

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

HELIO CARREÇO DE ALMEIDA JUNIOR

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO
MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES, COM O APOIO DE UM SIG LIVRE

VITÓRIA

2017

HELIO CARREÇO DE ALMEIDA JUNIOR

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO
MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES, COM O APOIO DE UM SIG LIVRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia, na área de concentração Natureza, Produção do Espaço e Território.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Aurélia H. Castiglioni

VITÓRIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A447a Almeida Junior, Helio Carreço de, 1983-
Análise da vulnerabilidade socioambiental no município de
Vitória-ES, com o apoio de um SIG livre / Helio Carreço de
Almeida Junior. – 2017.
148 f. : il.

Orientador: Aurélia Hermínia Castiglioni.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Espaço, Sociedade e Meio Ambiente. 2. Sistemas de
informação geográfica. 3. Geotecnologias. I. Castiglioni, Aurélia
Hermínia. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

“ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES, COM O APOIO DE UM SIG LIVRE .”

HÉLIO CARREÇO DE ALMEIDA JÚNIOR

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 29 de Agosto de 2017.



PROF^a. DR^a. AURÉLIA HERMÍNIA CASTIGLIONI – ORIENTADORA - UFES



PROF. DR. ANDRÉ LUIZ NASCENTES COELHO – UFES



PROF. DR. ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS – CCAE/UFES

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor e Criador de todas as coisas, por ter me dado o dom da vida e a oportunidade de buscar conhecimento ao cursar o mestrado.

À minha esposa Vanessa Carreço, por todo amor, dedicação e apoio. Sempre ao meu lado me incentivando a seguir em frente apesar das dificuldades.

Aos meus pais, Luzia Carreço e Helio Almeida, por sempre me motivarem aos estudos e a minha irmã Helen Mable, por todo carinho, cuidado e inspiração.

À professora Dra. Aurélia Hermínia Castiglioni, pela paciência e dedicação como educadora e orientadora. Por acreditar no potencial de contribuição dos assuntos tratados neste estudo e por todos os ensinamentos, sempre prestados com total satisfação. Muito obrigado!

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, pelas grandes contribuições e reflexões que nortearam a elaboração deste trabalho.

Ao professor Dr. Eberval Marchioro, pelas fundamentais contribuições acadêmicas e por sua didática inspiradora.

Aos amigos da Prefeitura Municipal de Vitória por todo apoio prestado para realização deste trabalho, em especial à Gerente de Geoprocessamento Joseanny Gomes Poltronieri Pereira, pelo incentivo ao meu ingresso no mestrado.

Aos amigos da Gerência de Estatística e Análise Criminal (SESP/GEAC) pela gentil colaboração em ceder dados georreferenciados de criminalidade, e por realizarem este trabalho tão importante para melhoria da Segurança Pública do Estado do Espírito Santo.

Ao amigo Whéber Kaizer pelo apoio e revisão literária em língua inglesa do resumo.

A todos os colegas da turma 2015 do PPGG, com os quais caminhamos juntos todo este tempo.

À Izadora Ramos, por todo profissionalismo e dedicação no atendimento da secretaria do PPGG.

Muito Obrigado!

RESUMO

Em diversas cidades do Brasil, as populações carentes tendem a ocupar áreas inadequadas para habitação, por serem zonas inundáveis, de encostas com risco de deslizamento e outros riscos ambientais. Este quadro indica que os segmentos desfavorecidos da população se encontram em situação de vulnerabilidade socioambiental. Este trabalho tem por objetivo analisar a vulnerabilidade socioambiental enfrentada pelas parcelas mais carentes da população de Vitória-ES e mostrar a importância dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta de mensuração e representação destas situações. Para isso, será demonstrada a viabilidade da adoção de geotecnologias livres para a abordagem deste tema, por meio da análise de variáveis socioeconômicas, infraestruturais e do meio físico. Pelo fato das informações acerca da temática envolverem a análise de muitas variáveis, é possível que um pequeno número destas contenham as informações mais relevantes enquanto que a maioria das variáveis acrescenta pouco ou nada à interpretação dos resultados. Na escolha sobre quais variáveis são relevantes, adotou-se neste estudo a redução de variáveis por meio de critérios objetivos utilizando a Análise de Componentes Principais (ACP), o que permitiu a construção de gráficos multidimensionais contendo maior informação estatística. As variáveis analisadas mostraram alta correlação e os resultados foram espacializados por meio de um software livre de SIG, o que permitiu formar agrupamentos de bairros que apresentam semelhanças quanto à vulnerabilidade socioambiental. A metodologia empregada tornou possível a identificação de uma notável disparidade entre os bairros de Vitória, em que os bairros da parte oeste do município e aqueles localizados em regiões de morros foram considerados os mais vulneráveis. Para o estudo da vulnerabilidade socioambiental, é possível que a metodologia deste estudo seja aplicada para qualquer cidade ou outra unidade territorial, com a inserção de outras variáveis pertinentes.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Socioambiental, Sistemas de Informações Geográficas, Geotecnologias Livres

ABSTRACT

In several cities in Brazil the needy population tend to settle in inappropriate areas, such as slopes with risk of landslide, inundated areas and other environmental risks. This situation indicates that the disadvantaged sections of society face socio-environmental vulnerability. This paper aims to analyze socio-environmental vulnerability faced by the most needy portion of the population from Vitoria – ES and shows the importance of the Geographic Information System (GIS) as a tool of measurement and representation of these situations. Thus, the feasibility of adopting free geotechnologies will be demonstrated in order to approach this theme by means of analyzing the socioeconomic, infrastructural as well as physical environment variables. Given the fact that the data about the theme involve the analysis of many variables it is possible that a small number of variables may contain more relevant information, while most variables might add little or no information to the interpretation of the results. It was adopted a reduction of variables during the choice of which variables are relevant by means of objective criteria utilizing the Principal Component Analysis (PCA) which enabled the construction of multidimensional graphs containing greater statistical information. The variables analyzed showed high correlation and the results were spatialized through a free GIS software which allowed forming groups of neighborhoods that present similarities regarding the socio-environmental vulnerability. The applied methodology enabled to identify a notable disparity among the neighborhoods of Vitoria, in which the West neighborhoods of the municipality and those located in hills were considered the most vulnerable. It is possible that the methodology of this research can be applied in the study of socio-environmental vulnerability in any city or territorial unit with the input of other relevant variables.

Keywords: Socio-environmental Vulnerability, Geographic Information Systems (GIS), Free Geotechnologies

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: DESASTRES NATURAIS NO MUNDO, REGISTRADOS ENTRE 1900 A 2015. FONTE: EM-DAT (2016).....	28
FIGURA 2: DESASTRES NATURAIS NO MUNDO, REGISTRADOS ENTRE 1900 A 2015 POR SUB-GRUPO. FONTE: EM-DAT (2016)....	29
FIGURA 3: DESASTRES NATURAIS NO MUNDO, REGISTRADOS ENTRE 1900 A 2015 POR TIPO. FONTE: EM-DAT (2016).....	29
FIGURA 4: TIPOS DE DESASTRES OCORRIDOS NO BRASIL ENTRE OS ANOS DE 1900 A 2015. FONTE: EM-DAT (2016). ELABORAÇÃO: HELIO CARREÇO.....	30
FIGURA 5: DISTRIBUIÇÃO DOS DESASTRES NATURAIS NO BRASIL.....	31
FIGURA 6: FATORES DE INTERAÇÃO COM A VULNERABILIDADE.....	42
FIGURA 7: ARQUITETURA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	46
FIGURA 8: AS DUAS PARTES PRINCIPAIS DE UM SIG.....	47
FIGURA 9: A INTERFACE DO QGIS.....	57
FIGURA 10: GERENCIADOR DE COMPLEMENTOS DO QGIS.....	60
FIGURA 11: PERCENTUAL DE MUNICÍPIOS COM SIG E BASE CARTOGRÁFICA DIGITALIZADA, SEGUNDO AS CLASSES DE TAMANHO DA POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS.....	61
FIGURA 12: MUNICÍPIOS DO ESPÍRITO SANTO QUE POSSUEM SIG IMPLANTADO NA ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL.....	63
FIGURA 13: ORGANOGRAMA DA ÁREA DE GEOPROCESSAMENTO A PARTIR DO DECRETO MUNICIPAL 11.248/2002.....	68
FIGURA 14: LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS SIGS DESENVOLVIDOS.....	70
FIGURA 15: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA - ES.....	74
FIGURA 16: FERRAMENTA DE CONSTRUÇÃO DE CONSULTAS SQL NO QGIS.....	80
FIGURA 17: COMPLEMENTO GROUP STATS EXECUTANDO CONTAGEM DE VALORES ÚNICOS.....	81
FIGURA 18: FERRAMENTA DO QGIS PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE KERNEL.....	83
FIGURA 19: CONCENTRAÇÃO DOS CRIMES CONTRA A PESSOA EM VITÓRIA EM 2015.....	85
FIGURA 20: CONCENTRAÇÃO DOS CRIMES CONTRA O PATRIMÔNIO EM VITÓRIA EM 2015.....	86
FIGURA 21: MODELO NUMÉRICO DO TERRENO CALCULADO E CORTADO NO FORMATO DE VITÓRIA.....	88
FIGURA 22: FERRAMENTA PARA CÁLCULO DA DECLIVIDADE DO TERRENO NO QGIS.....	89
FIGURA 23: DECLIVIDADE DO TERRENO PARA O MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES.....	91
FIGURA 24: FERRAMENTA DE ESTATÍSTICAS POR ZONA DO QGIS.....	92
FIGURA 25: TABELA DE ATRIBUTOS COM O CÁLCULO DAS ESTATÍSTICAS DE DECLIVIDADE.....	93
FIGURA 26: MAPA DE CONCENTRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE EDUCAÇÃO EM RELAÇÃO AO RENDIMENTO MÉDIO DA POPULAÇÃO TOTAL.....	95
FIGURA 27: INTERFACE DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FATORES DO SPSS.....	99
FIGURA 28: GRÁFICO DAS SATURAÇÕES DAS VARIÁVEIS SOBRE OS COMPONENTES 1 E 2 EM ESPAÇO ROTACIONADO.....	104
FIGURA 29: MAPA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL EM VITÓRIA - ES.....	106
FIGURA 30: MAPA WEB DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL ACESSADO PELO NAVEGADOR FIREFOX, EM UM COMPUTADOR....	110

FIGURA 31: MAPA WEB DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL ACESSADO VIA SMARTPHONE PELO NAVEGADOR CHROME.....	111
FIGURA 32: EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO DE CAMPOS DE UMA CAMADA.....	143
FIGURA 33: PAINEL DE CONFIGURAÇÕES DO QGIS2WEB.....	145

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: LISTA DE VARIÁVEIS UTILIZADAS NAS ANÁLISES.....	77
TABELA 2: CLASSES DE DECLIVIDADE PROPOSTAS PELA EMBRAPA (1979).....	90
TABELA 3: MATRIZ DE CORRELAÇÕES.....	101
TABELA 4: PROPORÇÃO DA VARIÂNCIA EXPLICADA PELOS 4 PRIMEIROS FATORES - ACP.....	102
TABELA 5: SATURAÇÕES DAS VARIÁVEIS SOBRE OS DOIS PRIMEIROS FATORES.....	102
TABELA 6: AGRUPAMENTO DOS BAIROS SIMILARES QUANTO A VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	108
TABELA 7: VALORES DAS 13 VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ACP.....	150

LISTA DE SIGLAS

ACP - Análise de Componentes Principais
AM/FM - Automated Mapping/Facilities Management
BDGIS - Banco de Dados Geográfico da Prefeitura de Vitória
BNDS - Banco Nacional do Desenvolvimento Social
BSD - Berkeley Software Distribution
CAD - Desenho Assistido por Computador
CADD - Computer-Aided Drafting and Desing
CIODES - Centro Integrado Operacional de Defesa Social
CRED - Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres
CVA - Capacidades e Análise de Vulnerabilidades
EIA - Estudos de Impacto Ambiental
EM-DAT - The International Disaster Database
FOSSGIS - Free and Open Source Software GIS
FSF - Free Software Foundation
GDAL - Geospatial Data Abstraction Library
GEAC - Gerência de Estatística e Análise Criminal
GML - Geography Markup Language
GNU - Acrônimo recursivo do nome do sistema operacional que significa: GNU não é Unix
GPL - General Public License
GPS - Sistema de Posicionamento Global
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano
ISDR - International Strategy for Disaster Reduction
ISS - Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza
LGPL - Lesser General Public License
LIS - Land Information System
MDE - Modelo Digital de Elevação
MNT - Modelo Numérico do Terreno
Munic - Pesquisa de Informações Básicas Municipais
OGC - Open Geospatial Consortium
OGR - Biblioteca de formatos vetoriais integrante do GDAL.

OSGEO - Open Source Geospatial Foundation

PDU - Plano Diretor Urbano

PMV - Prefeitura Municipal de Vitória

SESP - Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa Social do Espírito Santo

SFS - Simple Features Interface Standard

SGBD - Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SIMG - Sistema de Informações Municipais Geoprocessadas

SL - Software Livre

SOAP - Simple Object Access Protocol

SQL - Structured Query Language

SRC - Sistema de Coordenadas Geográficas

TOC - Tabela de conteúdo

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

WCS - Web Coverage Service

WFS - Web Feature Service

WMS - Web Map Service

XML - Extensible Markup Language

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1- QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS URBANAS.....	18
1.1 Os Riscos.....	18
1.1.1 <i>O Risco Ambiental</i>	20
1.1.2 <i>Sociedade de Risco</i>	22
1.2 Desastres.....	25
1.2.1 <i>Registro Histórico dos Desastres</i>	27
1.3 Desigualdade Ambiental.....	32
1.4 Vulnerabilidade Socioambiental.....	37
2- SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	44
2.1 Geotecnologias Livres.....	52
2.2 QGIS: SIG utilizado na operacionalização das análises espaciais.....	55
2.3 Adesão de Geotecnologias Livres na Administração Pública.....	60
2.4 Histórico da adoção de geotecnologias na Prefeitura de Vitória.....	64
3- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	73
3.1 Área de Estudo.....	73
3.2 Objetivos e Fontes de Dados.....	75
3.2.1 <i>Dados Socioeconômicos</i>	78
3.2.2 <i>Dados de Infraestrutura e Segurança Pública</i>	79
3.2.3 <i>Dados do Meio Físico</i>	87
3.3 Sobreposição Espacial das Variáveis.....	93
3.4 Análise de Componentes Principais.....	96
4- CARACTERIZAÇÃO E REGIONALIZAÇÃO DOS BAIRROS SEGUNDO A SITUAÇÃO DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	98
4.1 Síntese das relações entre as variáveis socioambientais.....	98

4.2 Agrupamento dos Bairros de Vitória que Apresentam Similaridades Quanto a Vulnerabilidade Socioambiental.....	104
4.3 Compartilhamento dos Resultados por Meio de Mapas Interativos na Web.....	109
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS.....	116
ANEXOS.....	127
ANEXO A: AQUISIÇÃO DE DADOS PARA UM SIG.....	127
ANEXO B: EXEMPLOS DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES.....	130
<i>Bancos de Dados.....</i>	<i>130</i>
<i>Servidores.....</i>	<i>131</i>
<i>Bibliotecas para Desenvolvimento.....</i>	<i>133</i>
<i>Clientes (SIG Desktop).....</i>	<i>135</i>
ANEXO C: COMPLEMENTO QGIS2WEB PARA CONSTRUÇÃO DE MAPAS INTERATIVOS NA WEB	141
Preparação do Projeto QGIS.....	142
Configuração do complemento qgis2web.....	143
Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental de Vitória Interativo na Web.....	146
ANEXO D: TABELA DE VALORES DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ACP.....	147

INTRODUÇÃO

A pesquisa acerca da desigualdade socioambiental investiga se certos segmentos desfavorecidos da população, geralmente minorias e/ou os pobres, suportam uma carga desproporcional de risco ambiental. Sabe-se que em diversas cidades brasileiras, as parcelas mais pobres da população tendem a viver próximas a lixões, aterros sanitários, áreas inundáveis ou de risco de deslizamento, entre outros, constituindo assim um quadro de desigualdade socioambiental.

O mapeamento do risco ambiental, particularmente quando associado a aspectos socioeconômicos, pode revelar dimensões importantes da questão com relação às políticas públicas urbanas: riscos sociais e ambientais tendem a ser cumulativos. Por exemplo, residentes de áreas inundáveis em muitos locais são, simultaneamente, mais pobres e vivem em condições residenciais e sanitárias mais precárias do que o conjunto da população. Desta forma, um aspecto essencial da operacionalização empírica da categoria risco ambiental tem a ver com a identificação de quantos são e quem são os indivíduos e grupos sujeitos aos maiores riscos (TORRES, 1997).

Inúmeros pesquisadores têm utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para gerenciar e estruturar análises de desigualdade ambiental (GLICKMAN, GOLDING, e HERSH, 1995; BOER et al, 1997; MCMASTER, LEITNER, e SHEPPARD, 1997). Os benefícios do uso de SIG para a investigação da desigualdade ambiental são relativamente simples: desigualdade ambiental é uma questão inerentemente espacial, ou seja, verifica-se uma relação espacial entre a distribuição de pessoas e de riscos ambientais.

O SIG fornece um ambiente eficiente para a visualização de dados espaciais, análise e gestão. Segundo Préteceille (2004), as análises sobre tais processos devem identificar as diferentes realidades locais, sendo que as novas tecnologias de SIG são um aliado forte para a implementação de análises empíricas para evidenciar tais realidades.

Os SIGs tornaram-se rapidamente uma ferramenta importante na gestão municipal, ambiental, militar, policial, no turismo e em muitas outras esferas da sociedade. Qualquer indivíduo que usa um computador ou smartphone, provavelmente já usou um SIG em alguma forma mesmo

sem perceber. Seja olhando um mapa em um site da internet, Google Earth, em um balcão de informações ou quando seu smartphone indica sua posição geográfica.

Os *softwares* proprietários SIG (software que não pode ser compartilhado ou modificado gratuitamente) estão disponíveis e oferecem diversas funcionalidades. Entretanto, estes softwares são muito caros e por vezes limitam a liberdade de cópia, compartilhamento e modificação. Os vendedores dos SIGs algumas vezes fazem exceções para atividades educacionais, fornecendo cópias mais baratas ou gratuitas do seu software. Eles fazem isto sabendo que os professores e alunos usarão seu software apenas para conhecê-lo melhor e, assim, eles estarão relutantes em aprender outros programas. Quando os estudantes deixam a academia, dirigem-se para o mundo corporativo e compram um software comercial, sem saberem que existem alternativas gratuitas plenamente viáveis e com recursos avançados que poderiam ser utilizadas.

A pesquisa apresenta uma alternativa de um *software* SIG que é livre de custos e gratuito num senso social, para que acadêmicos e estudantes possam usá-lo para construir suas capacidades, resolver problemas no trabalho e contribuir para tornar o mundo um lugar melhor. Ao aprender, usar e compartilhar um software gratuito e de código aberto, é possível construir suas próprias capacidades, e o recurso financeiro economizado poderá ser investido em outros setores nas empresas e principalmente nas instituições públicas.

Como objetivo, busca-se definir o problema da desigualdade ambiental e social em Vitória. Em seguida, traça-se uma estratégia metodológica para investigação empírica dos fenômenos, optando-se pelo uso do SIG. Posteriormente, realiza-se o estudo empírico propriamente dito, com o qual se propõe, a partir da Análise de Componentes Principais (ACP), identificar as seguintes questões: a desigualdade ambiental e social existente no município, e qual a sua distribuição espacial.

No primeiro capítulo, será mostrado como alguns autores do pensamento ambientalista abordam as dimensões distributivas e urbanas dos problemas ambientais, dos riscos ambientais, e da vulnerabilidade ambiental e social. Será apresentado o conceito de desigualdade socioambiental, com uma breve discussão sobre as diferentes formas com que este tema vem sendo tratado na literatura.

O segundo capítulo discorre sobre o SIG, suas principais características, os autores que utilizam esta ferramenta para investigação do tema proposto, etc. Além disso, será entronizada a questão do surgimento de geotecnologias livres, como alternativa aos softwares proprietários, a filosofia dos softwares de código aberto e as vantagens de sua utilização. Também se encontra um breve histórico da implementação de geotecnologias na administração municipal de Vitória neste capítulo.

No terceiro capítulo, será realizada a caracterização da área de estudo e exposta a metodologia empregada no desenvolvimento deste estudo. Serão apresentadas as fontes de dados consultadas, os indicadores e o método utilizado para construção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental. Será abordada com maior detalhamento a aplicação do software QGIS, escolhido para fazer as análises espaciais e a gerências dos dados coletados.

O quarto capítulo trata especificamente do problema empírico metodológico, com a observação das desigualdades socioambientais de Vitória. Por meio da Análise de Componentes Principais, serão apresentados agrupamentos de bairros que, segundo a metodologia aplicada, apresentam menor ou maior vulnerabilidade socioambiental, o que conseqüentemente denota situações em que determinados grupos sociais estão mais ou menos sujeitos a riscos socioambientais. Ainda neste capítulo será demonstrado de que forma um software livre de SIG se constitui numa excelente ferramenta de análise e espacialização dos resultados, com a identificação e representação espacial de populações em situação de vulnerabilidade socioambiental.

1 - QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS URBANAS

1.1 Os Riscos

“A vida é um negócio arriscado” (Life is a risky business), é o que afirma Hewitt (1993, p. 317). O autor cita esta frase para explicar que a ideia de risco implica, por exemplo, a existência de um agente “ameaçador” e de um agente “receptor” da ameaça. Além de que, a maior parte das ações humanas implica alguma forma de “cálculo” do risco implícito a comportamentos simples, como atravessar uma rua ou embarcar em um avião.

Por esta ótica, risco pode ser entendido como a maior probabilidade de determinados indivíduos ou grupos serem ameaçados por fenômenos específicos. Por exemplo, a probabilidade de atropelamento é maior em avenidas movimentadas, como vias arteriais, do que em vias locais de baixa velocidade; a probabilidade de doenças respiratórias é mais alta em lugares poluídos do que em lugares sem poluição; idosos são grupos de risco para doenças cardíacas e degenerativas, etc.

Segundo Yvette Veyret (2007), o risco é uma construção social, em que os atores possuem uma percepção de algo que representa um perigo para eles próprios, para os outros e seus bens.

Muitos são os fatores de risco, os quais podem ser processos naturais (furacões, terremotos), ou consequências das atividades humanas (agricultura, erosão), indústria (incêndio, poluição), transportes. Além disso, o crescimento urbano, as imigrações, as desigualdades sociais, ocasionam os riscos sociais: insegurança e violência urbana.

Veyret (2007) destaca ainda a importância do papel do contexto histórico na construção do risco, pois a percepção que se tem do mesmo não pode ser enfocada sem a consideração de sua relação com o espaço geográfico, os modos de ocupação do território e as relações sociais características do momento histórico. A autora considera que o risco nasce da percepção de um perigo ou de uma ameaça potencial que pode ter origens diversas, a qual é denominada *álea*. No momento em que o risco se manifesta, pode provocar prejuízos aos indivíduos, aos bens e à organização do território. Desta forma, a autora define o risco como a representação

de um perigo, real ou suposto, que afeta os alvos e que constitui um indicador de vulnerabilidade.

Diferentes autores sempre consideram distintamente um mesmo conjunto de riscos como aceitáveis ou não. Semelhantemente, a percepção do que são riscos, por parte de determinados indivíduos e grupos sociais pode mudar ao longo do tempo:

[...] A decisão sobre que tipo de opção é mais atraente é inerentemente específica. Em outras palavras, não há opção universalmente aceita (ou riscos, custos ou benefícios). A escolha de uma dada alternativa depende do leque de opções, consequências, valores e fatos examinados ao longo do processo de decisão. Em diferentes situações, diferentes opções, valores e informações podem ser relevantes. Ao longo do tempo, qualquer mudança pode levar a mudanças na atratividade relativa de uma dada opção: erros podem ser descobertos na análise, novos dispositivos de proteção podem ser inventados, valores podem mudar, novas informações podem aparecer, e assim por diante. Mesmo numa mesma situação, num mesmo momento, diferentes pessoas, com diferentes valores, crenças, objetivos ou métodos de decisão podem discordar sobre qual alternativa é a melhor. Em síntese, a busca de critérios absolutos de aceitabilidade de riscos é enganosa [...]. (FISCHHOFF et al., 1981, p. 3).

A decisão sobre quais riscos são aceitáveis ou não carrega juízos de valor. É possível afirmar que tais juízos podem ser fundamentados em estudos técnicos adequados e em informações de boa qualidade.

Importante consideração a se fazer, é que para satisfazer os objetivos de uma gestão preventiva, é necessário que o risco seja calculável de forma probabilística. Uma situação potencialmente perigosa se torna um risco para as populações afetadas no momento em que se torna previsível, seja pela emissão de sinais prévios de perigo, ou em razão da repetição do processo que permite o estabelecimento de uma frequência. Assim sendo, a informação estatística é essencial na definição do risco, devendo ser suficiente e devidamente fundamentada em dados homogêneos e confiáveis (TORRES, 1997).

1.1.1 O Risco Ambiental

Segundo Veyret (2007), os riscos ambientais resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território. Os riscos naturais são considerados aqueles que são pressentidos e suportados por um grupo ou um indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico de uma álea. A álea pode ser de origem litosférica (terremotos, erupções vulcânicas, desmoronamento de solo), como também pode ser de origem hidroclimática, como resultado da ação de tempestades, nevascas, ciclones ou da seca. As fortes chuvas, muitas vezes, são responsáveis por inundações. Os riscos decorrentes dessas áleas possuem causas físicas que escapam largamente à intervenção do homem.

Outros riscos podem resultar de áleas cujo impacto é potencializado pelas atividades humanas e a consequente ocupação do território, como, por exemplo, a erosão acelerada dos solos, ou nos piores casos, desencadeando processos de desertificação. Segundo Mainguet (1990), a desertificação origina-se nos mecanismos naturais exacerbados ou induzidos pelo homem, e se manifesta por uma deterioração da vegetação e dos solos e provoca, na escala do tempo humano, uma diminuição ou destruição irreversível do potencial biológico. O uso excessivo de pastagens, além de uma má gestão dos recursos, acarreta a formação de aréolas de degradação cada vez maiores em torno das cidades, permitindo ao vento mobilizar os elementos finos do solo para edificar as dunas.

Torres (1997) afirma que alguns riscos são facilmente discerníveis a partir da experiência cotidiana ou a partir da aquisição de informação sanitária básica, enquanto outros riscos são identificáveis somente a partir de procedimentos científicos complexos. Um fato interessante da modernidade é que, enquanto a humanidade aumenta sua capacidade de minimizar riscos relativamente conhecidos como, por exemplo, melhorando os padrões de saneamento e nutrição, por outro lado, acaba produzindo milhares de novos riscos desconhecidos para a grande maioria da população. Por exemplo, alimentos produzidos com novas técnicas de industrialização para fins de aumento de qualidade e produtividade, que em longo prazo, não se conhece os benefícios ou riscos para a saúde da população que os ingere.

Neste sentido, os riscos podem ser impostos pelos outros, em circunstâncias incontrolláveis, ou impostos por nós mesmos. Eles podem ser conhecidos ou desconhecidos. Se conhecidos, podem ser “calculados” adequadamente ou distorcidamente, se calculados podem ser considerados dentro de um contexto mais geral em face de outros riscos e problemas sociais, ou podem ser percebidos isoladamente, como um problema individual (DOUGLAS e WIDAVISKY, 1982).

Torres (1998) afirma que um aspecto essencial da operacionalização empírica da categoria risco ambiental, tem a ver com a identificação de quantos são e quem são os indivíduos e grupos de maiores riscos. O estudo dos riscos ambientais é estruturado em função de algum objeto ou área fisicamente localizada: unidades industriais, áreas de inundação, unidades de preservação, lixões, etc. Em decorrência disto, as questões espaciais e de escala geográfica, bem como a nível local, ganham uma importância crucial.

Deve-se considerar, segundo o autor, que a natureza dos recortes espaciais exigidos neste tipo de estudo gera problemas relativos a fontes de dados. Muitas vezes as áreas de risco dos equipamentos e áreas de preservação mencionadas acima não correspondem aos recortes geográficos convencionalmente utilizados pelas fontes de dados censitários ou fontes de dados administrativos. Por exemplo, dificilmente as fronteiras de distritos ou municípios correspondem identicamente à da área de influência de uma indústria ou estrada. Por isso, diversas vezes os analistas se valem de outros tipos de unidade espacial menos convencionais, como setores censitários. O autor também destaca que, embora este tipo de informação fosse de difícil manipulação no passado, o SIG tornou o uso deste tipo de dado num exercício relativamente trivial.

Segundo Emmi e Horton (1996), um aspecto fundamental relacionado ao entendimento do que são riscos ambientais, diz respeito à questão da espacialidade. Isto porque os riscos ambientais, de forma geral, são espacialmente distribuídos. Por exemplo, terremotos ocorrem em lugares específicos; enchentes ocorrem normalmente em várzeas e áreas onde a drenagem é insuficiente, etc. Na medida em que fenômenos ambientais são eminentemente espaciais, riscos ambientais devem ser também entendidos como fenômenos tipicamente espaciais. Além de serem localizáveis no espaço, também variam ao longo da dimensão espacial, ou seja, são maiores em alguns lugares do que em outros.

As análises de risco ambiental tentam responder à problemática: se existem populações (humanas ou não) na área de influência de um fenômeno específico. Procura-se responder ao chamado problema da coexistência espacial, ou de coincidência espacial:

[...] O tipo mais simples de (...) análise de risco tenta responder à seguinte questão: Objetos ou eventos específicos coexistem no mesmo tempo e/ou no espaço? Por exemplo, há um grande número de pessoas vivendo perto de locais de despejo de dejetos perigosos ou de instalações industriais que emitem um alto nível de poluentes tóxicos? A maior parte dos dados provém de inventários de emissões químicas e são combinados com dados demográficos de forma a estimar a exposição da população [...]. (REJESKI, 1993 p. 320).

A coexistência espacial é fundamental para compreensão da maioria das análises de risco ambiental. Rejeski (1993) argumenta que categorias como “áreas de influência”, “áreas de risco”, “população na área de risco”, ou mesmo “distância entre a fonte do risco e os receptores” apresentam uma espacialidade evidente, que é preciso destacar e tomar como referência analítica fundamental. Desta forma, o espaço deve ser considerado item primordial pelo analista dos problemas ambientais.

Vale mencionar que não se deve desprezar o fato de que riscos também apresentam dimensões temporais importantes, posto que espaço e tempo são geográficos. Algumas categorias como “tempo de exposição”, e “capacidade de regeneração do sistema”, indicam claramente que riscos ambientais possuem relação com dimensões temporais. Diante do exposto, percebe-se que o conceito de risco é dinâmico.

1.1.2 Sociedade de Risco

Veyret (2007) afirma que o risco social em geral está associado à segregação urbana e está relacionado à insegurança. Em vários países, a taxa de criminalidade, que constitui um indicador da violência urbana, está em alta. Em muitos casos, a insegurança está associada a

situações econômicas precárias e ao desemprego, este último, fornecendo um exemplo de impacto de risco econômico. Outro elemento a ser considerado é o tráfico/uso de entorpecentes, tomando uma posição considerável na explicação do risco social, em que é implantada uma abordagem gerencial dos riscos fundamentada na vigilância, no controle dos grupos e dos locais relacionados às drogas, além da punição dos delitos. A maioria dos riscos evocados é percebida como tendo efeitos negativos sobre o indivíduo ou sobre o grupo social. Tais efeitos se traduzem seja na perda de bens, na morte ou na doença. Desta forma, a autora considera que as relações entre risco e saúde devem constituir uma reflexão central.

Em 1992, Ulrich Beck, sociólogo alemão, passou a ser um dos teóricos sociais mais destacados mundialmente após a publicação de *Risk Society* (publicado em alemão, primeiramente em 1986). O pensamento deste autor centra-se na caracterização de um novo tipo de sociedade submetida a fortes riscos e processos de individualização, em que os elementos centrais na identificação desta sociedade são as catástrofes ecológicas, as crises econômicas, o terrorismo e as guerras preventivas (BECK, 1992).

O argumento central de sua obra é que a sociedade industrial, caracterizada pela produção e distribuição de bens, foi deslocada pela sociedade de risco, na qual a distribuição dos riscos não corresponde às diferenças sociais, econômicas e geográficas da típica primeira modernidade. O autor inclui novos riscos: ecológicos, químicos, nucleares, genéticos e econômicos, produzidos industrialmente, externalizados economicamente, individualizados juridicamente, legitimados cientificamente e minimizados politicamente. Este conjunto de riscos geraria uma nova forma de capitalismo, uma nova forma de economia, uma nova forma de ordem global, uma nova forma de sociedade e uma nova forma de vida pessoal (FRANKLIN, 1999 p, 2-7).

A conceitualização de sociedade de risco de Beck (1992) se cruza diretamente com a de globalização: os riscos são democráticos, afetando nações e classes sociais sem respeitar fronteiras de nenhum tipo. Os processos que ocorrem a partir dessas transformações são ambíguos, coexistindo maior pobreza em massa, crescimento de nacionalismo, fundamentalismos religiosos, crises econômicas, possíveis guerras e catástrofes ecológicas e tecnológicas, e espaços no planeta onde há maior riqueza, tecnicização rápida e alta segurança no emprego.

Beck (1994) considera a “sociedade de risco” como uma etapa subsequente ao desenvolvimento da sociedade industrial, em que os crescentes riscos derivados deste desenvolvimento tornar-se-iam cada vez mais visíveis para a população e cada vez mais problemáticos. Assim, a distribuição dos riscos emergiria como uma nova questão social e política de ordem prioritária:

[...] o conceito de sociedades de risco busca designar um estágio da modernidade na qual as ameaças produzidas pelo ritmo da sociedade industrial passam a predominar. Isto coloca em questão o problema da auto-limitação desse desenvolvimento, bem como a tarefa de redeterminar os standards definidos até então, relativos às ameaças potenciais [...]. (BECK, 1994, p. 6).

O autor destaca que a crescente importância da questão ambiental é uma evidência da emergência da questão dos riscos como problema central das sociedades contemporâneas. Aceitável ou não, esta perspectiva evidencia que na área ambiental, a ideia do risco é parte necessária de qualquer análise que busque compreender como as atividades humanas de grande escala provocam alterações no meio ambiente e afetam a saúde da população, as atividades econômicas preexistentes, as condições sanitárias e até as condições paisagísticas e estéticas das diversas áreas.

Um dos principais aspectos deste novo tipo de sociedade seria o deslocamento do conflito distributivo típico das sociedades industriais (em torno de salários, empregos, etc.) para outro tipo de conflito em torno da distribuição dos riscos gerados pelos diversos processos industriais. Neste sentido, a localização de estradas e incineradores de lixo passaria a ser objeto de disputas, não apenas relacionadas aos benefícios que estes investimentos gerariam, mas também com respeito ao desconforto ambiental e aos diversos prejuízos causados para grupos específicos, em locais específicos. Desta forma, o processo político se voltaria inevitavelmente para os confrontos locais e para as questões específicas, caracterizando a chamada volta da micropolítica (BECK, 1994)

Cabe destacar que a categoria risco, ao contrário da categoria impacto, revela de forma muito aguda as principais ambiguidades inerentes aos processos de decisão ambiental, como bem explicado por Beck (1994).

