

APLICAÇÃO DO MODELO DE GRADE ESTATÍSTICA PARA GERAÇÃO DE UM MAPA DE VULNERABILIDADE

Fernando Yutaka Yamaguchi

Universidade Federal da Bahia

Mestrado em Engenharia Ambiental

Rua Prof. Aristides Novis, 02, Federação, Salvador - BA

fernandoyyamaguchi@gmail.com

Vivian de Oliveira Fernandes

Universidade Federal da Bahia

Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia

Rua Prof. Aristides Novis, 02, Federação, Salvador - BA

Vivian.fernandes@ufba.br

Mauro José Alixandrini Júnior

Universidade Federal da Bahia

Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia

Rua Prof. Aristides Novis, 02, Federação, Salvador - BA

mauro.alixandrini@ufba.br

Resumo:

Este trabalho apresenta a grade regular para fins estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, evidenciando a sua estrutura e a sua concepção. A vantagem deste modelo em relação ao modelo baseado em setores censitários são a estabilidade temporal e espacial, permitindo análises espaço-temporais. Para exemplificar a potencialidade da grade, este trabalho propõe produzir um mapa de vulnerabilidade da Cidade de Salvador utilizando os dados de suscetibilidade por inundação e movimentos de massa produzidos pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), escala de 1:25.000, em conjunto com os dados da grade do IBGE. Os resultados mostraram que há limitações nesta escala, principalmente em relação à vulnerabilidade por movimento de massa, contudo ainda é um resultado melhor possível com dados oficiais.

Palavras-chave: grade regular, setores censitários, mapa de vulnerabilidade.

Abstract

This paper presents the regular grid for statistical purposes of the Brazilian Institute of Geography and Statistics, IBGE, showing its structure and its design. The advantage of this model over in census tracts based model are the temporal and spatial stability, allowing spatiotemporal analysis. To exemplify the grid potential, this paper proposes produce a vulnerability map of the City of Salvador using the susceptibility data for flood and mass movements produced by the Brazilian Geological Survey (CPRM), scale of 1: 25000, together with the data the IBGE grid. The results showed that there are limitations on this scale, especially in relation to the vulnerability of mass movement, but is still a best possible result to official data.

Keywords: regular grid, census tracts, vulnerability mapping.

1 INTRODUÇÃO

Em outubro de 2015, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), liberou a grade regular para fins estatísticos. Esta grade é composta de células de 1Km x 1Km na área rural e de 200m x 200m na área urbana. Em cada célula está sintetizado somente os dados de população

Anais do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016

residente, sexo e número de domicílios do censo de 2010, outras informações estão sendo avaliadas para não comprometer a confidencialidade do informante.

Os dados da grade para área urbana foram agregados a partir do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – CNEFE – (IBGE, 2016). Segundo IBGE (2011), o CNEFE compreende os endereços de todas as unidades registradas pelos recenseadores durante o trabalho de coleta das informações (domicílios e unidades não residenciais), é um cadastro em que cada domicílio é associado à face de uma quadra, cada unidade domiciliar é associada a um registro do banco de dado e cada registro contém os dados de Logradouro, Número, Complemento, Localidade e o Ponto de Referência.

A Figura 1 mostra um exemplo da CNEFE com o banco de dados associado às quadras/faces do mapa.



Figura 1 - Exemplo de um Cadastro de Endereços para Fins Estatísticos
 Fonte: Adaptado de IBGE (2009)

Na área rural, nem todas as edificações foram georreferenciadas por motivos técnicos ou operacionais, então optou-se por agregação dos dados georreferenciados e para os outros fez-se a estimação por desagregação dos setores censitários baseado em mapeamentos de uso e cobertura da terra existentes ou ponderação zonal nas regiões sem mapeamento. A técnica de desagregação também foi usada na região urbana onde a malha viária ficou incompleta ou não foi identificada (IBGE, 2016). A Figura 2 mostra o setor censitário 292740805220192 com uma população total de 385 habitantes em duas situações: sem desagregação (A); e desagregada (B). A Figura 2A tem distribuição uniforme, portanto a população da célula em destaque é proporcional à área e tem 150 habitantes. A Figura 2B mostra o mesmo setor desagregado, isto é toda população se concentra na área habitada e neste caso a célula em destaque ficou sem habitante.

