

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 1

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Atena Editora
2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável /
Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

297 p. : 57.346 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 1)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-39-4

DOI 10.22533/at.ed.3940809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

Notícias como deslizamentos de encostas, regiões alagadas e ocupações irregulares sempre vêm à tona. E quando ocorrem, normalmente trazem junto a esses fatos, prejuízos econômicos e infelizmente anúncios relacionados à perda de vidas.

Alguns exemplos desses processos são recentes, como o caso do deslizamento de uma encosta em Angra dos Reis em 2010, onde houveram vítimas fatais, outro caso que chamou muito a atenção foi o rompimento, em 2015, de uma barragem de rejeitos no município de Mariana (Minas Gerais), bem como alagamentos em várias regiões brasileiras, são frequentemente divulgadas. Questões ambientais que ocorrem naturalmente, porém com o processo de ocupação irregular e degradação pela ação humana, os resultados nem sempre são positivos.

Os artigos aqui apresentados vêm ao encontro de muitos fatos ocorridos e que normalmente atribuímos apenas a questões ambientais. Porém, sabemos que não é bem assim! O deslizamento é um fenômeno comum, principalmente em áreas de relevo acidentado, as enchentes acontecem logo em seguida às chuvas intensas e em grandes períodos. Situações que há milhares de anos vem se repetindo, porém com o processo de urbanização, a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas irregulares, a contaminação do solo, a degradação do ambiente, entre vários outros pontos, acaba sendo intensificada pela constante alteração e ocupação desse espaço geográfico.

No primeiro volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”** são abordadas questões como: análise da suscetibilidade a deslizamentos, avaliação de cenários sob perigo geotécnico, ordenamento territorial, a importância de estudos específicos considerando as complexidades e diversidades dos diferentes contextos, análise do comportamento geomecânico dos maciços rochosos, caracterização química-mineralógica e da resistência ao cisalhamento, estudos de resistência do meio físico em busca de segurança de instalações e a utilização de software no dimensionamento geotécnico aplicado a fundações profundas.

Neste primeiro volume também são contemplados os seguintes temas: análise da evolução da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-São Paulo, estudos de áreas suscetíveis a ocorrência de inundações, diagnóstico ambiental voltado à erosão hídrica superficial e cartografia geotécnica, erosão e movimento gravitacional de massa, melhoramento fluvial do rio Urussanga - SC objetivando a redução de impactos associados às chuvas intensas, desassoreamento do Rio Urussanga - SC e caracterização do sedimento, potencialidades dos recursos hídricos na Bacia do Córrego Guariroba -MS.

E fechando este primeiro volume, temos os temas ligados ao: uso de tecnologias alternativas para auxiliar no tratamento de águas residuais, gestão de esgotamento sanitário, estudos sobre a contaminação dos solos por gasolina e

descontaminação através de bioremediação, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos, são apresentados.

Diferentes temas, ligados a questões que estão presentes em nosso cotidiano. Desejo uma excelente leitura e que os artigos apresentados contribuam para o seu conhecimento.

Atenciosamente.

Eduardo de Lara Cardozo

SUMÁRIO

Apresentação.....03

CAPÍTULO I

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRAS CRISTALINAS LITORÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC.

Maurício Pozzobon, Gustavo Ribas Curcio e Claudinei Taborda da Silveira.....08

CAPÍTULO II

AValiação DE CENÁRIOS SOB PERIGO GEOTÉCNICO: O CASO DA COMUNIDADE DO MORRO DA MARIQUINHA, FLORIANÓPOLIS-SC.

Gabriela Bessa, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Rodrigo Del Olmo Sato, Nilo Rodrigo Júnior, Murilo da Silva Espíndola e Vítor Santini Müller.....30

CAPÍTULO III

AValiação DOS REMANESCENTES FLORESTAIS NA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO O CASO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

Raquel Alfieri Galera, Fernando Cerri Costa e Ricardo de Souza Moretti.....42

CAPÍTULO IV

Caracterização E CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE MACIÇOS ROCHOSOS COMPOSTOS PELAS PRINCIPAIS LITOLOGIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

Walter dos Reis Junior e Maria Giovana Parizzi.....57

CAPÍTULO V

Caracterização GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UMA ARGILA FORMADA SOB ATIVIDADE HIDROTÉRMAL

Marcelo Heidemann, Luiz Antônio Bressani, Juan Antonio Altamirano Flores, Matheus Porto, Breno Salgado Barra e Yader Alfonso Guerrero Pérez.....73

CAPÍTULO VI

PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

Vitor Santini Müller, Nilo Rodrigues Júnior, Murilo da Silva Espíndola, Regiane Mara Sbroglia, Rafael Augusto dos Reis Higashi e Juan Antonio Altamirano Flores.....89

CAPÍTULO VII

USO DE MODELO GEOLÓGICO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ORIENTAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO

Carlos Magno Sossai Andrade, Patrício José Moreira Pires e Rômulo Castello Henrique Ribeiro.....102

CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO EM RANCHARIA-SP DE 1962 A 2014

Alyson Bueno Francisco.....118

CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

Eduardo Goulart Collares, Ana Carina Zanollo Biazotti Collares, Jéssica Avelar Silva e Amanda Francieli de Almeida.....126

CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE PACOTI NO ESTADO DO CEARÁ. EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE E UNIDADES DE RELEVO PARA GEOTECNIA

Francisco Kleison Santiago Mota, Jean Marcell Pontes de Oliveira, Naedja Vasconcelos Pontes, César Ulisses Vieira Veríssimo e Sônia Maria Silva de Vasconcelos.....138

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

Fábio Ferreira Dourado e Milena Marília Nogueira de Andrade.....160

CAPÍTULO XII

MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

Sérgio Luciano Galatto, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira, Nadja Zim Alexandre e Vilson Paganini Belletini.....174

CAPÍTULO XIII

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO RIO URUSSANGA-SC PARA FINS DE DEPOSIÇÃO

Nadja Zim Alexandre, Carlyle Torres Bezerra de Menezes, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira e Sérgio Luciano Galatto.....190

CAPÍTULO XIV

POTENCIALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO CÓRREGO GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

Giancarlo Lastoria, Sandra Garcia Gabas, Guilherme Henrique Cavazzana, Juliana Casadei e Tamiris Azoia de Souza.....204

CAPÍTULO XV

ASPECTOS PRINCIPAIS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Bruna Ricci Bicudo, Lígia Belieiro Malvezzi e Edilaine Regina Pereira.....214

CAPÍTULO XVI

AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS PRESENTES EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CEARÁ

Thiago de Norões Albuquerque, Tícia Cavalcante de Souza e Wladya Maria Mendes de Oliveira.....225

CAPÍTULO XVII

COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

Diego Moreira da Silva, Marcela Penha Pereira Guimarães, Raphael Moreira Alves e Francisco Roberto Silva de Abreu.....239

CAPÍTULO XVIII

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO E SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM TAQUARUÇU DO SUL - RS

Gabriel D'Avila Fernandes, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Lueni Gonçalves Terra, Carlos Alberto Löbler e Edivane Patrícia Ganzer.....251

CAPÍTULO XIX

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP

Hermes Dias Brito, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Claudia Vanessa dos Santos Corrêa e Lucilia do Carmo Giordano.....263

Sobre o organizador.....286

Sobre os autores.....287

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

**Fábio Ferreira Dourado
Milena Marília Nogueira de Andrade**

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

Fábio Ferreira Dourado

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geologia (PPGG)
Curitiba – Paraná.

Milena Marília Nogueira de Andrade

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Professora do Instituto Ciberespacial
Belém – Pará.

RESUMO: O presente trabalho mapeou a área afetada por ameaças naturais de inundação gradual, erosão e movimento gravitacional de massa em quatro bairros da área urbana de Santarém (Aldeia, Centro, Amparo e Santarenzinho), localizado a oeste do Estado do Pará. De início foi feito um levantamento bibliográfico, ao qual foi obtido informações hidrometeorológicas (dados pluviométrico e fluviométrico), e físicas (geomorfológico, geológico e topográfico) da área de estudo. Posteriormente foi feito um mapeamento *in loco* com o uso de um GPS e fichas de registros delimitando as áreas de ameaças e desastres constituídos por polígonos. Por fim, foi feito o cruzamento desses dados coletados *in loco* com imagens de alta resolução e assim espacializados os eventos nos diferentes bairros da cidade. A espacialização destas áreas afetadas possibilita o conhecimento da população local potencialmente afetada, e auxilia na tomada de decisões pelo poder público visando um planejamento urbano eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Ameaças Naturais, Desastres Naturais, Planejamento Urbano, Santarém.

1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais têm ocorrido com mais frequência no Brasil nos últimos anos. São originários a partir de uma ameaça natural que se convertem em fenômenos destrutivos ou impactantes para sociedade e podem ter sua origem na dinâmica natural ou antrópica (CERRI & AMARAL, 1998). No período entre 1991-2012 houveram 69.477 ocorrências de desastres naturais no país (CEPED; UFSC, 2011; 2013).

No estado do Pará até o ano de 2009 foram publicados 528 decretos de situação de emergência originados principalmente pela ocorrência de inundações, enchentes, erosões fluvial e pluvial, enxurradas, vendavais, fortes chuvas, estiagens e deslizamentos (FONSECA & SZLAFSZTEIN, 2013). Este trabalho enfatiza os desastres referentes às inundações graduais que representam cerca de 59% das ocorrências dos desastres naturais na região Amazônica (SILVA JÚNIOR & SZLAFSZTEIN, 2010), seguido pelas erosões e movimentos gravitacionais de massa

(FONSECA & SZLAFSZTEIN, 2013).

Para este estado, no período de 1991 a 2012, os danos para o evento de inundação gradual contabilizam 610.000 pessoas afetadas, 110.000 desalojadas, 38.000 desabrigadas, 30.000 enfermas, mais de 1.700 feridas e 29 mortas; para o evento de erosão cerca de 128.000 pessoas afetadas, 2.500 enfermas, 1.600 desalojadas, 420 feridas e 90 desabrigadas; e para o evento de movimentos gravitacionais de massa cerca de 5.000 pessoas afetadas, 230 desalojadas, 215 desabrigadas, 9 feridas e 4 mortas (BRASIL, 2013; CEPED; UFSC, 2011; 2013).