Entretanto, Guivant (2001) argumenta que no livro *Risk Society*, Beck apresentava uma perspectiva bastante linear e evolutiva entre a sociedade de classes e a sociedade de risco, deixando de considerar que no mundo globalizado existem sociedades com as duas características, o que daria uma dimensão diferente à própria sociedade de risco. Beck não responde a questões como: qual a integração da pobreza e dos riscos de graves consequências, como se potencializam os riscos com sistemas de controle e fiscalização estatais precários, ou como se caracterizam sociedades com culturas democráticas fragmentadas. Beck simplesmente assume que o conceito de sociedade de classes implicava necessariamente considerar a classe social como sujeito político privilegiado da transformação social. Separar esta relação é relevante porque as desigualdades de classe continuam existindo, apesar do enfraquecimento da classe social como sujeito histórico.

Torres (1998) também argumenta que a descrição da sociedade de risco, apesar de ser interessante para o entendimento do processo político contemporâneo nos países desenvolvidos, apresenta-se relativamente problemática no contexto dos países periféricos. Posto que, se as sociedades dos países em desenvolvimento não podem ser consideradas plenamente desenvolvidas e industrializadas, é duvidoso determinar em que circunstância se daria a sua transição para as chamadas “sociedades de risco”. Para o autor, esta questão precisaria ser observada caso a caso, no contexto do estudo das diversas lutas sociais e socioambientais em curso nos países em desenvolvimento.

1.2 Desastres

Segundo Kobiyama et al (2006), desastres naturais podem ser definidos como eventos extremos que ocorrem em locais onde os seres humanos habitam, e que, em consequência desses eventos, são ocasionados danos materiais e/ou humanos, além de prejuízos socioeconômicos. Podem ser considerados eventos extremos as inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros.

O Manual de Planejamento em Defesa Civil define desastre como:

[...] resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais [...] (CASTRO, 1999, p. 7).

O manual enfatiza ainda que desastre não é o evento adverso, como uma forte chuva ou ventos intensos, mas a consequência do evento em um ambiente vulnerável.

Segundo Castro (1999), não existe na definição nenhuma ideia restritiva sobre a necessidade de que o desastre ocorra de forma súbita. Nesta perspectiva, apesar de a ocorrência de um desastre se apresentar de forma súbita e sem previsão, os processos relacionados à vulnerabilidade dos ecossistemas são construídos ao longo do tempo, e são mantidos por meio de diferentes aspectos, tais como:

- ◆ Baixas condições socioeconômicas;
- ◆ Inexistência de planejamento urbano adequado que determine locais para habitações populares;
- ◆ Inexistência de uma cultura de proteção civil e de planos diretores de Defesa Civil nos Municípios;
- ◆ Poluição de nascentes e mananciais;
- ◆ Desmatamento;
- ◆ Edificações irregulares, entre outros.

A Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (International Strategy for Disaster Reduction - ISDR), da Organização das Nações Unidas, define desastre como sendo uma grave perturbação do funcionamento da sociedade, o que ocasiona de forma generalizada, prejuízos humanos, materiais e/ou ambientais que excedem a capacidade da sociedade afetada em limitar seus efeitos usando apenas recursos próprios (ISDR, 2004). Ou seja:

[...] uma séria interrupção no funcionamento de uma comunidade ou sociedade que ocasiona uma grande quantidade de mortes e igual perda e impactos materiais, econômicos e ambientais que excedem a capacidade de uma comunidade ou a sociedade afetada para fazer frente a situação mediante o uso de seus próprios recursos [...]. (ISDR, 2004, p.13-14).

Interessante notar como esta concepção da ISDR enfatiza a capacidade da sociedade afetada de enfrentar a adversidade mediante seus próprios recursos, o que aponta a condição de vulnerabilidade como aspecto primordial na compreensão dos desastres, sejam eles decorrentes de ameaças tecnológicas¹, ambientais ou meteorológicas.

1.2.1 Registro Histórico dos Desastres

Ponserre *et al* (2008) afirmam que há uma tendência mundial ascendente na ocorrência de desastres naturais, em que a maioria dos casos registrados são de desastres hidrometeorológicos.

Há um consenso de diversos autores na ideia de que populações vulneráveis são as que mais sofrem os impactos dos desastres naturais. Por isso, julgou-se pertinente mostrar neste estudo alguns dados sobre os desastres naturais registrados no mundo. Foram utilizados os dados disponibilizados pelo Banco de Dados Internacional Sobre Desastres (EM-DAT²), alimentado pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (CRED). Os registros indicam que entre os anos de 1900 a 2015, houve um aumento significativo na ocorrência de desastres naturais no mundo, principalmente a partir de 1948, com uma leve tendência de queda do ano 2000 em diante (Figura 1).

1 Perigo associado com acidentes tecnológicos ou industriais, rompimento de infraestrutura ou atividades humanas que podem causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos às propriedades, rupturas sócio-econômicas ou degradação ambiental. Exemplos: poluição industrial, radioatividade, resíduo tóxico, queda de barragens, acidentes industriais, etc. (ISDR, 2004).

2 The International Disaster Database, da Universidade Católica de Louvain, Bélgica. O EM-DAT contabiliza somente os desastres de grande severidade, ou seja, são considerados apenas aqueles com ocorrência de dezenas de vítimas fatais, centenas de desabrigados, etc.

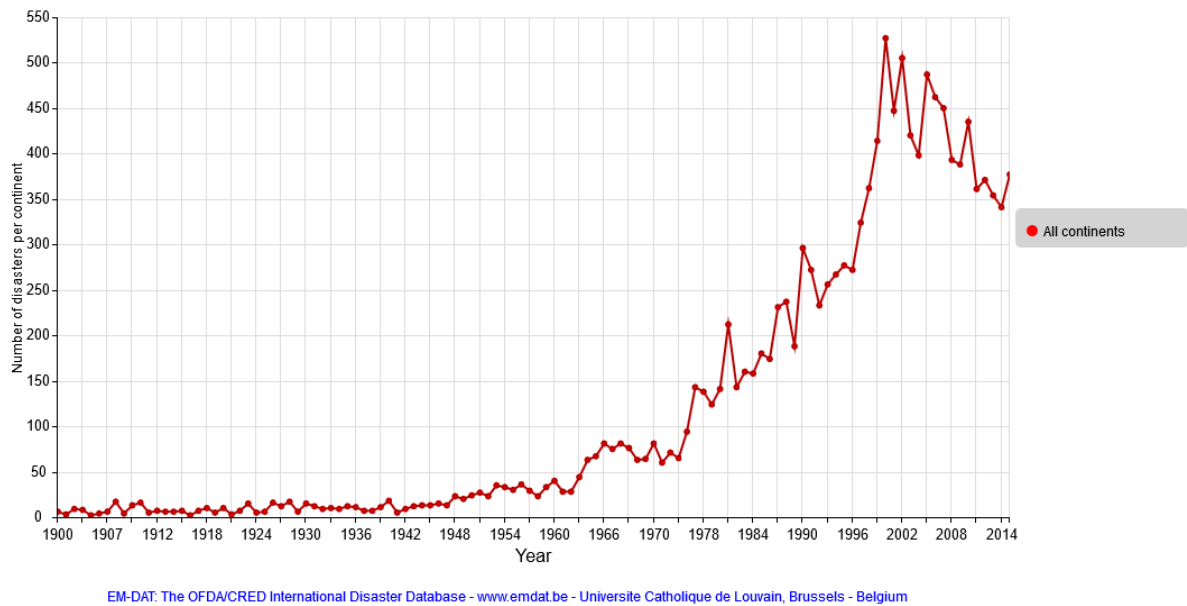


Figura 1: Desastres Naturais no mundo, registrados entre 1900 a 2015. Fonte: EM-DAT (2016).

Ainda analisando os dados do EM-DAT (2016), observa-se a grande quantidade de desastres hidrometeorológicos no mundo, sendo as inundações (hidrológicos) e as tempestades (meteorológicos) os tipos de desastres mais registrados (Figuras 2 e 3).

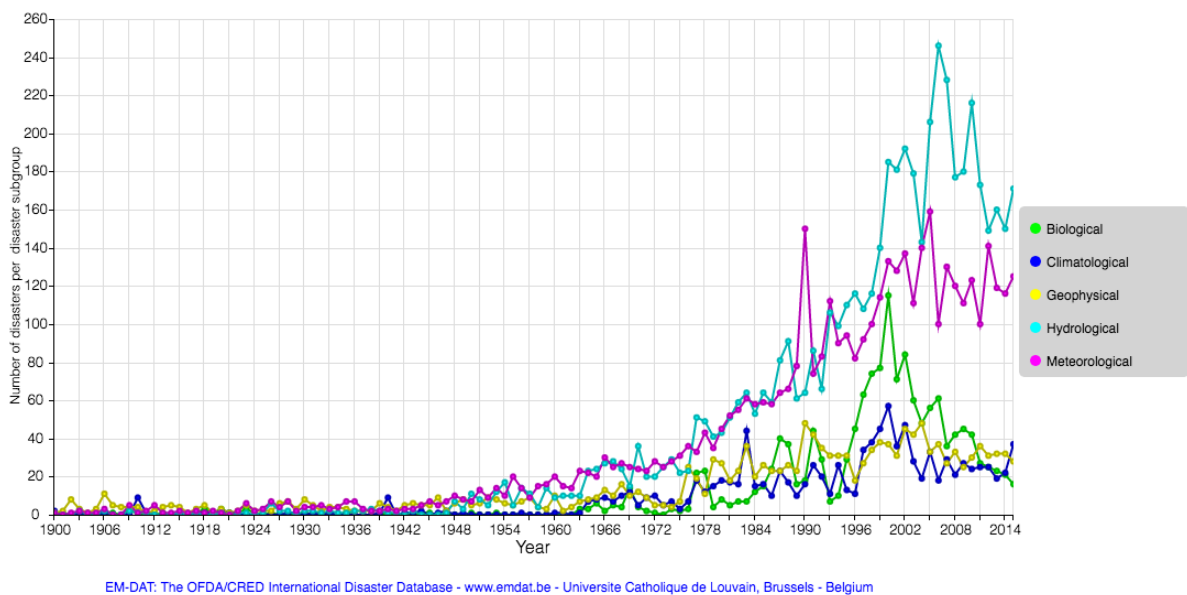


Figura 2: Desastres naturais no mundo, registrados entre 1900 a 2015 por sub-grupo. Fonte: EM-DAT (2016).

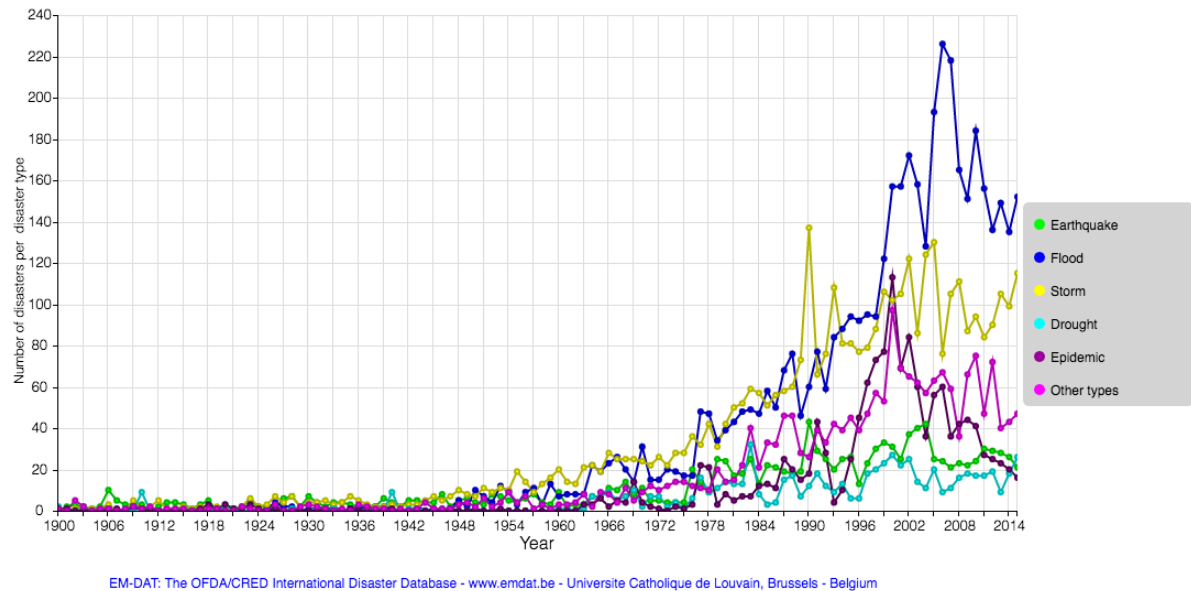


Figura 3: Desastres naturais no mundo, registrados entre 1900 a 2015 por tipo. Fonte: EM-DAT (2016).

Em relação ao Brasil, os dados EM-DAT (2016) indicam uma tendência semelhante ao que acontece no mundo em relação aos desastres naturais. Entre os anos de 1900 a 2015, foram registrados 201 desastres³, os quais em sua maioria foram computados a partir de 1940. Os desastres mais frequentes foram as inundações (64,18%), seguidas pelos deslizamentos e tempestades (11,94% e 9,45% respectivamente), como pode ser observado na Figura 4.

3 Neste estudo, para o Brasil foram considerados apenas os desastres naturais dos subgrupos: climatológico, hidrológico e meteorológico.

Tipos de desastres ocorridos no Brasil (1900 a 2015)

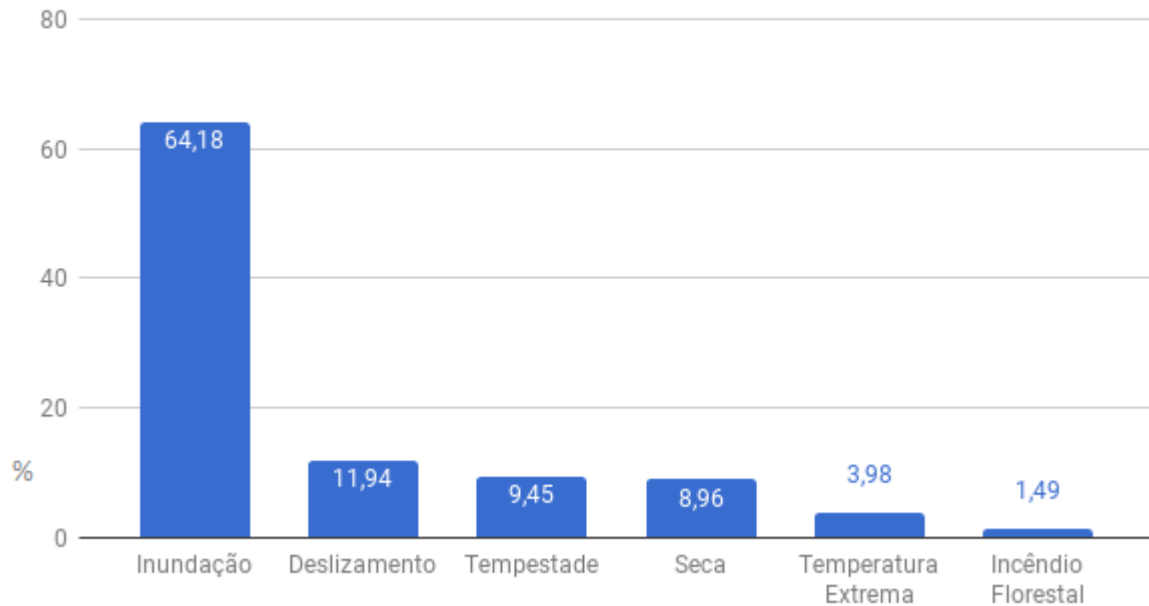


Figura 4: Tipos de desastres ocorridos no Brasil entre os anos de 1900 a 2015. Fonte: EM-DAT (2016).
Elaboração: Helio Carreço.

Claramente observa-se como as inundações são um problema recorrente no Brasil. Segundo Santos (2010), alguns fatores são considerados importantes por influenciarem diretamente no nível de água alcançado por uma enchente, independente da precipitação. São eles: altitude, declividade, uso da terra e tipo de solo.

Com o intuito de mostrar a distribuição espacial dos desastres no Brasil, os dados da EM-DAT (2016) foram representados cartograficamente para este estudo, utilizando o Sistema de Informações Geográficas QGIS. Constatou-se que as regiões do Brasil⁴ com maiores registros de desastres naturais no período analisado são: Sudeste, Nordeste e Sul, com 37,2%, 28,02% e 23,19% respectivamente (Figura 5).

⁴ Dos 201 registros encontrados no EM-DAT para o período analisado no Brasil, 15 não possuíam a localização do fenômeno (Cidade, Estado ou Região). As porcentagens foram calculadas considerando apenas as amostras com informação de localização.

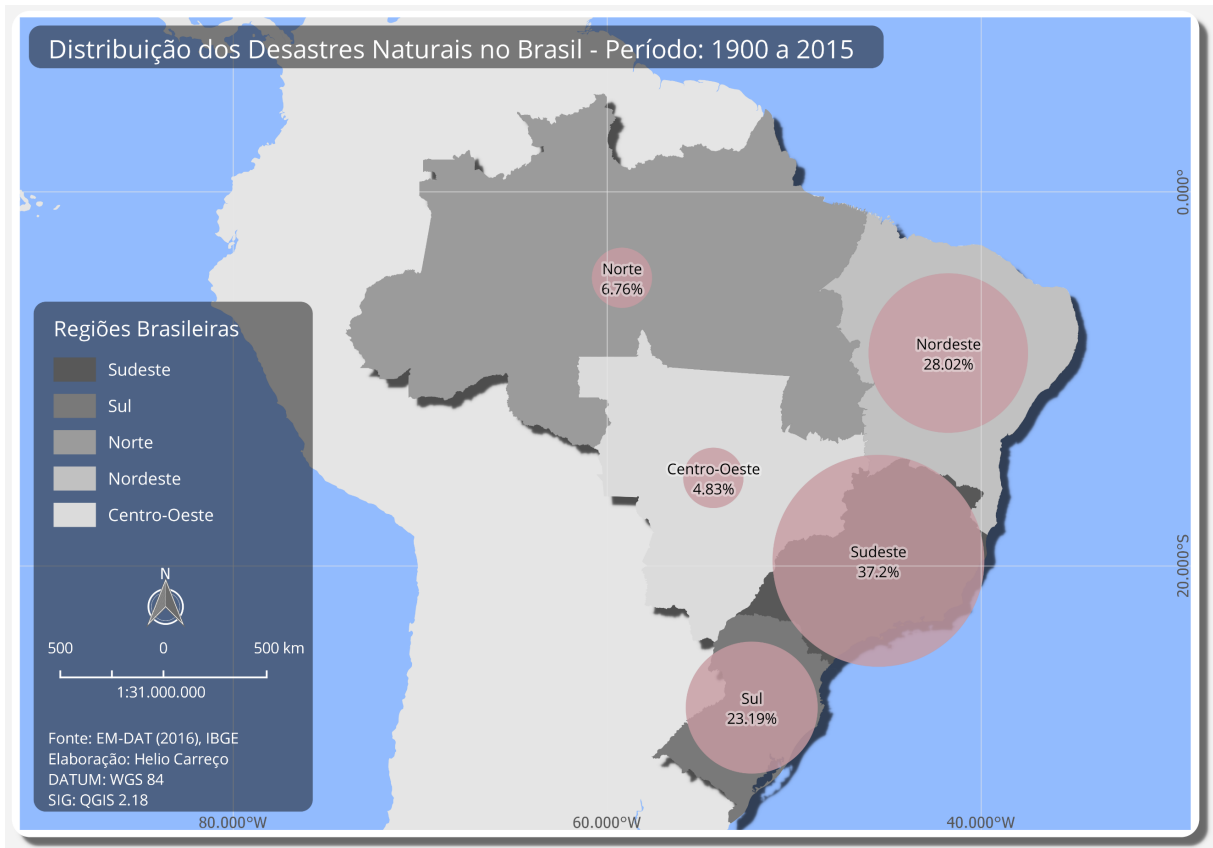


Figura 5: Distribuição dos desastres naturais no Brasil.

Importante notar na informação mostrada no mapa, que as regiões brasileiras com maior registro de desastres, são justamente as regiões mais populosas, com grandes aglomerados urbanos. O efeito dos desastres naturais em regiões populosas pode ser desastroso quando as cidades não são resilientes, sendo que as populações carentes são as mais afetadas.

Segundo Silva (2010), nas últimas décadas o mundo tem experimentado grandes mudanças socioeconômicas e ambientais, como por exemplo, o rápido processo de urbanização, crescimento da população, mudanças climáticas e degradação ambiental. Por conta desses e outros fatores, a humanidade tem se tornado mais vulnerável aos efeitos negativos dos desastres naturais.

1.3 Desigualdade Ambiental

Pretende-se aqui, fazer uma reflexão sobre o termo Desigualdade Ambiental, utilizado para pensar as desigualdades entre os diversos indivíduos e grupos sociais, a partir de seu acesso diferenciado à qualidade ambiental. O objetivo é mostrar que os indivíduos não são iguais no quesito “acesso a bens ambientais” como, por exemplo, áreas verdes, locais salubres de moradia, equipamentos públicos, etc. Apesar de que muitos destes bens sejam públicos, seus acessos muitas vezes são limitados por fatores como a localização do domicílio ou a disponibilidade de meios de transporte.

Bullard (1990) define a desigualdade ambiental como sendo a exposição de indivíduos e grupos sociais a riscos ambientalmente diferenciados. Por exemplo, moradores de grandes cidades estão, de modo geral, mais expostos aos riscos relacionados à poluição do ar e violência urbana, do que moradores de áreas rurais.

Torres (1997) afirma que tais formas de desigualdade não são excepcionais, posto que, de alguma maneira, todos sofrem algum tipo de desigualdade ambiental. O Brasil, por exemplo, pode ser considerado um país favorecido por não enfrentar catástrofes naturais como terremotos e furacões. Por outro lado, este país possui desvantagens ambientais diferentes como inundações, problemas sanitários, queimadas, etc. Para outros países que não possuem tais problemas citados, isto pode ser considerado uma desvantagem ambiental identificada no Brasil. São percepções diferentes dos riscos.

As desigualdades ambientais podem ser medidas por processos de segregação espacial e concentração de populações pobres no entorno de fontes potenciais de risco. Assim, torna-se necessário adotar alguns instrumentos que permitam a análise de diferenciais socioeconômicos no espaço urbano.

Uma forma mais específica de compreender a desigualdade ambiental seria relacioná-la a outras formas de desigualdade presentes na sociedade, tais como as desigualdades entre raças, sexos, grupos de renda, etc. Desta forma, os indivíduos seriam desiguais ambientalmente porque são desiguais de outras maneiras, com a sobreposição ou exposição simultânea a mais de uma forma de desigualdade (social, econômica, residencial, etc.), culminando num processo circular e cumulativo.

Nesta perspectiva, Torres (1997) ressalta que, se é possível formular associações consistentes entre a desigualdade ambiental com outras formas de desigualdade presentes na sociedade, percebe-se que independente do grau de desenvolvimento entre países e cidades, persiste a questão do acesso diferenciado dos diversos grupos sociais a diferentes “bens” ambientais.

Sobre esta visão de sobreposição de desigualdades, Boudon e Bourricaud (1993) afirmam que:

[...] É verdade que as desigualdades tendem a se acumular. Os que vêm de família modesta têm em média menos probabilidade de obter um nível alto de instrução. Os que possuem baixo nível de instrução têm menos probabilidade de chegar a um *status* social elevado, de exercer uma profissão de prestígio e bem remunerada [...]. (BOUDON e BOURRICAUD, 1993, p. 141).

Esta ideia de desigualdades cumulativas é comum em produções da sociologia urbana em São Paulo. Bogus (1991, p49), por exemplo, expõe o caso das favelas e cortiços, além de certos bairros de periferia, que são espaços segregados. Tal segregação, no sentido de discriminação, diz respeito à existência, nessas áreas, de uma superposição de carências, que comprometem seriamente a condição de cidadania daqueles que nelas residem.

Bullard (1990) observou, nos Estados Unidos, o fenômeno do racismo ambiental (*environmental racism*), que se caracteriza exatamente pela maior exposição de comunidades predominantemente negras e latinas a riscos derivados da proximidade de depósitos de resíduos tóxicos:

[...] Neste caso, o emprego da expressão “discriminação ambiental” parece ser defensável porque a maior exposição a riscos ambientais não pode ser entendida como um aspecto particular da desigualdade de rendimentos. Comunidades brancas de baixa renda são menos afetadas pelos riscos ambientais; famílias negras de renda média são mais afetadas do que famílias brancas [...]. (BULLARD, 1990, p. 6).

O autor destaca ainda que o debate sobre a desigualdade ambiental é permeado por outras diversas questões pertinentes. Entre elas uma das mais promissoras é o que ele chamou de “usos da terra localmente indesejáveis” (*locally unwanted land uses*). Trata-se de áreas menos “desejáveis” do ponto de vista coletivo, independente do risco derivado de sua utilização ser real ou não. Nesta perspectiva seria possível afirmar, segundo o autor, que os riscos relacionados à proximidade de um determinado depósito de resíduos tóxicos, por exemplo, na medida em que a sociedade identifica coletivamente as áreas próximas a este local como “menos desejáveis”, ter residência nestes sítios poderia caracterizar alguma forma de segregação.

Para Torres (1997), em relação à afirmação acima é preferível uma definição mais rigorosa de área degradada, posto que com a formulação de Bullard, corre-se o risco de perder a especificidade da questão ambiental em si, uma vez que no caso brasileiro, a mera proximidade de favelas, por exemplo, poderia eventualmente caracterizar a ocorrência de “sítios indesejáveis”. Para Bullard (1993), a escolha de moradia frente aos riscos ambientais geralmente está associada com a capacidade financeira dos grupos sociais, pois a camada populacional mais pobre não tem opção de saída de ambientes que oferecem algum tipo de risco, fortalecendo o laço entre vulnerabilidade social e vulnerabilidade ambiental. Além disso, discriminações étnicas podem influenciar a concentração e segregação de determinados grupos populacionais em áreas de maior degradação e risco ambiental. No entanto, Marshall Berman (1982) aponta que existem “riscos e possibilidades” que são inerentes a viver em uma determinada época, espaço e meio social.

Em relação à origem da desigualdade ambiental, para Bullard (1990), esta questão é irrelevante. Entretanto, Torres (1997) afirma que analisar os motivos que dão origem a desigualdade ambiental pode ser fundamental quando o que está em discussão é a formulação de políticas para minimização desta forma de desigualdade. O autor revela que as formas mais comuns de conceitualização do seu surgimento são:

[...] A desigualdade ambiental surgiria principalmente no interior do mercado de terras, em que famílias e comunidades se instalariam “voluntariamente” em locais onde existiam previamente problemas ambientais significativos, por razões relacionadas ao menor preço da

terra, a proximidade do local de trabalho, ou qualquer outro fator de “atração” que porventura contrabalançasse os aspectos ambientais indesejáveis presentes no local; De outra maneira, a desigualdade ambiental se daria por mecanismos institucionais. Exemplificando, famílias e comunidades residiriam num dado local onde, num determinado momento, teriam se localizado atividades geradoras de degradação ambiental, em função de decisões “técnicas/políticas” do sistema de planejamento ou por meio de outros mecanismos institucionais como zoneamento urbano e incentivos fiscais. Ou as comunidades se localizariam em determinado local devido à ausência de alternativas residenciais e a disponibilidade exclusiva de terrenos em situações de risco [...]. (TORRES, 1997, p. 42)

O autor explica que no primeiro caso, a localização de famílias de baixa renda em locais menos salubres seria principalmente por conta dos diferenciais de preço do solo urbano, que são mais baixos para áreas menos favoráveis à ocupação. Sem contar a disputa pelo solo urbano monopolizado pelo capital imobiliário, que é intensa nas grandes cidades. Por isso, os grupos de renda mais baixa seriam levados a aceitar residir em áreas inadequadas do ponto de vista ambiental, tendo em vista a “opção” igualmente indesejável de morar em locais distantes do trabalho e de equipamentos urbanos como escolas e hospitais.

De forma bem resumida o primeiro modelo considera que, assumindo os terrenos em melhores condições ambientais são preferidos pelos consumidores, ao mesmo tempo em que o estoque deste tipo de terreno é limitado, conseqüentemente aqueles com maior renda ocuparão os terrenos em melhores condições ambientais, deixando os piores terrenos para as famílias de menor renda.

Torres (1997) afirma que tal modelo é criticável por ser problemático determinar até que ponto a poluição de um determinado local já teria se traduzido, ou não, em menor preço da terra. Pois, assumindo-se a proposição de que “as preferências dos consumidores” afetam o preço dos diversos bens, inclusive a terra, deve-se também assumir a proposição de que as informações disponíveis e as percepções dos indivíduos contribuem para a formação e mudança de preferências. Ou seja, as percepções individuais e coletivas a respeito da “qualidade” ambiental e de uma dada área são decisivas para que a degradação ambiental venha a afetar o sistema de preços do solo urbano.

A segunda linha de conceitualização para a origem da desigualdade ambiental, fala sobre o aspecto institucional, em que fatores como a legislação do solo, as políticas públicas, a ação do Estado e a mobilização de diferentes atores sociais contribuem decisivamente para configurar situações socioambientais distintas. Torres (1997) exemplifica que o fato de determinados grupos de baixa renda se concentrarem em áreas próximas a cursos d'água, teria a ver com a maneira desigual com que as instituições tratam os diversos grupos sociais, e como estes diferentes grupos, por meio de estratégias individuais e coletivas, respondem a essas questões.

Essa corrente compartilha a perspectiva de que de algum modo, são as instituições, por meio da legislação, de políticas setoriais, grupos organizados, etc., que fundamentalmente determinam a chamada produção social do espaço. Neste sentido, existem situações onde a desigualdade ambiental pode ser diretamente explicada a partir da ação do Estado. Vainer (1993) exemplifica que muitas vezes, a localização de uma usina hidrelétrica, a abertura de uma estrada ou a instalação de uma mineradora é efetuada em locais onde residem populações camponesas ou tradicionais, que veem seu modo de vida completamente alterado.

Os autores desta linha de pensamento destacam o fato de que se trata de casos de desigualdade ambiental fortemente ligados à ação do Estado ou à lógica das grandes empresas estatais. O agravante é que os agentes que fazem a análise de custo-benefício dos grandes projetos são diferentes daqueles que pagam pelos custos da degradação resultante. Além de que certos custos não são passíveis de captação por meio dos instrumentos contábeis.

Esta prática caracteriza uma importante forma de desigualdade ambiental, posto que os agentes afetados muitas vezes não têm nenhum tipo de opção. O projeto efetiva-se sem seu conhecimento prévio e o espaço de negociação social ainda é bastante limitado, apesar do avanço dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Mas a discussão sobre se os processos institucionais ou preferências individuais são mais ou menos determinantes em situações de desigualdade ambiental, é bastante controversa. Torres (1997) afirma que existem casos onde os aspectos institucionais são praticamente determinantes, mas em outros casos, fatores institucionais como políticas habitacionais e de transporte, apenas condicionam as opções de escolha de habitação das famílias, mas não necessariamente determinam as escolhas que serão de fato adotadas por elas, pois existem

outros aspectos relativos à proximidade do local de trabalho, presença de infraestrutura, relações de parentesco, etc.

O autor destaca ainda que, do ponto de vista empírico, as duas “origens” da desigualdade ambiental podem ocorrer. Existem situações em que o risco ambiental já está presente e as famílias “optam” por se localizar neste espaço. Mas em outras situações, comunidades previamente instaladas são surpreendidas por empreendimentos não desejados, definidos em instâncias institucionais fora do controle dessas comunidades.

1.4 Vulnerabilidade Socioambiental

Segundo Torres (1998), as características socioeconômicas das populações que vivem em áreas de risco (distribuição de renda, escolaridade, raça, tipo de ocupação) possuem relevância especial, tanto quanto as variáveis demográficas clássicas. O autor destaca ainda a importância dos dados sanitários, como os relativos às condições do domicílio, por exemplo, que podem ser utilizados como informação ambiental, permitindo a elaboração de indicadores e a reflexão a respeito da maneira como um determinado tipo de risco externo tende a afetar em maior ou menor grau aquele domicílio ou grupo de domicílios. Sugere-se neste caso a utilização do termo vulnerabilidade, já que riscos iguais podem atingir de forma desigual indivíduos com diferentes graus de vulnerabilidade.

O uso do conceito de vulnerabilidade no contexto social foi introduzido por O'Keefe et al. (1976) para explorar o papel chave desempenhado pelos fatores socioeconômicos, que podem ocasionar uma fraca resposta e recuperação aos efeitos de eventos naturais extremos. No início dos anos 80, foram feitos vários desenvolvimentos teóricos e estudos de caso (White, 1973, O'Keefe et al., 1976, Westgate e O'Keefe, 1976, Haas et al., 1977, Burton et al., 1978). Nesta época, a crescente literatura começou a fornecer suporte para avaliar e explorar o conceito de vulnerabilidade (TIMMERMAN, 1981). Susman et al. (1983) também enfatizaram as desigualdades sociais específicas que definem a vulnerabilidade. Assim começou a compreensão da vulnerabilidade social como a capacidade da sociedade para lidar com os perigos e seus efeitos (Blaikie, 1994; Bohle et al., 1994; Cutter, 1996; Cutter et al., 2003).

Segundo Bullard (1996), a vulnerabilidade socioambiental pode ser conceituada como uma coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental). O autor denomina tais regiões onde as populações pobres e discriminadas são forçadas a viver como “zonas de sacrifício”. Normalmente, o conceito de vulnerabilidade social no campo ambiental ou dos desastres está associado a uma exposição diferenciada frente aos riscos⁵, e designa a maior susceptibilidade de certos grupos populacionais prevenir, enfrentarem ou sofrerem as consequências decorrentes de algum tipo particular de perigo⁶.

Moser (1998), antropóloga do Banco Mundial, destaca que, além da insuficiência de renda, é necessário dar atenção a outros fatores que interferem na qualidade de vida das famílias, como formação do capital humano (educação e saúde), acessibilidade a bens básicos e ao trabalho e estrutura familiar. Desde então, o Banco Mundial passou a basear sua estratégia de redução da pobreza em três aspectos: crescimento econômico, capital humano e proteção social aos mais vulneráveis. Destaca-se que nesta visão, tratar a pobreza é diferente de tratar os mais vulneráveis, pois enquanto a pobreza, como insuficiência de renda era vista como algo estático, a vulnerabilidade social carregava em si um elemento dinâmico, formado por uma combinação de elementos da vida dos indivíduos.

Katzman (1999) ratificou as contribuições de Moser e foi além, considerando que uma pessoa, um domicílio ou um determinado grupo era considerado vulnerável quando:

- ◆ Encontra-se entre os grupos mais ameaçados pela exclusão dos empregos de qualidade no mercado de trabalho e da estabilidade no emprego;
- ◆ Sua inserção nas redes sociais do tipo familiar e comunitária é fraca;
- ◆ O acesso a vários serviços públicos é de caráter irregular.