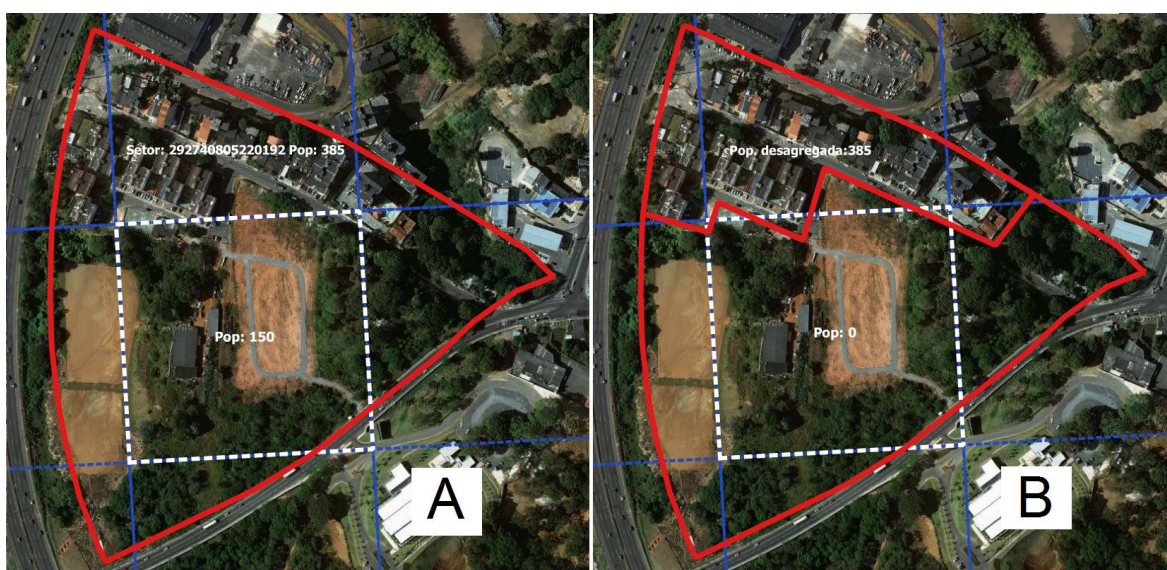


Figura 2 – (A) Ponderação zonal, sem desagregação, (B) setor desagregado com auxílio de imagem de satélite (B).

Fonte: Adaptado de IBGE (2011); Imagem 2016 Google©.

Apesar dos contratempos, a grade do IBGE representa um marco na divulgação de dados socioeconômicos no Brasil, pois conta com estabilidade geométrica e temporal que permitirá a análise da evolução demográfica para uma série de aplicações, em contrapartida com os setores censitários que são geometricamente instáveis entre censos decenais (UMBELINO; BARBIERI, 2008); (FEITOSA; MONTEIRO; CÂMARA, 2005), principalmente na região urbana.

Para avaliar a potencialidade e a limitação da grade do IBGE, este trabalho propõe a composição de um mapa de vulnerabilidade agregando os mapas de suscetibilidade do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) na escala de 1:25.000 (CPRM, 2015a) com a grade do IBGE. A nota técnica de (BITAR, 2014) traz a metodologia de geração de cartas suscetibilidade envolvendo uma série de parâmetros geofísicos como a geologia, pedologia, hidrografia e altimetria entre outros e dados do espaço construído como a rede viária e ainda tendo como elementos de apoio imagens de alta resolução e trabalhos de campo. As cartas geradas pela CPRM são de suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações de Salvador.

Há uma série de conceitos sobre vulnerabilidade que inclui a vulnerabilidade social (IPEA,

2015), a vulnerabilidade baseado no conceito de Ecodinâmica de TRICART (1977) (CREPANI et al., 2001), a vulnerabilidade às mudanças climáticas (FEITOSA; MONTEIRO, 2012); (IPCC, 2014), a vulnerabilidade aos equipamentos urbanos (CORREIA; CAMPOS, 2007), entre outros. Neste trabalho será utilizado o conceito de COPECO (2013): “*Vulnerabilidad: Es el factor interno de riesgo a que está expuesta una comunidad, a sufrir daños o pérdidas como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural o provocado por el hombre*”. Este conceito traz o ponto de vista do risco de uma comunidade, representada pela grade do IBGE, exposta às ameaças, representada pela inundação e movimento de massa da CPRM.

