocorrem em maior número nas cidades de Recife (PE) e de Salvador (BA), uma vez que apresentam condições naturais e urbanas fortemente favoráveis. As demais localidades apresentam casos pontuais, mas que também causam danos à população, bem como perdas materiais.

Desse modo, observou-se que até o presente momento, as metodologias que consideram a sobreposição de mapas temáticos em Sistemas de Informação Geográficas (SIG) são ainda as que mais se destacam nas pesquisas que envolvem processos de dinâmica superficial (movimentos de massa e processos erosivos) no nordeste brasileiro. No entanto, demais metodologias (ex. aplicação de modelos matemáticos em bases físicas) também estão começando a serem aplicadas para a região; aumentando a possibilidade de novos resultados visando o melhor planejamento urbano para o Nordeste Brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M. M. LIMA FILHO, M. F. MONTEIRO, F. A. J. OLIVEIRA FILHO, J. S. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belém, 1998. **Anais...** Belém, 1998.

AZAMBUJA, R. N. CORRÊA, A. C. B. Geomorfologia e áreas de expansão urbana do município de Garanhuns – PE: uma abordagem espaço-temporal dos eventos morfodinâmicos para o planejamento territorial. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 202-233, 2015.

BAUM, R. L. SAVAGE, W. Z. GODT, J. W. TRIGRS: A Fortran Program for Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis. Colorado: **USGS**, 2002.

BISPO, C. O. LISTO, F. L. R. SILVA, D. G. Previsão de escorregamentos rasos a partir do modelo SHALSTAB na borda oriental da Chapada do Araripe. **REVISTA DE GEOGRAFIA (RECIFE)**, 2018 (no prelo).

BELO, M. Soterramentos matam 15 pessoas em Barro Branco e Marotinho. Portal G1 Bahia. Disponível em <<http://g1.globo.com/bahia/noticia/2016/04/temporal-que-provocou-15-mortes-em-salvador-completa-um-ano.html>> Acesso em 11 abr. 2018.

BELTRÃO, B. A. MELO, R. C. ELLDORF, B. SANOS, F. G. O desastre na comunicade Mãe Lúiza – Natal – RN: Fatores de desestabilização relacionados à ocupação antrópica desordenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15, 2015. **Anais...** Bento Gonçalves, 2015.

CLIMATE-DATA. ORG. Dados climáticos para cidades mundiais. 2017. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/location/5069/>> Acesso em 24 abr.2018.

COBRADE. Classificação e codificação brasileira de desastres. (2012). Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=2a09db34-e59a-4138b568-e1f00df81ead&groupId=185960>.Acesso em: 24 jun. 2017.

COMPDEC – JOÃO PESSOA. Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil. Acervo Fotográfico da Instituição, 2014.

DIETRICH, W. E. REISS, R. HSU, M. L. MONTGOMERY, D.R. A Process-Base Model for Colluvium Soil Depth and Shallow Landsliding Using Digital Elevation Data. **Hydrological Process**, v. 9, n. 3-4, p. 383-400, 1995.

DIETRICH, W. E., WILSON, C. J. MONTGOMERY, D. R., MCKEAN, J. Analysis of erosion thresholds, channel networks and landscape morphology using a digital terrain model. **Journal of Geology**, v.101, n.2, p. 259-278, 1993.

FARIAS, M. M. M. W. E. C., BELFORT, C. F. N. L. A. L., TRAVASSOS, N. L. M., BARBOSA, I. M. B. R., CARVALHO, V. S. Utilização de técnicas de geoprocessamento para a avaliação de vulnerabilidade a erosão na bacia hidrográfica do Capibaribe. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIA DA GEOINFORMAÇÃO, 3, Recife. p. 01-04. Recife, 2010.

FERNANDES, N. F. AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem Geológico-Geomorfológica. In: CUNHA, A. J. T. G. S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-194.

FERNANDES, N. F. AMARAL, C. P. Movimento de Massas: uma abordagem geológica-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 123-185.

FERNANDES, N. F. GUIMARAES, R. F. GOMES, R. A. T. VIEIRA, B. C. MONTGOMERY, D. R. GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **CATENA**, v.55, n.2. p. 163-181, 2004.

FERREIRA, A. G. MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, R. V. **Mapeamento geomorfológico e de processos erosivos da bacia hidrográfica do Rio Botafogo (PE) utilizando técnicas de geoprocessamento.** Universidade Federal de Pernambuco. 153f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFPE. Recife, 2008.

FERREIRA, F. F. Climatologia da precipitação na cidade do Recife. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 20, Foz do Iguaçu/PR, 2016. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2016.

GOMES, R. A. T. **Modelagem de previsão de movimentos de massa a partir da combinação de modelos de escorregamentos e corridas de massa.** 102f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

GONDIM, A. Deslizamento de barreira no Recife deixa duas pessoas mortas. Portal UOL/TV Jornal. Disponível em <<http://tvjornal.ne10.uol.com.br/noticia/ultimas/2017/05/31/deslizamento-de-barreira-no-recife-deixa-duas-pessoas-mortas-31069.php>> Acesso em 11/04/2018.

GONZAGA, C. S. MATTOS, E. F. O. **O efeito da chuva nos taludes de Salvador.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2010.

GOUDIE, A. **O impacto humano sobre o meio ambiente natural.** Basil Blackwell Ltd, 1990.

GUERRA, A. J. T. MENDONÇA, M. LOPES, P. LIMA. F. JORGE, M. C. O. MENDES, B. R. Criação de um sistema de previsão e alerta de riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, Bacia do Rio Piabanha (Afluente Do Paraíba Do Sul), Município de Petrópolis-RJ. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE, 2, Taubaté, 2009. **Anais...** Taubaté, 2009. p.09-11.