5 Risco é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$ (ISDR, 2004).

6 Perigo refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado (ISDR, 2004).

Para o autor, tal fraqueza tem dois tipos de efeitos: por um lado, ante uma eventual degradação das condições de trabalho, a integração de tais áreas de bem-estar estaria ameaçada. Em outro sentido, a integração fraca implica que esta não é capaz de suportar demandas mais intensas. O autor considera ainda a necessidade de diferenciação de diversos tipos de vulnerabilidade, em que são ressaltadas duas: a vulnerabilidade estável e a vulnerabilidade recente. A estável é aquela em que os indivíduos possuem atributos vulneráveis estáveis, como baixa escolaridade e demandas de saúde escassamente atendidas. A recente inclui indivíduos em situação de vulnerabilidade social devido a uma crise recente do mercado de trabalho, tendo como consequência a precarização do trabalho, degradação das condições de vida e endividamento.

Vignoli (2000) também aponta a importância da quantificação da vulnerabilidade social apontando indicadores que poderiam fazer parte de uma investigação sobre este tema, como tamanho do domicílio, escolaridade e idade do chefe do domicílio, dependência demográfica (crianças e idosos), presença de menores de 15 anos e índices de juventude e velhice.

Carlos (2007) e Lefebvre (1991) abordam a questão da segregação socioespacial nas cidades capitalistas, destacando a questão da sobreposição do valor da troca ao uso do espaço urbano, apontando para as mudanças que esse fator provocou na cidade. Lefebvre denomina este processo de “implosão/explosão” da cidade, criando um novo estilo de vida urbana que delimita e limita os espaços e as possibilidades de apropriação desta.

Segundo Carlos (2007), a ação de morar revela o modo como o processo de segregação se realiza espacialmente. Desta forma, o ato de habitar acaba por mostrar a contradição entre diferentes classes quanto às possibilidades de uso dos serviços e espaços da cidade e, conseqüentemente, a negação dos direitos básicos para a reprodução digna da vida aos menos favorecidos. A consequência desta diferença de moradia entre classes sociais foi muito bem definida por Risério (2012), ao afirmar que da segregação nascem as favelas, os bairros desassistidos, carentes de infraestrutura urbana e de serviços públicos elementares. Segregação dos pobres, expulsos de determinadas zonas da cidade.

Para fornecer soluções acessíveis aos formuladores de políticas, a pesquisa de vulnerabilidade se concentra no entendimento conceitual e nas soluções para quantificação. Os estudos atuais seguem uma tendência que fornece a avaliação chave dos elementos em risco, se são indivíduos, comunidades, regiões, ou sistemas complexos.

Alguns modelos conceituais importantes foram desenvolvidos para dar aos gestores de desastres uma estrutura para entender a vulnerabilidade aos desastres e para reduzi-los: Capacidades e Análise de Vulnerabilidades (CVA) (Anderson e Woodrow, 1989), o modelo *Risk-Hazard* (Burton e White, 1993), modelos de vulnerabilidade social (Preston et al., 2011), abordando os principais desafios da vulnerabilidade ou adaptando as vantagens de outros modelos e propondo a modelagem da vulnerabilidade como Marchand (2009).

A formulação de políticas públicas eficientes necessita de estudos preliminares, de forma a possibilitar o melhor conhecimento dos aspectos socioeconômicos de uma população. Dentre as ações comuns entre os estudiosos do tema Vulnerabilidade, estão a identificação de grupamentos populacionais antagônicos como desempregados, empregados, crianças alfabetizadas e não alfabetizadas, entre outros. Ou seja, é preciso observar simultaneamente a distribuição espacial do maior número possível de variáveis econômicas, sociais, ambientais, demográficas, sanitárias etc., no sentido de identificar padrões de distribuição regional (clusters) dos fenômenos socioambientais. Esta comparação entre áreas constitui um exercício bastante útil para orientar a alocação de recursos públicos entre diferentes regiões de uma cidade ou país, além de permitir uma compreensão mais abrangente de como fenômenos sociais e ambientais se inter-relacionam (Banco Mundial, 1992).

Segundo Queiroz (1993), por meio da definição de uma área de influência que qualquer estudo pode ser delimitado em termos geográficos, permitindo assim a produção do diagnóstico, do prognóstico ambiental e da proposição de medidas mitigadoras.

A vulnerabilidade não se resume necessariamente a tais grupamentos, mas pode incorporar diferentes combinações de características, além de estar associada de alguma forma ao território.

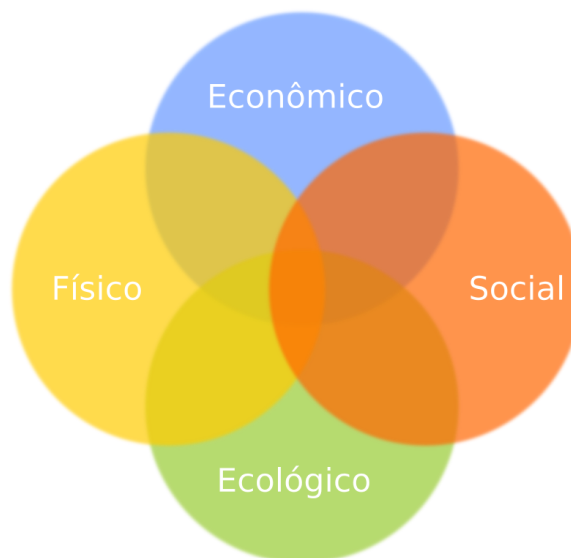
Alcántara-Ayala (2002) afirma que cada entidade social possui diferentes tipos de vulnerabilidade (fatores político-institucionais, econômicos e socioculturais), e que ela não é somente o resultado de ações humanas, mas sim o resultado da interação do contexto econômico, social, cultural e político do local onde as pessoas vivem.

Para o autor, a vulnerabilidade é determinada por meio da relação entre os dinâmicos processos naturais e humanos, podendo ser dividida em vulnerabilidade natural e humana. A primeira depende do perigo natural, às vezes relacionada à localização geográfica

(vulnerabilidade de inundações, deslizamento, etc), enquanto a segunda se baseia no sistema social, econômico, político e cultural. A definição do autor para vulnerabilidade seria a propensão de um elemento ameaçado por algum tipo de perigo natural a sofrer diferentes graus de perdas e/ou danos, dependendo de sua debilidade social, econômica, cultural e política. Tal vulnerabilidade determina a grandeza do desastre, o nível da resiliência e do processo de recuperação. Esta é a abordagem adotada neste estudo.

Em publicação intitulada “*Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives*”, observa-se a afirmação sobre os diferentes aspectos da vulnerabilidade, que podem ser agrupados em quatro áreas que interagem ativamente entre si (Figura 6), em que, qualquer modificação nos níveis de vulnerabilidade implica em mudanças nessas áreas (ambiente físico, equilíbrio ecológico, social e econômico), o que poderá auxiliar na redução desses níveis ou o seu agravamento (ISDR, 2004).

Fatores de Interação com a Vulnerabilidade



Fonte: ISRD (2002). Adaptação por Helio Carreço.

Figura 6: Fatores de interação com a vulnerabilidade.

Em resumo, os trabalhos dos autores aqui citados propõem a hipótese de que, independentemente do grau de desenvolvimento dos países, determinados grupos sociais, por conta de suas condições de classe, raça, etc., se encontram de alguma forma em situação de vulnerabilidade ambiental. Dos estudiosos da temática aqui apresentada, percebe-se certa unanimidade na afirmação de que a capacidade de certos grupos se protegerem de riscos ambientais, independente da origem dos riscos, é diretamente proporcional aos diferentes níveis de renda, de informação, e de poder.

A metodologia aplicada neste trabalho é um estudo empírico da teoria de Bullard (1996), em que a vulnerabilidade socioambiental é definida como a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres e com alta privação (vulnerabilidade social) e áreas de maior ocorrência ou propensão para desastres (vulnerabilidade ambiental). Neste sentido, a correlação dessas duas dimensões será considerada uma situação de vulnerabilidade socioambiental.

O presente estudo baseia-se nas principais vertentes da pesquisa de vulnerabilidade e combina abordagens tradicionais com atualizadas, realizando uma análise multicritério de forma espacial. O padrão de desastres se interconecta com o sistema de classe social e a posição de vantagem ou desvantagem que um grupo particular ocupa. Nesse contexto, algumas pessoas são mais afetadas pela distribuição e crescimento dos riscos (Beck, 1992). Uma variação das características atribuídas a pessoas como: classe, sexo, idade, etnia, deficiência e outras determina uma posição de vantagem ou desvantagem em relação a desastres.

A vulnerabilidade social é dependente do contexto e, pela sua natureza, é o resultado de uma concatenação de fatores, como destacado por Wisner e Luce (1993). Particularidades dos contextos socioecológicos podem gerar diversos padrões de vulnerabilidade. Neste estudo, uma abordagem de vulnerabilidade social se conecta à perspectiva enfatizada por Steinführer et al. (2009), que expressa que todos podem estar em risco, mas alguns grupos sociais podem ter uma melhor resposta a desastres em circunstâncias específicas. Nessa perspectiva, a vulnerabilidade social cria uma instabilidade potencial que resulta da escassez de recursos (materiais e não materiais), identificáveis em uma área. Grandes acontecimentos podem facilmente desestabilizar o equilíbrio precário estabelecido em áreas com alta vulnerabilidade social. Os desastres resultam da dupla interação entre os processos de perigo e as condições

sociais, que constroem ativamente a forma e a escala em que esses processos naturais se expressam (MORROW, 1999).

2 - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Produzir bons mapas pode ser desafiador, demorado e caro. Mas recentemente, um novo conjunto de ferramentas de mapeamento baratas e gratuitas permite que quase qualquer pessoa com um computador possa facilmente elaborar um mapa. Entretanto, bons mapas não são geralmente o resultado. Os computadores e softwares estão disponíveis, mas aos novos profissionais de SIG faltam os princípios de Cartografia e metodologias. Seus mapas são muitas vezes indevidamente projetados, não se comunicam facilmente com o usuário, e nem sempre são eficazes.

Segundo Rosa (2005), as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. O total conjunto de técnicas ligadas à informação espacial denomina-se Geoprocessamento, que é um ramo da área do conhecimento denominada oficialmente de Geomática. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware, que juntos constituem importantes ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias destacam-se: Fotogrametria, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Topografia, Banco de Dados, Geoestatística, WebMapping e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A pesquisa na área de SIG teve início na década de 60, com variações de terminologia de acordo com a área de aplicação a que se destinavam. Termos como *Land Information System* (LIS), *Automated Mapping/Facilities Management* (AM/FM), *Computer-Aided Drafting and Desing* (CADD) e outros, foram usados para identificar sistema, em diferentes áreas da atividade humana, que têm como característica comum, o tratamento de informações geográficas, ou seja, informações com atributos associados a uma determinada localização dentro de um sistema de coordenadas (LISBOA FILHO & IOCHPE, 1996).

Segundo Antenucci e Croswell (1991), o gerenciamento de informações geográficas teve sua origem na metade do século XVIII, quando, a partir do desenvolvimento da cartografia, foram produzidos os primeiros mapas com precisão. Os SIGs começaram a ser pesquisados paralelamente de forma independente em diversos países como EUA, Canadá e Inglaterra.

Desde a década de 60, a tecnologia SIG tem sido utilizada em diferentes setores como socioeconômico, agricultura, controle de uso da terra.

Quanto à definição de SIG, muitos autores referem-se geralmente a um sistema composto por hardware, software, e pessoas, que suportam a captura, gerenciamento, análise e visualização de dados espaciais. É uma definição correta, mas para entender melhor o SIG, Marble et al (1983), em um dos primeiros livros de SIG a serem amplamente utilizados, recomendam dividi-lo em seus quatro principais subsistemas: entrada, pré-processamento, análise e saída.

Assad e Sano (1998) indicam que, em geral, identificam-se no SIG os seguintes elementos:

- ◆ Entrada e integração de dados;
- ◆ Consulta, análise espacial e processamento de imagens;
- ◆ Armazenamento e recuperação de dados (banco de dados geográficos);
- ◆ Visualização e plotagem;
- ◆ Interface com usuário.

Existe uma hierarquia entre os elementos citados, do nível mais próximo ao usuário – interface ao nível mais interno – sistema de gerência de banco de dados geográficos (Figura 7).



Fonte: Assad e Sano (1989), adaptação por Helio Carreço.

Figura 7: Arquitetura de um Sistema de Informações Geográficas.

É possível afirmar que o SIG equivale a um “banco de dados espacial”, mas é preciso se concentrar em ambas as palavras com cuidado. Para fazer isso, basta observar uma tela de computador que exibe um mapa de lotes. Cada lote é um recurso separado no mapa, mas eles são mais do que apenas polígonos desenhados na tela. O computador armazena muitas características de banco de dados sobre o lote como o número de identificação do lote, endereço, inscrição imobiliária e o nome do proprietário (Figura 8).



Figura 8: As duas partes principais de um SIG.

Em outras palavras, há duas partes principais para um SIG: um componente de mapa (ou espacial) e um atributo (ou banco de dados). Ao fazer esta ligação entre o mapa e os atributos armazenados, o SIG torna-se uma ferramenta robusta para abordar e analisar dados geográficos e questões ambientais. Este é o seu apelo. Programas SIG são capazes de lidar com grandes e diversificados conjuntos de dados geográficos, e cada vez mais se necessita deles para análises e tomada de decisões.

A escolha de um bom banco de dados geográfico é tão importante quanto a escolha do SIG. Afinal, o banco é o local de armazenamento de todos os dados geográficos produzidos e, portanto, precisa ser robusto, escalável, seguro, e compatível com o SIG utilizado, de forma que as operações de geoprocessamento sejam realizadas com o melhor desempenho possível.

Segundo Coelho (2009), as principais operações de uma base de dados espaciais são: adição de um novo arquivo a base de dados; recuperação de dados dos arquivos existentes; exibição

de dados; atualização ou alteração de dados nos arquivos existentes; remoção permanente de arquivos existentes na Base de Dados Espaciais. Há também a possibilidade de excluir e/ou incluir novos campos, e ainda, ligar uma Base de Dados Espaciais com outra, através de um código comum (chave primária) entre elas.

As definições de SIG apresentadas neste estudo enfatizam o mesmo como um sistema de computador. Uma definição simples para um sistema de computador difere apenas em que o SIG lida com dados espaciais. Um bom entendimento do SIG começa com a Geografia, especificamente, por uma perspectiva geográfica, que é uma forma de organizar e pensar sobre porções da Terra espacialmente. Os mapas mostram a localização de pessoas e coisas (como estradas, edifícios importantes, parques, etc.). Inevitavelmente existem conexões ou relações entre as pessoas e as coisas desenhadas no mapa. Esses relacionamentos ajudam a explicar os padrões espaciais mostrados no mapa. O processo de procura, exibição, explicação, e até mesmo de prever padrões geográficos está no coração de ambos, Geografia e SIG.

Neste contexto, o SIG pode ser definido como uma ferramenta de exploração que nos ajuda a identificar padrões geográficos (ou espaciais). No mínimo, ele nos ajuda a descrever esses padrões. Mas o SIG pode ir além da simples descrição para nos ajudar a investigar e entender por que esses padrões (chamados às vezes distribuições) existem, os impactos que esses padrões têm sobre a vida das pessoas e na Terra, e descobrir futuros padrões geográficos em potencial⁷.

7 É possível abordar cinco tipos de questões geográficas com SIG e outras geotecnologias (ESRI, 1993):

- **O que está em...?** Esta questão básica olha para o que está em um determinado local. Um exemplo pode incluir o que existe na esquina da Av. Mal. Mascarenhas de Moraes com a Av. Joubert de Barros?
- **Onde?** Esta questão poderia simplesmente perguntar sobre a localização de algo específico (como o mercado mais próximo ou livraria), ou pode ser uma questão mais desafiadora que explora quais locais atendem a uma condição específica. Por exemplo, uma cidade pode identificar todos os lotes que são maiores do que 300 m², vagos, em zona comercial, e dentro de um raio de 2 km de uma rodovia.
- **O que mudou desde então?** Sobre uma parte da superfície da Terra, como é que as condições mudaram ao longo do tempo? Um exemplo é um Município que identifica zonas úmidas que diminuíram de tamanho nos últimos 10 anos.

O geógrafo Ronald Abler (1988) afirma que a tecnologia SIG é a análise geográfica que o microscópio, o telescópio, e os computadores foram para outras ciências. Nenhuma outra tecnologia observa tão bem a relação espacial dos fenômenos, e ela ajuda geógrafos e outros que utilizam dados espaciais para descrever, analisar e prever as relações espaciais e seus padrões. Michael Demers (2003), também geógrafo, afirma que agora é possível ver com mais profundidade do que antes, permitindo aos estudiosos mapear mais do que está presente na paisagem e fazer perguntas que não poderiam ter sido imaginadas.

O SIG pode ser compreendido como uma coleção de técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites, mapas, cartas climatológicas, censos e outros (ASPIAZÚ e BRITES, 1989). Muitos são os softwares SIG disponíveis para ajudar nesta atividade. Neste estudo será abordado o uso de um software livre de geoprocessamento.

O SIG é um sistema capaz de automatizar tarefas antes realizadas manualmente, facilitando a resolução de análises complexas, por meio da integração dos dados geocodificados. Segundo Felgueiras (1987), tal sistema tem como principal característica a capacidade de coletar, armazenar e recuperar informações provenientes de variadas fontes e formatos, além de

- **Quais são os padrões espaciais existentes?** Esta questão descreve e compara padrões espaciais em diferentes locais. Ele tenta encontrar padrões espaciais e concentração de fenômenos. O processo de encontrar, mostrando e explicando padrões geográficos é frequentemente chamado de análise espacial. Stewart Fotheringham (2003) define análise espacial como a manipulação de dados espaciais para extrair significado adicional. Em um contexto SIG, análise espacial faz duas perguntas:

- **Qual a relação entre dois ou mais conjuntos de dados que ocupam o mesmo local?** Por exemplo, você pode observar uma relação direta entre a elevação variando de uma região e a quantidade de chuva que ocorre em toda ela.

- **Quais variações geográficas existem ao longo do espaço?** Todos os fenômenos geográficos variam na sua intensidade ao longo do espaço. Ao se considerar as taxas de fecundidade de um país, por exemplo, algumas áreas possuem altas taxas e outras baixas taxas. Para responder a esta questão plenamente, é preciso descrever e explicar esses padrões.

- **E se...?** Questões como essa envolvem cenários que diferem quando você muda os parâmetros do modelo. Um exemplo inclui olhar para o que acontece com a população de uma área quando uma autoestrada é construída através de uma área sob diferentes restrições. Estas perguntas examinam as relações entre os vários fenômenos geográficos, e é possível utilizar o SIG e outras geotecnologias para explorar e ajudar a responder a estas perguntas.

possibilitar edição de dados vetoriais, mapas, textos e gráficos em um único programa computacional. Trata-se de um excepcional instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas (FERREIRA, 1997).

Segundo Fisher e Lindenbergh (1989), o SIG tem o potencial para ser utilizado em muitas disciplinas que empregam dados espaciais como a Geografia, Arquitetura, Hidrologia, Cartografia, Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Agrimensura, Geodésia, Estatística, Engenharias, etc., e por isso tem sido considerado um “capacitor tecnológico”. Em resumo, o SIG é uma tecnologia multidisciplinar.

Os SIGs são alimentados por diversos tipos de informações, como mapas, cadastros, levantamentos de campo, e dados de sensores remotos, em que basicamente existem dois tipos de informações: as de natureza geométrica e as não geométricas (ALVES, 1990).

Para permitir uma representação e análise mais acurada do espaço geográfico, a maior parte dos SIGs armazena estes tipos de mapas no formato vetorial representados por ponto, linha e polígono. O ponto é representado por um único par de coordenadas; ex: árvore, temperatura ou casa. A linha ou arco é representada por uma sequência de pontos conectados; ex: estrada e rio. O polígono ou área são definidos por uma sequência de linhas que não se cruzam e se encontram em um nó; ex: lote, município, fragmento florestal (SILVA, 2003).

Os dados geométricos estão diretamente ligados às suas representações no espaço: pontos, linhas, polígonos, altura, distância, tamanho, etc. Os dados não geométricos, por sua vez, são atributos que respondem por características das representações geométricas, como a população, número de casas, mortalidade infantil, etc. Este, por sinal, é o grande diferencial do SIG em relação a outras tecnologias como o CAD (Desenho Assistido por Computador): a sua capacidade de integração em um banco de dados, de informações tabulares com suas respectivas feições geográficas no espaço. No CAD, temos apenas o desenho das feições, porém sem as informações sobre aquele vetor.

É inegável a vantagem observada com a cartografia digital, já que por meio do SIG é possível criar bancos de dados georreferenciados, ou seja, partindo de um referencial espacial pode se

estabelecer relações espaciais e não-espaciais aos fenômenos, permitindo que eles tenham uma localização no espaço.

Além disso, esta tecnologia permite resolver um problema recorrente: a atualização da base de dados. As rápidas transformações impostas ao espaço requerem uma rapidez também nas atualizações das representações dessa paisagem. Com um banco de dados geográfico formado, é possível que a qualquer momento seja feita a atualização das transformações ocorridas no espaço geográfico.

Em relação às estratégias de processamento de dados espaciais, observa-se ainda a possibilidade de se produzir diferentes formas de agregação de dados, construindo-se indicadores em diferentes unidades espaciais, conforme o interesse do estudo (BARCELLOS e RAMALHO, 2002).

Segundo Rosa (2005), a maior aplicação de geotecnologias no Brasil está ligada à gestão municipal, ao meio ambiente, ao planejamento estratégico de negócios, ao agronegócio e às concessionárias de redes. Estima-se que cerca de 80% das atividades efetuadas em uma prefeitura sejam dependentes do fator localização. Para as ações de planejamento urbano os SIGs são capazes de relacionar o mapa da cidade ao banco de dados com as informações dos postos de saúde e a população atendida, a localização das escolas e os endereços dos potenciais alunos, a pavimentação e as ruas com maior movimento, ou quaisquer outros cruzamentos de dados que dependem do componente espacial. O autor explica ainda que a aplicação de geotecnologias apresenta características próprias e requer soluções específicas, pois envolve aspectos diferenciados na produção de dados geográficos, nas metodologias de análise e nos tipos de informações necessárias.

Em relação às formas de aquisição de dados para um Sistema de Informações Geográficas, o leitor poderá informar-se com maior detalhamento ao consultar o Anexo A.

Um SIG é um sistema informatizado capaz de associar bases de dados qualitativos e quantitativos a informações de natureza gráfica. Desta forma, a informação cartográfica da divisão municipal brasileira, por exemplo, pode ser associada à base de dados do censo demográfico, o que permite a geração de diversas representações cartográficas relativas a tais dados, como a distribuição espacial da população, renda, e assim por diante.

Além disso, várias bases de dados podem ser representadas ao mesmo tempo, recurso que é chamado de *overlay* (sobreposição de camadas). Assim, a mesma divisão municipal, por exemplo, pode ser associada a uma cartografia de vegetação ou de recursos naturais, permitindo a construção de mapas que representem a população residente em ecossistemas considerados frágeis. A sobreposição de camadas foi uma das técnicas utilizadas neste estudo.

Estudos socioambientais requerem tanto cartografias ambientais (vegetação, recursos hídricos e florestais, topografia) quanto cartografias sociais (divisão municipal, setores censitários, postos de saúde, arruamento, etc.) Tais dados podem ser do tipo “matricial” ou “vetorial”, e o SIG deve ser capaz de associá-los com excelência.

2.1 Geotecnologias Livres

Antes de aprofundar o tema sobre Geotecnologia Livres, é interessante entender primeiramente o conceito de Software Livre. O Software Livre foi proposto por Richard Stallman, por meio do projeto GNU e da Free Software Foundation (FSF) e é baseado em quatro tipos de liberdade (GNU, 2016):

- ◆ A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
- ◆ A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para suas necessidades. O acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade;
- ◆ A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao seu próximo;
- ◆ A liberdade de aperfeiçoar o programa, e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie. O acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade.

Com o advento do Software Livre foram criados diversos tipos de licença. As principais são a *General Public License* (GPL) e *Lesser General Public License* (LGPL) do projeto GNU e a *Berkeley Software Distribution* (BSD). Estas licenças tratam das quatro liberdades, restringindo ou ampliando o direito de usar, copiar, publicar, distribuir e comercializar um software.

Ao mesmo tempo em que ocorria a disseminação da ideia de Software Livre, paralelamente surgiu o consórcio internacional *Open Geospatial* (Open Geospatial Consortium – OGC), conhecido como OpenGis®. O OGC foi criado em 1994 e é uma organização voluntária internacional composta por empresas e instituições governamentais e acadêmicas do mundo todo e tem por objetivo promover a interoperabilidade entre os diversos ambientes de Geotecnologias. Para isso, o OGC definiu um conjunto de especificações que devem ser seguidas como padrão pelas ferramentas e tecnologias de informação espacial (OGC, 2016).

São chamados geoserviços⁸, fornecidos por um software servidor responsável por responder a requisições espaciais solicitadas por um cliente pela rede. A resposta é feita em formato de arquivos XML, encapsulados em Simple Object Access Protocol (SOAP), um padrão de comunicação especificado por Serviços Web (Webservices). O conteúdo da resposta pode variar de acordo com o protocolo adotado.

8 As principais especificações OGC são:

- **O OpenGIS® Simple Features Interface Standard (SFS):** oferece uma forma bem definida e comum para aplicações para armazenar dados e funcionalidades de acesso em bancos de dados do tipo relacional ou objeto-relacional, de modo que os dados podem ser utilizados para apoiar outras aplicações por meio de um modelo de características comuns, armazenamento de dados e interface de acesso a informações. SFS são feições geoespaciais descritas usando elementos de dados vetoriais, como pontos, linhas e polígonos;
- **Web Feature Service (WFS):** apresenta uma forma de acesso (inserção, atualização, exclusão e análise) à feição através do ambiente Web (HTTP). As operações entre clientes e servidores são baseadas no padrão XML. Este serviço é específico para o tratamento de dados modelados como geo-objetos;
- **Web Map Service (WMS):** define quatro protocolos (GetCapabilities, GetMap, GetFeatureInfo e DescribeLayer) que permitem a leitura de múltiplas camadas de informações (layers) georreferenciadas, contendo vetores e/ou imagens. Essa conexão permite somente consulta de dados, sendo todo o processamento realizado no servidor. Com isso, o cliente recebe uma imagem que corresponde a uma visualização do mapa, de acordo com as camadas (vetoriais ou matriciais) solicitadas;
- **Geography Markup Language (GML):** padrão baseado no XML e desenvolvido para permitir o transporte e armazenamento de informações geográficas. Muitos Softwares Livres implementam esse formato, mas o formato mais utilizado para esta portabilidade ainda é o ESRI® Shapefile, sendo amplamente utilizado em sistemas comerciais e livres (UCHOA et al, 2004);
- **Web Coverage Service (WCS):** padrão para o acesso a dados que representam fenômenos com variação contínua no espaço. Este serviço é específico para o tratamento de dados modelados como geo-campos.

Os clientes de geoserviços podem ser softwares de geoprocessamento, proprietários ou livres como o ArcMap e o QGIS, softwares de sensoriamento remoto como o ERDAS, SPRING e o Envi, ou simplesmente navegadores web acessando interfaces do tipo WebGIS.

O uso de tecnologias e ferramentas baseadas em geoserviços padronizados mundialmente é um fator primordial para garantir comunicação, compartilhamento e reuso de dados e funções entre um sistema que está sendo desenvolvido e outros sistemas e programas de informação geográfica disponíveis no mercado.

Segundo Uchoa (2004), a relação de Geotecnologias Livres pode ser disposta em quatro categorias: Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), Servidores, Clientes (SIG para Desktop) e Bibliotecas.

Os bancos de dados geográficos são considerados um dos principais componentes de um SIG (Figura 7). Portanto, é notória a necessidade de um SGBD geográfico para gerenciar tanto os dados espaciais, quanto os dados alfanuméricos. No mercado, os principais SGBDs existentes possuem suporte aos dados geográficos, porém neste estudo serão destacados apenas os SGBDs livres.

Quando a Cartografia entrou na era digital, a necessidade de armazenamento se tornou essencial, pois as bases evoluíram agregando uma quantidade cada vez maior de informação para atender as novas demandas do mercado (UCHOA, 2004). O autor destaca que, acompanhando as novas necessidades dos usuários de Geotecnologias, os SGBDs criaram módulos (extensões) específicos para armazenamento e análise dos dados geográficos. Com isso, tornou-se possível organizar ambientes contendo sistemas clientes acessando todos os dados espaciais num banco de dados centralizado, tanto num servidor como num cluster.

Já os servidores, são sistemas conhecidos como “servidores de mapa” e são aplicativos que disponibilizam informações georreferenciadas em um servidor web, gerenciando os dados geográficos. De modo geral, um servidor de mapa (Webmapping) é uma ferramenta que gera uma interface gráfica para um cliente web, possibilitando que este faça solicitações de consultas a respeito da base espacial. O servidor recebe, então, as solicitações do cliente, faz as consultas necessárias no banco de dados e devolve os resultados em um formato gráfico capaz de ser apresentado pelo navegador de internet do cliente.

Bibliotecas de desenvolvimento SIG, são ferramentas que abrangem um conjunto de modelos, métodos, algoritmos e funções, que ajudam no desenvolvimento e tratamento dos dados espaciais.

E finalmente, os clientes, são aplicações Desktop que não precisam estar conectados à internet para funcionar. Todos os serviços são fornecidos de forma local ou por uma rede local. Sistemas Clientes também podem ser considerados como visualizadores de informações geográficas.

No Anexo B são apresentados alguns exemplos de Geotecnologias Livres das categorias citadas acima.

2.2 QGIS: SIG utilizado na operacionalização das análises espaciais.

O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) amigável, simples e atraente, escrito em C++ e Python, baseado nas bibliotecas Qt4. Trata-se de um Software Livre licenciado sob a “GNU General Public License”, e é um projeto oficial da “Open Source Geospatial Foundation” (OSGEO).

Inicialmente chamado de Quantum GIS, o projeto teve início em fevereiro de 2002 tendo o primeiro lançamento do programa ocorrido em junho do mesmo ano. O objetivo inicial era criar um visualizador gratuito para a base de dados geográfica PostGIS que funcionasse em sistemas operacionais livres (GNU/Linux). Mas com o tempo, o QGIS tornou-se numa aplicação multiplataforma que funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta vários formatos vetoriais, raster, de banco de dados e outras funcionalidades. O QGIS fornece um número crescente de capacidades através de suas principais funções e complementos. Com ele é possível visualizar, gerenciar, editar, analisar os dados e compor mapas impressos.

O desenvolvimento do QGIS acontece por meio de contribuições voluntárias, mas em alguns casos é suportado diretamente por empresas, instituições e administrações públicas. Estes voluntários, em parceria com um grande número de usuários, compõem a comunidade mundial de QGIS. Com o tempo, o empenho de toda a comunidade produziu um conjunto de

código e documentação, que qualquer um pode utilizar livremente e melhorar (FOSSGIS, 2011).

Trabalhar com o QGIS é simples e intuitivo graças à sua interface gráfica baseada nas bibliotecas gráficas Qt4. Todas as funções são claramente separadas. Uma barra de menus permite o acesso às funções do QGIS por meio de um menu hierárquico padrão, com ícones que também aparecem nas barras de ferramentas. Tais ícones permitem acesso direto a funções do menu, além de ferramentas adicionais para interagir com o mapa da janela principal de visualização.

A apresentação do mapa é a parte central do QGIS, sobre o qual é possível executar as operações de deslocamento (pan), zoom, seleção e identificação. O mapa está intimamente relacionado com tabela de conteúdo (TOC ou Legenda), onde a visibilidade das camadas é gerida de acordo com a disposição vertical das mesmas. Por fim, a barra de estado mostra a posição atual do mouse, a extensão do mapa, o progresso das operações de visualização e análise, a escala atual (que pode ser definida manualmente) em função do sistema de referência utilizado, e a informação sobre todas as atualizações disponíveis para as extensões instaladas, além de alertas acerca de novas extensões disponíveis (Figura 9).

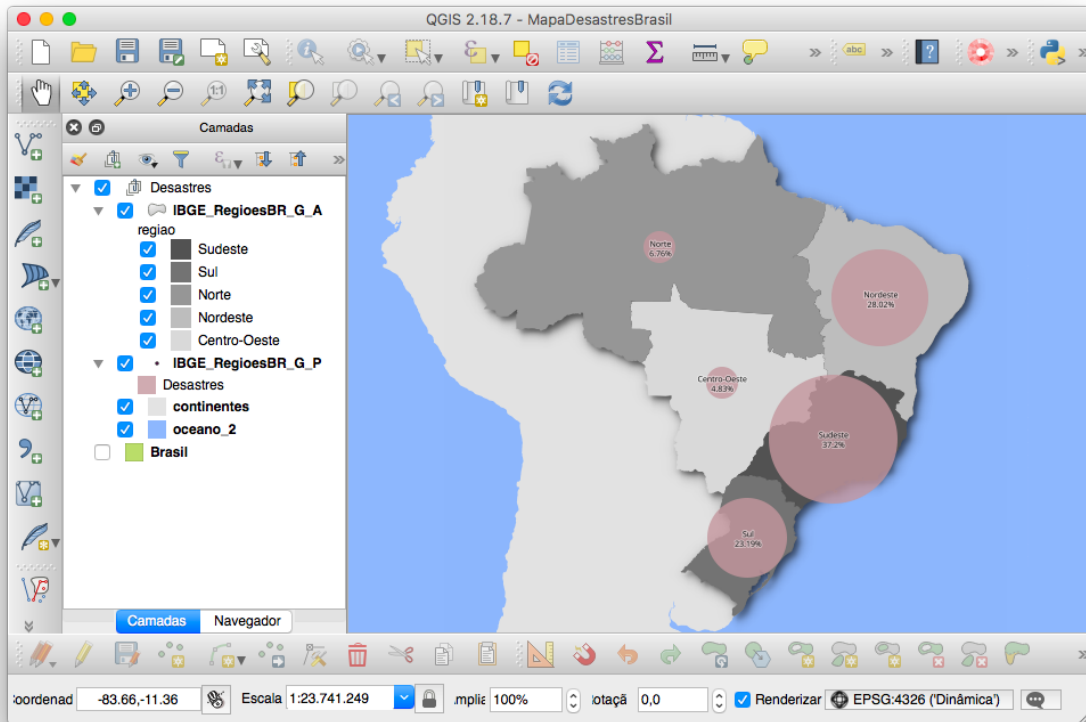


Figura 9: A interface do QGIS.

O QGIS possui uma enorme e crescente variedade de funções que são fornecidas, tanto pelo programa base como pelos seus complementos. Destacam-se as seguintes funcionalidades:

- a) Visualização e reprojeção dinâmica (On the Fly) de diferentes formatos de camadas vetoriais e raster. O QGIS suporta as bases de dados geográficas PostgreSQL/PostGIS, SpatiaLite e SQL Anywhere além de todos formatos suportados pela biblioteca GDAL/OGR, incluindo as extensões ESRI Shapefile, MapInfo, KML, GPX, GML, DNG Microstation, GeoTIFF, Erdas IMG (como também ECW, através das necessárias bibliotecas proprietárias), MrSID, locations/mapsets GRASS e serviços WMS/WFS/WFS-T de acordo com os padrões do Open Geospatial Consortium (OGC);
- b) Exploração interativa de dados, identificação e seleção de geometrias, pesquisa, visualização e seleção de atributos, consultas espaciais, rótulos e criação de simbologia vetorial e raster. Em relação aos rótulos (*labels*) e simbologia vetorial, já

estão disponíveis novos “motores” que permitem desfrutar de opções avançadas como renderização baseada em escala e/ou em regras SQL e melhor desempenho;

- c) Possui uma forma simples e eficiente para operações de junção entre tabelas (*join*);
- d) Composição de layouts de impressão, incluindo o mapa, legendas, barra de escala, figuras, grade de coordenadas, textos, tabelas de atributos, etc.;
- e) Criação, gestão, edição e exportação de camadas vetoriais em diferentes formatos. As camadas raster podem ser manuseadas com uma série de ferramentas que se encontram no menu “raster”, entre as quais: álgebra de mapas, warp, translate, gdaldem (ferramenta de análise de modelos digitais do terreno), build overviews, clip, etc.;
- f) É possível executar análise de dados espaciais em bancos de dados espaciais e outros formatos OGR suportados. O QGIS atualmente oferece análise vetorial, amostragem, geoprocessamento, geometria e ferramentas de gerenciamento de banco de dados. Também podem ser usadas as ferramentas do GRASS integradas, que incluem a funcionalidade GRASS completa de mais de 400 módulos. Ainda é possível trabalhar com os Complementos de Processamento (SEXTANTE), que fornecem um quadro de análise geoespacial poderoso para chamar algoritmos nativos e de terceiros a partir do QGIS, como GDAL, Saga, GRASS, fTools e muito mais.