2 ÁREA DE ESTUDO

Devido a existência de dados pertinentes ao trabalho, a área de estudo abrange a Cidade de Salvador, capital do Estado da Bahia, localizada entre as coordenadas geográficas 38°42’ – 38°34’ longitude Oeste e 12°54’ – 13°00’ Latitude Sul (Figura 3). A Bahia tem fronteiras com os estados de Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Piauí, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo. Salvador está inserida na Região Metropolitana de Salvador junto com mais nove cidades. (SEI, 2014)

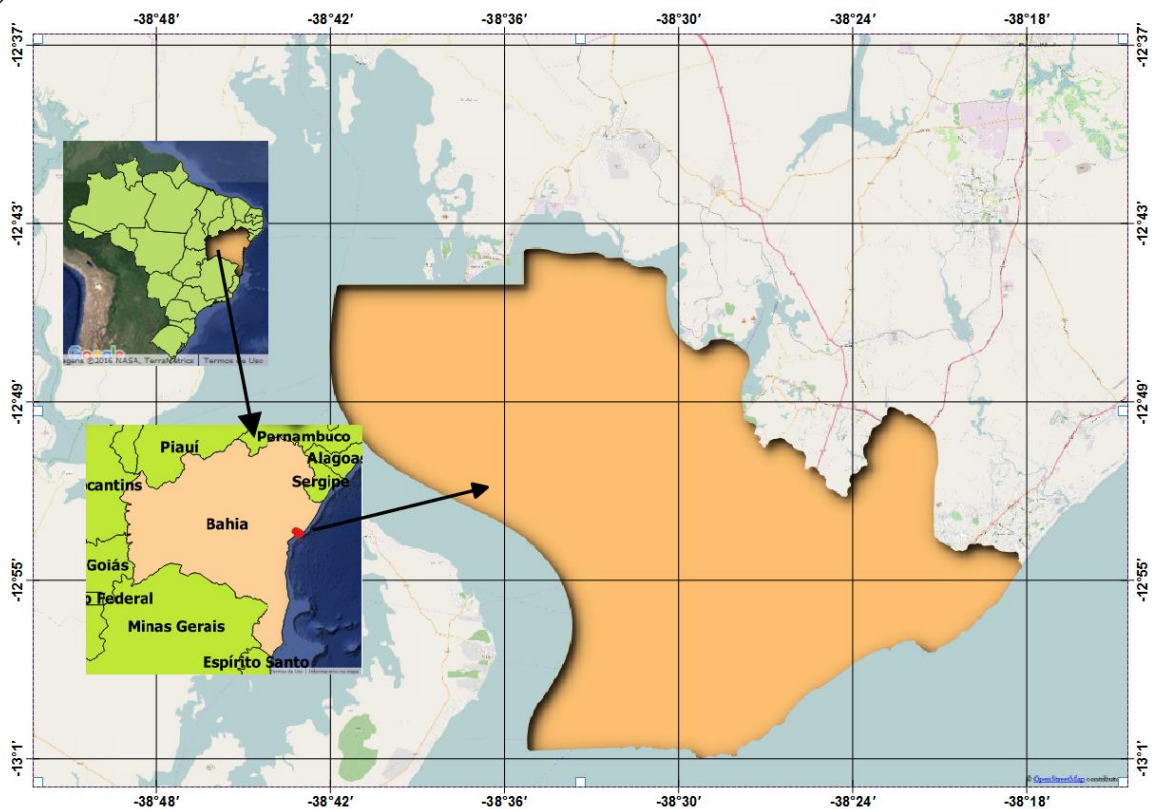


Figura 3 - Mapa de localização da Cidade de Salvador

3 METODOLOGIA

Os softwares utilizados neste trabalho são de código aberto (Open Source) e são:

- Software de SIG QGIS® v. 2.14 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016);
- [Anais do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016](#)

- Banco de dados PostgreSQL (POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2015), com a extensão PostGIS (POSTGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015); e
- Software estatístico R (R CORE TEAM, 2015), com as extensões DBI (DATABASES, 2014) e RPostgreSQL (CONWAY et al., 2013).