Cerca de 38% das inundações graduais ocorreram na mesorregião do Baixo Amazonas durante o primeiro semestre, sendo os meses de abril e março os detentores dos maiores números de ocorrências devido as altas taxas fluviométricas dos rios da região nesse período (FONSECA & SZLAFSZTEIN, 2013). Os eventos de erosão tiveram seus maiores registros no ano de 2013, seguindo dos anos de 2008 e 2010; e os movimentos gravitacionais de massa possuíram maiores registros no ano de 2009, nos meses de maio e fevereiro (BRASIL, 2013; CEPED; UFSC, 2011; 2013).

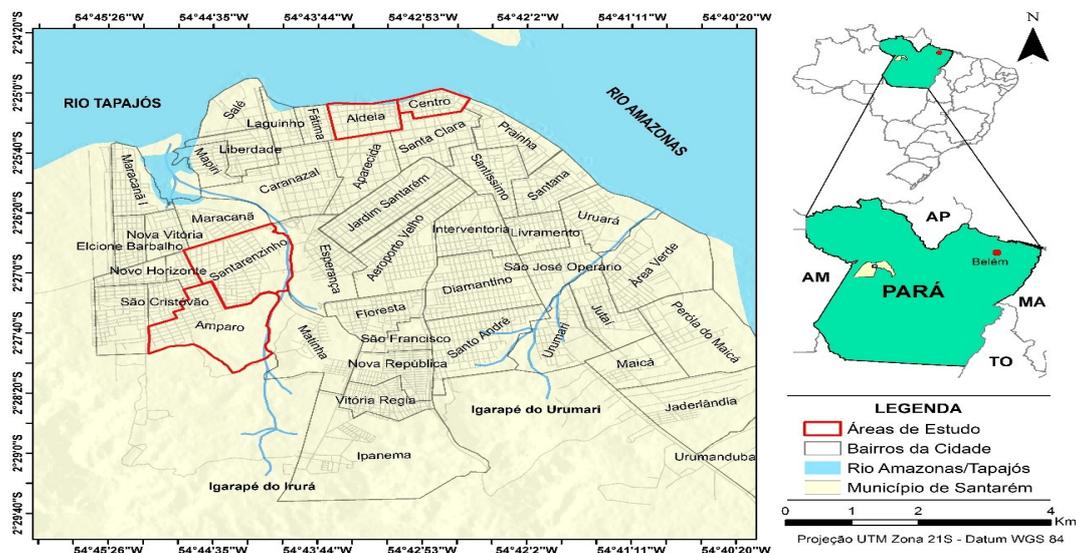
Situada nesta mesorregião a cidade de Santarém conta com estudos pretéritos de identificação e mapeamento desses três tipos de desastres (CPRM, 2012; ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013; 2015; DOURADO & ANDRADE, 2014; 2015; 2016; DOURADO *et al.*, 2016). O mapeamento de ameaças e desastres naturais é um instrumento importante para o planejamento urbano, em especial sob cenários amazônicos (ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013).

O objetivo do trabalho é realizar um mapeamento e análise em escala de detalhes das áreas afetadas pelos desastres naturais de inundação gradual, erosão e movimento gravitacional de massa, nos bairros Aldeia, Centro, Amparo e Santarenzinho no ano de 2014.

Área de estudo

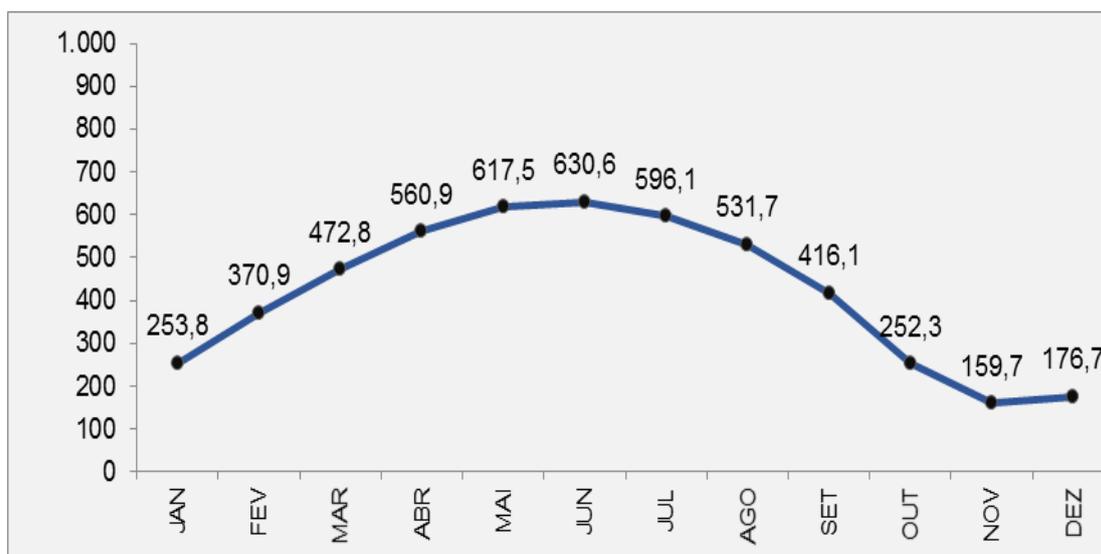
A área de estudo corresponde a sede urbana do município de Santarém (Pará), localizado na confluência dos rios Amazonas e Tapajós posicionado nas coordenadas geográficas 02°25'30"S e 54°42'50"W (Figura 1). A sede urbana possui uma área de 46 km² em um total de 48 bairros com uma população de aproximadamente 215 habitantes (73% da população total do município) (IBGE, 2014).