O QGIS é desenvolvido com uma arquitetura de complementos (plugins), de forma que novas funcionalidades podem ser facilmente agregadas ao programa principal. Os complementos essenciais (core plugins) são desenvolvidos e geridos pela equipe de desenvolvimento do QGIS, e são escritos em C++ ou em Python. Eles são instalados por padrão durante a instalação do QGIS e podem ser ativados e desativados no Gerenciador de Complementos.

Os complementos incluídos no programa (core) são:

- ◆ Captura de Coordenadas: Captura coordenadas com o mouse em diferentes sistemas de coordenadas (SRC's);
- ◆ Gerenciador de Banco de Dados: Troca, edição, e visualização de camadas e tabelas; execução de consultas SQL;
- ◆ Conversor Dxf2Shp: Converte arquivos DXF para shapefiles;
- ◆ eVIS: Visualiza eventos;

- ◆ fTools: Analisa e gerencia dados vetoriais;
- ◆ GDALTools: Integração das Ferramentas GDAL no QGIS;
- ◆ Georeferenciador GDAL: Adiciona a informação de projeção usando raster GDAL;
- ◆ Ferramentas de GPS: Carrega e importa dados de GPS;
- ◆ GRASS: Integra funções do SIG GRASS;
- ◆ Mapa de densidade de kernel: Gera um mapa de densidade/kernel matricial a partir de dados de pontos;
- ◆ Complemento Interpolação: Interpolação baseada em vértices de uma camada vetorial;
- ◆ Edição Offline: Permitir a edição offline e sincronização com bancos de dados;
- ◆ Oracle GeoRaster Espacial;
- ◆ Processamento: Caixa de ferramentas com funções do SEXTANTE e outros diversos módulos de geoprocessamento, estatística e sensoriamento remoto;
- ◆ Análise de terreno: Análise de terreno baseada em raster;
- ◆ Caminho mais curto: Analisa uma rede com caminho mais curto;
- ◆ Complemento de Consulta Espacial;
- ◆ SPIT: Importa shapefiles para PostgreSQL/PostGIS;
- ◆ Verificador de topologia: Encontra os erros topológicos em camadas vetoriais;
- ◆ Complemento Estatística Zonal: Calcule contagem, soma e média de um raster para cada polígono de uma camada vetorial.

A interface dos *plugins* permite que os mesmos acessem a instância do QGIS em execução, e assim usar e estender as funções de base presentes no QGIS. A documentação do QGIS contém exemplos simples para programar em C++ e Python, tornando mais fácil para um desenvolvedor iniciar o desenvolvimento de *plugins*.

O desenvolvimento em Python é particularmente rápido e cômodo: *plugins* simples requerem apenas algumas horas de desenvolvimento. Como consequência, um número crescente de usuários produz novos *plugins* de uso específico ou generalizado. A versão mais atual do QGIS (2.18) possui mais de 400 *plugins* disponíveis para os usuários, tanto oficiais quanto aqueles disponibilizados por terceiros. Todos os *plugins* são concentrados em um único repositório oficial, e os usuários podem facilmente adicionar essas extensões à própria instalação do QGIS com o gerenciador de complementos (Figura 10).

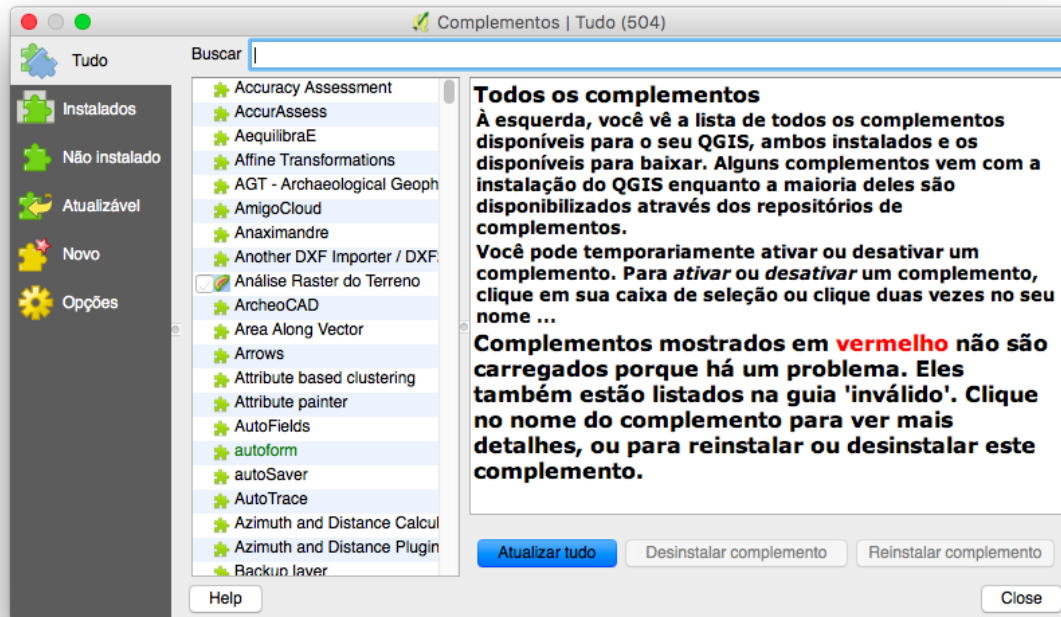


Figura 10: Gerenciador de complementos do QGIS.

2.3 Adesão de Geotecnologias Livres na Administração Pública

Atualmente, observa-se no cenário mundial certa popularização do geoprocessamento como ferramenta de gestão, tanto para empresas quanto no setor público. No Brasil, no entanto, grande parte dos municípios ainda não pode contar com uma estrutura SIG bem organizada. Primeiro, por não contar muitas vezes com uma qualificação profissional específica, mas também devido aos altos custos para aquisição de licença de software de geoprocessamento.

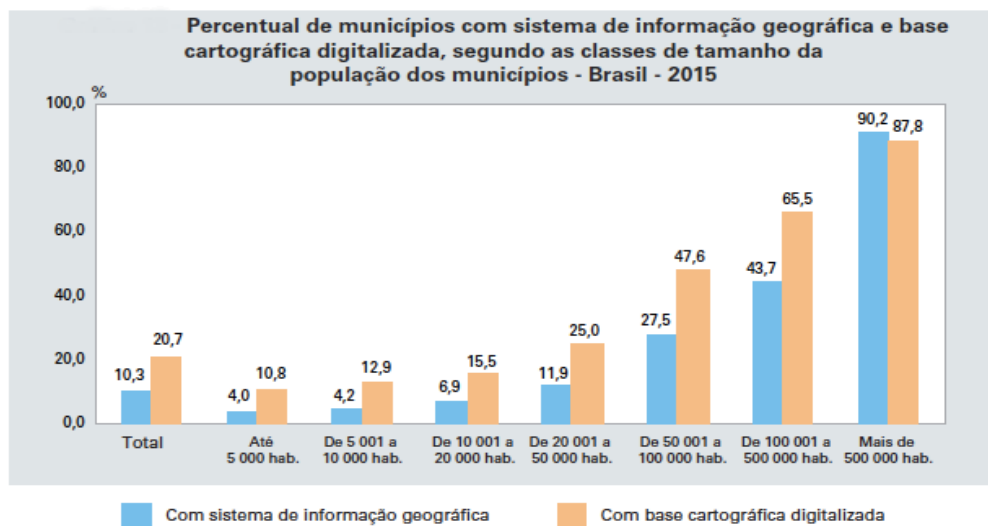
O cenário brasileiro atual revela que aqueles órgãos públicos que possuem recursos financeiros, investem um elevado capital em soluções proprietárias fornecidas por empresas estrangeiras que oferecem “soluções prontas” e de elevado custo, deixando o setor público dependente de tais empresas e provocando gastos excessivos para renovação e manutenção das licenças de uso e atualizações de versão de software.

Para exemplificar tal situação, foram consultados os dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (Munic 2015), apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE). Em sua 13ª edição, a Munic 2015 investigou todas as 5.570 municipalidades existentes no Brasil, em que foram levantados dados relativos à gestão e à estrutura dos municípios, a partir da coleta de informações sobre seis temas, contemplando questões relacionadas a recursos humanos, planejamento urbano, recursos para a gestão, terceirização e informatização, gestão ambiental e articulação interinstitucional.

Um dos aspectos estudados no tema gestão ambiental foi se os municípios dispunham de base cartográfica digitalizada. Segundo os dados obtidos na Munic 2015, apenas 20,7% dos municípios brasileiros dispunham de base cartográfica digitalizada, sendo que o menor percentual foi identificado nos municípios da Região Nordeste, onde nenhum estado apresentou percentual igual ou superior à média nacional. Cabe ressaltar que no país, seis Unidades da Federação distribuídas em diferentes regiões apresentaram proporções de municípios com base cartográfica digitalizada superiores a 30,0%, e que o Espírito Santo figura entre elas com 30,8%.

A pesquisa aponta ainda que, ao considerar as classes de tamanho da população dos municípios, verifica-se que nos municípios mais populosos, é mais frequente a existência de implantação de base cartográfica digitalizada e de sistema de informação geográfica (Figura 11).



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2015.

Figura 11: Percentual de municípios com SIG e base cartográfica digitalizada, segundo as classes de tamanho da população dos municípios.

A Munic (2015) destaca ainda a importância da verificação sobre a existência de Sistema de Informações Geográficas (SIG) na Política Municipal do Meio Ambiente. Trata-se de um conjunto de equipamentos e programas de informática que não apenas produzem informações espaciais, mas também integram os dados obtidos, proporcionando uma apresentação do espaço mais apurada, o que possibilita mais qualidade na análise e na gestão dos dados. Os resultados obtidos na Munic 2015 demonstram que, quanto maior a classe de tamanho da população dos municípios, mais frequente a existência de SIG, como pode ser observado na figura anterior.

O percentual nacional de municípios que apresentavam SIG foi de apenas 10,3%. Mais uma vez destaca-se o Espírito Santo que apresentou essa proporção acima da média nacional, com 25,6% dos seus municípios com SIG implantado na administração municipal (Figura 12).

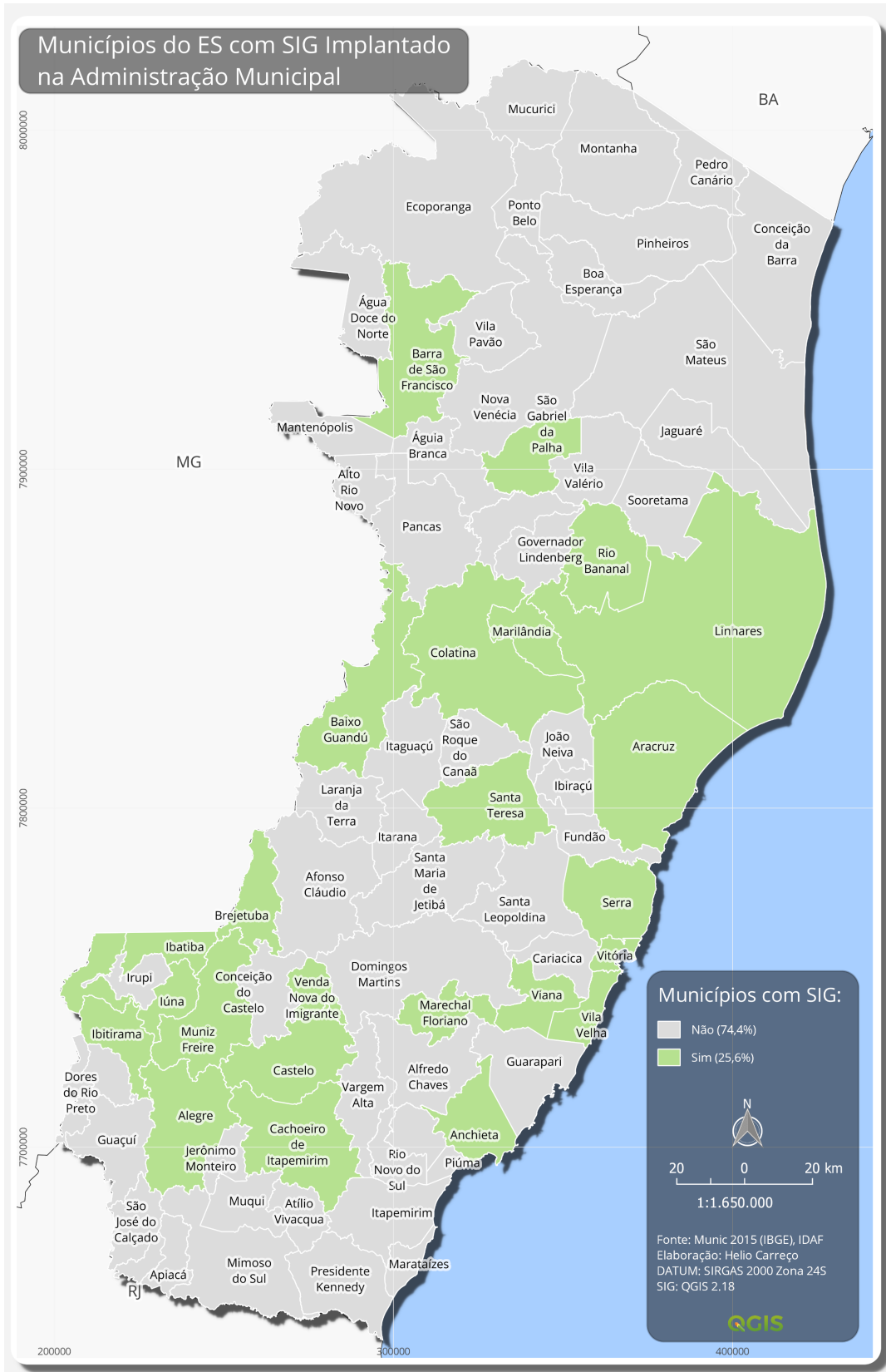


Figura 12: Municípios do Espírito Santo que possuem SIG implantado na administração municipal.

Diante desta problemática, este estudo relaciona algumas tecnologias e ferramentas alternativas, baseadas na filosofia de Software Livre, e mostra alguns exemplos de funcionalidades de um software de SIG, constatando assim a viabilidade financeira e tecnológica na adoção de geotecnologias livres. O setor de software SIG tem se desenvolvido rapidamente nos últimos anos. Aplicações SIG de código aberto estão ganhando quotas de mercado relevantes na academia, negócios e na administração pública.

2.4 Histórico da adoção de geotecnologias na Prefeitura de Vitória

Neste tópico será apresentado um breve histórico sobre a implantação de geotecnologias na Prefeitura de Vitória, desde a aquisição de bases cartográficas aos investimentos em softwares SIGs e na qualificação de pessoal.

Até o ano de 1992, a Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) possuía apenas 17 microcomputadores instalados funcionando de forma isolada com sistemas operacionais antigos, adquiridos em 1987. Segundo Scheidegger (2010), os sistemas implantados cobriam precariamente a Folha de Pagamento, Protocolo Geral, Tributação – rotinas de IPTU, ISS, Arrecadação e Dívida Ativa, não sendo interligados entre si. Neste tempo, quase não existiam softwares disponíveis e a falta de padronização de editores de texto e planilhas dificultava o trabalho dos poucos setores que possuíam computadores.

No ano de 1993, houve uma urgência na PMV para estruturação do setor de tecnologia da informação, devido à revisão do Plano Diretor Urbano (PDU) que deveria ser iniciado em 1994. Até então, os produtos cartográficos existentes eram na sua grande maioria mapas em papel, com representações que não correspondiam mais à realidade do Município. Por isso, a necessidade de atualização do mapa de Vitória para a elaboração do PDU serviu de marco referencial para que o geoprocessamento fosse implantado na PMV. Com este fim, em 1993 foram contratados serviços de restituição aerofotogramétrica para elaboração do Novo Mapa Cartográfico de Vitória, na escala de 1:2000. O produto final cartográfico obtido por meio de restituição digital foi entregue em papel copiativo e em meio magnético, e possibilitou o uso de recursos computacionais.

A partir deste evento, foi instituído o Sistema de Informações Municipais Geoprocessadas (SIMG), o que possibilitou a implantação de tecnologia da informação para a coleta, processamento, reprodução, atualização e uso de informações georreferenciadas. Com a definição do Plano de Implantação do Sistema de Informações Georreferenciadas, em 1994, foram estabelecidas as ações de aquisição de software e hardware, treinamento de pessoal e desenvolvimento de aplicações para os dois anos subsequentes.

As Secretarias de Obras, de Planejamento e de Fazenda foram as primeiras beneficiadas com a nova tecnologia digital por meio da aquisição, para cada uma delas, de uma estação de geoprocessamento, constituído por computador, impressora e mesa digitalizadora, em que o software utilizado para manipulação dos dados cartográficos era o Maxicad. Estas Secretarias foram inicialmente envolvidas no uso destes produtos cartográficos por estarem diretamente ligadas à infraestrutura de planejamento urbano e arrecadação devido à origem da verba, que era proveniente do Banco Nacional do Desenvolvimento Social (BNDS). O valor aprovado pelo BNDS para o financiamento do projeto foi de R\$ 2.360.000,00 (dois milhões trezentos e sessenta mil reais).

Segundo Scheidegger (2010), cada secretaria recebeu uma estação gráfica incumbida de desempenhar funções e atribuições inerentes ao departamento onde estava inserida:

- ◆ SEMPLA/URB - Introduzir, manter e atualizar os dados com informação social, econômica; produzir mapas temáticos de uso do solo, áreas de preservação, equipamentos urbanos e vazios; realizar análises espaciais; realizar cálculos de áreas, perímetros e coordenadas.
- ◆ SEMOB/EDF - Manter e atualizar a Base Cartográfica de Vitória; reproduzir os mapas em escalas e informações diferenciadas; realizar o cálculo de áreas, distâncias, perímetros, coordenadas e traçado de perfis topográficos com modelo digital de terreno; manter e atualizar informações de infraestrutura e de obras públicas.
- ◆ SEMFA/REC - Manter e atualizar as Informações do Cadastro Imobiliário; elaborar e atualizar uma Base Cadastral contendo Lotes e Quadras e suas Chaves de Acesso; desenvolver o sistema que substituiria os Bancos de Dados Imobiliários; reproduzir Plantas de Lotes, Quadras, Setores e Distritos Fiscais; integrar a base cartográfica (lotes) ao cadastro físico (em papel).

Em 1996, realizou-se na PMV um concurso público para analistas e programadores, o que proporcionou a extinção dos técnicos contratados por firmas prestadoras de serviços que realizavam trabalhos de desenvolvimento e manutenção de sistemas. Isto viabilizou a implementação de várias ações como a contratação do projeto e instalação da Rede PMV no Palácio Municipal, dentro dos padrões internacionais de TI. Assim, foram interligadas as Secretarias sediadas dentro do Palácio, e abriu caminho para interligação com as Secretarias externas por meio de linhas dedicadas e roteadores.

Neste tempo, os computadores de cada Secretaria envolvida possuíam um arquivo no formato CAD, causando descentralização dos trabalhos. Isto desencadeou problemas de versionamento de arquivos, em que versões com diferentes conteúdos acabavam por gerar informações desconstruídas e pouco confiáveis, que atrapalhavam a viabilização de um Sistema de Informação Geográfica. Houve então a necessidade da criação de uma base de dados única, que proporcionasse a integração das Secretarias para a utilização da mesma delimitação de bairros, a criação da definição de regiões de saúde, obras, planejamento, arrecadação, meio-ambiente e educação e a sistematização dos dados existentes na PMV.

Com o objetivo de se implantar uma base cartográfica corporativa, procedeu-se à escolha de um novo software SIG. O uso do software de cartografia digital MaxiCAD permaneceu apenas para fins de atualização cartográfica.

Formou-se no ano de 1999 o Comitê de Geoprocessamento, responsável por conhecer melhor os trabalhos setoriais na geração e uso de informações geográficas e para difundir e aproximar os responsáveis com as geotecnologias. Gerou-se assim um diagnóstico sobre a infraestrutura e pessoal de cada secretaria, subsidiando os estudos da montagem de um GIS corporativo.

Com base neste diagnóstico, foi preparada uma lista de funções potenciais obrigatórios da solução GIS para atender às necessidades e demandas setoriais da PMV, a qual foi enviada para as empresas participantes da seleção do software.

Ao final do mesmo ano, chegou-se à conclusão, relatada em ata, sobre a escolha adotada pelo Comitê que se baseou nos seguintes argumentos:

[...] A PMV possui um grande banco de dados já totalmente estruturado, migrados para o MS SQL Server 6.5, em breve para a versão 7.0. O desenvolvimento dos trabalhos com geoprocessamento obrigatoriamente

implica em se integrar com este banco de dados corporativo [...]. Assim a definição da solução deve ser feita não apenas em função do software de GIS isoladamente, mas sim pensando nos recursos da solução como todo. Outro fator de grande relevância é a garantia de que a empresa continuará investindo em pesquisas, portanto, a solução terá continuidade e novos avanços em tecnologia. Analisando estes fatores chegamos a conclusão de que a SOLUÇÃO ESRI é a mais apazível e consistente para o desenvolvimento de um banco de dados único e corporativo. (SCHEIDEGGER, 2010, p. 131).

No início do ano 2000, o Comitê de Geoprocessamento emitiu a ordem de compra dos softwares escolhidos e direcionou esforços para implantação do GIS como ferramenta institucional. Neste sentido, uma das ações estratégicas urgentes para a primeira etapa de implantação do GIS foi a capacitação imediata da equipe de coordenação nas soluções ESRI e posterior passagem do conhecimento em um curso introdutório ministrado à equipe GIS, com o objetivo de nivelar o conhecimento sobre Geoprocessamento, e repassar conceitos básicos sobre o uso das funções básicas da solução.

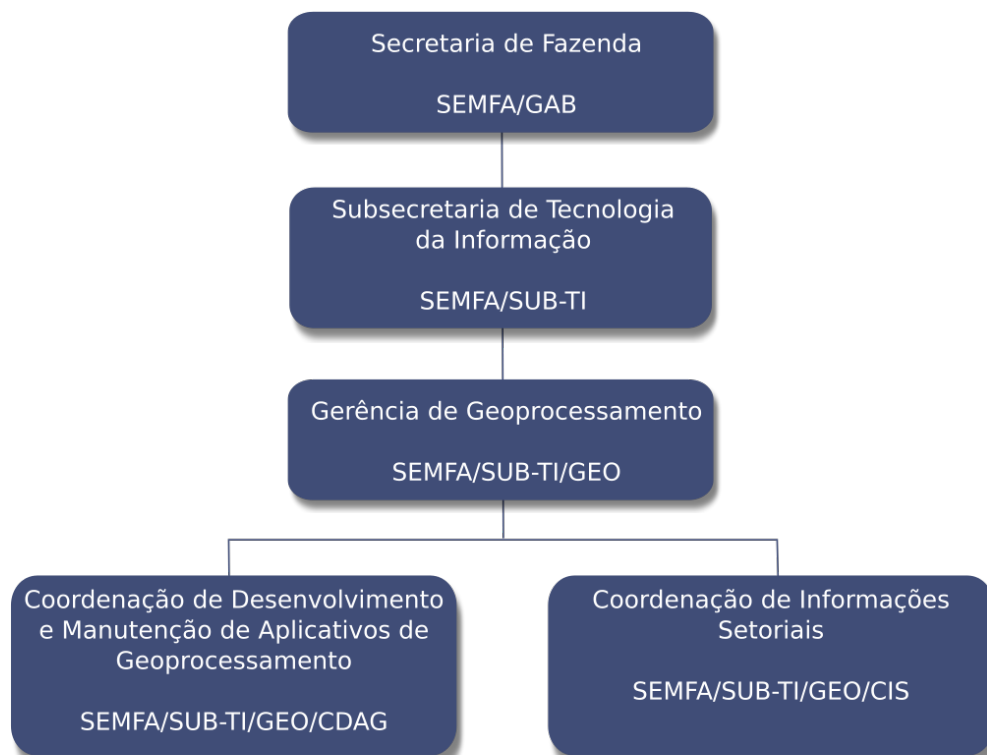
Fato histórico importante a ser citado foi a criação do Comitê de Tecnologia da Informação subordinado à Secretaria Municipal de Fazenda, por meio do Decreto 10.835/2001. Neste comitê foram instituídas três comissões de trabalho: Desenvolvimento, Tecnologia da Informação e Web e Imagem. Posteriormente, foi acrescentado um inciso por meio do Decreto 10.906 que criava uma quarta Comissão de Trabalho: Geoprocessamento, responsável por planejar e coordenar as ações de geoprocessamento na Prefeitura Municipal de Vitória.

Com o intuito de alavancar o processo de modelagem de dados e a implementação do Banco de Dados Geográfico Corporativo, no ano de 2002, foi criada a Gerência de Geoprocessamento (PMV, 2016), pelo decreto municipal nº 11.248 (Figura 13) para atuar junto ao Núcleo de Gestão da Tecnologia da Informação da SEMFA, com a missão de:

- ◆ Promover a aquisição e padronização de recursos de geoprocessamento, conforme cronogramas e dotações previstas no orçamento municipal;
- ◆ Definir políticas e estratégias para uso efetivo do geoprocessamento na Administração Municipal;
- ◆ Prover e operar toda a estrutura de geoprocessamento da Prefeitura;

- ◆ Coordenar todas as ações de geoprocessamento do Município;
- ◆ Analisar as demandas das Secretarias Municipais com o objetivo de estabelecer prioridades;
- ◆ Coordenar os treinamentos relativos ao geoprocessamento a serem contratados pelo Município em conjunto com o Núcleo de Capacitação de Recursos Humanos da Secretaria Municipal de Administração;
- ◆ Desempenhar outras atribuições afins.

Organograma do setor de Geoprocessamento da PMV



Fonte: PMV, 2016. Adaptação por Helio Carreço.

Figura 13: Organograma da área de Geoprocessamento a partir do Decreto Municipal 11.248/2002.

Nos anos seguintes de 2003 e 2004, foram realizados treinamentos, licitações e contratações do desenvolvimento da plataforma GIS na PMV. Foram desenvolvidos aplicativos SIG customizados para acesso ao banco de dados geográficos e disponibilizados como um sistema Web chamado GeoWeb, por meio da rede interna da PMV e preparados para serem disponibilizados à população via Internet.

Em 2007 houve uma grande atualização do Banco de Dados Geográfico (BDGIS) por meio de um levantamento aerofotogramétrico na Escala de 1:5000, com restituição na escala de 1:1000, além de várias Ortofotos Digitais. A migração dos dados antigos, assim como a disponibilização da nova base georreferenciada no BDGIS ocorreu em 2008.

Com o intuito de garantir a integridade das informações e a perpétua atualização do BDGIS, foi aprovado o Projeto que criou a Lei nº 7.483 em 12 de junho de 2008, que constituiu a chamada Rede Geodésica Municipal como uma referência obrigatória para todos os trabalhos de cartografia e topografia que envolvessem o Banco de Dados de Informações Georreferenciadas do Município de Vitória.

Paralelamente a este breve histórico da implementação de Geotecnologias na PMV, durante a década de 2000 as tecnologias SIG evoluíram de forma impressionante, principalmente aquelas que são distribuídas sob o “selo” Software Livre (SL). Muitas organizações públicas e privadas passaram a adotar e implementar suas soluções com programas livres de licenças restritivas. A partir da iniciativa do SAGA GIS em 2000, universidades, departamentos de governo, agências de fomento e programadores perceberam a tempo que as geotecnologias tinham se restringido a apenas três softwares, e iniciaram uma espécie de revolução SIG. Ao longo da citada década, ao menos nove aplicativos FOSS GIS (*Free and Open Source Software GIS*) foram desenvolvidos e disponibilizados ao público para download (Figura 14). Alguns deles são mais completos, pois lidam com dados shapefile, leem e escrevem em vários formatos vetoriais e raster, permitem edições e análises avançadas dentre outras funcionalidades. São grandes exemplos os softwares QGIS, gvSIG e Kosmo.

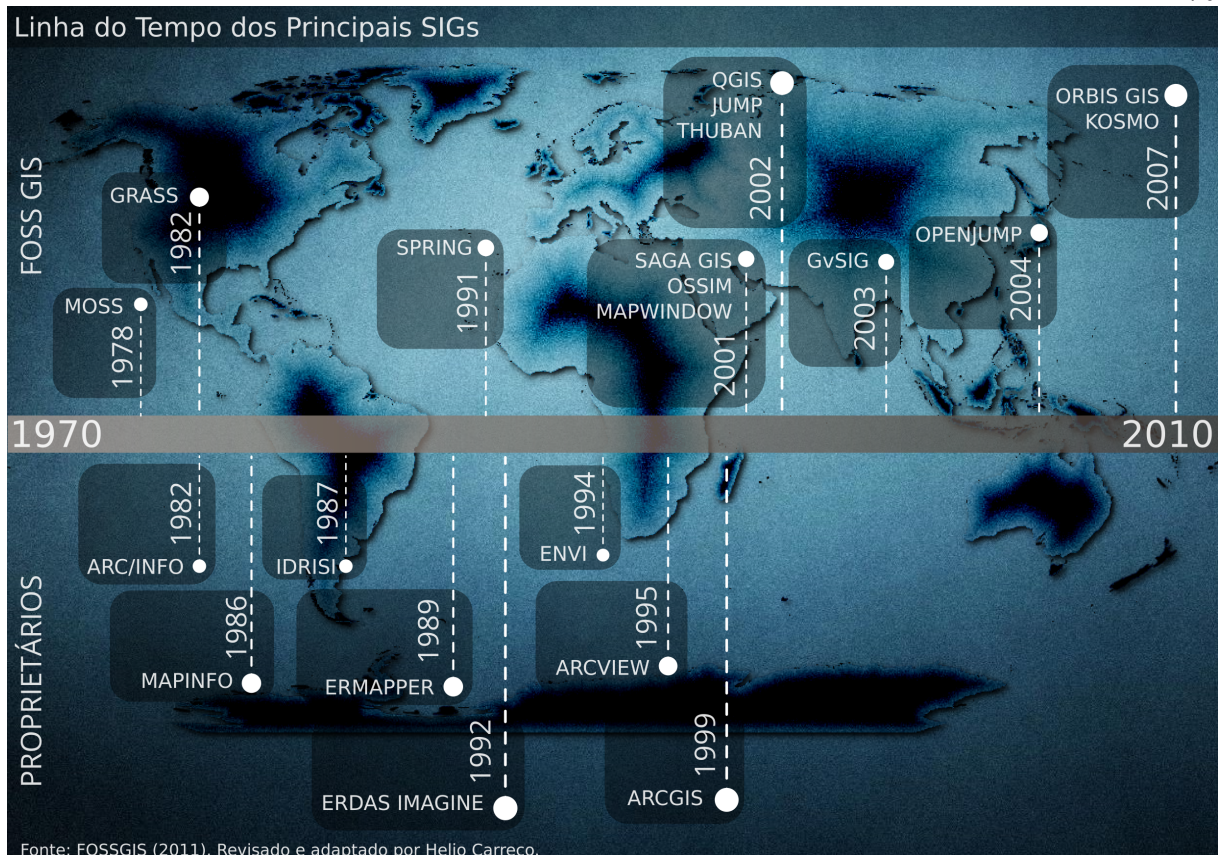


Figura 14: Linha do tempo dos principais SIGs desenvolvidos.

O grau de amadurecimento dos SIGs livres se mostrou desde então crescente e constante, tanto em relação à qualidade e às funcionalidades como também em serviços e suporte, e com isso tem tornado viável a adoção dos mesmos.

Como exemplo de tendência a adoção de geotecnologias livres é possível citar a implantação do Plano Diretor de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Fortaleza no ano de 2007, e a adoção do QGIS como software ideal para o Departamento de Meio Ambiente do Estado de Victória, na Austrália (FOSSGIS, 2011).

No ano de 2012, a Gerência de Geoprocessamento da PMV percebeu esta tendência e passou a estudar a viabilidade de se adotar um software livre de geoprocessamento que pudesse se integrar com as soluções proprietárias já implantadas, e que possuísse uma interface amigável ao usuário semelhante ao ArcMap, amplamente utilizado na instituição. A manutenção de licenças proprietárias tornou-se um obstáculo a ser vencido.

Diante de uma eminente mudança de paradigma, foi necessário manter em mente que, em se tratando de SIG, não existe software perfeito ou completo, por mais oneroso financeiramente que fosse. O que define a escolha ou predileção pelos programas parte de necessidades específicas, da rotina de trabalho, da intimidade com as tecnologias disponíveis, do grau de usabilidade dos programas, etc. Há que se reconhecer que programas como a suíte ArcGIS® são mais polidos e possuem uma quantidade maior de recursos e automação de rotinas em relação aos softwares livres. Empresas como a ESRI®, desenvolvedora do ArcGIS dispõem de receitas com a venda de licenças de uso de seus aplicativos, dispondo de muitos recursos para investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação, enquanto os FOSS GIS dependem de doações, financiamentos de órgãos fomentadores de pesquisa e de voluntários que ajudam no desenvolvimento.

Iniciaram-se ainda em 2012 na PMV, os testes de soluções livres de SIG que pudessem atender as principais demandas. Os softwares testados foram: OpenJUMP, Kosmo, MapWindow, gvSIG e QGIS. Quem se destacou nos testes foi o QGIS, na época ainda chamado de Quantum GIS, estando na versão 1.7.

O QGIS surpreendeu em diversos aspectos, os quais podem ser citados os principais:

- ◆ Interface gráfica extremamente amigável;
- ◆ O fato de ser totalmente traduzido para a língua portuguesa;
- ◆ Diversidade incrível de funcionalidades e rotinas de geoprocessamento;
- ◆ Semelhança em certo ponto com a interface do ArcMap para o desempenho de funções básicas;
- ◆ Grande quantidade de complementos disponíveis, e a possibilidade de desenvolvimento de plugins Python ou C++, aproveitando a expertise dos desenvolvedores da PMV;
- ◆ Desenvolvimento contínuo do QGIS, com novas versões e funcionalidades sendo lançadas periodicamente.

A dificuldade inicial na adoção do QGIS foi fazê-lo se comunicar com o BDGIS. Isto porque apesar de o QGIS suportar o banco de dados SQL Server nativamente, o componente espacial do banco utilizado na PMV era o SDE, solução proprietária, e, portanto, inacessível por clientes terceiros.