O software QGIS® foi utilizado para visualizar e criar os mapas temáticos. O banco de dados PostgreSQL/PostGIS foi utilizado para armazenar os dados e executar todas as operações de geoprocessamento como a interseção espacial e os operadores zonais. Conectado ao banco de dados pelas extensões DBI e RPostgreSQL, o software estatístico R foi utilizado para fazer as totalizações das tabelas.

Os dados de Salvador foram obtidos nos sites do IBGE e da CPRM que são:

- Grade para fins estatísticos do IBGE (IBGE, 2015).
- Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações de Salvador (CPRM, 2015b)

A Figura 4A mostra a população por células da grade da Cidade de Salvador, sendo que a quase totalidade é urbana exceto os 4 Km² de área rural da Ilha dos Frades. As Figura 4B e 4C trazem as Cartas de suscetibilidade à inundação e ao movimento de massa respectivamente, ambos categorizados em alta, média e baixa suscetibilidade.

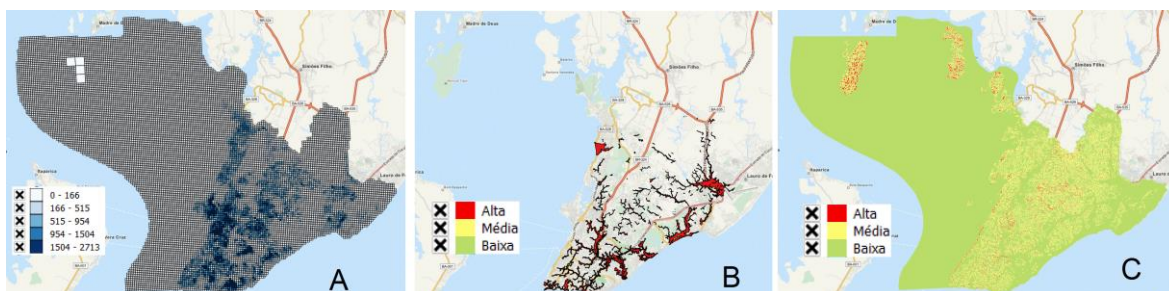


Figura 4 Grade para fins estatísticos (A), suscetibilidade à inundação (B), suscetibilidade ao movimento de massa (C).

O método consiste na execução do operador de geoprocessamento de intersecção entre a grade e os mapas de suscetibilidade. Para cada célula de suscetibilidade por inundação e movimento de massa, serão criados os seguintes atributos:

1. Suscetibilidade por maioria zonal: sendo que para o primeiro será atribuído a classe com maior área de suscetibilidade; e
2. Suscetibilidade por ponderação: a ponderação é um meio de quantificar as classes de vulnerabilidade e uma alternativa para a maioria zonal. A ponderação é baseada na tabela de vulnerabilidade de CREPANI et al. (2001, pg. 21), sendo atribuído valor 1 (um) para a classe de menor vulnerabilidade, 2 (dois) para a média e 3 (três) para a maior. Então é feita a média ponderada pela área ocupada de cada classe. A média ponderada foi fatiada em partes iguais, estando a classe de Baixa de suscetibilidade entre 1,00 e 1,67, a Média entre 1,68 e 2,37 e a Alta entre 2,38 e 3,00.

Um dos objetivos deste trabalho é obter a vulnerabilidade sob o conceito da COPECO

(2013), então é calculado o total da população na grade sob as classes de suscetibilidade por inundação e por movimento de massa. Também é estimado o total da população baseada na proporção da população das áreas da grade, a Equação 1 mostra esta relação.

$$Pop_{classe_area} = Pop_{classe} * \frac{área_{classe}}{área_{real}} \quad (1)$$

Onde:

classe: classe de suscetibilidade podendo ser: Baixa; Média; ou Alta

Pop_{classe_area} é a população total por classe de suscetibilidade proporcional à área

Pop_{classe} é o total da população por classe de suscetibilidade

$área_{classe}$ é o total da área ocupada pela classe de suscetibilidade

$área_{real}$ é a área total por classe de suscetibilidade calculada a partir dos mapas originais da CPRM