Figura 20: Mapa de localização da área urbana de Santarém – PA, em destaque em vermelho a localização dos bairros que correspondem às áreas de estudo.



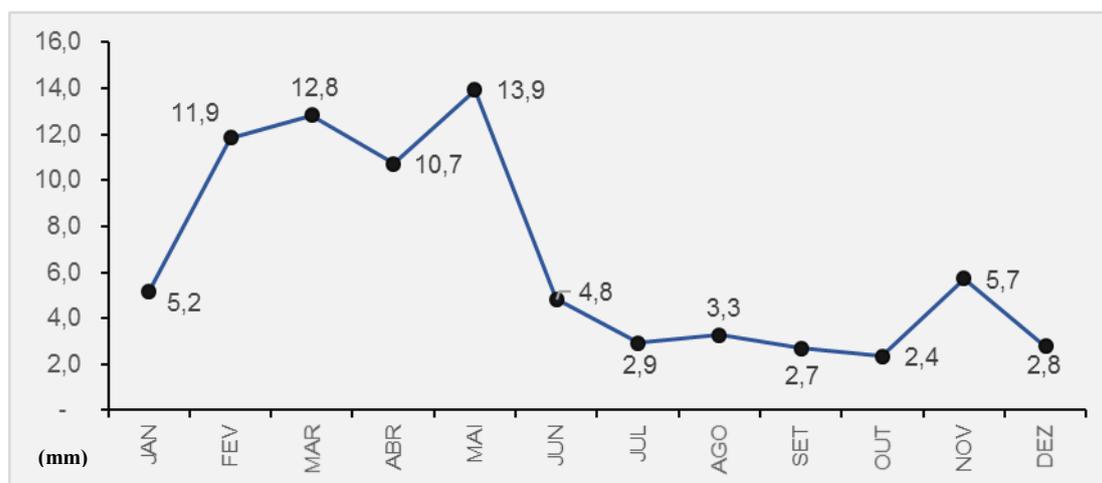
Todos os anos os rios Amazonas e Tapajós aumentam seu nível, causando assim inundações lentas nas regiões topograficamente baixas da cidade (ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013; 2015). As maiores cotas fluviométricas mensais (Figura 2) registradas em Santarém se estendem do mês de abril até meados de julho. Nestes meses são caracterizados com as maiores elevações dos níveis dos rios, de acordo com a série histórica fluviométrica de 80 anos (ANA, 2014). No ano de 2009 ocorreu a maior cota fluviométrica com 831 cm no mês de maio, e desse modo foi registrada a maior inundação lenta no município (ANA, 2014; ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2015).

Figura 22: Série histórica fluviométrica do período de 1934 a 2014 da estação de Santarém – PA. Fonte: INMET, 2014



Com relação a precipitação, o período de chuvas intensas se inicia em janeiro e se estendem até o mês de maio, segundo a série histórica pluviométrica de 42 anos (Figura 3) (INMET, 2014). Essa alta precipitação no primeiro semestre propicia com que ocorram eventos do tipo erosões e movimento gravitacionais de massas em diversos pontos na região que são mais elevadas topograficamente, com declividade moderada e solos de fácil desintegração (ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013). Estas compreendem principalmente as áreas periféricas da cidade, onde não se tem uma estrutura e planejamento urbano.

Figura 23: Série histórica pluviométrica do período de 1972 a 2014 da estação de Belterra - PA, cidade limítrofe de Santarém. Fonte: INMET, 2014.



A geologia da área de estudo constitui-se de arenitos da Formação Alter do Chão (Bacia Sedimentar do Amazonas) e depósitos aluvionares (cascalhos, areias e argila semi-consolidada e inconsolidada) ao longo das drenagens (CUNHA, 2000). Enquanto que o domínio geomorfológico corresponde aos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (DANTAS & TEIXEIRA, 2013).

Em escala de detalhe a área de estudo apresenta três unidades de relevo, sendo elas: planícies de inundação, morros e colinas (ANDRADE, 2014). As planícies de inundação estão localizadas nas regiões de margem da área urbana, apresentando baixas altitudes e declividades. As colinas estão distribuídas por toda extensão da área, apresentando altitudes médias e declividades baixas a moderada. Por fim, os morros, de menores ocorrências, estão localizados nas regiões periféricas da cidade, com valores acentuados de altitude e declividade (ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013; 2015).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia inclui quatro etapas principais que encadearam a sequência metodológica aplicada nesta pesquisa.