Entretanto, um dos aplicativos da suíte ArcGIS que a PMV possui é o ArcGIS for Server. Com a grande popularização dos padrões OGC, o ArcGIS for Server incorporou ao seu código diversas funcionalidades destes padrões, incluindo: WMS, WCS, e WFS. A solução foi disponibilizar as camadas do BDGIS como um serviço do ArcGIS Server, habilitando o padrão WFS (vetorial). Como o QGIS opera nativamente com estes padrões, os usuários do QGIS acessam ao BDGIS por meio do padrão WFS.

No decorrer de 2012 até os dias atuais, foram mais de 100 (cem) servidores municipais e convidados de outras instituições públicas treinados no QGIS, por meio de um curso básico e outro avançado. Assim, não foram desperdiçados os recursos anteriormente investidos nas soluções proprietárias de SIG. Ao contrário, a PMV faz uso delas e conseguiu integrar o QGIS como solução livre, popularizando o uso da ferramenta, e economizando recursos que seriam utilizadas para novas aquisições de licenças desktop do ArcMap.

3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

3.1 Área de Estudo

A ilha de Vitória transformou-se em vila no dia 08 de setembro de 1551 e foi modificando totalmente sua fisionomia por sucessivas gerações. Sua emancipação política aconteceu em 24 de fevereiro de 1823, através de um Decreto-Lei Imperial que concedeu Fórum de Cidade a Vitória, tornando-se capital do Espírito Santo. Desde então é considerada um município que acumula capacidade administrativa, recursos, bens e patrimônio. A estrutura da centralidade principal da cidade foi afetada pelo procedimento de projetar o centro para fora do núcleo urbanístico a partir da década de 1980, por meio da expansão do mercado imobiliário e a consequente criação de subcentros (PMV, 2016).

Sua extensão territorial limita-se ao Norte com o município de Serra, ao Sul com Vila Velha, a Oeste com Cariacica e a Leste com o Oceano Atlântico. Seu território é constituído de uma ilha principal, com área de 29.31 km², e de uma parte continental, situada ao Norte, com extensão de 39.66 km². Integra também ao território municipal as Ilhas Oceânicas de Trindade e o Arquipélago de Martin Vaz, situadas a 1.140 km da costa, com área de 10.92 km². Além desses espaços, Vitória possui diversas ilhas menores no seu entorno, que agregadas à sua baía compõem seu território de 98.194 km² (IBGE, 2017).

Segundo dados do Censo 2010 do IBGE, Vitória possuía uma população de 327.801 habitantes⁹, com uma densidade populacional de 3.338,30 hab/km², o que configura uma situação de grande concentração populacional. A população estimada em 2016 é de 359.555 habitantes (IBGE, 2017). Seus 80 bairros são divididos em 9 regiões administrativas (Figura 15), conforme a Lei 8611/13 (PMV, 2016).

9 O Censo de 2010 considerava que os bairros de Carapina, Hélio Ferraz, e De Fátima (hoje pertencentes ao Município de Serra), além do bairro Parque Industrial, pertenciam a Vitória. Com isso sua população chegava a 327.801 habitantes.

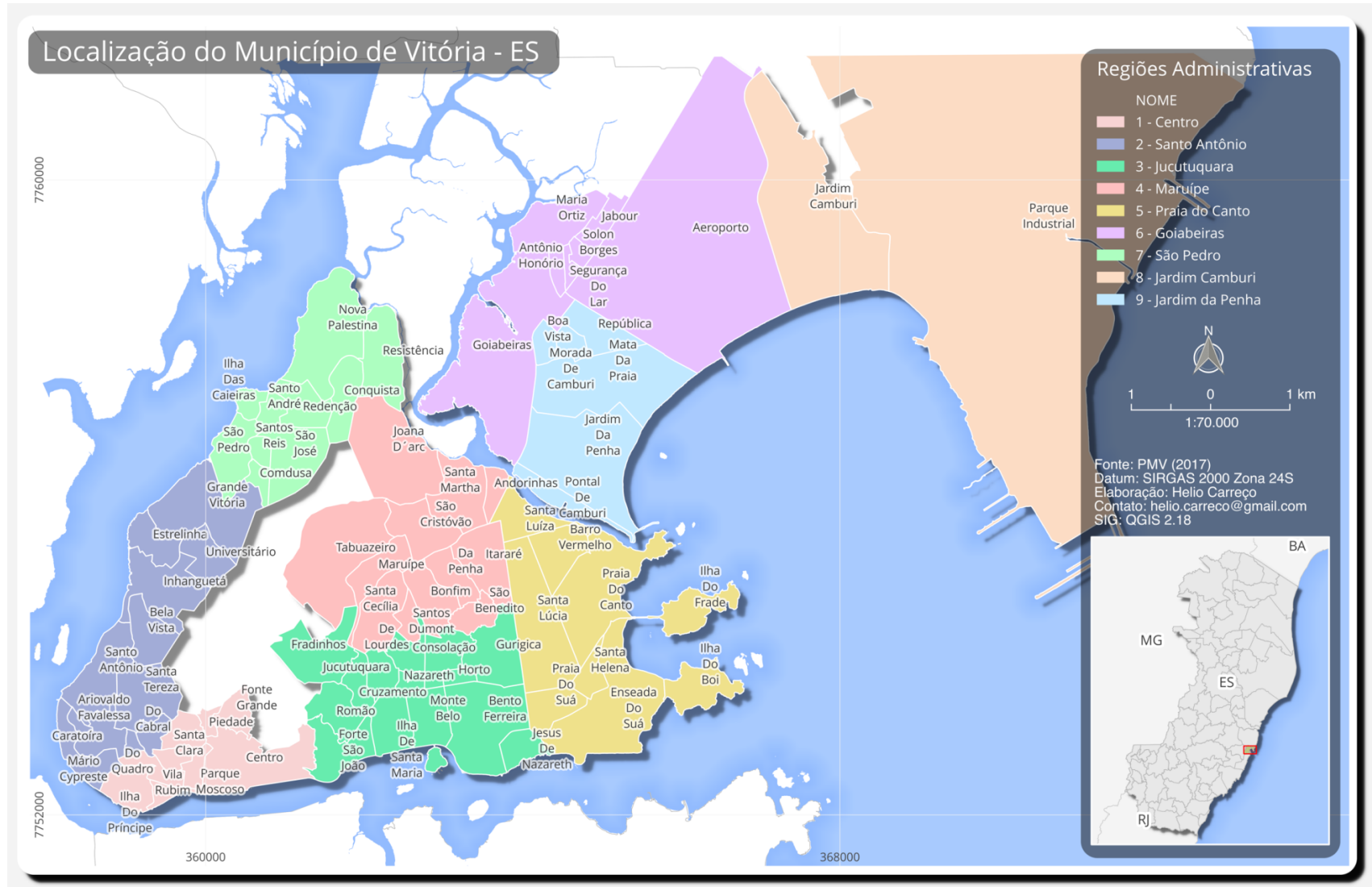


Figura 15: Mapa de localização do município de Vitória - ES.

O IBGE classifica o clima de Vitória como tropical úmido, com pluviosidade média de 1.153mm/ano, e temperatura média de 34,4°C no verão, e 24,4°C no inverno.

O crescimento da população de Vitória nas últimas décadas apresenta sinais de estabilização podendo até chegar ao declínio nos próximos anos. Porém, este fato não configura necessariamente na estabilização e decréscimo dos problemas sociais, pois a capital tende a seguir como referência, atraindo pessoas em busca de emprego, atendimento em órgãos públicos, etc. Vitória concentra atividades administrativas, econômicas e educacionais, atraindo grande número de trabalhadores e estudantes que se deslocam diariamente de seus municípios de residência para trabalho e estudo na capital. O fluxo de pessoas por dia no Município é capaz de dobrar em relação ao seu número de habitantes permanentes.

Pensar sobre o fenômeno da segregação socioespacial em áreas pobres da cidade de Vitória requer a análise do processo histórico, bem como dos motivos que levaram a tal realidade. Essa discussão envolve ainda outras questões como os processos de apropriação e periferização, o que pode contribuir para o entendimento de como tem sido o acesso da população pauperizada aos direitos básicos de reprodução digna da vida humana, e se eventualmente esta população está exposta a riscos ambientais.

3.2 Objetivos e Fontes de Dados

O estudo propõe a identificação, o ranqueamento e o agrupamento dos bairros do município de Vitória-ES quanto à situação de vulnerabilidade socioambiental, no contexto da segurança pública, do acesso a equipamentos públicos e do bem-estar econômico e social. A análise será feita a partir da construção de um índice de vulnerabilidade socioambiental, formado pela combinação de dados demográficos, infraestruturais, ambientais e socioeconômicos dos bairros.

Há que se justificar a limitação dos dados utilizados nesse estudo em decorrência do recorte das unidades de análise, ou seja, a escala de bairros adotada na metodologia. Vitória é o menor município do Espírito Santo, mas apresenta uma grande diversidade que precisa ser considerada. A adoção do recorte espacial em nível de bairros, melhora a qualidade e precisão

da informação tendo em vista a diversidade do município, entretanto, muitos aspectos que seriam importantes a serem considerados na temática do presente estudo não foram inseridos pela falta de disponibilidade de informações na escala de detalhe dos bairros.

Os domínios que formam a base para a construção do índice de vulnerabilidade são:

1. Socioeconômico
2. Infraestrutura e Segurança Pública
3. Meio Físico

Os dados utilizados são provenientes do Censo Demográfico de 2010, da Prefeitura Municipal de Vitória, e da Gerência de Estatística e Análise Criminal (GEAC), setor de estatística e inteligência da Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa Social do Espírito Santo (SESP).

O recorte temporal adotado está entre os anos de 2010 a 2015. Já o recorte espacial está no nível de bairros. Ao determinar a localização de grupos populacionais vulneráveis, é importante o uso de uma escala geográfica adequada e suficiente para discernir as diferenças demográficas. Segundo Aronson et al (2007), estudos anteriores em demografia e saúde pública tem usado bairros ou setores censitários como bases espaciais. O IBGE apresenta os dados por setores censitários, mas também disponibiliza as informações por bairro para aqueles municípios que já possuem lei de bairros aprovada, o que é o caso de Vitória-ES.

O conhecimento de onde grupos vulneráveis estão concentrados nas comunidades, e a natureza geral de suas circunstâncias é um passo importante para uma efetiva gestão de emergências. Segundo Morrow (1999), os planejadores de emergência e os formuladores de políticas públicas devem ser incentivados a identificar e localizar setores de alto risco por meio de mapas de vulnerabilidade, integrando informações em sistemas de SIG sempre que possível. O mapeamento desses dados revela padrões geográficos de potencial vulnerabilidade da população a desastres que podem ser usados para mitigação, preparação, resposta e recuperação. O autor afirma ainda que o gerenciamento efetivo de desastres exige a

participação agressiva dos bairros e grupos vulneráveis em todos os níveis de planejamento e resposta, além de esforços de mitigação que abordem as causas da vulnerabilidade.

A Tabela 1 apresenta a lista de variáveis utilizadas para a formação do índice de vulnerabilidade, e suas respectivas fontes de origem.

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Domínio
VAR 1	População total	População total por bairro.	Censo 2010	Socioeconômico
VAR 2	Crianças	Proporção de pessoas com menos de 15 anos.	Censo 2010	
VAR 3	Idosos	Proporção de pessoas de 60 anos ou mais.	Censo 2010	
VAR 4	Rendimento de até 2 Salários mínimos	Proporção de pessoas com rendimento de até 2 salários mínimos.	Censo 2010	
VAR 5	Rendimento de 10 salários mínimos ou mais	Proporção de pessoas com rendimento de 10 salários mínimos ou mais.	Censo 2010	
VAR 6	Pessoas sem rendimentos	Proporção de pessoas sem rendimentos.	Censo 2010	
VAR 7	Alfabetização	Proporção de pessoas de 7 anos ou mais alfabetizadas.	Censo 2010	
VAR 8	Proporção de pessoas de 7 anos ou mais analfabetas	Proporção de pessoas de 7 anos analfabetas	Censo 2010	
VAR 9	Habitantes por domicílio	Número médio de habitantes por domicílio.	PMV/Censo 2010	
VAR 10	Equipamentos de educação	Número de escolas públicas e particulares, de ensino infantil, fundamental e médio.	PMV	Infraestrutura e Segurança Pública
VAR 11	Crimes contra a pessoa	Número de crimes contra a pessoa registrados pelo CIODES por bairro, no ano de 2015.	SESP/GEAC	
VAR 12	Crimes contra o patrimônio	Número de crimes contra o patrimônio registrados pelo CIODES por bairro, no ano de 2015.	SESP/GEAC	
VAR 13	Declividade	Declividade média do terreno por bairro.	PMV	Meio Físico

Tabela 1: Lista de variáveis utilizadas nas análises.

A seguir serão descritos os procedimentos metodológicos aplicados para cálculo e obtenção das variáveis utilizadas nas análises.

3.2.1 Dados Socioeconômicos

Os dados socioeconômicos são provenientes do Censo demográfico de 2010, realizado pelo IBGE. De posse das informações tabulares, foram construídos indicadores: proporções e médias.

O domínio socioeconômico compreende dados de renda, pobreza, desemprego, educação e habitantes por domicílio. As populações economicamente desfavorecidas são desproporcionalmente afetadas por desastres. Os pobres são menos propensos a ter a renda ou os bens necessários para se prepararem para um possível desastre ou para se recuperar após um desastre (MORROW, 1999; CUTTER et al., 2003). Tierney (2006) acrescenta que, embora o valor monetário dos bens dos pobres possa ser menor do que o de outras famílias, provavelmente representa uma proporção maior do total de ativos domésticos. Para essas famílias, a perda de propriedade é proporcionalmente mais cara para substituir. As populações de alta renda, por outro lado, podem sofrer maiores perdas domésticas em termos absolutos, mas encontram sua posição global mitigada por apólices de seguro, investimentos financeiros e emprego estável (BOLIN E STANFORD, 1998).

Sobre os dados de educação e sua relação com a vulnerabilidade, em geral a educação está associada tanto à renda como à pobreza. As pessoas com níveis mais elevados de educação têm mais probabilidade de ter acesso a informações variadas de risco e de agir corretamente desde a preparação até a recuperação (TIERNEY, 2006). Para as pessoas com menor grau de educação, os obstáculos práticos e burocráticos para enfrentar e se recuperar do desastre são cada vez mais difíceis de superar (MORROW, 1999).

Em relação à composição etária, foram utilizados dados sobre crianças dependentes menores de quinze anos de idade e de pessoas com sessenta anos ou mais. Pessoas dessas categorias são mais propensas a exigir apoio financeiro, transporte e assistência médica durante desastres. Segundo Ngo (2001) e Cutter *et al.* (2003), crianças e idosos são os grupos mais vulneráveis em eventos de desastres. As crianças, especialmente nas faixas etárias mais jovens, não podem se proteger durante um desastre porque não têm os recursos, conhecimentos ou experiências de vida necessários para lidar efetivamente com a situação.

Os idosos que vivem sozinhos e as pessoas de qualquer idade com desafios físicos, sensoriais ou cognitivos também são susceptíveis de serem mais vulneráveis a desastres (MORROW, 1999). Muitas pessoas mais velhas ou deficientes têm necessidades especiais que requerem a assistência de outras pessoas. Membros da família ou vizinhos que normalmente cuidariam de um ancião poderiam ser menos capazes de fazê-lo durante uma crise, ou encontrariam uma dificuldade além da sua capacidade (FLANAGAN et al., 2011). Por outro lado, a estrutura da população está relacionada ao nível de desenvolvimento dos grupos considerados na análise: regiões mais desenvolvidas têm maior acesso à instrução, à renda, aos sistemas de saúde e conseqüentemente tem maior expectativa de vida e maior representação dos idosos. As populações mais carentes apresentam modelos mais elevados de fecundidade, com maior representação da base da pirâmide etária.

Ainda no domínio socioeconômico, utilizou-se o indicador número médio de habitantes por domicílio, que indica a média de moradores em domicílios particulares permanentes. São dados provenientes do Censo 2010, obtidos no site Vitória em Dados, que apresenta uma compilação de diversas informações organizadas pela Prefeitura de Vitória (PMV, 2017). Este indicador é importante, pois revela um aspecto pertinente de populações vulneráveis. Uma média alta de moradores em geral ocorre em famílias de baixa renda, com muitas crianças, que são populações mais vulneráveis.

3.2.2 Dados de Infraestrutura e Segurança Pública

Os dados sobre infraestrutura no Município de Vitória considerados no estudo, abrangem indicadores de educação e de segurança pública.

A quantidade de equipamentos de educação disponíveis por bairro é proveniente da Prefeitura Municipal de Vitória, que disponibiliza o plano de informação com a localização de cada unidade escolar e dados tabulares com o detalhamento de cada escola. Na tabela de atributos há diversos campos de informações como: tipo, área de atuação, bairro, natureza, entre outros, dos equipamentos públicos e privados de Vitória.

Com o intuito de calcular o número de equipamentos por bairro, no QGIS foram utilizadas ferramentas estatísticas capazes de sumarizar os registros da tabela de atributos. Para os

equipamentos de educação, primeiramente foi feito um filtro dos equipamentos utilizando linguagem SQL, de forma a mostrar somente as escolas de ensino infantil, fundamental e médio, excluindo bibliotecas, faculdades, universidades, etc (Figura 16). Justifica-se a exclusão das unidades de ensino citadas devido ao fato de existirem poucas unidades deste tipo no município, o que poderia causar uma distorção na interpretação dos resultados, já que poucos bairros são contemplados com unidades de ensino superior.

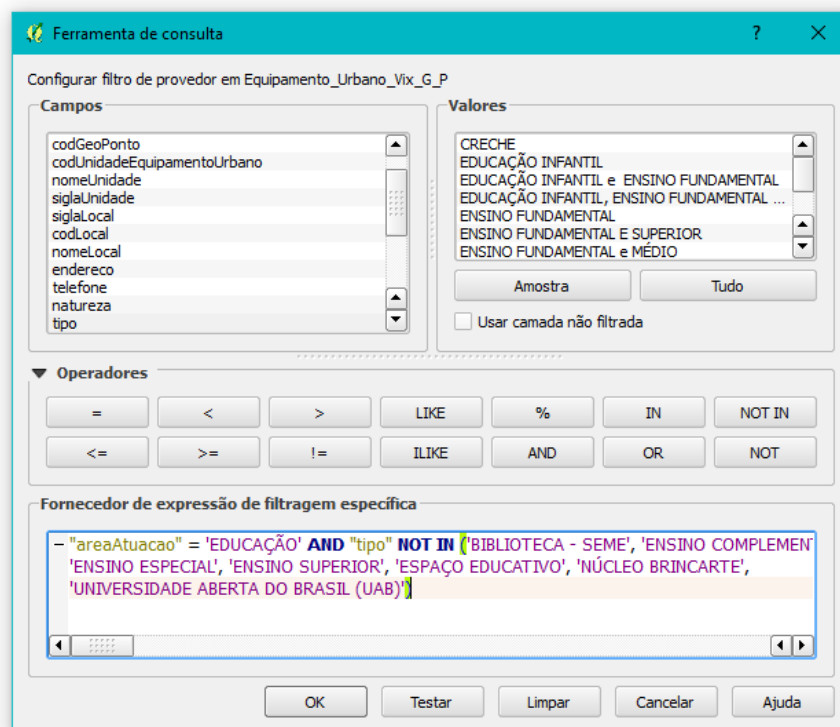


Figura 16: Ferramenta de construção de consultas SQL no QGIS.

Filtrados os dados de interesse, utilizou-se um complemento do QGIS chamado Group Stats. Este complemento executa diversas estatísticas na tabela de atributos em quaisquer camadas vetoriais, como, por exemplo, a máxima, mediana, desvio padrão, etc. A função executada neste exemplo foi a “Count” (contagem) na coluna de bairros, de forma a contar os valores únicos deste campo, e saber quantas unidades de educação existem em cada bairro de Vitória (Figura 17). O Group Stats ainda permite exportar os resultados para um arquivo *.csv, ou simplesmente copiar os resultados para área de transferência do computador e colar, por exemplo, em uma planilha.

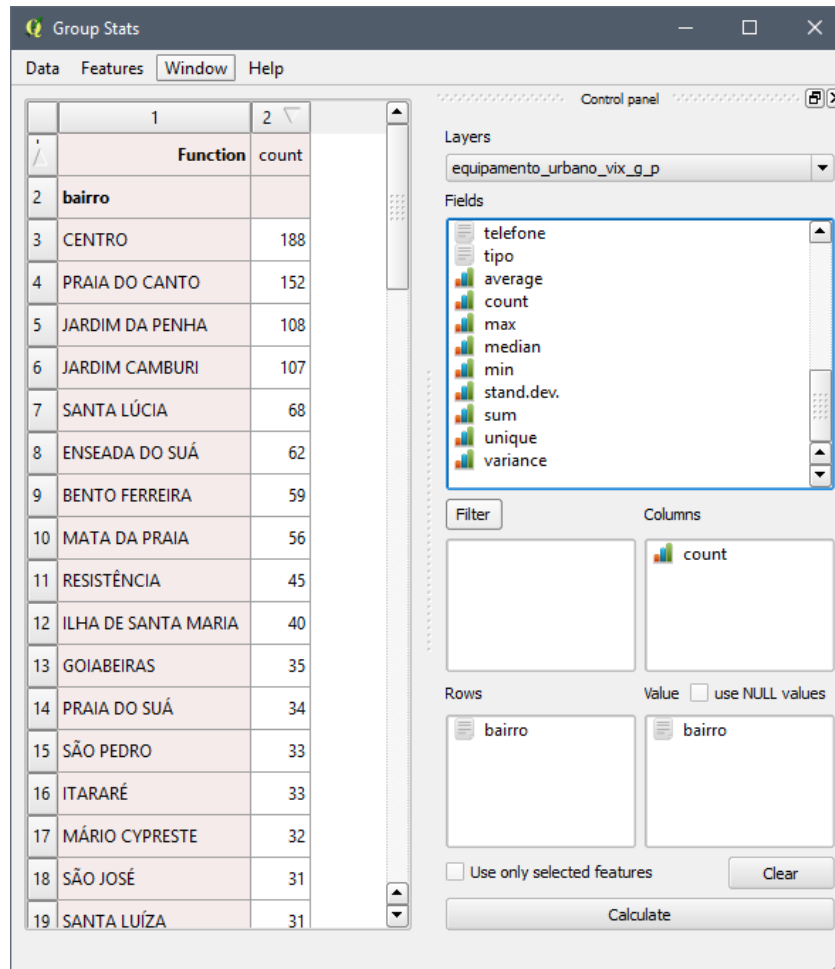


Figura 17: Complemento Group Stats executando contagem de valores únicos.

Quanto aos dados sobre segurança pública, estes são provenientes da Gerência de Estatística e Análise Criminal (GEAC), que é o setor de estatística e inteligência da Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa Social do Espírito Santo (SESP). Esta gerência, dentre outras atribuições, faz o georreferenciamento de todas as ocorrências criminais que são registradas pelo Centro Integrado Operacional de Defesa Social (CIODES) por meio do atendimento 190.

O período considerado na análise foi o ano de 2015, em que foram filtradas somente as ocorrências de crimes contra a pessoa e os crimes contra o patrimônio, excluindo as demais tipificações de crimes e as ocorrências que porventura são oriundas de abertura de chamado em hospitais.

Os dados de segurança pública foram disponibilizados em formato Shapefile. Assim, no QGIS foi feito um *intersect* das ocorrências de interesse com a camada de bairros para que fosse

retornado uma nova camada de pontos de ocorrência, mas com as informações dos bairros agregadas na tabela de atributos. Com isso foi possível fazer a contagem das ocorrências por bairro de Vitória e adicionar as informações criminais na planilha de variáveis.

Além da utilização dos dados de segurança pública para a análise de componentes principais, também foram feitos mapas de *Kernel* (ferramenta de análise espacial) para entender um pouco da dinâmica criminal no município de Vitória.

A palavra *kernel* é da língua inglesa e significa “núcleo”. No contexto das Geotecnologias este termo faz referência a um método estatístico de estimação de curvas de densidades. O método consiste em observações que são ponderadas pela distância em relação a um valor central, o núcleo (MEDEIROS, 2017).

Trata-se de uma ferramenta eficiente para visualização de dados de densidade de pontos, e é utilizada para identificar facilmente aglomerados e encontrar onde existe uma elevada concentração de uma determinada atividade. Também é útil para análises de cluster ou análises de pontos de calor (hotspot).

De acordo com Bailey e Gatrell (1995), o estimador de Kernel foi originalmente desenvolvido para obter a estimativa de densidade de probabilidade univariada ou multivariada de uma amostra observada. Estimar a intensidade de um padrão de pontos é como estimar uma densidade de probabilidade bivariada. Pode-se adaptar a estimativa bivariada de Kernel para se obter uma estimativa de intensidade do padrão de pontos.

O estimador de Kernel tem por objetivo gerar uma grande em que cada célula representa o valor da intensidade, densidade, razão entre atributos, etc. Segundo Carneiro *et al.* (2005), o valor obtido será uma medida de influência das amostras na célula. A região de influência dentro da qual os eventos contribuem para o cálculo da intensidade é um círculo de raio t com centro em s .

Ao se estimar o Kernel sobre uma grade, pode-se pensar uma função tridimensional que visita cada ponto s dessa grade. Calculam-se as distâncias de cada ponto s aos eventos observados que estiverem dentro da região de influência limitada pela distância t . Tais distâncias contribuem para o cálculo da intensidade estimada no ponto s . A escolha de t define a suavização da superfície gerada. Para grandes larguras t a intensidade estimada é suave e, para

pequenas larguras, a intensidade tende a retornar elevações centradas em s (CARNEIRO *et al.*, 2005).

Conclui-se, portanto, que a função do Kernel é interpolar um valor de intensidade para cada célula de uma grade, considerando uma função simétrica, centrada na célula, utilizando-se para o cálculo os pontos situados até uma certa distância do centro da célula. Nos casos em que cada ponto corresponde apenas à ocorrência do evento, trata-se de um estimador de intensidade ou “eventos por unidade de área”.

Para obter uma estimativa da intensidade do padrão de pontos, o QGIS utiliza cinco formas de Kernel: Quártica bponderada, Triangular, Uniforme, Triponderada, Epanechnikov. Por meio da ferramenta “Mapa de Calor”, é possível entrar com uma camada vetorial de pontos e escolher o formato do raster de saída, a resolução espacial, o raio de operação e o método estatístico do Kernel. O método utilizado no estudo foi a quártica bponderada (Figura 18).

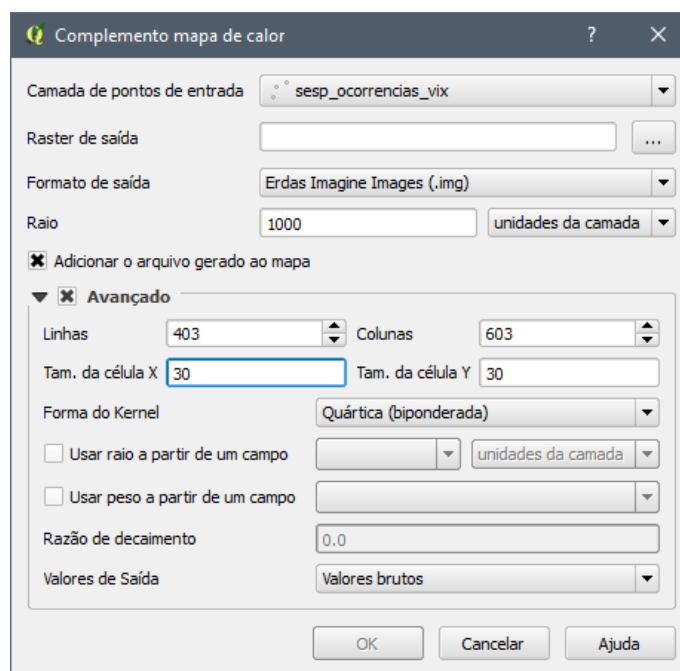


Figura 18: Ferramenta do QGIS para geração de mapas de kernel.

As Figuras 19 e 20 apresentam os mapas de concentração dos crimes contra a pessoa e crimes contra o patrimônio em 2015, gerados pelo QGIS para essas duas variáveis utilizadas para a formação de índice de vulnerabilidade.

Os mapas elaborados indicam que há uma diferença entre a distribuição espacial das ocorrências criminais conforme o tipo de crime. Os crimes contra a pessoa estão mais

concentrados nas regiões onde se localizam as populações de menor renda, como os bairros que compõem a grande São Pedro, na parte ocidental do município; Gurigica, São Benedito, Itararé e Santa Martha, que se localizam na parte central do município e são regiões de morros; e também há concentração desse tipo de crime na parte sudoeste do município, que é a região composta pelos bairros Santo Antônio, Ilha do Príncipe, Vila Rubim, e Parque Moscoso.

Já os crimes contra o patrimônio, diferentemente, concentram-se nas regiões do município onde a renda é maior. São também locais onde se encontra zonas comerciais, com grande fluxo diário de pessoas. Isto fica bem claro na observação do mapa da figura 20, em que este tipo de crime concentra-se nos bairros Jardim Camburi, Jardim da Penha, Praia do Canto e Enseada do Suá, na parte oriental do município, além do bairro Centro e imediações, que é uma zona comercial forte.

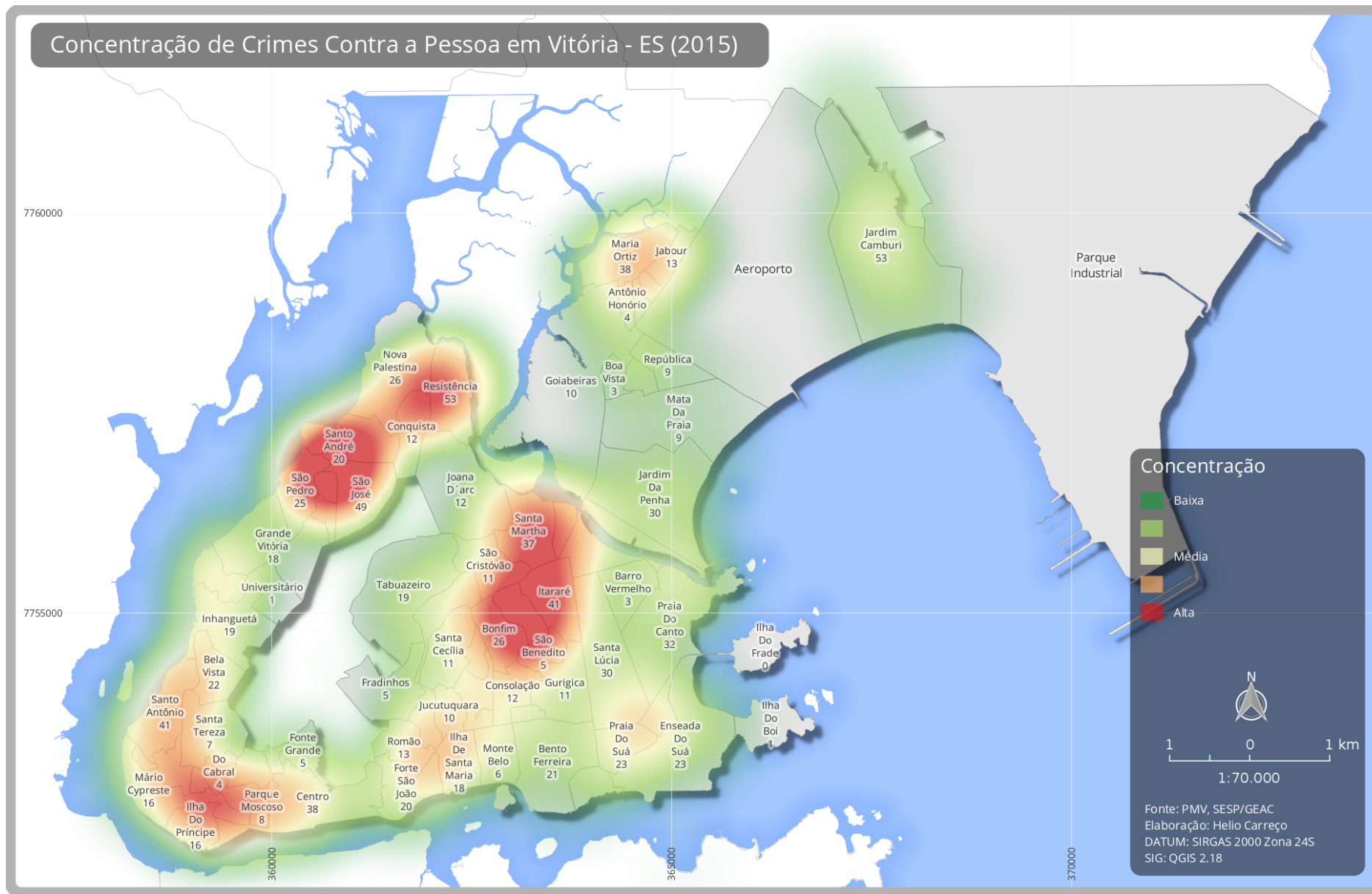


Figura 19: Concentração dos crimes contra a pessoa em Vitória em 2015.

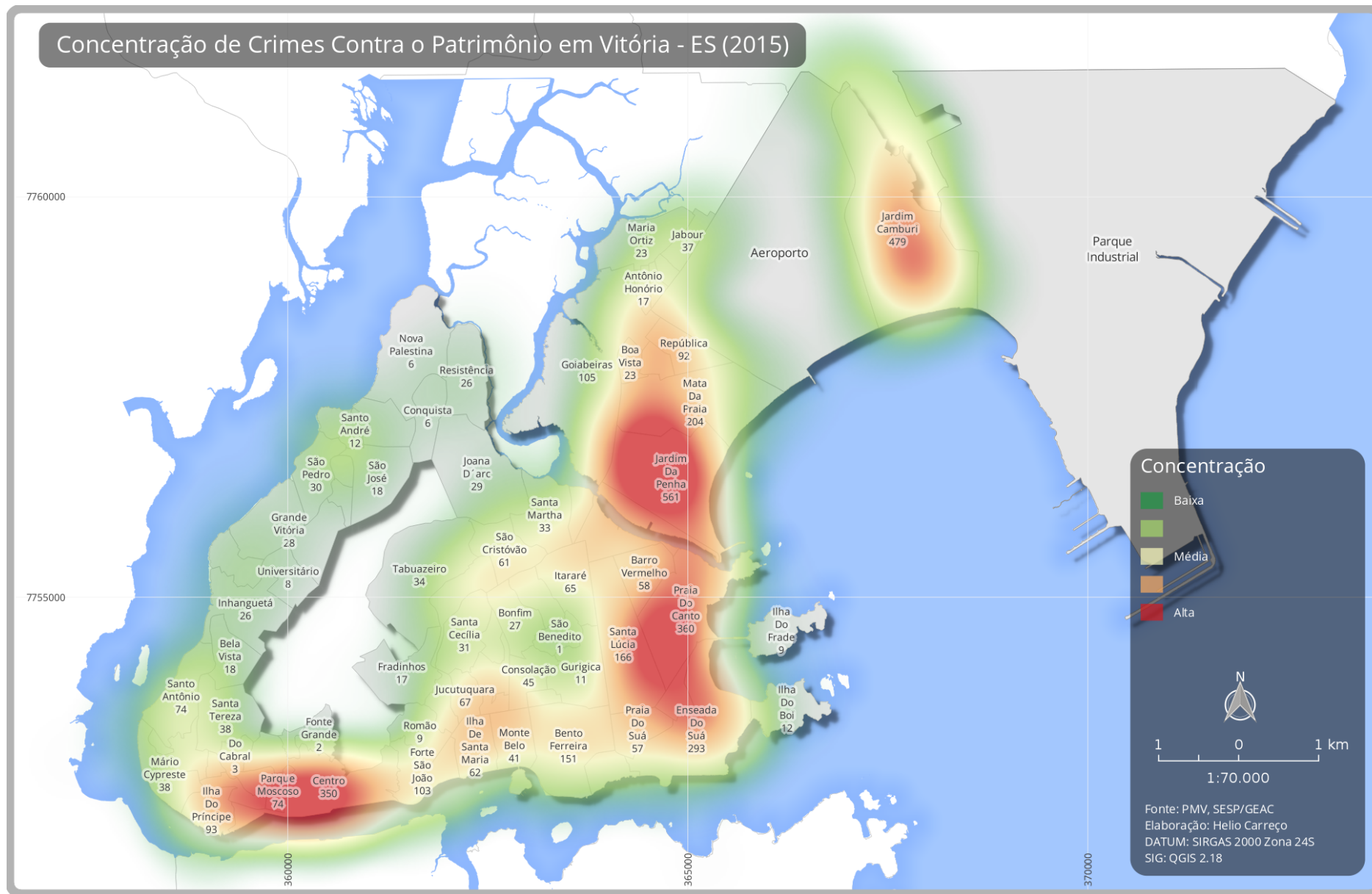


Figura 20: Concentração dos crimes contra o patrimônio em Vitória em 2015.