Procedimento

1. Os dados do IBGE estão em formato shapefile (ESRI, 1998), Projeção Geográfica e Datum Sirgas 2000, e estão divididos em 56 quadrantes de arquivos shapefiles. A cidade de Salvador engloba os quadrantes 47 e 57, então os quadrantes foram mosaicados e recortados pelo limite do município e convertidos para UTM, zona 24S e Datum Sirgas 2000, para compatibilizar com os dados da CPRM;
2. Os dados da grade e os mapas de suscetibilidade foram importados para o banco de dados PostgreSQL pelo aplicativo PostGIS Shapefile Import/Export Manager.
3. Execução da interseção pela função do banco “ST_Intersects” entre a grade e os mapas de suscetibilidade;
4. A função de intersecção não garante que dentro de uma célula da grade as classes estejam agrupadas, portanto foi executado o operador de agrupamento “ST_Dissolve” em cada célula;
5. Identificação da classe com maior área, equivalente ao operador de maioria zonal (BARBOSA, 1997), a diversidade com número de classes na célula, porcentagem da classe predominante na célula e cálculo de ponderação;
6. A ponderação é baseada na classe e na área de cada célula e posterior classificação para as classes Alta, Média e Baixa de suscetibilidade.

Para avaliar a potencialidade da grade em relação à vulnerabilidade, foi realizado um comparativo entre as áreas de suscetibilidade dos dados originais da CPRM e generalizados pela grade. A Figura 5A mostra o exemplo de uma célula englobando três suscetibilidades ao movimento de massa: Alta com 0,62 ha (vermelha); Média com 19.297,3 ha (amarela); e Baixa com 1,45 ha (verde). A Figura 5B mostra a generalização da célula feita por maioria zonal, neste caso toda célula assume a suscetibilidade Média e a ponderação obteve o valor 1,80, também indicando suscetibilidade Média.



Figura 5 - Célula da grade com dados de suscetibilidade ao movimento de massa com as respectivas áreas (A) e a célula generalizada para a classe com maior área (Média) e a média ponderada (1,80) (B).

A Figura 6A mostra o detalhe de uma célula englobando três suscetibilidades à inundação: Alta com 1,1 ha (vermelha); Média com 1,2 ha (amarela); e Baixa com 0,1 ha (verde). A Figura 6B mostra a generalização feita por maioria zonal, neste caso toda célula assume a suscetibilidade média e a ponderação obteve o valor 2,63, apresentando alta suscetibilidade.

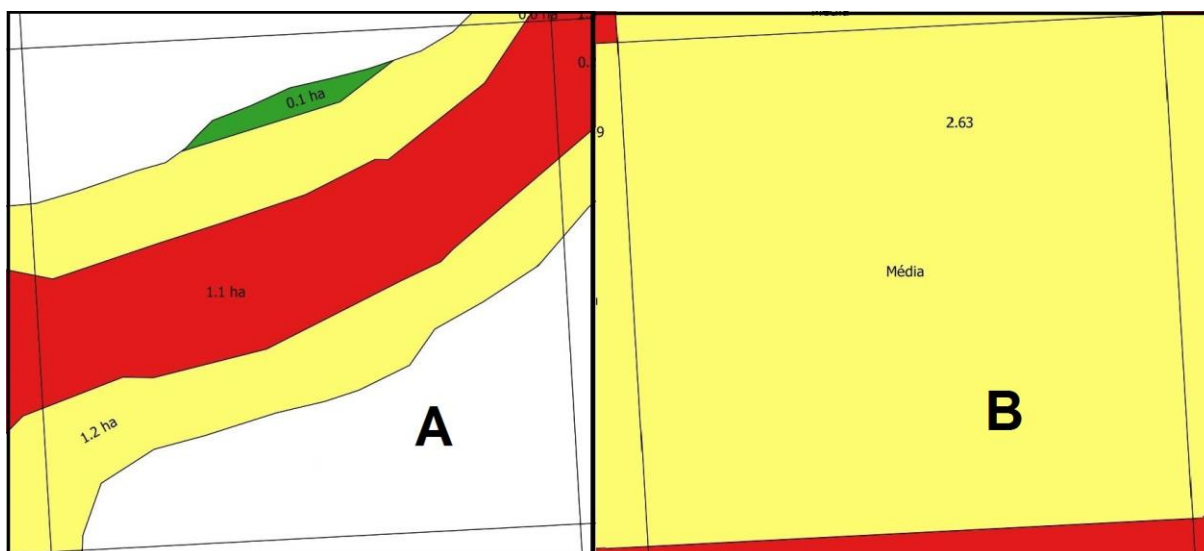


Figura 6 - Célula da grade com dados de suscetibilidade com as respectivas áreas (esquerda) e a célula generalizada para a classe com maior área (Média) e a média ponderada de 2,63 (direita).