De início foi realizado um levantamento bibliográfico com dados:

pluviométrico (INMET, 2014), fluviométrico (ANA, 2014), geológico (KISTLER, 1954; CUNHA 2000) e geomorfológico (ANDRADE, 2014). Posteriormente foi confeccionada uma base cartográfica para ser utilizada em campo. Desse modo foi preciso obter o dado topográfico com curvas de nível no intervalo de 3 m gerados a partir de imagem SRTM InSAR, obtidas no site do EMBRAPA-RELEVO (MIRANDA, 2014)

A etapa de mapeamento foi realizada no período de março a junho de 2014 com a finalidade de:

(a) georreferenciar e demarcar os locais que ocorrem inundação gradual, erosão e movimento de massa com o uso do GPS *Garmin 76 CSx*;

(b) identificar e descrever os eventos feito através de preenchimento de fichas, modelo adaptado do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1986) com os principais itens de descrição pautados na: localização, características da área, geometria da área afetadas pelos eventos, procedimentos estruturais para evitar ou amenizar os eventos, condicionantes e dados regionais;

(c) fazer o registro fotográfico; e

(d) realizar uma breve entrevista com os habitantes das áreas que são afetadas através de um questionário com três perguntas:

- Até qual localidade (rua) a inundação/erosão/movimento de massa do ano de 2014 alcançou?;

- Qual foi o nível médio que a água chegou a sua residência e por quanto tempo? (para o caso de inundação); e

- Quais foram os prejuízos/perdas ocasionadas pelo desastre?

O georreferenciamento das áreas afetadas por inundação, erosão e movimento de massa foi plotado em um mosaico de ortofotos registradas no ano de 2001, de alta resolução (5m de resolução espacial), cedidas pela Companhia de Habitação do Pará (COHAB/PA). Os mapas finais foram confeccionados em uma escala de 1:2.000 a partir do cruzamento dos pontos de GPS e delimitação manual das áreas afetadas através de técnicas de sensoriamento remoto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inundação Gradual

No ano de 2014, os bairros Aldeia e Centro foram os bairros mais afetados pelas inundações. Estes bairros apresentam baixa altitude (variando de 3 a 27 m de altitude em sua toda extensão), declividade (de aproximadamente 3°) e estão situados nas interfaces entre o relevo de colina e planície de inundação (ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013). O bairro Aldeia (Figura 4) localizado na região norte da cidade, apresentou uma área inundada total de 0.94 hectare, onde foram afetadas 14 construções do tipo residencial e 3 do tipo comercial. A maior região inundada compreende a avenida Tapajós (Figura 6a), que é uma das principais avenidas de acesso na cidade.

Figura 6: Regiões inundadas no ano de 2014. (A) avenida Tapajós inundada na região do bairro Aldeia e (B) lojas no bairro Centro.



Erosão

As erosões foram mapeadas em dois bairros: Santarenzinho e Amparo - ao quais estes apresentam relevo de colinas com topos suaves, variando de 5 a 48 metros de altitude e com declividades baixas à relativas (ANDRADE, 2014; ANDRADE & SZLAFSZTEIN, 2013; 2015).

O bairro Amparo está situado na região sudoeste de Santarém. Nesta localidade se encontra o morro do Índio, conhecido pela população local como “serra do Índio”. Nesse morro foram mapeadas erosões do tipo ravinas e sulcos (Figura 7).

Os principais causadores e desencadeadores dessas erosões são partes ocorridas pelos fatores naturais (solo de fácil desintegração e quantidade elevada de chuva) quanto por fatores antrópicos (desmatamento e movimento de terra). Cerca de 40% das erosões mapeadas (com média de 0,3 m de profundidade, 2,5 m de comprimento e 0,5 m de largura) são do tipo sulcos e 60% das erosões (com média de 1,8 m de profundidade, 6,0 m de comprimento e 0,8 m de largura) são do tipo ravinas.

Figura 7: Erosões dos anos de 2001 (em amarelo) e 2014 (em azul) mapeadas no morro do Índio no bairro Amparo. Em vermelho as direções das erosões.



O bairro Santarenzinho (Figura 8) apresenta dois tipos de erosões: sulco e ravinas. A erosão do tipo sulco, com cerca de 0,4 m de profundidade, está localizada no cruzamento da travessa Tomé de Souza com a rua Cruzeiro do Norte (Figura 9a). A segunda erosão do tipo ravina está situada na travessa Umberto Alves com a rua Cruzeiro do Norte (Figura 9b), esta possui profundidade com cerca de 0,8 m, comprimento de 30 m e largura de 5, tornando assim a via intransitável. No entorno deste processo erosivo estão situadas cerca de 20 residências. Observa-se também uma grande quantidade de lixo acumulado pela água da chuva e um sistema de drenagem pluvial ineficiente ou obstruído.

Figura 8: Erosões mapeadas no bairro do Santarenzinho no ano de 2014.