3.2.3 Dados do Meio Físico

Para análise da vulnerabilidade socioambiental no meio físico, a variável utilizada foi a declividade do terreno. Apesar desta informação não ser determinante para justificar uma situação de vulnerabilidade, em geral, populações que não possuem condições financeiras para adquirir moradia em locais seguros, tendem a se instalarem em áreas de risco como morros e vertentes inclinadas. Por outro lado, regiões elevadas, que proporcionam uma vista privilegiada, são utilizadas para a construção de imóveis valorizados.

O estudo da declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno, e é importante para estudos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. A representação cartográfica da declividade do relevo é feita por meio de mapas temáticos, expressos em classes com agrupamentos de intervalos medidos em grau ou porcentagem. Este parâmetro é primordial para analisar, por exemplo, a susceptibilidade a deslizamentos de uma encosta.

Antes de calcular a declividade, entretanto, em ambiente SIG é necessário calcular o Modelo Digital de Elevação (MDE). Isto foi feito utilizando os vetores de curva de nível de 1x1m, disponibilizados pela Prefeitura de Vitória. No QGIS, as curvas de nível foram interpoladas por meio da ferramenta “Interpolador de Dados”. No interpolador, o método utilizado foi o triangular (TIN), em que o resultado produz uma imagem matricial de toda a extensão do município, em que cada pixel da imagem assumiu uma cota de altitude. Após isso, a imagem foi cortada utilizando uma máscara no formato de Vitória, para eliminar as imperfeições de borda (Figura 21).

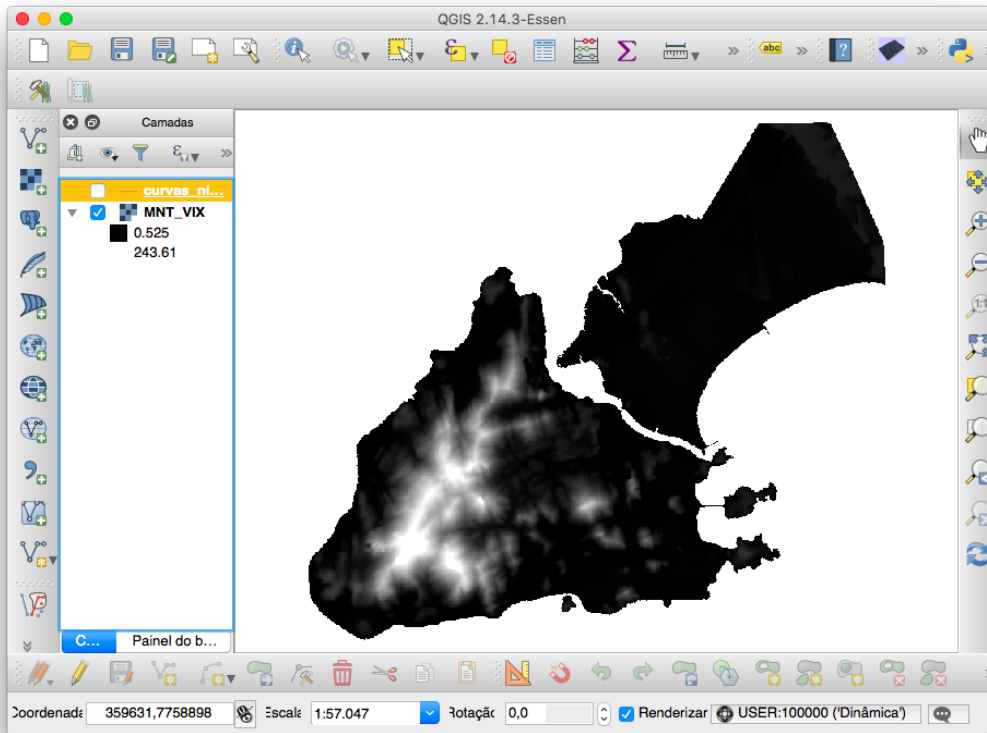


Figura 21: Modelo numérico do terreno calculado e cortado no formato de Vitória.

Feito isso, o próximo passo foi calcular a declividade do terreno. O QGIS possui uma ferramenta de análise raster de Modelo Digital de Elevação (MDE), em que é possível calcular, além da declividade, o sombreado (hillshade), aspecto, rugosidade, entre outros. Por padrão a declividade é calculada em graus, mas a maioria dos estudos utilizam classes de declividade em porcentagem. Por isso, a opção para calcular em porcentagem deve estar marcada (Figura 22).

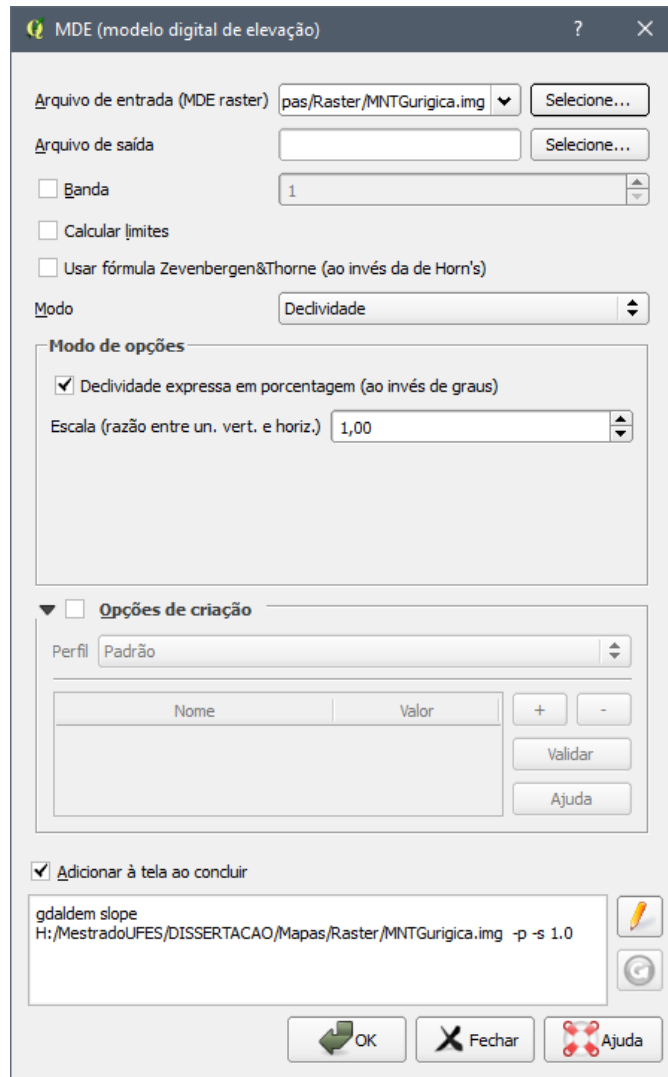


Figura 22: Ferramenta para cálculo da declividade do terreno no QGIS.

Para elaboração do mapa de declividade, é preciso dividir os valores de declividade em classes que facilitem a compreensão de como o relevo se apresenta na região de estudo. Este processo é chamado de reclassificação. As classes aqui adotadas são as propostas pela Embrapa (2013), e estão descritas na Tabela 2.

Classes de Declividade	Limites Percentuais (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte Ondulado	20-45

Montanhoso	45-75
Escarpado	>75

Tabela 2: Classes de declividade propostas pela Embrapa (1979).

Para reclassificar a imagem de declividade calculada anteriormente para as classes propostas, foi utilizado o algoritmo “reclass” do módulo sextante, o qual realizou um fatiamento do raster de declividade. Os parâmetros de classes desejáveis (Embrapa) utilizados pelo algoritmo são lidos de um arquivo de texto (*.txt). Portanto, o conteúdo deste arquivo deve ser conforme descrito abaixo:

```

0.0000 thru 3.0000 = 1 PLANO (0-3%)
3.0001 thru 8.0000 = 2 SUAVE ONDULADO (3-8%)
8.0001 thru 20.0000 = 3 ONDULADO (8-20%)
20.0001 thru 45.0000= 4 FORTE-ONDULADO (20-45%)
45.0001 thru 75.0000= 5 MONTANHOSO(45-75%)
75.0001 thru 2000.0000= 6 ESCARPADO (> 75%)
end

```

Ao final deste processo, foi criado um novo arquivo *raster* com os *pixels* reclassificados com valores que variam de 1 a 6 (Figura 23). O mapa indica em tons mais avermelhados os locais de maior declividade no município. Alguns desses locais declivosos encontram-se no maciço central de Vitória, zona pouco habitada. Porém, alguns bairros populosos possuem locais de grande declividade, o que pode configurar risco potencial de escorregamentos. Isto se verifica, por exemplo, nos bairros São Benedito, Gurigica, Santa Lúcia e Jesus de Nazareth.

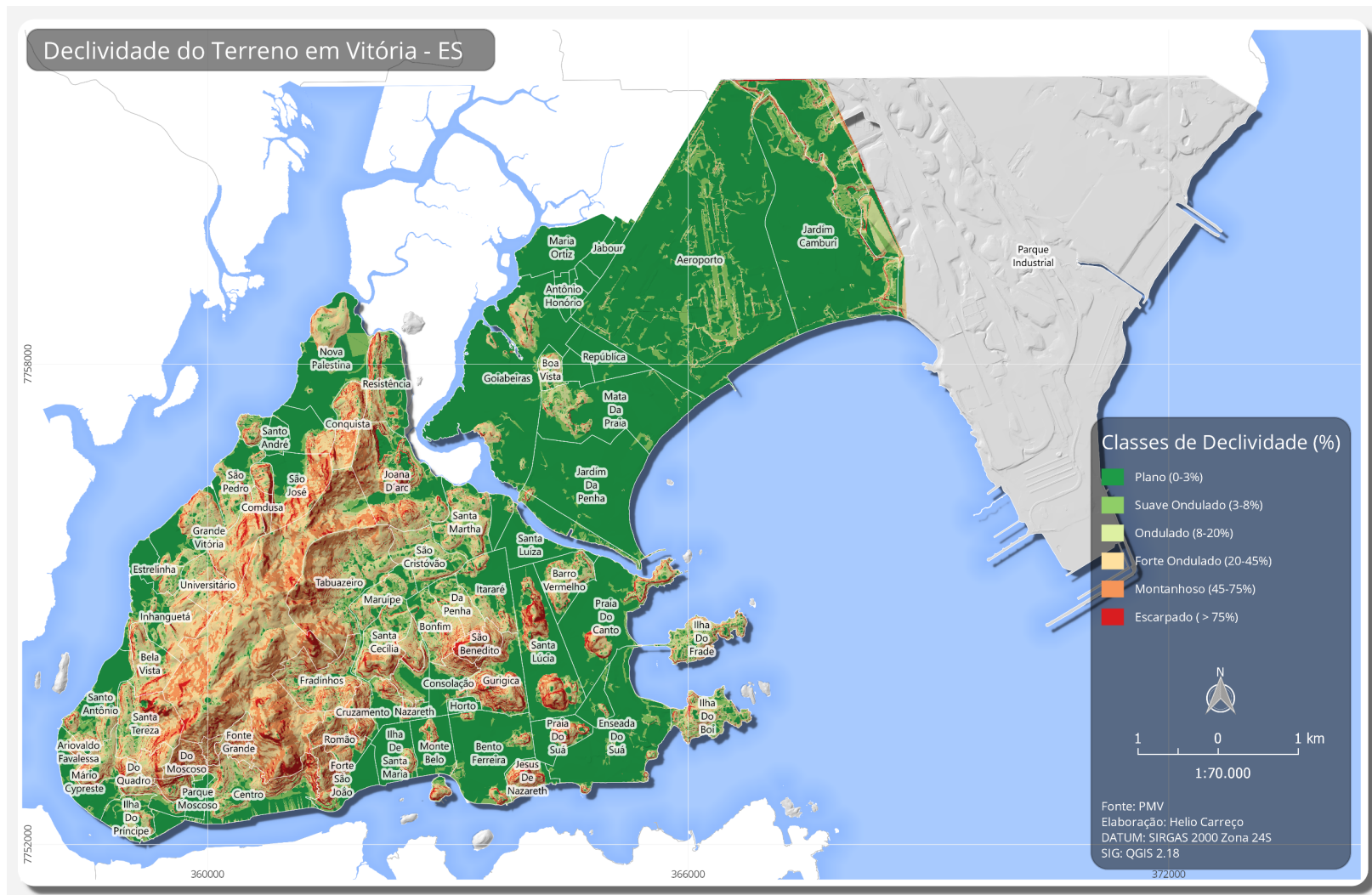


Figura 23: Declividade do terreno para o município de Vitória-ES.

Com o intuito de identificar a declividade média por bairro de Vitória, foi utilizada uma ferramenta raster do QGIS chamada Estatísticas Zonal. A ferramenta consiste em calcular estatísticas (média, mínima, máxima, intervalo, etc.) para uma camada vetorial de polígono, baseada em informações de pixel provenientes de uma camada raster.

Assim, na caixa de diálogo da ferramenta Estatística Zonal, entrou-se com a camada raster de declividade reclassificada, gerada no passo anterior, e a camada contendo as zonas de interesse (Bairros), o que pode ser observado na Figura 24.

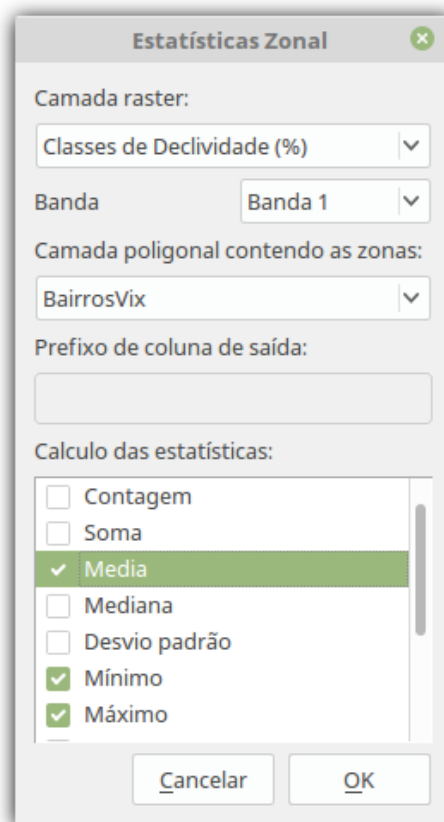


Figura 24: Ferramenta de estatísticas por zona do QGIS.

Marcadas as estatísticas de interesse, a ferramenta calcula e insere diretamente na camada vetorial de entrada os resultados como novos campos na tabela de atributos (Figura 25). Observa-se, por exemplo, nas estatísticas do bairro Bela Vista, que a média de declividade foi de 3,7, indicando que a predominância de declividade que ocorre neste bairro é o relevo ondulado (8-20%).



BairrosVix :: Feições de totais: 80, filtrado: 80, selecionado: 1

	BAIRRO	Decliv_mea	Decliv_min	Decliv_max
4	ARIOVALDO FAVALESSA	3.9265723409...	1	6
5	BARRO VERMELHO	2.5654832896...	1	6
6	BELA VISTA	3.7010045823...	1	6
7	BENTO FERREIRA	1.3718893768...	1	6
8	BOA VISTA	2.6925615825...	1	6
9	BONFIM	3.1880448700...	1	6
10	CARATOÍRA	3.6043165739...	1	6

Mostrar todas as feições v

Figura 25: Tabela de atributos com o cálculo das estatísticas de declividade.

Deve-se ressaltar, com relação à dimensão Meio Físico desse estudo, a carência de dados sobre inundações, deslizamentos, e tempestades em nível de Bairro, os quais possivelmente poderiam agregar mais informações relevantes sobre a temática.

3.3 Sobreposição Espacial das Variáveis

As ferramentas de geoprocessamento são eficientes para realização de diversas análises espaciais, e esta sessão tem por objetivo demonstrar uma das possibilidades de se trabalhar com as variáveis apresentadas anteriormente. O SIG permite, por exemplo, que seja feita uma sobreposição de camadas, de forma que o entendimento espacial de diferentes variáveis seja viável e de fácil visualização.

O mapa da Figura 26 demonstra bem esta possibilidade, em que são mostradas duas variáveis de diferentes domínios. São elas: a variável de equipamentos de educação, do domínio infraestrutura, e o rendimento médio da população total, do domínio socioeconômico. O

equipamento de educação é simbolizado no mapa por meio de um mapa de concentração, em que as zonas mais avermelhadas apresentam as áreas de maior concentração de unidades educacionais. Já o rendimento médio é simbolizado por meio de um mapa coroplético, em que os bairros com tons mais escuros são os que possuem um maior rendimento médio¹⁰.

Por meio da sobreposição dessas duas variáveis, o mapa mostra claramente que os equipamentos de educação são concentrados nas regiões da cidade em que vivem as populações com rendimento médio maior. Isso indica uma situação de vulnerabilidade socioambiental no município, posto que as populações de baixa renda têm um acesso à educação prejudicado, devido a menor disponibilidade de unidades educacionais próximos aos seus locais de residência (Figura 26). Katzman (1999), afirma que uma pessoa ou grupo social pode ser considerado vulnerável quando o acesso a vários serviços públicos é de caráter irregular.

10 Na metodologia deste estudo, a variável rendimento foi desmembrada em três: população sem rendimento, rendimento até 2 salários mínimos, e rendimento maior que 10 salários mínimos (Tabela 1).

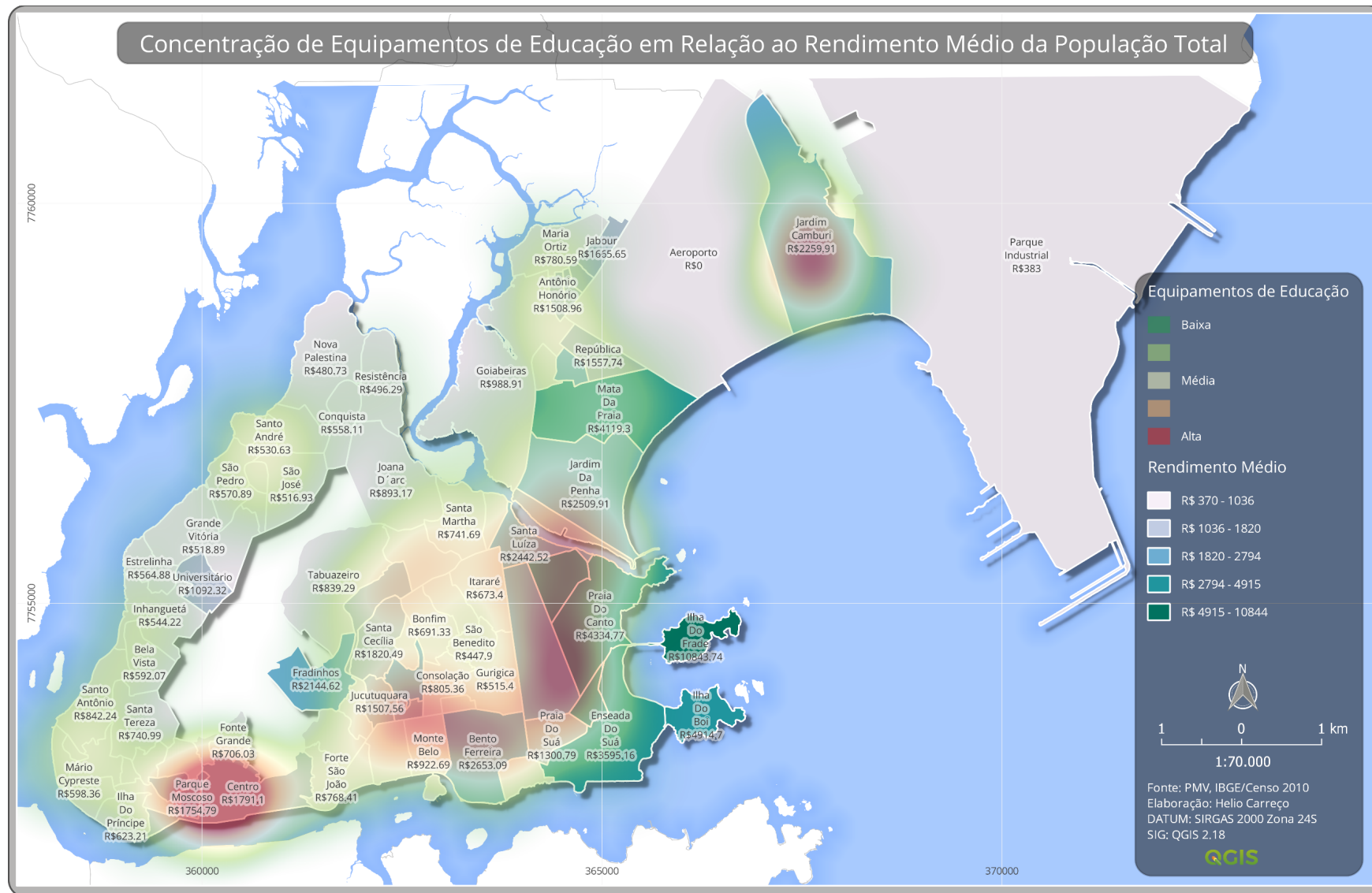


Figura 26: Mapa de concentração de equipamentos de educação em relação ao rendimento médio da população total.

Analisando o aspecto dos rendimentos, este caso é um exemplo de como a renda pode ser determinante para levar grupos sociais a situações de desigualdade ambiental. Torres (1997), explica que a localização de famílias de baixa renda em locais menos insalubres muitas vezes se dá por conta do preço do solo urbano que é mais baixo em áreas menos favoráveis à ocupação. É comum que grupos de renda mais baixa sejam levados a aceitar residir em áreas inadequadas do ponto de vista ambiental, tendo em vista que pode ser igualmente indesejável optar-se por morar em locais distantes do trabalho, e de equipamentos urbanos como escolas e hospitais.

Outras análises espaciais das variáveis utilizadas nesse estudo poderiam ser feitas, mas com o intuito de sintetizar todas as variáveis coletadas em um único índice, foi aplicado o método da Análise de Componentes Principais.

3.4 Análise de Componentes Principais

O processo de investigação e redução dos dados se deu por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). A ACP pode ser considerada uma das mais importantes ferramentas de análise multivariada, inclusive por constituir a base onde se fundamentam outros métodos multivariados de análise de dados. A ACP é um método estatístico linear que encontra os autovalores e autovetores da matriz de covariância dos dados. Com esse resultado é possível a realização da redução dimensional dos dados e a análise dos padrões principais de variabilidades presentes.

Trata-se de um método exploratório, já que auxilia na elaboração de hipóteses gerais a partir dos dados coletados, contrastando com estudos direcionados nos quais prévias hipóteses são testadas. Este método é capaz de separar a informação importante da informação redundante e aleatória. Como uma ferramenta de análise exploratória, a ACP permite revelar a existência ou não de amostras anômalas de relações entre as variáveis medidas e de relações ou agrupamentos entre amostras (LYRA et al, 2010).

A ACP é uma técnica de redução de dados, cujo objetivo é sintetizar um conjunto maior de variáveis em um conjunto menor de variáveis “artificiais” (combinações lineares das variáveis originais), chamadas “componentes principais”, que explicam a maior parte da variância das

variáveis originais (LAERD Statistics, 2017). Ou seja, a ACP permite condensar as informações aportadas por um grupo de variáveis explicativas, transformando-as em número reduzido de novas variáveis, os fatores, limitando, da melhor maneira possível, a perda e a redundância da informação (PÈPE e TISSERAND-PERRIER, 1962; VOLLE, 1985; BLANXART, 1992). O método busca redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados.

Esta técnica pode ser utilizada para geração de índices e agrupamento de indivíduos, de forma que a análise agrupa os indivíduos segundo suas variâncias, ou seja, segundo seu comportamento dentro da população. Em suma, espera-se que as primeiras componentes (em número menor do que o de variáveis originais) compreendam a maior parte da variação total no conjunto de dados original, de forma que a dimensionalidade efetiva dos dados possa ser reduzida.

Resumidamente, a ACP indica que, se algumas das variáveis originais são altamente correlacionadas, elas estão efetivamente “dizendo a mesma coisa”, e podem existir restrições lineares sobre estas variáveis. É esperado então que os primeiros componentes sejam significativos, contribuam para uma melhor compreensão dos dados, e sejam úteis em análises subsequentes, em que seja utilizado um número menor de variáveis.

Os componentes principais apresentam algumas características, como por exemplo, cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis principais, além de serem independentes entre si e estimados com a finalidade de reter o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados.

Os dados coletados foram representados, descritos e analisados por meio de recursos de geoprocessamento, utilizando um software livre de SIG, de forma a identificar relações que indiquem situações de vulnerabilidade socioambiental no município de Vitória. As análises espaciais e a gerência dos dados obtidos foram realizadas com o programa QGIS¹¹.

11 Sistema de Informação Geográfica que possui código aberto e licenciado sob a licença pública Geral GNU. Pode ser utilizado em sistemas Windows, Linux, Mac OSX e Android, e é um dos mais populares softwares de SIG da atualidade. Encontra-se na versão 2.18 até a publicação deste estudo.

4 - CARACTERIZAÇÃO E REGIONALIZAÇÃO DOS BAIRROS SEGUNDO A SITUAÇÃO DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

4.1 Síntese das relações entre as variáveis socioambientais

As desigualdades ambientais podem ser mensuradas por processos de segregação espacial e concentração de populações pobres no entorno de potenciais fontes de risco. Neste estudo foram adotados alguns instrumentos que possibilitam a análise de diferenciais socioeconômicos no espaço urbano.

O método de Análise de Componentes principais foi aplicado com o objetivo de reduzir as relações contidas na matriz que representa os valores de 13 variáveis socioambientais selecionadas para os bairros de Vitória¹², além de agrupar as variáveis correlacionadas em fatores e facilitar a análise da massa de informações.

Para a realização da ACP, foi utilizado o programa computacional SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), versão 23, que é um software para análise estatística de dados. Ele possui um pacote de ferramentas de apoio à tomada de decisão que inclui: aplicação analítica, mineração de dados, mineração de texto e estatística, que transformam dados em informações importantes. A ferramenta do SPSS utilizada para realização da ACP foi a Análise de Fatores (Figura 27).

12 Foram eliminados da análise os bairros Aeroporto e Parque Industrial, por não possuírem populações residentes e, conseqüentemente, valores a serem considerados na matriz de variáveis, o que causaria distorções nos resultados.

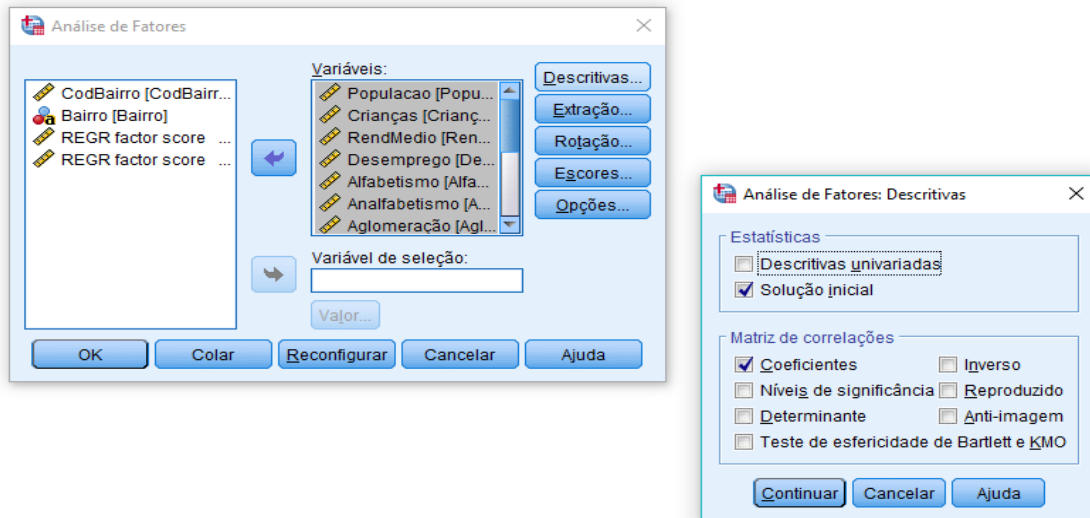


Figura 27: Interface da ferramenta de análise de fatores do SPSS.

A seguir serão apresentados os resultados do processamento da ACP, começando pela matriz de correlações que pode ser verificada na tabela 3.

A Matriz de Correlação possibilita a análise simultânea da associação entre as variáveis de entrada. Ela é útil para visualizar de forma imediata as potenciais correlações entre duas variáveis, entre todas as variáveis envolvidas. Na análise da matriz de correlação, são mostradas medidas que sintetizam o grau de relacionamento entre as variáveis.

É considerada uma correlação positiva quando os valores das duas variáveis, X e Y, variam, isto é crescem ou decrescem, no mesmo sentido. Na correlação negativa os valores das variáveis variam em sentido contrário. Se, às alterações dos valores de X não correspondem alterações em y, não existe correlação. A relação entre as variáveis será tanto mais forte quanto mais o valor do Coeficiente de correlação se aproximar de -1 (correlação negativa perfeita) ou de +1 (correlação positiva perfeita)¹³.

Na Tabela 3, é possível observar um alto grau de correlação entre as variáveis. Por exemplo, a variável Proporção de crianças possui uma alta correlação com a variável analfabetismo, em que se pode entender que um número elevado de crianças incorre em sociedades onde se observa também uma alta incidência de analfabetismo. Semelhantemente, se observa uma alta correlação entre idosos e alfabetização, pois as populações com uma maior representação de

¹³ O conceito de correlação mostra uma associação numérica entre variáveis, não indicando necessariamente uma relação de causa e efeito.

idosos apresentam também um maior grau de alfabetização. Observou-se também que os bairros com mais idosos também são os que apresentam os rendimentos mais elevados.

	População total	Crianças	Idosos	Alfabetização	Analfabetismo	Habitantes por domicílio	Equipamentos de educação	Crimes contra a pessoa	Crimes contra o patrimônio	Declividade	Pessoas sem rendimentos	Rendimento até 2 Salários mínimos	Rendimento mais de 10 salários mínimos
População total	1,000	-0,142	-0,063	0,145	-0,145	-0,365	0,724	0,595	0,791	-0,260	-0,189	-0,264	0,175
Crianças	-0,142	1,000	-0,878	-0,883	0,883	0,731	-0,345	0,126	-0,434	0,559	0,612	0,767	-0,591
Idosos	-0,063	-0,878	1,000	0,744	-0,744	-0,576	0,208	-0,246	0,265	-0,390	-0,559	-0,675	0,549
Alfabetização	0,145	-0,883	0,744	1,000	-1,000	-0,708	0,350	-0,117	0,425	-0,491	-0,500	-0,754	0,591
Analfabetismo	-0,145	0,883	-0,744	-1,000	1,000	0,708	-0,350	0,117	-0,425	0,491	0,500	0,754	-0,591
Habitantes por domicílio	-0,365	0,731	-0,576	-0,708	0,708	1,000	-0,560	-0,181	-0,611	0,593	0,631	0,605	-0,407
Equipamentos de educação	0,724	-0,345	0,208	0,350	-0,350	-0,560	1,000	0,504	0,824	-0,276	-0,351	-0,391	0,231
Crimes contra a pessoa	0,595	0,126	-0,246	-0,117	0,117	-0,181	0,504	1,000	0,457	-0,234	-0,059	0,108	-0,116
Crimes contra o patrimônio	0,791	-0,434	0,265	0,425	-0,425	-0,611	0,824	0,457	1,000	-0,390	-0,395	-0,517	0,394
Declividade	-0,260	0,559	-0,390	-0,491	0,491	0,593	-0,276	-0,234	-0,390	1,000	0,499	0,391	-0,307
Pessoas sem rendimentos	-0,189	0,612	-0,559	-0,500	0,500	0,631	-0,351	-0,059	-0,395	0,499	1,000	0,474	-0,453
Rendimento até 2 Salários mínimos	-0,264	0,767	-0,675	-0,754	0,754	0,605	-0,391	0,108	-0,517	0,391	0,474	1,000	-0,869
Rendimento mais de 10 salários mínimos	0,175	-0,591	0,549	0,591	-0,591	-0,407	0,231	-0,116	0,394	-0,307	-0,453	-0,869	1,000

Tabela 3: Matriz de correlações.

Os resultados obtidos com a aplicação da ACP mostram que a informação sobre os bairros de Vitória, em relação às 13 variáveis socioambientais, é bem representada pelos dois primeiros fatores extraídos da ACP, que resumem 72,7% do total de informações (Tabela 4).

Fatores	% de variância	% Variância cumulativa
1	52,1	52,1
2	20,6	72,7
3	7,5	80,2
4	5,0	85,2

Tabela 4: Proporção da variância explicada pelos 4 primeiros fatores - ACP.

Os fatores extraídos da aplicação da ACP, traduzem a estrutura matricial das variáveis iniciais utilizadas neste estudo e que representam um forte indicativo de vulnerabilidade socioambiental em Vitória (Tabela 5)¹⁴.

Variáveis	Componentes	
	Fator 1	Fator 2
População total	-0,070	0,900
Crianças	0,947	-0,078
Idosos	-0,877	-0,117
Alfabetização	-0,922	0,081
Proporção de pessoas de 7 anos ou mais analfabetas	0,922	-0,081
Habitantes por domicílio	0,737	-0,433
Equipamentos de educação	-0,296	0,834
Crimes contra a pessoa	0,228	0,802
Crimes contra o patrimônio	-0,404	0,828
Declividade	0,545	-0,328
Pessoas sem rendimento	0,653	-0,231
Rendimento de até 2 Salários Mínimos	0,856	-0,158
Rendimento de 10 salários mínimos ou mais	-0,732	0,065

Tabela 5: Saturações das variáveis sobre os dois primeiros fatores.

As saturações representam o grau de correlação existente entre as variáveis iniciais e as variáveis criadas, os fatores, que podem ser interpretados a partir da significação conhecida

14 Para a matriz de componentes, foi aplicado o método de rotação Varimax, com normalização de Kaiser.

das variáveis iniciais. A partir das variáveis que resume, o fator pode ser nomeado, segundo a dimensão do fenômeno que ele representa (CASTIGLIONI, 2008).