4 RESULTADOS

Foi realizado um comparativo das áreas ocupadas pelas classes de suscetibilidade por inundação (Tabela 1) e por movimento de massa (Tabela 2). As áreas foram calculadas a partir dos dados originais da CPRM, pela grade de ponderação e maioria zonal.

Tabela 1 - Áreas ocupadas por classes de suscetibilidade por inundação: dados da CPRM; e processados (ponderação e maioria zonal)

Suscetibilidade por inundação	Área em hectares		
	CPRM	Ponderação	Maioria zonal
Alta	2.032	7.743	7.431
Média	633	1.227	1.519
Baixa	67	152	172
Total	2.732	9.122	9.122

Tabela 2 - Áreas ocupadas por classes de suscetibilidade por movimento de massa: dados da CPRM; e processados (ponderação e maioria zonal)

Suscetibilidade por movimento de massa	Área em hectares		
	CPRM	Ponderação	Maioria zonal
Alta	1.464	28	179
Média	6.805	3.193	2.506
Baixa	61.008	67.878	68.414
Total	69.277	71.099	71.099

No caso da suscetibilidade por inundação, nota-se que a área dos dados da grade (ponderação e maioria zonal) em relação ao original (CPRM) superam em mais de 200% em todas as classes de suscetibilidade, pois uma parte dos alagamentos ficam abaixo de 20m em sua extensão transversal, sendo que o processamento generaliza para grade de 200m como mostra a Figura 7.

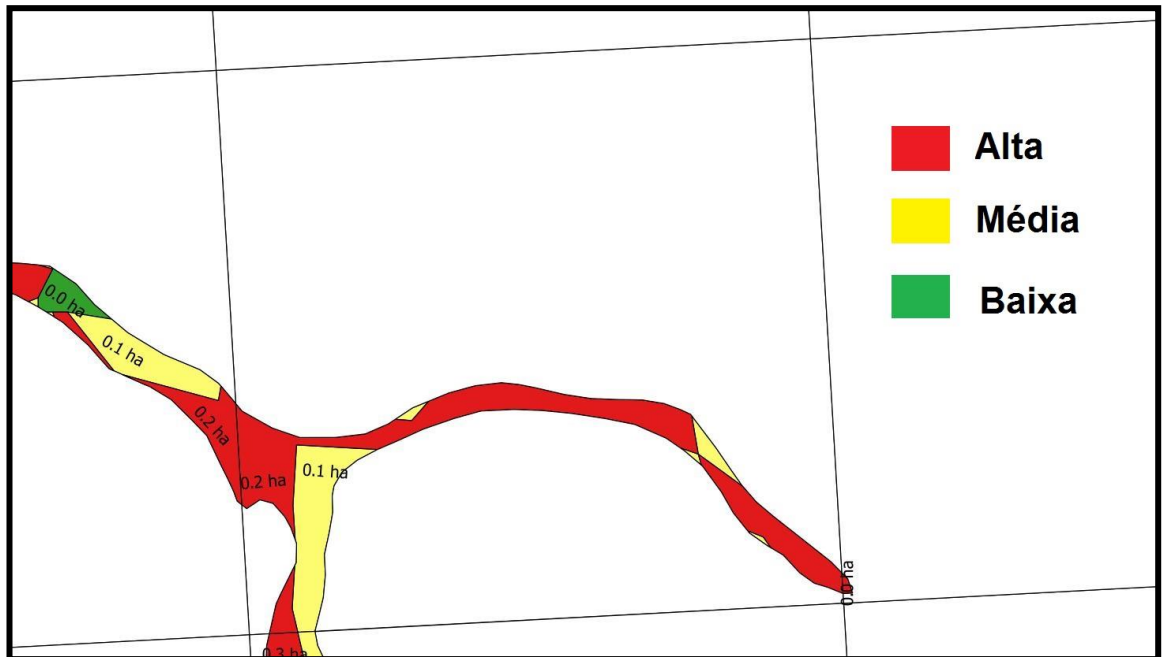


Figura 7 - Célula abrangendo as classes de susceptibilidade por inundação

A susceptibilidade por movimento de massa tem uma contração de mais de oito vezes na classe Alta e mais duas vezes na classe Média, isto ocorre devido a área de baixa susceptibilidade ser predominante na maioria das células e as de média e alta susceptibilidades são minoritárias como mostrado na Figura 8.