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

GUIMARÃES, R. F. MONTGOMERY, D. R. GREENBERG, H. M. FERNANDES, N. F. GOMES, R. A.T. CARVALHO JÚNIOR, O. A. Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro. **Engineering Geology**, v. 69, n. 1-2, p. 99-108, 2003.

GUSMÃO FILHO, J. A. A experiência em encostas ocupadas do Recife: integração técnica, institucional e comunitária. **Revista do Instituto Geológico**, volume especial, p.9-49, 1995.

JUNIOR, E. R. A. LOPES, E. S. S. CAMPANHA, V. Análise do índice de estabilidade de encostas a partir do modelo SINMAP e de dados pluviométricos obtidos por satélite: estudo de caso para o mega desastre de janeiro de 2011 no município de Nova Friburgo-RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17, João Pessoa-PB, 2015. **Anais...** Joao Pessoa, 2015.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LIMA, L. S. L. CORDEIRO, A. M. N. BASTOS, F. H. Agentes condicionantes e desencadeadores de movimentos gravitacionais de massa na vertente úmida do maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 08, n. 04, p. 1142-1157, 2015.

LISTO, F. L. R.; VIEIRA, B. C. Mapping of risk and susceptibility of shallow-landslide in the city of São Paulo, Brazil. **Geomorphology**, v. 169-170, p. 30-44, 2012.

LISTO, F. L. R. Modelos matemáticos aplicados à previsão de escorregamentos translacionais rasos: exemplos em áreas naturais e de risco. **Clio Arquelógica**, p. 91-114, 2016.

MACEDO, E. **Elaboração de cadastro de risco eminente relacionado a escorregamentos: avaliação considerando a experiência profissional**. Tese (doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro/SP, 2001.

MACEDO, Y. M. **Vulnerabilidade socioambiental no bairro de Mãe Luíza, Natal–RN/Brasil**. 175f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

MICHEL, G. P. KOBIYAMA, M. GOERL, R. F. Análise comparativa entre os modelos Shalstab e Sinmap na identificação de áreas susceptíveis a escorregamentos translacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS: ARTIGOS SELECIONADOS, Porto Alegre, 2012. **Anais...** ABRH: Porto Alegre, 2012. p. 209-225.

MONTGOMERY, D. R. Dietrich, W. E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, v. 30, n. 4, p. 1153–1171, 1994.

PAPARAZZO, W. Chuvas deixam pelo menos mil desabrigados em João Pessoa. Portal G1 Paraíba. Disponível em <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2013/09/chuvas-deixam-pelo-menos-mil-desabrigados-em-joao-pessoa.html>> Acesso em 11 de abril de 2018.

PACK, R. T. TARBOTON, D. G. GOODWIN, C. N. PRASA A. SINMAP 2. **A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping, technical description and users guide for version 2.0**. Utah State University. 2005. Disponível em: <<http://hydrology.usu.edu/sinmap2/sinmap2.PDF>>, acesso em: 19 de abril de 2018.

PONTUAL, V. Tempos do Recife: representações culturais e configurações urbanas. **Revista Brasileira de História**, v. 21, n. 42, p. 417-434. 2001.

RAMOS, V. M. GUIMARÃES, R. F. REDIVO, A. L. GOMES, R. A. T. FERNANDES, N. F. CARVALHO FILHO, O. A. Aplicação do modelo SHALSTAB em ambiente ArcView para o mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamentos rasos na região do Quadrilátero Ferrífero-MG. **Espaço e Geografia**, v. 5, n. 1, p. 49-57, 2002.

REDIVO, A. L., RAMOS, V. M., GUIMARÃES, R. F., JÚNIOR, O. A. D. C., GOMES, R. A. T. Determinação de áreas susceptíveis a escorregamentos na BR 256 no município de Ouro Preto-MG. **Ciência e Natura**, v. 26, p. 31-46, 2004.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 8.ed. São Paulo: Contexto, 2005.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs – RIMAs. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. (Org). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 291-334.

SANTOS, C. L. **Análise da suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe – João Pessoa/PB**. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Geografia/UFPE, Recife, 2016.

SBROGLIA, R. M.; PORATH, P. H. M.; HIGASHI, R. A. R.; OLIVEIRA, F. H. Mapeamento de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos Translacionais com o Uso da Ferramenta ASA - Automatic Shalstab Analysis. In.: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 12, Florianópolis, 2017. **Anais...** Florianópolis/SC, 2017.

SIMÕES, S. J. C. GOMES, L. MENDES, R. M. MENDES, T. S. G. SIG e modelos de escorregamentos: avaliando métodos para reduzir as incertezas de dados de solos e precipitação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, 1737–1746, 2016.

SOARES, F. L. SOUZA, M. J. **Análise de estabilidade de talude de área de risco no baixo Roger em João Pessoa/PB**. COBRAMSEG: Goiânia/GO, 2014.

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

VEYRET, V. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VIEIRA, B. C. FERNANDES, N. F. AUGUSTO FILHO, O. Shallow landslide prediction in the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 10, n. 9, p. 1829-837, 2010.

VIEIRA, B. C. MARTINS, T. D. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. GEOUSP: **Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 194-206, 2016.

VITAL, S. R. O. FERREIRA, B. GIRÃO, O. SANTOS, C. L. NUNES, F. C. SILVEIRA, T. A. Base cartográfica digital como instrumento para a identificação de áreas suscetíveis à erosão e movimentos de massa em João Pessoa (PB), Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 57, p. 261-287, 2016.

ZAIDAN, R. T. FERNANDES, N. F. Zoneamento de suscetibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do Córrego da Independência – Juiz de Fora (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 57-76, 2009.

Trabalho enviado em 03/05/2018
Trabalho aceito em 25/09/2018