O primeiro fator, que resume mais da metade da informação total (52,1%), é caracterizado pelas relações que opõem os bairros em situação ou não de vulnerabilidade socioambiental. É fortemente e positivamente saturado por variáveis cujos valores mais elevados estão relacionados a situações de vulnerabilidade da população: proporção de crianças, analfabetismo, número médio de moradores por domicílio, declividade média, desemprego e proporção de rendimento até dois salários mínimos. Em oposição, este fator é fortemente e negativamente saturado por indicadores que caracterizam contextos com melhores níveis de vida: proporção de idosos, alfabetização, e proporção de rendimentos superiores a 10 salários mínimos.

O segundo fator condensa 20,6% da informação, sendo caracterizado por correlações positivas para aquelas variáveis que indicam grandes aglomerados populacionais, como a população total por bairro, o total de crimes contra a pessoa e contra o patrimônio, e os equipamentos de educação por bairro.

Os dois primeiros fatores extraídos mediante aplicação de ACP aos valores das 13 variáveis são mostrados na figura 28. Estes fatores condensam 72,7% da variância da matriz, em que o primeiro fator, formado por variáveis altamente correlacionadas, é uma boa síntese da massa de informações utilizadas, concentrando sozinho mais da metade da explicação com 52,1%. Com base nas variáveis envolvidas, é correta a interpretação de que o fator 1 representa bem o nível de vulnerabilidade socioambiental nos bairros de Vitória, caracterizando-se pela oposição entre dois grupos de variáveis altamente correlacionadas com o fator, mas com sentidos inversos.

Gráfico de Componentes

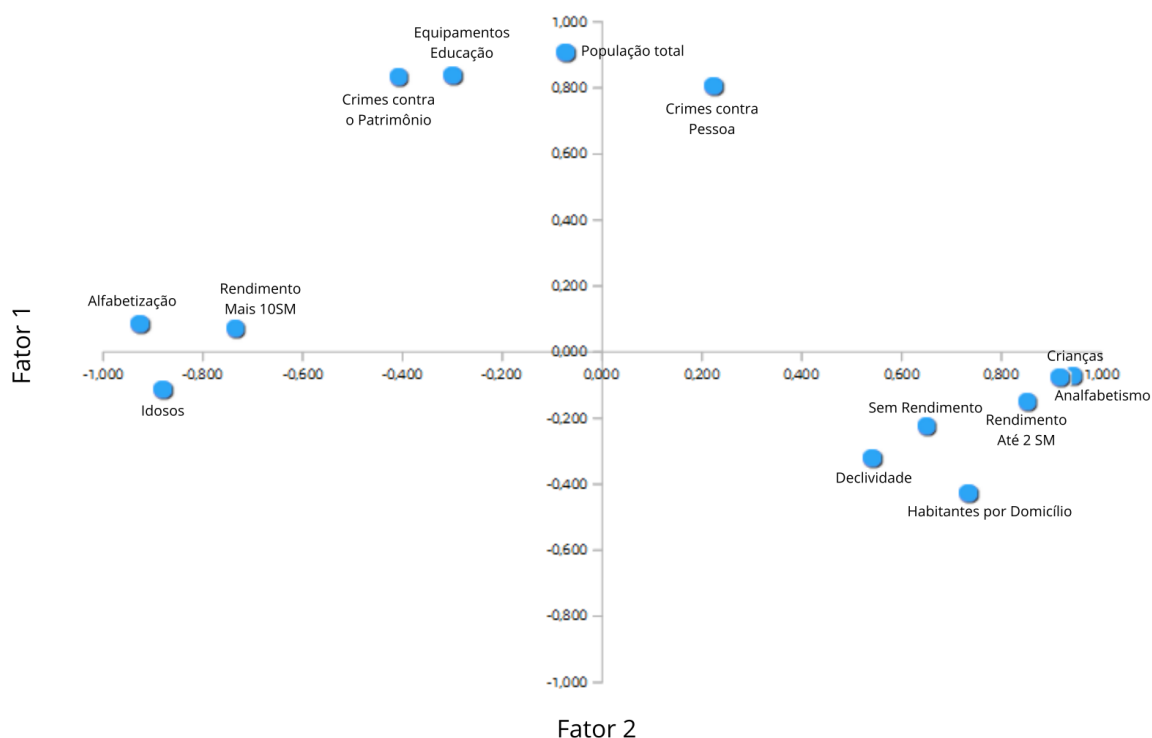


Figura 28: Gráfico das saturações das variáveis sobre os componentes 1 e 2 em espaço rotacionado.

4.2 Agrupamento dos Bairros de Vitória que Apresentam Similaridades Quanto a Vulnerabilidade Socioambiental

As relações entre as variáveis que caracterizam situações de vulnerabilidade socioambiental para a população dos bairros de Vitória são tratadas por meio da aplicação do método da ACP para primeiramente sintetizar a matriz de variáveis e, a seguir, formar grupos caracterizados por níveis distintos de vulnerabilidade.

A partir dos escores fatoriais, que representam os valores das contribuições dos bairros submetidos à análise na construção do fator 1, efetuou-se o reagrupamento dos bairros de Vitória segundo as características das variáveis utilizadas nesta análise, de acordo com o sentido positivo ou negativo das contribuições do bairro para a construção do fator 1, que constitui nesta análise o Índice de Vulnerabilidade Social.

Para isso, uma tabela formada pelos campos “fator_1”, “nome_bairro”, e “cod_bairro”, proveniente da ACP, foi importada para o ambiente SIG. No QGIS, nas propriedades da camada vetorial de divisão dos bairros, utilizou-se a ferramenta de junção de tabelas (join) para incorporar junto à sua tabela de atributos, o campo “fator_1” contendo os escores fatoriais. A junção de tabelas foi feita utilizando o campo “cod_bairro” como chave primária.

De posse dos escores fatoriais, em ambiente SIG foi feita uma simbolização por graduação de cores para os bairros de Vitória utilizando o campo “fator_1”. O método consistiu em dividir os bairros em 6 classes utilizando o modo estatístico de quebras naturais (jenks)¹⁵.

As quebras naturais (jenks) são consideradas como um método de divisão em que as classes de quebras naturais são baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados. As rupturas de classe são identificadas de forma a agrupar melhor valores semelhantes e que maximizem as diferenças entre as classes. Os recursos são divididos em classes cujos limites são definidos onde há diferenças relativamente grandes nos valores de dados. O método de otimização Jenks, também chamado de método de classificação de quebras naturais Jenks, é um método de classificação de dados projetado para determinar a melhor disposição de valores em diferentes classes. Isso é feito procurando minimizar o desvio médio de cada classe da média da classe, ao mesmo tempo em que maximiza o desvio de cada classe dos meios dos outros grupos. Em outras palavras, o método busca reduzir a variação dentro das classes e maximizar a variação entre as classes (JENKS, 1967).

Desta forma, foram formados 6 grupos de bairros que apresentam similaridades intragrupo e diferenças intergrupos em relação às variáveis utilizadas neste estudo, que caracterizam os diferentes níveis de vulnerabilidade socioambiental para o município de Vitória (Figura 29).

15 O QGIS possui cinco modos estatísticos para o agrupamento de feições: Intervalo Igual, Quantil (contagem igual), Quebras Naturais (jenks), Desvio Padrão e Quebras Claras.

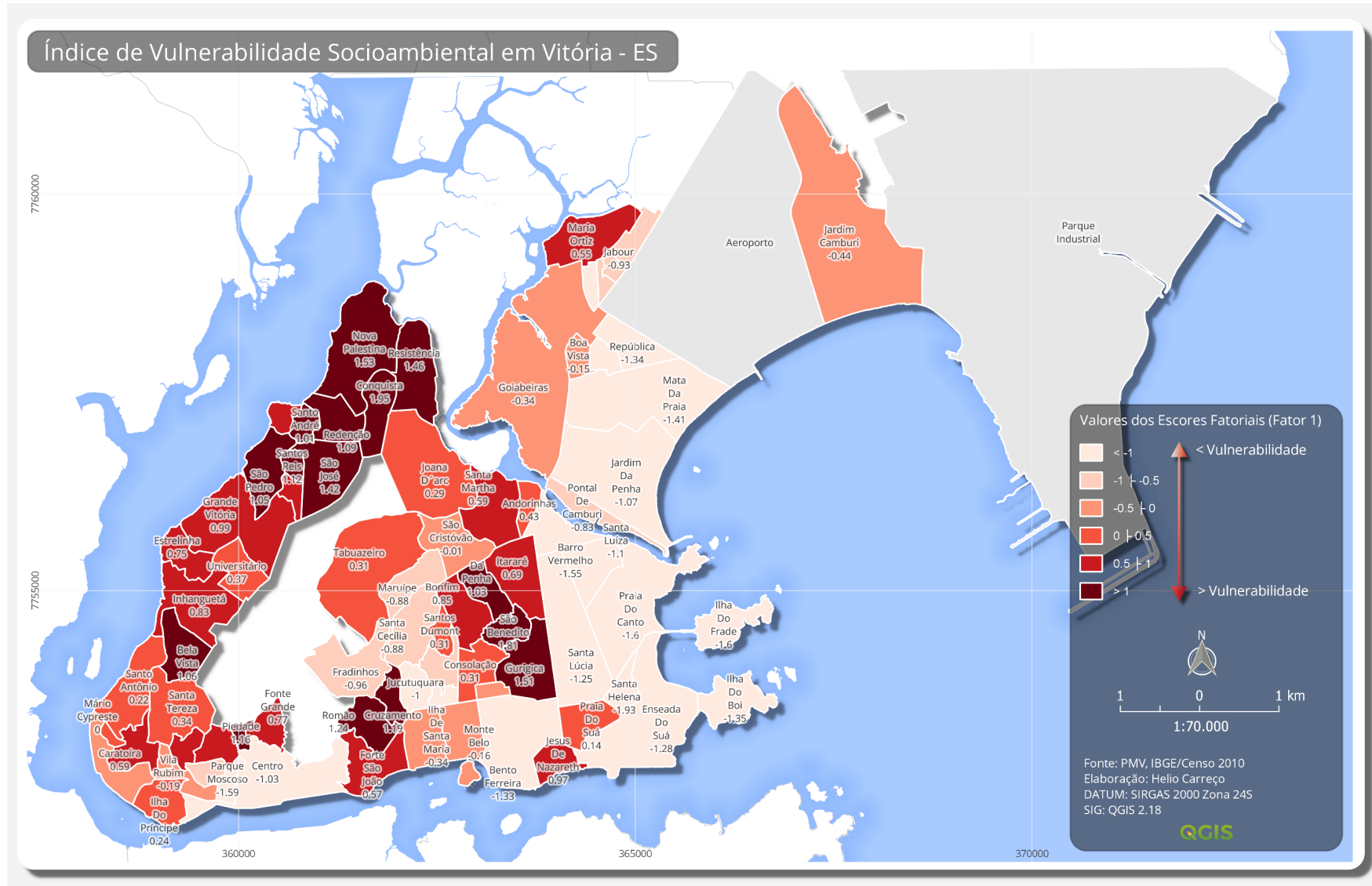


Figura 29: Mapa de índice de vulnerabilidade socioambiental em Vitória - ES.

Os grupos com os maiores escores negativos quanto ao índice de vulnerabilidade apresentam valores mais elevados para as variáveis de proporção de alfabetização, idosos, rendimento maior que 10 salários mínimos, e crimes contra o patrimônio. Os grupos com escores elevados positivamente quanto ao índice de vulnerabilidade, apresentam níveis mais elevados para as variáveis que representam a proporção de crianças, rendimento até 2 salários mínimos, habitantes por domicílio e crimes contra a pessoa. Estes grupos agregam os bairros de regiões menos desenvolvidas do município, situadas na parte ocidental do território e nas regiões de altitudes mais elevadas. Portanto, os maiores escores positivos do índice revelam os bairros com maior vulnerabilidade socioambiental.

O grupo 1 (escores < -1) concentra os bairros que, de acordo com a metodologia ACP empregada, apresentam menos vulnerabilidade socioambiental. É composto pelos bairros das regiões nobres localizados na parte leste do município, dentre os quais Ilha do Frade, Ilha do Boi, Praia do Canto e Jardim da Penha. O grupo 2 (escores $-1 \mid -0,5$) representa aqueles bairros com características semelhantes ao grupo 1, porém com pesos menores que o anterior. É composto por bairros localizados de diversas regiões do município, a exemplo de Maruípe, Fradinhos, Solon Borges e Santa Clara. Os grupos 3 e 4 (escores $-0,5 \mid 0,5$) congrega os bairros com fracos pesos negativos e fracos pesos positivos respectivamente.

O grupo 5 (escores $0,5 \mid 1$) agrega os bairros que apresentam escores com considerável elevação como Santa Martha, Itararé, Jesus de Nazareth e Grande Vitória, indicando que tais bairros possuem certo grau de vulnerabilidade socioambiental. Por fim, o grupo 6 (escores > 1) congrega os escores mais elevados, compondo os bairros que apresentam os níveis mais críticos de vulnerabilidade socioambiental, de acordo com as variáveis utilizadas neste estudo sob a Análise de Componentes Principais. A maior parte dos bairros deste grupo localiza-se na região da Grande São Pedro (Nova Palestina, São José, Santos Reis, Resistência), a oeste do município, e nas regiões mais elevadas (Gurigica, São Benedito, Da Penha, Bela Vista, Romão e Cruzamento). As maiores diferenças observadas na análise estão entre os bairros Santa Helena, com o maior peso negativo sobre o fator 1 (-1,93) e Conquista, que apresenta o escore mais elevado (1,95).

A Tabela 6 exibe a listagem completa dos bairros de Vitória nos seus agrupamentos correspondentes.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5		Grupo 6	
Bairro	Fator 1	Bairro	Fator 1	Bairro	Fator 1	Bairro	Fator 1	Bairro	Fator 1	Bairro	Fator 1
SANTA HELENA	-1,93	DE LOURDES	-0,98	HORTO	-0,44	ARIOVALDO FAVALESSA	0,03	MARIA ORTIZ	0,55	SANTO ANDRÉ	1,01
ILHA DO FRADE	-1,60	FRADINHOS	-0,96	JARDIM CAMBURI	-0,44	PRAIA DO SUÁ	0,14	FORTE SÃO JOÃO	0,57	DA PENHA	1,03
PRAIA DO CANTO	-1,60	JABOUR	-0,93	ILHA DE SANTA MARIA	-0,34	SANTO ANTÔNIO	0,22	CARATOÍRA	0,59	SÃO PEDRO	1,05
PARQUE MOSCOSO	-1,59	SEGURANÇA DO LAR	-0,93	GOIABEIRAS	-0,34	ILHA DO PRÍNCIPE	0,24	SANTA MARTHA	0,59	BELA VISTA	1,06
BARRO VERMELHO	-1,55	SANTA CECÍLIA	-0,88	VILA RUBIM	-0,19	JOANA D'ARC	0,29	COMDUSA	0,60	REDENÇÃO	1,09
MATA DA PRAIA	-1,41	SOLON BORGES	-0,88	MONTE BELO	-0,16	CONSOLAÇÃO	0,31	ITARARÉ	0,69	SANTOS REIS	1,12
ILHA DO BOI	-1,35	MARUÍPE	-0,88	BOA VISTA	-0,15	SANTOS DUMONT	0,31	DO MOSCOSO	0,70	PIEIDADE	1,16
REPÚBLICA	-1,34	PONTAL DE CAMBURI	-0,83	DO QUADRO	-0,06	TABUAZEIRO	0,31	ESTRELINHA	0,75	CRUZAMENTO	1,19
BENTO FERREIRA	-1,33	SANTA CLARA	-0,65	SÃO CRISTÓVÃO	-0,01	SANTA TEREZA	0,34	FONTE GRANDE	0,77	ROMÃO	1,24
MORADA DE CAMBURI	-1,30			MÁRIO CYPRESTE	0,00	UNIVERSITÁRIO	0,37	INHANGUETÁ	0,83	SÃO JOSÉ	1,42
ENSEADA DO SUÁ	-1,28					ANDORINHAS	0,43	BONFIM	0,85	RESISTÊNCIA	1,46
SANTA LÚCIA	-1,25							DO CABRAL	0,86	GURIGICA	1,51
SANTA LUÍZA	-1,10							ILHA DAS CAIEIRAS	0,94	NOVA PALESTINA	1,53
ANTÔNIO HONÓRIO	-1,08							JESUS DE NAZARETH	0,97	SÃO BENEDITO	1,81
JARDIM DA PENHA	-1,07							GRANDE VITÓRIA	0,99	CONQUISTA	1,95
CENTRO	-1,03										
NAZARETH	-1,03										
JUCUTUQUARA	-1,00										

Tabela 6: Agrupamento dos bairros similares quanto a vulnerabilidade socioambiental.

O agrupamento dos bairros confirma a afirmação de Carlos (2007) sobre como os locais de habitação podem revelar a maneira como o processo de segregação se realiza espacialmente, em que o ato de habitar demonstra a contradição entre diferentes classes quanto às possibilidades de uso dos serviços e espaços da cidade, e a consequente negação dos direitos básicos aos menos favorecidos.

A metodologia empregada neste estudo também serviu para demonstrar a importância da observação simultânea da distribuição espacial de variáveis econômicas, sociais, ambientais e demográficas, no sentido de identificar padrões de distribuição regional dos fenômenos socioambientais, em que a comparação entre áreas constitui um exercício útil para orientação e alocação de recursos públicos em diferentes regiões de uma cidade, conforme propõe o Banco Mundial (1992). Esta prática permite ainda uma compreensão mais abrangente de como fenômenos sociais e ambientais se inter-relacionam.

4.3 Compartilhamento dos Resultados por Meio de Mapas Interativos na Web

Para divulgação dos resultados deste estudo, o mapa foi compartilhado no Portal Geo da Prefeitura Municipal de Vitória (Figura 30). Para acessar o mapa web de vulnerabilidade socioambiental de Vitória, basta clicar no link abaixo:

http://portalgeo.vitoria.es.gov.br/wab/vix_vulnerabilidade

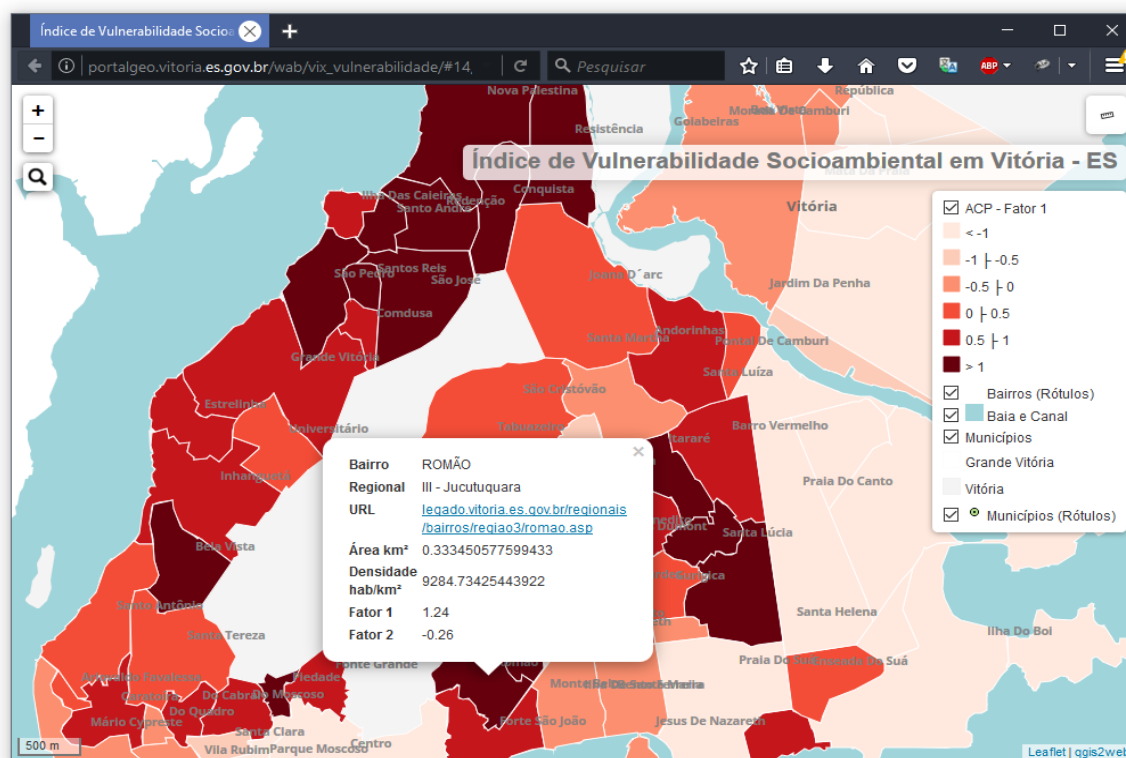


Figura 30: Mapa web de vulnerabilidade socioambiental acessado pelo navegador Firefox, em um computador.

Este mapa interativo foi obtido por meio da utilização de um complemento do QGIS chamado “qgis2web”. Para maiores detalhes de como deve ser feita sua utilização, o leitor poderá consultar o Anexo C deste trabalho.

Por utilizar os recursos da biblioteca Leaflet, o mapa interativo possui layout responsivo, o que corresponde a dizer que o mapa funcionará perfeitamente em qualquer navegador de internet, e em qualquer dispositivo, seja desktop, tablet ou smartphone, de modo que o layout do mapa se adaptará corretamente a qualquer tamanho de tela, e os comandos funcionarão em qualquer método de entrada, mouse, teclado ou toque na tela (Figura 31).

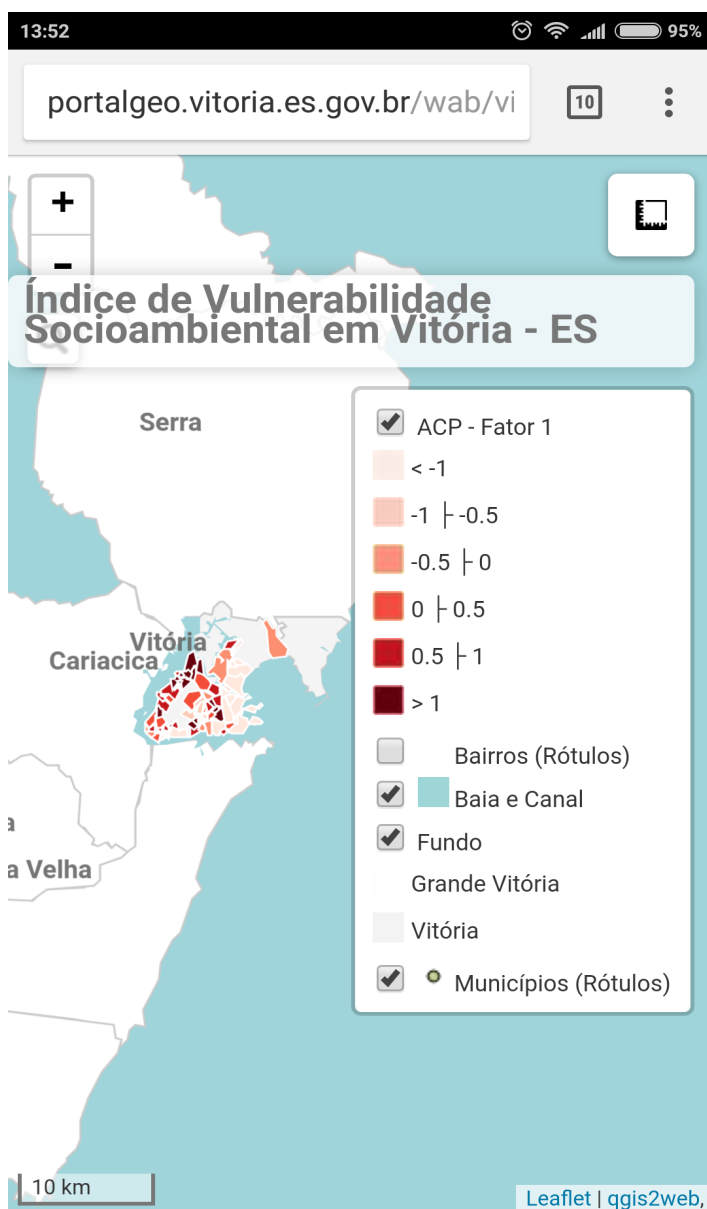


Figura 31: Mapa web de vulnerabilidade socioambiental acessado via smartphone pelo navegador Chrome.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As grandes alterações ambientais e socioeconômicas que o mundo tem passado tornaram a humanidade cada vez mais vulnerável aos efeitos negativos dos desastres naturais. O acelerado processo de urbanização, crescimento populacional, mudanças climáticas e degradação ambiental são exemplos de tais transformações.

A metodologia empregada neste trabalho possibilitou a espacialização da vulnerabilidade socioambiental por meio da construção de um índice a partir de variáveis socioeconômicas, de infraestrutura e segurança pública e do meio físico, na escala geográfica dos bairros de Vitória – ES, empregando-se métodos estatísticos e técnicas de geoprocessamento. Desta forma, foi possível caracterizar o território do município em classes de vulnerabilidade socioambiental.

Segundo Boudon e Bourricaud (1993), as desigualdades tendem a ser cumulativas, em que pessoas oriundas de família modesta têm, em média, menos probabilidade de obter um nível alto de instrução. Pessoas com baixo nível de instrução têm menos probabilidade de ascender de nível social, de exercer profissões de prestígio e boa remuneração. Bullard (1993) acrescenta que a escolha da moradia frente aos riscos ambientais de modo geral está associada com a capacidade financeira dos grupos sociais, em que populações mais pobres ficam sem alternativa a não ser habitarem em ambientes que oferecem algum tipo de risco, o que fortalece o laço entre vulnerabilidade social e vulnerabilidade ambiental.

As variáveis escolhidas se mostraram capazes de enriquecer as análises acerca da desigualdade socioambiental, e foram sintetizadas para obtenção de um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). Ao analisar os resultados obtidos por meio da aplicação da ACP, verificou-se uma grande vulnerabilidade socioambiental no Município de Vitória e intensa segregação socioespacial que leva as comunidades de menor renda a habitarem as periferias da cidade, que em alguns casos são áreas sem infraestrutura adequada e em encostas inapropriadas à ocupação. Evidencia-se que o fator socioeconômico tem um peso importante na determinação do grau de vulnerabilidade de um indivíduo ou grupo social quando essas populações enfrentam situações que envolvem a preparação e enfrentamento de eventos extremos da natureza, como tempestades, escorregamentos e inundações. Os resultados mostram uma tendência de

determinados grupos populacionais com desvantagem social e ambiental em relação aos demais, seja em piores situações educacionais, econômicas ou habitacionais.

As variáveis socioeconômicas, de infraestrutura e segurança pública e do meio físico, mostraram-se viáveis para o apontamento de áreas que apresentam contextos de maior fragilidade. A explicação para a existência de áreas de risco em bairros menos desassistidos deve levar em consideração os condicionantes de ordem humana, pois os bairros que apresentam os piores índices sociais referentes à renda e escolaridade em geral são os bairros com maiores problemas no enfrentamento de eventos extremos da natureza. No indicador sintético final, os fatores sociais desempenharam papel fundamental.

Os resultados deste trabalho são em decorrência da disponibilidade de dados, informações científicas e estatísticas municipais. Foram escolhidos grupos de informações julgadas pertinentes para a realização da Análise de Componentes Principais, uma vez que, por exemplo, as variáveis sociais e ambientais existentes são mais acessíveis. Assim, foram utilizadas variáveis socioambientais relevantes, associando-as com indicadores infraestruturais e de segurança pública.

Em relação ao método estatístico adotado, a Análise de Componentes Principais (ACP) se mostrou adequada, ressaltando-se que a confiabilidade dos resultados está ligada com a qualidade dos dados de entrada para gerar os fatores. Este fato ficou evidenciado quando algumas variáveis, quando incluídas na análise, ocasionavam distorções.

Também deve ser considerado que alguns bairros agrupam populações de diversos grupos sociais, fazendo com que tais bairros, recebessem uma classificação homogeneizada da população, dificultando a identificação de sub-áreas com grupos populacionais muito pobres. Além disso, este fato ocasionou a representação de bairros classificados como alta vulnerabilidade, quando na realidade é possivelmente a área deveria ser menor do que a apresentada no Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental. O oposto também é verdadeiro quando alguns indicadores são subnotificados, a exemplo dos níveis de renda que em geral são subestimados pelas populações de alta renda.

É importante frisar que as dinâmicas que incorrem na produção de espaços de desigualdades carecem de entendimento e estudos científicos, para que sejam consideradas em análises sobre a vulnerabilidade socioambiental no município de Vitória, em seus diferentes níveis.

Em relação às ferramentas de geoprocessamento utilizadas neste trabalho, estas se mostraram essenciais para o bom entendimento dos fenômenos estudados, gerando conhecimento e suporte a tomada de decisão por pesquisadores e gestores públicos para aplicação de boas políticas públicas na administração municipal.

Este trabalho demonstrou alguns aspectos do avanço das tecnologias da informação, em que temos um número crescente de satélites, a ampliação da capacidade de processamento e armazenamento de dados e informações geoespaciais, o que contribui para a popularização das geotecnologias. O acesso a informações georreferenciadas, que até há poucos anos era de uso exclusivo de técnicos e pesquisadores, hoje são disponibilizadas por meio de ferramentas como globos virtuais e mapas na web, que podem ser facilmente acessas pela internet.

Outro entrave que limitava a manipulação de dados georreferenciados era a difícil aquisição de softwares SIG. Por muitos anos, o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas ficou restrito a poucas empresas, que comercializavam seus bons produtos a preços pagáveis apenas por instituições com condições financeiras mínimas. Este cenário começou a mudar em meados dos anos 2000, em que surgiram diversos projetos de softwares de geoprocessamento desenvolvidos sob o selo do código aberto e software livre.

Neste estudo, sugeriu-se a adoção do QGIS, que é um software livre de geoprocessamento, para a operacionalização das análises e elaboração dos mapas. O programa se mostrou excelente em todos os aspectos, não deixando a desejar em nada quando comparado, por exemplo, a solução proprietária que hoje é considerada líder do segmento, o ArcGIS®. As funcionalidades do QGIS aqui demonstradas foram as necessárias para a espacialização da vulnerabilidade socioambiental de Vitória, mas são uma pequena amostra do que o mesmo tem a oferecer.

Foi constatada neste estudo a pouca adoção de geotecnologias na administração pública municipal do Brasil e do Espírito Santo. Em grande parte, isso se deve a falta de recursos financeiros para aquisição de softwares e falta de mão de obra qualificada para assumir projetos de geoprocessamento. Para o problema financeiro, este estudo contribui para elucidar que isto pode ser solucionado com a adoção do QGIS como principal programa de SIG, sem prejuízo de praticamente nenhuma funcionalidade oferecida pelo ArcGIS, pelo contrário, há facilidades e ferramentas muitas vezes melhores. O QGIS, combinado com o PostgreSQL mais PostGIS (Banco de dados livre mais extensão espacial), é o melhor dos mundos para uma administração pública ou empresa que deseja incluir o SIG em seus planos de gestão.

Por fim, cabe aos gestores públicos o bom gerenciamento dos bairros mais vulneráveis, com um planejamento urbano adequado no sentido da redução das vulnerabilidades socioambientais encontradas. Os recursos financeiros, antes aplicados na aquisição de softwares, podem ser mais bem geridos na tentativa de redução das disparidades socioambientais, economia advinda com uma possível adoção de geotecnologias livres. A construção de indicadores constitui uma boa ferramenta para identificação e mapeamento de áreas e comunidades vulneráveis.

Sugere-se que a metodologia adotada possa ser reutilizada com uma possível atualização dos indicadores para os anos futuros, com base em estatísticas mais recentes e completas, por exemplo, estatísticas de acidentes em eventos meteorológicos extremos, indicadores sociais do censo mais detalhados como nível de escolaridade por bairro e indicadores de saúde. É possível que seja viável a ampliação da abrangência do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental com a inclusão de novos índices.

REFERÊNCIAS

ABLER, Ronald F. **Awards, rewards, and excellence: Keeping geography alive and well.** The Professional Geographer, v. 40, n. 2, p. 135-140, 1988.

ALCÁNTARA-AYALA, I. **Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries.** Geomorphology, v. 47, p.107-124, 2002.

ALVES, D. S. **Sistemas de informação geográfica.** In: ALVE, D. S.; AMARAL, G.; QUINTANILHA, J. A.; RODRIGUES, M.; MENESES, P. R.; ESTON, S. M. (Org). Geoprocessamento, São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1990, p. 66 – 78.

ANDERSON, M. AND WOODROW, P.: **Rising from the ashes: development strategies in times of disaster**, Westview Press, Boulder, 1989.

ARONSON, R.E.; A.B. Wallis; P.J. Ocampo; T.L. Whitehead; P. Schafer. 2007. **Ethnographically Informed Community Evaluation: A Framework and Approach for Evaluating Community-Based Institutions.** Maternal and Child Health Journal 11(2): 97–109.

ASPIAZÚ, C.; BRITES, R. S. SIGs. **Sistemas de informações geográficas: conceituação e importância.** Viçosa: UFV/SIF. 29p. 1989. (Boletim técnico, 2).

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura.** Brasília, DF: Embrapa – SPI, 2 ed. 1998.

BAILEY, T.; GATRELL, A. **Interactive Spatial Data Analysis.** Longman Scientific and Technical, London, 1995.

BANCO MUNDIAL. **World Development Report 1992: Development and Environment.** Nova York: Oxford University Press. 1992.

BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. **Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil,** Informática Pública vol 4 (2): 221-230, 2002.

BECK, U. **Risk society. Towards a new modernity.** Londres: Sage Publications, 1992.

BECK, U. **The reiventon of politics: toward a theory of reflexive modernization.** In: GUIDDENS, A., LASH, S. E. Reflexive Modernization: politics, tradition and aesthetics in the modern social order. Stanford: Stanford University Press, p. 1-55, 1994.

BLAIKIE, P.: **At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters**, Routledge, London, 1994.

BLANXART, Monserrat Freixa i et al. **Análisis exploratorio de datos: nuevas técnicas estadísticas**, Barcelona:Promociones y Publicaciones Universitarias, 1992.

BOER, J. Tom, Manuel Pastor, Jr., James L. Sadd, and Lori D. Snyder. 1997. **Is There Environmental Racism?** The Demographics of Hazardous Waste in Los Angeles County. *Social Science Quarterly* 78(4):793 – 810.

BOGUS, L.M.M. **Vila do Encontro: a cidade chega à periferia**. Cadernos PRODEUR 4. São Paulo: FUPAM/FAU, 1991.

BOHLE, H., Downing, T., and Watts, M.: **Climate change and social vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity**, *Global Environ. Chang.*, 4, 37–48, 1994.

BOLIN, R; L. STANFORD. 1998. **The Northridge Earthquake: Vulnerability and Disaster**. London: Routledge.

BOUDON, R. e BOURRICAUD, F. **Dicionário crítico de sociologia**. São Paulo: Ática, 1993.

BRAGA, T. Moreira, O. E. L., Givisiez, G. H. N. **Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática**. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan./mar. 2006.

BULLARD, Robert D. **Dumping in Dixie: Race, Class and Environmental Quality**. Boulder, CO: Westview. 1990.