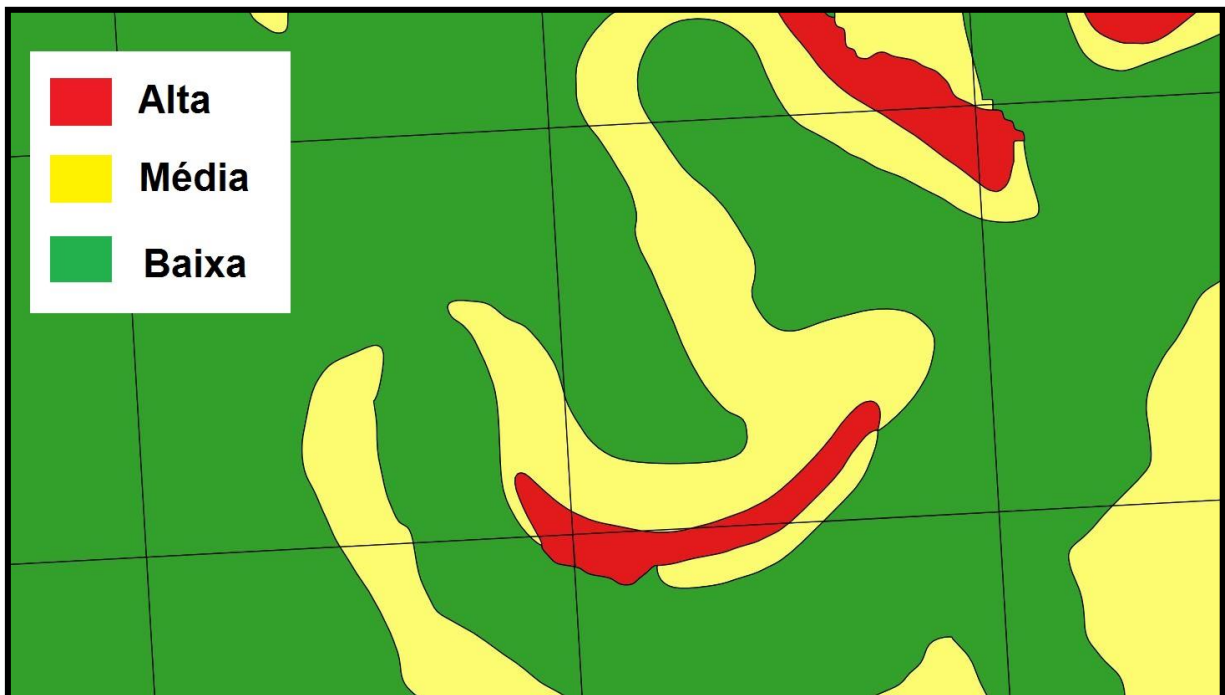


Figura 8 - Célula abrangendo as classes de susceptibilidade por movimento de massa.

As Tabelas 3 e 4 mostram o total da população sob as classes de suscetibilidade por inundação e por movimento de massa e a população estimada baseada na proporção das áreas da grade, ver Equação 1 na seção 3.

Tabela 3 - População vulnerável por inundação, total pela grade e corrigido por pela proporção de área

Suscetibilidade por inundação	População			
	Total das células da grade		Corrigido pela proporção de área	
	Ponderação	Maioria zonal	Ponderação	Maioria zonal
Alta	892.747	849.813	234.284	232.380
Média	112.600	155.777	580.89	64.915
Baixa	7.515	7.272	3.312	2.833
Total	1.012.862	1.0128.62	295.686	300.128

Tabela 4 - População vulnerável por movimento de massa, total pela grade e corrigido por pela proporção de área

Suscetibilidade por movimento de massa	População			
	Total das células da grade		Corrigido pela proporção de área	
	Ponderação	Maioria Zonal	Ponderação	Maioria Zonal
Alta	0	1107	0	135
Média	207995	187436	97594	69024
Baixa	2403461	2422913	2674110	2717039

4 CONCLUSÕES

Apesar da grade para fins estatísticos do IBGE representar um avanço, era de se esperar a sua limitação em função da escala. Este trabalho utilizou dados na escala de 1:25.000 e as diferenças de área causaram desvios consideráveis entre a população calculada pela grade e a corrigida. Os resultados da vulnerabilidade por inundação apresentaram melhores resultados com diferenças da ordem de 200% a 400%. O cálculo da vulnerabilidade por movimento de massa mostrou erros de quase uma ordem, praticamente inviabilizando os resultados para esta ameaça. De qualquer modo são os melhores resultados possíveis com dados oficiais.