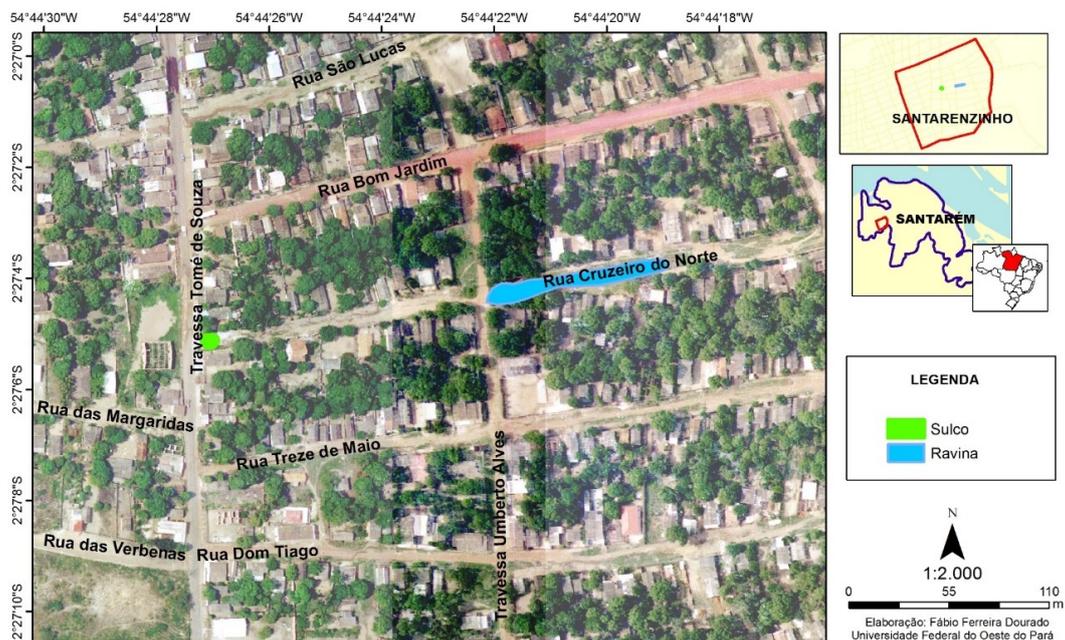
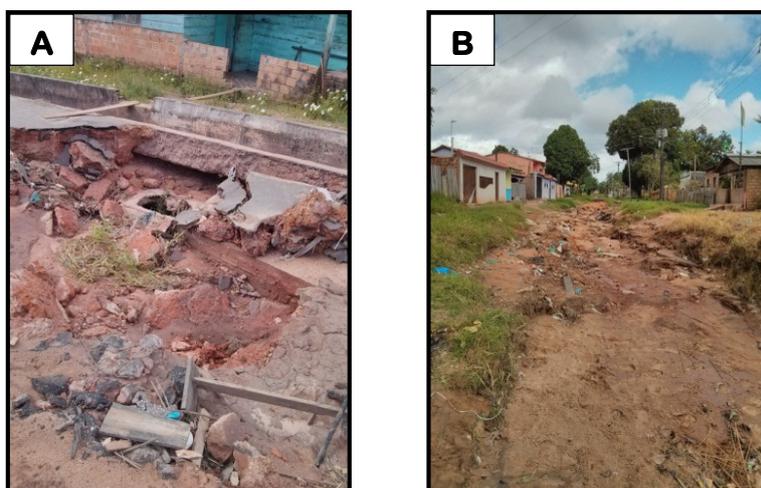


Figura 9: (A) Sulco no cruzamento da travessa Tomé de Souza com a rua Cruzeiro do Norte no bairro Santarenzinho e (B) ravina na rua Cruzeiro do Norte com a travessa Umberto Alves.



Movimento de Massa

O mapeamento do perigo natural de movimento de massa foi feito no morro do Índio (Figura 10). Este morro apresenta topo plano (com sua máxima altitude em 98 m) e escarpas de declividade moderada a íngremes. As construções mais próximas estão situadas aproximadamente 17 m de distância da base do morro, não sendo descrito nenhum dano direto por tal evento. O morro é constituído basicamente de rochas sedimentares de fácil desintegração da Formação Alter do Chão, tais como: arenito avermelhados, siltitos, conglomerados e brechas (DAEMON, 1975).

Três diferentes tipos de movimentos foram identificados nesta região: corrida de massa, escorregamento e queda de bloco.

A base do morro compreende uma área total de 11.2 hectares e apresenta uma suave inclinação na encosta de 30°. Na base do morro foram identificados escorregamento e corrida de massa devido à grande quantidade de material de granulometria fina transportado do topo do morro para a sua base. Foi possível identificar os escorregamentos através das “cicatrices” causadas pelo deslocamento de material para a base do morro.

As corridas de massas também foram descritas (Figura 11a), com uma grande quantidade de material de granulometria fina e viscosa que desceu da parte superior para a região inferior do morro, devido à supersaturação do solo ocasionado pelas chuvas e o acúmulo das mesmas. Esses sedimentos também se deslocaram e foram transportados para as regiões dentro dos bairros adjacentes, assim ocasionando o acúmulo em determinadas regiões e a obstrução de vias de transporte e escoamento de água.

A região superior do morro apresenta uma rampa de declive com inclinação de 55°, representando uma área total de 3.3 hectares. Neste local foi identificada a ocorrência de queda de blocos e corrida de massa.

A queda de blocos foi o mais presente na região da encosta e topo do morro com blocos rolados com cerca de 1,5 m de altura (Figura 11b), ocasionados principalmente por conta da rampa escarpada.

As corridas de massa, assim como descrito na base do morro, ocorrem no topo e se deslocam em grande volume para a base do morro.