Este trabalho mostrou que a grade para fins estatísticos do IBGE tem suas limitações, mas em aplicações em que a escala seja compatível traz vantagens em relação aos setores censitários, tanto no menor nível de desagregação dos dados, portanto trazendo maior resolução espacial, como na estabilidade temporal e espacial.

Recomendações futuras:

- Refinar a grade com procedimentos de desagregação baseado em imagens de satélite compatível com a escala;
- Verificar se os dados originais da CPRM correspondem à escala de 1:25.000 para mapeamento temático.
- Reamostrar os dados da CPRM para compatibilizar com a grade e definir as escalas adequadas para cada ameaça.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de Mapas e suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos -SP: Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), 1997.

BITAR, O. Y. (ED.). **Cartas De Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações: 1:25.000 : Nota Técnica Explicativa**. São Paulo : IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo ; Brasília, DF : CPRM – Serviço Geológico do Brasil: IPT, 2014.

CONWAY, J. et al. **RPostgreSQL: R interface to the PostgreSQL database system**, 2013. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=RPostgreSQL>>

COPECO. **Glosario de Términos Utilizados en el Tema de Gestión de Riesgos**. Disponível em: <<http://copeco.gob.hn/web/guest/glosario-de-terminos;jsessionid=9B99E9799C9B48629D40D3BC32A6EEEA#v>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

CORREIA, D. DE M. E S.; CAMPOS, V. B. G. **Análise da mobilidade urbana sustentável utilizando estatística espacial** XXXIX SBPO – Congresso Brasileiro de Pesquisa Operacional. **Anais...2007**

CPRM. **CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO: MUNICÍPIO DE SALVADOR-BA**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/suscetibilidade/SIG_Salvador1a_290615.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015a.

CPRM. **Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações - SIG**. 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#bahia>>. Acesso em: 20 out. 2015b.

CREPANI, E. et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. **INPE (INPE-8454-RPQ/722)**, p. 103, 2001.

DATABASES, R. S. I. G. ON. **DBI: R Database Interface**, 2014. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=DBI>>

FEITOSA, F. DA F.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G. Compatibilização de dados censitários para análises temporais com o auxílio de imagens Landsat. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 2657–2664, 2005.

FEITOSA, F. F.; MONTEIRO, A. M. V. Vulnerabilidade e Modelos de Simulação como Estratégias Mediadoras: contribuição ao debate das mudanças climáticas e ambientais. **Geografia**, v. 37, n. 2, p. 289–305, 2012.

IBGE. **Brazilian Experience in use of Georeferencing and Remote Sensing** ISI Satellite Meeting on Agricultural Statistics. **Anais...** Maputo: 2009 Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/maputo_13-14_08_2009/Documents/ISIS_05_02.pdf>

IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010 : Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: [s.n.].

IBGE. **Grade Estatística: Guia de utilização**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 26 out. 2015.

IBGE. **Grade Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>.

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability- Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes**. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2014.

IPEA. **Atlas da Vulnerabilidade Social no Municípios Brasileiros**. Brasília: IPEA, 2015.

POSTGIS DEVELOPMENT TEAM. **PostGIS**, 2015. Disponível em: <<http://postgis.net/>>

POSTGRES GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. **PostgreSQL**, 2015. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/>>

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System Open Source Geospatial Foundation Project**, 2016. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org.>>. Acesso em: 10 mar. 2016

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing** Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, , 2015. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>

SEI. Região Metropolitana de Salvador. **Estatísticas dos Municípios Baianos**, v. 4, n. 1, p. 203, 2014.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

UMBELINO, G.; BARBIERI, A. Metodologia para a compatibilização de setores censitários e perímetros urbanos entre os censos de 1991, 2000 e 2010. **XVI Encontro Nacional De Estudos Populacionais**, 2008.