Figura 10: Área da base e do topo do morro do Índio em que ocorrem os movimentos de massa descritos no ano de 2014.

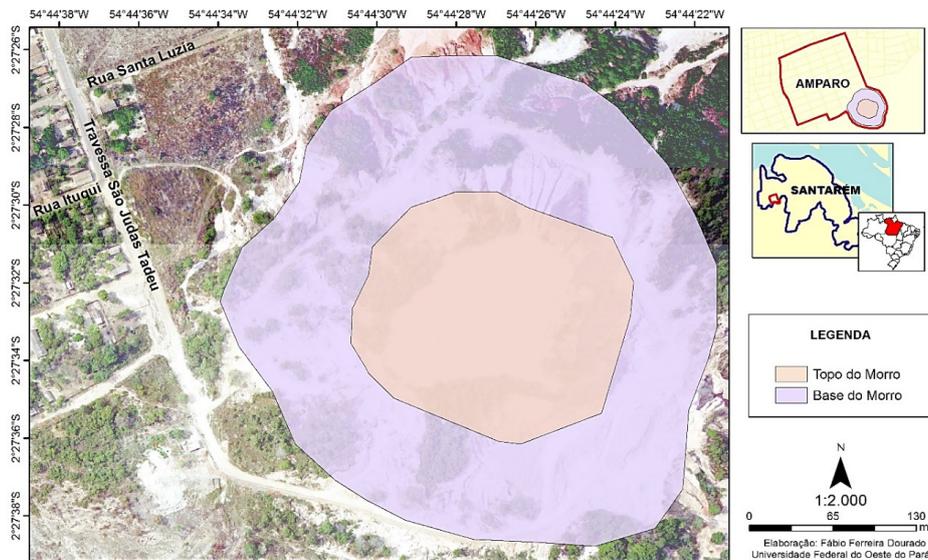
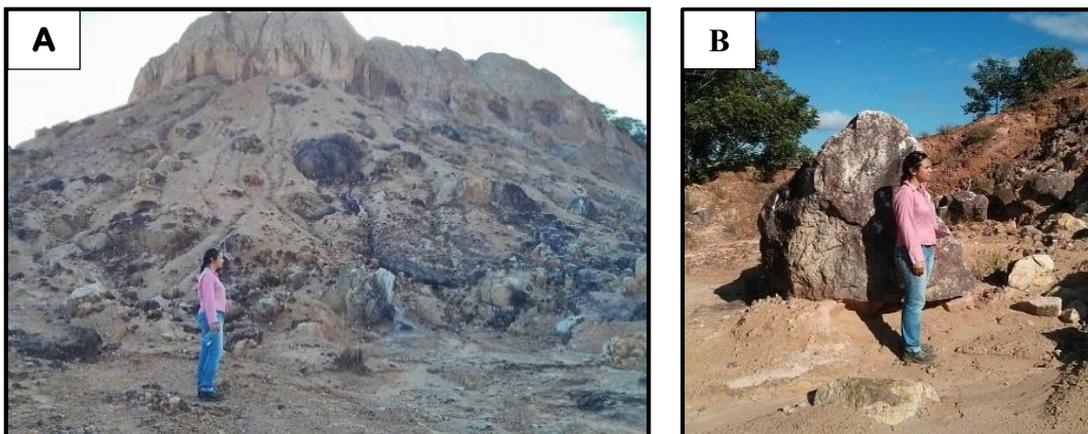


Figura 11: (A) Material fino transportado do topo do morro e (B) regiões do morro com os blocos rolados.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ocorrências dos eventos de inundação, erosão e movimento de massa estão distribuídas nas suas mais frequentes ocorrências nas extremidades da área urbana de Santarém (regiões norte e sudoeste). O desastre de inundação está diretamente associado a elevação gradativa dos níveis do rio Amazonas em confluência com o rio Tapajós, aliados a falta de estrutura suficiente para impedir o alagamento dessas áreas situadas nas margens desses rios. A erosão é comum em regiões periféricas da cidade, onde se tem solos expostos, com rochas de fácil desintegração, e sistemas de drenagens ineficientes, propiciando assim o desencadeamento dessas erosões, ocasionadas pelo escoamento superficial da água da chuva. Por fim, o movimento de massa ocorre em região com influência

antrópica, aliado a condicionantes topográficos, hidrometeorológico e físicos.

O mapeamento e o estudo dos perigos naturais em escala de detalhes têm um papel importante para o conhecimento da população que está vulnerável, e também pelo poder público, haja vista que sob um bom planejamento urbano os perigos naturais e até mesmo os desastres poderiam ser evitados ou amenizados de forma com que a população impactada com esses fenômenos passa a ter uma vida melhor com mais segurança e menos transtornos e perdas.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (FAPESPA) pela bolsa de iniciação científica PIBIC/FAPESPA e também a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) pela estrutura oferecida para o desenvolvimento desse trabalho durante a graduação do aluno.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional das Águas. 2013. **Dados fluviométricos dos anos de 1934 a 2014**. Disponível em: <<http://mapas-hidro.ana.gov.br/Usuario/DadoPesquisar.aspx?est=22454440>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

ANDRADE, M. M. N.; SZLAFSZTEIN, C. F. **Mapa de inundação como instrumento de planejamento urbano – estudo de caso na sede urbana de Santarém**. Simpósio de Geologia da Amazônia. SBG, Belém. 2013.

ANDRADE, M. M. N. **Capacidade adaptativa: uma proposição metodológica de avaliação da vulnerabilidade social às inundações**. Tese de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - Universidade Federal do Pará. Belém. 2014.

ANDRADE, M. M. N.; SZLAFSZTEIN, C. F. **Community participation in flood mapping in the Amazon through interdisciplinary methods**. Natural Hazards. ISSN: 0921-030X. doi:10.1007/s11069-015-1782-y. 2015.

BRASIL. 2013. **Banco de dados de registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID**. Disponível em: <http://s2id.integracao.gov.br>. Acesso em: 20Fev2016.

CEPED; UFSC. 2011. **Atlas brasileiro de desastres naturais (1991-2010). Volume Pará**. Florianópolis: UFSC. Disponível em: <http://150.162.127.14:8080/atlas/Atlas%20Para%202.pdf>. Acessado em:

15Ago2013.

CEPED; UFSC. 2013. **Atlas brasileiro de desastres naturais (1991-2012). Volume Pará.** Florianópolis: UFSC. Disponível em: <http://150.162.127.14:8080/atlas/Atlas%20Para.pdf>. Acessado em: 15Ago2013. 2013.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. **Riscos Geológicos.** In: BRITO, S.N.A.; OLIVEIRA, A.M.S. (Org.). **Geologia de Engenharia.** ABGE, São Paulo, 302p. 1998.

CPRM, Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. 2012. **Relatório de ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco à enchentes e movimentos de massa.** 15p.

CUNHA, P. R. C. **Análise estratigráfica dos sedimentos eo-mesodevonianos da porção ocidental da Bacia do Amazonas sob a ótica da estratigrafia de sequências no interior cratônico.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 263p. 2000.

DAEMON, R. F. **Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, bacia do Amazonas.** Revista Brasileira de Geologia. p. 58-84. 1975.

DANTAS, M. E.; TEIXEIRA, S. G. **Origens das Paisagens.** In: JORGE, X.S.J.; TEIXEIRA, S.G.; FONSECA, D.D.F. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Pará.** Belém: CPRM. p. 23-52. 2013.

DOURADO, F. F.; ANDRADE, M. M. **Comparação entre o mapa de ameaça à inundação lenta em Santarém (PA) e o conteúdo jornalístico virtual publicado.** 47^a Congresso Brasileiro de Geologia. Anais... Salvador. 2014.

DOURADO, F. F.; ANDRADE, M. M. **Mapeamento dos perigos naturais na sede urbana de Santarém - PA.** 15^o Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia. Anais... Bento Gonçalves. 2015.

DOURADO, F. F.; ANDRADE, M. M. **Atualização da base de dados do atlas brasileiro de desastres naturais na mesorregião do Baixo Amazonas Paraense nos últimos 4 anos (2011 a 2014).** 48^a Congresso Brasileiro de Geologia. Anais... Porto Alegre. 2016.

DOURADO, F. F.; ANDRADE, M. M. N.; CARNEIRO, C. C. **Interpretação de mapa de risco à inundação gradual gerado a partir da técnica *fuzzy* em imagem GDEM na sede urbana de Santarém - PA.** 48^a Congresso Brasileiro de Geologia. Anais... Porto Alegre. 2016.

FONSECA, D. D. F.; SZLAFSZTEIN, C. F. **Risco Geológico**. In: JORGE, X.S.J.; TEIXEIRA, S.G.; FONSECA, D.D.F. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: CPRM. p. 119-130. 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. **Sinopse do censo demográfico**. Rio de Janeiro, 201p.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2014. **Dados pluviométricos dos anos de 1972 a 2014**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 12 out. 2013.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1986. **Orientação para o combate à erosão no Estado de São Paulo**. São Paulo. (IPT. Relatório, 24 739).

KISTLER, P. **Historical resume of the Amazon Basin**. Belém, PETROBRAS/RENOR, Relatório interno 104p. 1954.

MIRANDA, E. E. 2014. **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 23 Jun. 2017.

SILVA JÚNIOR, O. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. **Análise de risco como critério a gestão do território: um estudo do plano diretor do município de Alenquer (PA)**. Olam: Ciência & Tecnologia. v. 10, p. 1-29, 2010.

ABSTRACT: This study has mapped three types of natural hazards (floods, erosion and landslides) in four different districts of the urban center of Santarém (Aldeia Centro, Amparo and Santarenzinho), located in west from Pará state. Initially a literature survey was made, which was obtained hydrometeorological data (pluviometric and fluviometric), and physical aspects (geomorphological, geological and topographical), from the study area. The mapping process was done using a GPS, local interviews and field delimitation of risk areas represented by polygons. Finally, the field data collection was displayed over high-resolution images. The spatial affected areas from natural hazards allows the knowledge of locally affected population, and helps the decision making process in an efficient urban planning.

KEYWORDS: Natural Hazards, Natural Disasters, Urban Planning, Santarém.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-39-4



9 788593 243394