BULLARD, Robert D.; WRIGHT, Beverly H. Environmental Justice for all: Community Perspectives on Health and Research. **Toxicology and industrial health**, v. 9, n. 5, p. 821-841, 1993.

BULLARD, Robert D. **Unequal protection: environmental justices and communities of color**. San Francisco: Sierra Club Books. 1996.

BURTON, I. and White, G.: **The environment as hazard**. The Guilford Press, 1993.

BURTON, I., Kates, R., and White, G.: **The environment as hazard**. Oxford University Press, Oxford, 1978.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. **O espaço urbano: novos escritos sobre a cidade**. São Paulo. Edição eletrônica: LABUR, 2007, p. 123.

CARNEIRO, Elizângela Oliveira; SANTOS, RLS; QUINTANILHA, José Alberto. **Análise espacial aplicada na determinação de áreas de risco para algumas doenças endêmicas: o uso de técnicas de geoprocessamento na saúde pública**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia. 2005.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede - A era da informação: economia, sociedade e cultura**. Volume 1. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CASTIGLIONI, Aurélia. H. **Envelhecimento da população em Vitória, Espírito Santo (Brasil)**. Trabalho apresentado no III Congresso da Associação Latino Americana de População, ALAP, realizado em Córdoba - Argentina, de 24 a 26 de Setembro de 2008.

CASTRO, Antonio Luiz Coimbra de. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Sistema de informações geográficas (SIG) como suporte na elaboração de planos diretores municipais**. Caminhos de Geografia, v. 10, n. 30, 2009.

CUTTER, S.L., Holm, D., and Clark, L.: **The role of geographic scale in monitoring environmental justice**, Risk. Anal., 16, 517–526, 1996.

CUTTER, S.L.; B.J. Boruff; W.L. Shirley. 2003. **Social Vulnerability to Environmental Hazards**. Social Science Quarterly 84(2):242–261.

DEMERS, Michael N. **Fundamentals of geographic information systems**. J. Wiley, 2003.

DOUGLAS, M. e WIDAVISKY, A. **Risk and Culture: an essay on the selection of technical and environmental dangers**. Berkey: California University Press, 1982.

EM-DAT. The International Disaster Database. **Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED**. 2016. Disponível em: <http://www.emdat.be/disaster_trends/index.html>. Acesso em: Set. 2016.

EMBRAPA, Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2013.

EMMI, P. C. e HORTON, C. A. **Seismic risk assessment, accuracy, requirements, and GIS-based sensitivity analysis**. In: Goodchild, M. F. Steyaert, L. T. e Park, B. O. (orgs). Environmental Modeling: Progress and Research Issues. For Collings: GIS World Books. 1996, p. 191-195.

ESRI (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE). **Understanding GIS: The ARC/INFO Method: Rev. 6 for Workstations**. Longman Scientific and Technical. Redlands, CA: ESRI, 1993.

FELGUEIRAS, C. A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores**. São José dos Campos: INPE, 1987. 243P. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1987.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. Viçosa: UVF. 158p. 1997.

FISHER, P. F.; LINDENBERG, R. **On distinctions among Cartography, Remote Sensing, and Geographic Information Systems. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 55 (10): p. 1431-1434. Reviews definitions of each of the three and shows how the disciplines are interrelated. 1989.

FISCHHOFF, B. et. al. **Acceptable risk**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

FLANAGAN, Barry E.; GREGORY, Edward W.; HALLISEY, Elaine J.; HEITGERD, Janet L.; and LEWIS, Brian (2011) "**A Social Vulnerability Index for Disaster Management**," Journal of Homeland Security and Emergency Management: Vol. 8: Iss. 1, Article 3.

FOSSGIS. **Redescobrimo o SIG com Software Livre**. Ano 1 – Edição Nº 1 – Março de 2011. Disponível em <<http://www.geocursos.net/fossgis/download/>> Acesso em Jul. 2016.

FOSSGIS. **Softwares Livres no Ensino**. Ano 1 – Edição Nº 2 – Junho de 2011. Disponível em <<http://www.geocursos.net/fossgis/download/>> Acesso em Jul. 2016.

FOTHERINGHAM, A. Stewart. **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. 2003. Ed. John Wiley & Sons.

Franklin, Jane (ed.). **The politics of the risk society**. Cambridge: Polity Press, 1999.

GDAL. **Geospatial Data Abstraction Library – GDAL**. Disponível em: <<http://www.gdal.org/>>. Acesso em: 8 Jul. 2016.

GEOSERVER. **GeoServer is an open source server for sharing geospatial data**. Disponível em: <<http://geoserver.org/>>. Acessado em 28 Jun. 2016.

GEOTOOLS. **The Open Source Java GIS Toolkit**. Disponível em: <<http://www.geotools.org/>>. Acesso em: 8 Jul. 2016.

GLICKMAN, Theodore S., Dominic Golding, and Robert Hersh. **GIS-Based Environmental Equity Analysis: A Case Study of TRI Facilities in the Pittsburgh Area**. Pg. 95 – 114 in G. E. G. Beroggi and W. A. Wallace, eds., Computer Supported Risk Management. 1995. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

GNU. **Operating System. Philosophy of the GNU Project.** Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/philosophy.en.html>>. Acesso em: 28 Jun. 2016.

GUIVANT, Julia S. **A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia.** Estudos Sociedade e Agricultura, 16, abril 2001: 95-112. Disponível em: <<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/brasil/cpda/estudos/dezesseis/julia16.htm>> Acesso em: Ago. 2016.

gvSIG Association. Disponível em: <<http://www.gvsig.com>>. Acesso em: 04 Jul. 2016.

HAAS, J., Kates, R., and Bowden, M. (Eds.): **Major insights: A summary and recommendations**, chap. 6, pp. 261–293, The MIT Press environmental studies series, The MIT Press, Cambridge, MA, 1977.

HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço.** São Paulo: Annablume, 2005.

HEWITT, M. J. **Risk and hazard modeling.** In: Goodchild, M. F., Park, B.O. e Steyaert, L. T. (orgs). *Environmental modeling with GIS*. 1993. Nova York: Oxford University Press, p 317. Albany: The Assembly, State of New York.

IBGE. Cidades – **Informações sobre os municípios do Brasil.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/es/vitoria/panorama>>. Acesso em: Jun. 2017.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction (2004). **Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives.** Geneva: United Nations. Volume 1. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>> Acesso em: Out. 2016.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction (2004). **Vision of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk and its Management.** King's College, University of London. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/2005/HFdialogue/download/tp1-visionsofrisk.pdf>> Acessado em: Set. 2016.

JENKS, George F. **The data model concept in statistical mapping.** International yearbook of cartography, v 7, p.186-190, 1967.

JTS. **JTS Topology Suíte.** Disponível em: <<http://www.vividsolutions.com/jts/JTSHome.htm>>. Acesso em: 8 Jul. 2016.

KATZMAN, Rubén *et al* (1999). **Vulnerabilidad, Activos y Exclusión Social em Argentina y Uruguay.** Equipo Tecnico Multidisciplinario para Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. V. 177. Organización Internacional do Trabalho (OIT). Santiago. Disponível em: <http://www.oit.org.pe/WDMS/bib/publ/doctrab/dt_107.pdf>

KOBIYAMA, M., MENDONÇA M., MORENO, D. A., MARCELINO I. P., MARCELINO E. V., GONÇALVES E. F., BRAZETTI L. L., GOERL R. F., MOLLERI G. S., RUDORFF F. M. (2006). **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading. Disponível em: <<http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>> Acesso em: Out. 2016.

LAERD Statistics, 2017. Disponível em: <<https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/principal-components-analysis-pca-using-spss-statistics.php>> Acesso em: Abril de 2017.

LEFEBVRE, Henri. **O direito à cidade**. São Paulo: Moraes, 1991.

LISBOA FILHO, Jugurta; IOCHPE, Cirano. Introdução a sistemas de informações geográficas com ênfase em banco de dados. **Proceedings of the XV JAI-Jornada de Atualização em Informática**, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>> Acesso em: Out. 2016.

LYRA, W., SILVA, E., ARAÚJO, M., DUARTE, W., VERAS, G. **Classificação Periódica: Um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais**. Química Nova, vol. 33, Nº 7, 1594-1597, 2010.

MAINGUET M. (1990). *La désertification: une crise autant socioéconomique que climatique*. Sécheresse, nº 1.

MAPSERVER. **Open source web mapping**. Disponível em: <<http://mapserver.org/>>. Acessado em: 28 Jun 2016.

MARBLE, Duane F. et al. Geographic information systems and remote sensing. **Manual of remote sensing**, v. 1, p. 923-958, 1983.

MARCHAND, M.: **Modelling coastal vulnerability: design and evaluation of a vulnerability model for tropical storms and floods**. Vol. 5, IOS Press, Amsterdam, 2009.

MARSHALL, Berman. **All that is Solid Melts into Air**. New York. Simon and Schuster, 1982 [ed. cast.: Todo lo sólido se desvanece en el aire, trad. por Andrea Morales Vidal, Madrid, Siglo XXI, 1988.

MCMMASTER, Robert B., Helga Leitner, and Eric Sheppard. **GIS-Based Environmental Equity and Risk Assessment: Methodological Problems and Prospects**. 1997. Cartography and Geographic Information Systems 24(3):172 – 89.

MEDEIROS, Anderson. **Introdução aos mapas de Kernel**. 2017. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/mapas-de-kernel-parte-1/>>. Acesso em: Maio de 2017.

MENNIS, Jeremy. **Using Geographic Information Systems to Create and Analyze Statistical Surfaces of Population and Risk for Environmental Justice Analysis**. 2002. SOCIAL SCIENCE QUARTERLY, 83(1): 281 – 297.

MORROW, B.H. 1999. **Identifying and Mapping Community Vulnerability**. Disasters 23(1)1–18.

MOSER, Caroline O. N. **The Asset Vulnerability Framework: Reassessing Urban Poverty Reduction Strategies**. World Development. 1998. V. 26. N.1. P.1-19. Washington DC. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwi_wI6Cr57PAhUBIZAKHeKMDQUQFgggMAE&url=http%3A%2F%2Faprender.ead.unb.br%2Fpluginfile.php%2F107807%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FArtigos%2520Estudo%25201%2F1998_Moser_The%2520asset%2520vulnerability%2520framework%2520Reassessing%2520urban%2520poverty%2520reduction%2520strategies.pdf%3Fforcedownload%3D1&usq=AFQjCNEootoFoMia1AwaX2qZQNaZZe0Mlg&sig2=ThnYxZ40iNBrrQ8s_yDXUg&cad=rja>. Acesso em: Set. 2016.

MUNIC - **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2015/>> Acesso em: Set. 2016.

NGO, E.B. 2001. **When Disasters and Age Collide: Reviewing Vulnerability of the Elderly**. Natural Hazards Review 2: 80-89.

OGC®. **Open Geospatial Consortium, Inc.** Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org>>. Acesso em: 28 Jun. 2016.

O'KEEFE, P., WESTGATE, K., and WISNER, B.: **Taking the naturalness out of natural disasters**, Nature, 260, 566–567, 1976.

OpenJUMP. **Unified Mapping Platform**. Disponível <<http://www.openjump.org/>>. Acesso em: 4 Jul. 2016.

PANTOJA, Verônica Costa, *Et al.* **Sistemas de Informação Georreferenciados, Baseados em Software Livre, Auxiliando a Administração Pública**. Disponível em: <<http://www.contecsi.fea.usp.br/envio/index.php/contecsi/4contecsi/paper/viewFile/1731/956>>. Acesso em: 8 Jul. 2016

PÈPE, P. e TISSERAND-PERRIER, M. **Méthodes Statistiques dans les Sciences Humaines**, Paris:Masson, 1962.

PMV. Prefeitura Municipal De Vitória. **Perfil de Vulnerabilidade Social do Município de Vitória**. Vitória, 2011 p. 8. Disponível em: <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/dados_area/asocial/publicacoes/vulnerabilidade.asp> Acesso em Jun. 2016.

PMV. Prefeitura Municipal de Vitória. **Legislação Municipal**. Vitória, 2016. Disponível em: <<http://vitoria.es.gov.br>>. Acesso em Jun. 2016.

PMV. Prefeitura Municipal de Vitória. **Vitória em Dados**. Vitória, 2017. Disponível em: <<http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/home.asp>>. Acesso em Maio de 2017.

PONSERRE S., SCHEUREN J., POLAIN O., BELOW R. GUHA-SAPIR D. (2008). **Annual disaster statistical review. The numbers and trends 2007**. School of Public Health. Catholic University of Louvain, Belgium. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/2796_CREDAnnualStatisticalReview2007.pdf> Acesso em: Out. 2016.

POSTGIS. **Spatial and Geographic objects for PostgreSQL**. Disponível em: <<http://postgis.net>>. Acesso em: 28 Jun. 2016.

POSTGRESQL. **The world's most advanced open source database**. Disponível em: <<https://www.postgresql.org>>. Acesso em 28 Jun. 2016.

PRESTON, B., Yuen, E., and Westaway, R.: **Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks**, *Sustain. Sci.*, 6, 177–202, 2011.

PRÉTECEILLE E. **A construção social da segregação urbana: convergências e divergências**. *Espaço & Debates* 2004; 24:11-23.

PROJ4. **Cartographic Projections Library**. Disponível em: <<https://github.com/OSGeo/proj.4>>. Acesso em: 8 Jul. 2016.

QUEIROZ, S. M. P. (1993). **Análise crítica do processo de avaliação de impacto ambiental no Brasil**. In: JUCHEM, P. A (Org.). *Manual de avaliação de impactos ambientais*. Curitiba: IAP/GTZ.

REJESKI, D. (1993). **GIS and risk: a three-culture problem**. In: Goodchild, M. F., Park, B. O. E Steyaert, L. T. (orgs). *Environmental modeling with GIS*. Nova York: Oxford University Press, p. 318-331.

RISÉRIO, Antonio (2012). **A Cidade no Brasil**. São Paulo: Editora 34. p. 303.

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 16, p. 81-90, 2005.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R de O.; EUGENIO, F. C. (Coord.). **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados especiais**. Alegre, ES: Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito Santo/CAUFES, 180 p., 2010.

SCHEIDEGGER, Emerson. **Sistema de informação geográfica e análise espacial: o seu papel na administração pública municipal**. Dissertação de Mestrado. UFES, 2010. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_3671_.pdf>. Acesso em: Ago. 2016.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999.

SILVA, A. D. B. **Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003. p. 240.

SILVA, Raquel Carvalho da. **Vulnerabilidade socioambiental a desastres na bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis, SC**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1545023/mod_resource/content/1/VULNERABILIDADE%20SOCIOAMBIENTAL%20A%20DESASTRES%20NA%20BACIA%20DO%20ITACORUBI.pdf> Acesso em: Set. 2016.

SINTON, D. **The inherent structure of information as a constraint to analysis: mapped thematic data as a case study**. Harvard Papers on Geographic Information Systems, vol. 7, G. Dutton (ed.), Addison Wesley, Reading, MA, 1978.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: Ago. 2016.

STAR, J. L.; ESTES, J. E. **Geographic information systems: An introduction, Prentice Hall. A comprehensive text on GIS, with excellent treatment of raster systems**. 1990. Disponível em: <http://giscommons.org/introduction-concepts/>

STEINFÜHRER, A., Kuhlicke, C., DeMarchi, B., Scolobig, A., Tapsell, S., and Tunstall, S.: **Local communities at risk from flooding: social vulnerability, resilience and recommendations for flood risk management in Europe**, Report, Helmholtz Center for Environmental Research–UFZ, Leipzig, 2009.

SUSMAN, P., O’Keefe, P., and Wisner, B.: **Global disasters, a radical interpretation, in: Interpretations of calamity from the viewpoint of human ecology**, edited by: Hewitt, K., Allen & Unwin, Winchester, MA, 264-283, 1983.

TerraView 4.2.2. São José dos Campos, SP: INPE, 2010.
Disponível em: <www.dpi.inpe.br/terraview>. Acesso em: 04 de Jun. 2016.

TIERNEY, K. 2006. **Social Inequality: Humans and Disasters**. In R.J. Daniels, D.F. Keitl, and H. Kunreuther (eds), *On Risk and Disaster: Lessons From Hurricane Katrina*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

TIMMERMAN, P. **Vulnerability, resilience, and the collapse of society**. in: *Environmental Monograph*, vol. 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto, Toronto, 1981.

TORRES, Haroldo da Gama. **Desigualdade ambiental na cidade de São Paulo**. 1997, p. 24-81. Tese de doutorado em Ciências Sociais. UNICAMP, Campinas, SP.

TORRES, Haroldo da Gama. **A Demografia do Risco Ambiental**. XI Encontro Nacional de Estudos Populacionais da ABEP. UNICAMP, SP. 1998. Disponível em: <<http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/PDF/1998/a250.pdf>> Acesso em Jul. 2016.

UCHOA, Helton Nogueira; FERREIRA, Paulo Roberto. **Geoprocessamento com Software Livre**. Versão 1.0, 2004. 31 p. Disponível em: <http://carlosgrohmann.com/downloads/geoprocessamento_software_livre_uchoa-roberto-v1.0.pdf> Acesso em: 28 Jun. 2016.

VAINER, C. B. **População, meio ambiente e conflito social na construção de hidroelétricas**. In: Martine, G. *População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições*. Campinas: Editora da UNICAMP. 1993, p. 183-207.

VEYRET, Yvette. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 2007. Ed. Contexto, 1ª Edição.

VIGNOLI, Jorge Rodríguez. Série Población y Desarrollo. N. 5. **Comissão Econômica Para América Latina e Caribe**. (CEPA)L. Santiago. 2000. Disponível em: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/1/4971/lcl1422e.pdf>

VOLLE, Michel. **Analyse des données**, Paris:Economica, 1985, 324p.

WESTGATE, K. and O'Keefe, P.: **Some Definitions of Disaster, Bradford Disaster Research Unit**. Occasional paper no. 4, Department of Geography, University of Bradford, 1976.

WHITE, G.: **Natural hazards research**, in: *Directions in geography*, edited by: Chorley, R., Methuen & Co. Ltd, London, 193–216, 1973.

WISNER, B. and Luce, H.: **Disaster vulnerability: Scale, power and daily life**, *GeoJournal*, 30, 127–140, 1993.

ANEXOS

ANEXO A: AQUISIÇÃO DE DADOS PARA UM SIG

Segundo Silva (1999), os dados originais a serem inseridos num SIG devem ser precisos, pois se o conjunto de dados, originalmente, for constituído de “lixo”, o produto derivado de operações realizadas em ambiente SIG será um “lixo organizado”, impossibilitando uma utilização satisfatória das informações. As descrições dos fenômenos relacionados ao mundo real podem ser arquivadas como dados ou como informações. O autor explica a diferença entre dados e informações:

- **Dados:** conjunto de valores numéricos ou textuais que corresponde à descrição de fatos do mundo real;
- **Informações:** conjunto de dados que possui um determinado significado para um uso ou aplicação em particular, ou seja, foi agregado ao dado um componente adicional: a interpretação.

Sinton (1978), afirma que os fenômenos reais do mundo podem ser observados de três modos distintos:

- **Espacial:** Trata da variação de lugar para lugar como declividade, altitude e profundidade do solo;
- **Temporal:** Trata da variação de tempo para tempo (de uma década para outra). Por exemplo: densidade demográfica e ocupação do solo;
- **Temático:** Trata da variação de uma característica para outra (de uma camada para outra) como geologia e cobertura vegetal.

Silva (1999), demonstra que os dados espaciais se distinguem dos demais dados em alguns aspectos. Por exemplo, eles são relacionados às superfícies contíguas como superfície topográfica, variação da temperatura, pressão, etc. Além disso, o autor cita:

- Cada ponto contém coordenadas X, Y, Z, podendo ter precisão limitada;
- Dependência espacial, ou seja, a tendência de a vizinhança influenciar uma determinada localização e possuir atributos similares;

- Os dados espaciais estão distribuídos sobre a superfície curva da Terra.

Para converter variações geográficas reais em objetos descritos, utiliza-se o critério chamado de modelos de dados (STAR e ESTES, 1990). Tais modelos, dependendo do formato e da necessidade do usuário, podem ser de dois tipos: matriciais ou vetoriais.

O modelo matricial ou raster, caracteriza-se por dividir a área em quadrículas de grades regulares de células na sequência específica na forma horizontal (pixels), em que cada célula contém um valor simples, e seus valores encontram-se dispostos em camadas como por exemplo, tipo de solo, elevação, uso da terra.

Já o modelo vetorial utiliza-se de segmentos de linhas ou pontos para identificar localidades, em que os objetos são formados por meio da conexão de segmentos e linhas (vetores). Uma representação vetorial pode ser representada por três elementos gráficos:

- **Pontos:** abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas X e Y, como a temperatura, profundidade do lençol freático;
- **Linhas ou Arcos:** São conjuntos de pontos conectados, por exemplo estradas e rios;
- **Área ou Polígono:** São definidas por uma sequência de linhas que não se cruzam e se encontram em um nó, como divisões político-administrativas e fragmentos florestais.

Para que um SIG consiga oferecer informações sobre elementos geográficos e seus atributos, é necessário que os dados estejam georreferenciados, ou seja, localizados na superfície da terra e representados em uma projeção cartográfica.

Ao representar os elementos geográficos e suas relações, o georreferenciamento faz uso de conceitos topológicos (proximidade, vizinhança, pertinência), métricos (distância, tamanho) e direcionais (“à esquerda”, “acima de”) para atingir o maior nível de semelhança possível.

Um elemento georreferenciado possui coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Tal processo é iniciado com a obtenção das coordenadas geográficas de pontos da imagem pertencente ao elemento ou objeto que se deseja georreferenciar. Tais pontos são conhecidos como pontos de controle.

Os pontos de controle são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, como por exemplo a interseção de uma estrada com um rio, vias urbanas, edifícios, etc. Um dado georreferenciado em um mapa, deve estar correlacionado com o elemento ou objeto do

mundo real, ou seja, cada ponto do elemento ou objeto deve ter um correspondente no mapa e vice-versa, levando em consideração a relação de medidas (distância e tamanho). Também deve ser escolhida uma escala que permita visualizar a equivalência das coordenadas entre o dado georreferenciado e o objeto real.

ANEXO B: EXEMPLOS DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES

Bancos de Dados

a) PostgreSQL

O PostgreSQL é um SGBD objeto-relacional de código aberto, que vem se destacando por suportar um grande volume de dados e oferecer uma interface nativa a diversas ferramentas. Atualmente encontra-se na versão 9.5.3, a qual possui diversas características e funcionalidades (POSTGRESQL, 2016).

Em relação ao armazenamento de dados, o PostgreSQL suporta três tipos de indexação nativa: B-Tree, R-Tree e GiST. Porém nenhuma desses tem muita utilidade no tratamento dos dados geográficos. Por isso, foi lançado o módulo (extensão) PostGIS que não somente adiciona o tratamento de dados geográficos ao PostgreSQL, mas também segue a especificação SFS (Simple Features Specification) do OGC no armazenamento/recuperação dos dados espaciais. O PostgreSQL foi o primeiro SGBD de código aberto a trabalhar com um módulo específico para o tratamento dos dados geográficos vetoriais. A extensão PostGIS foi desenvolvida por uma empresa canadense chamada Refractions Research.

Para que o PostGIS contemple toda a SFS, é necessário que ele seja compilado em parceria com a biblioteca GEOS (Geometry Engine Open Source). Com isso, o PostGIS passou a conter mais de 130 funções e operadores para o tratamento de dados geográficos vetoriais. A dupla formada pelo PostgreSQL mais a extensão PostGIS é considerada uma poderosa ferramenta, estando no nível dos softwares proprietários de ponta, podendo atender todas as demandas presentes numa instituição onde antigamente somente era possível com o Oracle® Spatial ou Microsoft® SQL Server (com o ESRI® ArcSDE). O PostGIS encontra-se na versão 2.2.2 e está sob a licença GNU GPL (POSTGIS, 2016).

b) MySQL

O MySQL a partir da sua versão 4.1, passou a oferecer suporte a dados espaciais. Atualmente encontra-se na versão 5.7.13 e já implementa extensões espaciais segundo as especificações SFS do consórcio OGC (MYSQL, 2016). Ele fornece um conjunto de classes e funções que permitem o tratamento dos dados geográficos. Com isso, foi possível desenvolver aplicações livres para SIG também sobre o MySQL dentro das especificações do OGC. Esta padronização é fundamental para a integração de soluções e o intercâmbio de dados com o PostGIS.

Com as opções de SGBDs livres apresentadas neste estudo, fica claro que não existe justificativa técnica para uma instituição optar pela compra de um SGBD proprietário para compor uma solução de Geoprocessamento, pois o PostgreSQL/PostGIS é uma opção madura e muito poderosa.

Servidores

a) MapServer

O MapServer é uma plataforma *open source* para publicação de dados espaciais e aplicações de mapeamento interativas na web. Originalmente desenvolvido em meados da década de 1990 na Universidade de Minnesota, o MapServer é disponibilizado sob uma licença MIT-style, e funciona em todas as principais plataformas (Windows, Linux, Mac OS X). O MapServer Project Steering Committee (PSC), sancionada pela OSGeo, gerencia e administra o projeto que é mantido, melhorado, e apoiado por desenvolvedores e usuários de todo o mundo.

Atualmente o projeto MapServer encontra-se na versão 7.0 e fornece um CGI com inúmeras funcionalidades voltadas para os desenvolvedores de aplicações mais simples de SIG em ambiente WEB, além de uma API que faz interface com várias linguagens de programação

como: PHP, Python, Perl, Ruby, Java, e C#, para usuários mais experientes. (MAPSERVER, 2016).

As principais funcionalidades do MapServer são:

- Suporte a múltiplos formatos vetoriais e matriciais: ESRI Shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, etc (formatos vetoriais) e TIFF/GeoTIFF, GIF, PNG, ERDAS, JPEG, etc (formatos matriciais);
- Suporte a especificações do OGC: WMS, WFS, WMC, WCS, SFS (através do PostGIS) e GML;
- Saída avançada de cartografia: desenho de camadas e execução de aplicativos dependentes de escala; rotulação de camadas, incluindo medição de colisão de rótulos; fontes TrueType; automação de elementos de mapas (escala, mapa de referência e legenda) e mapeamento temático usando classes baseadas em expressões lógicas ou expressões regulares;
- Configuração dinâmica através de URLs;
- Projeção dinâmica.

b) GeoServer

Assim como o MapServer, este sistema é indicado para o desenvolvimento de aplicações de SIG para WEB. Ele é implementado em J2EE e contempla as principais especificações do OGC. Comparado ao MapServer, ele possui bem menos recursos, mas possui um ponto forte a favor: a implementação do padrão WFS foi escolhido pelo OGC como uma referência, sendo citado no portal CITE (OGC Compliance & Interoperability Testing & Evaluation – <http://cite.occamlab.com>). Encontra-se na versão 2.9 (GEOSERVER, 2016).

O GeoServer tem suporte para ESRI® Shapefiles, ESRI® ArcSDE, PostgreSQL/PostGIS e Oracle® Spatial. Ele trabalha com 4 padrões do OGC: SFS (PostGIS), WFS, WMS e GML. Com relação à conexão com o PostGIS, ele permite o acesso no nível da feição.

c) I3GEO (Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento)

O i3Geo é um aplicativo desenvolvido para o acesso e análise de dados geográficos utilizando a web. Baseado em *softwares* livres, principalmente MapServer, utiliza como plataforma de funcionamento os navegadores de *internet*, como o Internet Explorer e o Firefox. Foi desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente e distribuído sob a licença GPL (*General Public License*), tendo como objetivo difundir o uso do geoprocessamento como instrumento técnico-científico, e implementar uma interface genérica para acesso aos dados geográficos existentes em instituições públicas, privadas ou não governamentais. Pode ser utilizado e incorporado por qualquer instituição interessada sem custos.

Adota padrões internacionais de interoperabilidade, apresenta funcionalidades que facilitam o acesso remoto a dados, permitindo o estabelecimento de redes cooperativas. Operações que normalmente são encontradas apenas em programas *desktops*, estão disponíveis no i3Geo, tais como geração de gráficos, análise de dados tabulares, operações espaciais, etc.

Os códigos para instalação do i3Geo são compactados em dois pacotes:

- Versão para Linux/Windows, que contém apenas os códigos do i3Geo, sendo necessária a criação de um ambiente de funcionamento com Apache, PHP5, MapServer, etc;
- Versão windows ms4w, que traz o i3Geo dentro do pacote MS4W que já implementa o ambiente necessário para funcionamento em sistemas Windows.

Bibliotecas para Desenvolvimento

a) GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) / OGR Simple Feature Library

Esta é a biblioteca de código aberto mais poderosa no quesito visualização/conversão de formatos matriciais e vetoriais. Ela é amplamente utilizada não somente nos projetos livres, mas também nos sistemas proprietários como o ESRI ArcGIS a partir da versão 9.2.

A biblioteca GDAL trata especificamente dos formatos matriciais (raster), mas internamente ela possui uma biblioteca chamada OGR que manipula formatos vetoriais (GDAL, 2016). Atualmente esta biblioteca possui 142 drivers de suporte a formatos raster (GeoTIFF, ERDAS Imagine, ECW, JPEG2000, entre outros) e 84 drivers de suporte a formatos vetoriais (ESRI Shapefile, ESRI ArcSDE, ESRI FileGDB, KML, GML, PostGIS, entre outros).

b) Proj4

Biblioteca mais utilizada nos sistemas de código aberto para tratamento de projeções. Segundo Uchoa (2004), ela é a responsável, por exemplo, pelo recurso de mudança de projeção em tempo real (*On the Fly*) presente no MapServer. Com capacidade de transformações entre diferentes elipsóides e datums, esta biblioteca é muito poderosa, tendo implementado complexos algoritmos matemáticos. Encontra-se atualmente na versão 4.9.2 (PROJ4, 2016).

c) JTS Topology Suite

A JTS é uma biblioteca escrita totalmente na linguagem Java, fornecendo uma gama de operadores geométricos como, união, interseção, buffer, entre outros. Trata-se de uma poderosa ferramenta para análises espaciais sobre geometrias em 2D e operadores topológicos, além de seguir a especificação SFS do consórcio OGC. Atualmente encontra-se na versão 1.8 (JTS, 2016).

d) Geometry Engine – Open Source (GEOS)

O GEOS é uma biblioteca C++ derivada da JTS. Segundo Uchoa, 2004, este projeto de tradução da linguagem Java da JTS para C++ surgiu para atender uma demanda existente no código do PostGIS, que até então não contemplava a especificação SFS em sua totalidade. O desenvolvimento da GEOS tornou possível a total compatibilidade do PostGIS com a SFS,

pois agora é possível compilar o PostGIS incluindo o código da GEOS. Este é um grande exemplo de interação entre empresas dentro da filosofia do Software Livre.

e) GeoTools

O GeoTools é uma biblioteca Java voltada para o desenvolvimento de aplicações SIG, que implementa diversos formatos de dados geográficos e oferece suporte a algumas especificações OGC. A especificação SFS é implementada por meio da biblioteca JTS. Dentre as características e funcionalidades da atual versão 14.4, destacam-se (GEOTOOLS, 2016):

- Suporte as especificações OGC: WFS, WMS e GML;
- Suporte aos formatos: MIF, MID, GeoTIFF, ESRI ArcGrid, ESRI Shapefiles, entre outros;
- Análises topológicas sobre geometrias (JTS);
- Oferece acesso nativo aos bancos: DB2, PostGIS, Oracle Spatial, MySQL, entre outros.

Clientes (SIG Desktop)

a) OpenJUMP (Java Unified Mapping Platform)

Este sistema é um *Framework* Java para o desenvolvimento de aplicações de SIG. Foi desenvolvido por uma empresa canadense e se tornou muito popular principalmente pelo ambiente gráfico amigável, pela excelente documentação e pela facilidade de programar novas funcionalidades. Segundo Uchoa (2004), neste ambiente orientado a objeto, uma característica muito interessante para instituições que estão em fase de migração é a flexibilidade de rodar em qualquer plataforma, o que é atributo da linguagem Java.

O *Framework* do JUMP é composto por uma biblioteca denominada JTS que implementa o padrão SFS (OGC), permitindo inúmeras análises topológicas sobre geometrias. O JUMP

encontra-se na versão 1.9.1 (JUMP, 2016) e suas principais características e funcionalidades são:

- Ferramentas completas para manipulação de feições (visualização, edição e criação);
- Trabalha nativamente com arquivos em formato ESRI® Shapefile e GML;
- Permite conexão com servidores WMS e WFS;
- Suporte para imagens;
- Suporte de leitura em diversos bancos de dados e escrita para banco PostGIS por meio de *plug-ins*.

Com uma crescente comunidade, vários *plug-ins* estão sendo disponibilizados livremente pela internet, permitindo expandir as funcionalidades do sistema.

b) SPRING

O SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais para sistemas Linux e Windows.

Este SIG é baseado num modelo de dados que combina as idéias de “campos” e “objetos geográficos”. Ou seja, é estruturado como um Banco de Dados Geográfico que permite o processamento e consulta de informações.

O SPRING é um projeto do INPE / DPI (Divisão de Processamento de Imagens) que contou com substancial apoio financeiro do CNPq e com a participação de:

- EMBRAPA/CNPTIA - Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura;
- IBM Brasil - Centro Latino-Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa;
- TECGRAF - PUC Rio - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio;
- PETROBRÁS/CENPES - Centro de Pesquisas “Leopoldo Miguez”.

Seu desenvolvimento foi iniciado em 1991, tendo sua versão 1.0 lançada em 1993. Atualmente encontra-se na versão 5.2 (SPRING, 2016).

Uma característica considerada extremamente importante, é que a base de dados criada no SPRING é única, de forma que a estrutura de dados é a mesma quando o usuário trabalha em um micro computador (IBM-PC) ou em uma máquina RISC (Estações de Trabalho UNIX), não havendo necessidade alguma de conversão de dados. O mesmo ocorre com a interface, a qual é exatamente a mesma, de maneira que não existe diferença no modo de operação do SPRING.

Os objetivos do projeto SPRING são:

- Construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional.
- Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado.
- Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais.
- Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

O software é distribuído gratuitamente, podendo ser baixado do site do DPI. Entretanto o código fonte do mesmo é fechado, ou seja, não pode ser compartilhado e modificado pela comunidade desenvolvedora.

c) TerraView

O TerraView é um aplicativo desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), construído a partir da biblioteca de geoprocessamento Terralib. Este sistema encontra-se na versão 4.2.2, a qual oferece uma interface amigável e permite a manipulação de dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais, ambos armazenados em SGBD relacionais ou geo-relacionais como: PostgreSQL, MySQL, Access, entre outros. A partir da versão 4.2, passou a visualizar documentos GML, WCS, e usar a biblioteca GDAL (TerraView, 2010). Este SIG possui diversos recursos estatísticos que permitem analisar dados geográficos, sendo ideal para aplicações acadêmicas, permitindo o estudo de conceitos mais técnicos.

Uchoa (2004) chama a atenção para o fato de que o TerraView possui algumas limitações que dificultam sua adoção em ambiente corporativo, como o fato de não seguir a especificação OGC, dificultando o acesso a bases geográficas criadas neste ambiente por aplicações de terceiros. Além disso, o projeto não incentiva a criação de uma comunidade para ajudar na manutenção e desenvolvimento do sistema, tendo como consequência, um site com pouca informação e manuais com abordagens superficiais.

d) GvSIG

O gvSIG Desktop é software livre, com licença GNU/GPL, o que permite a liberdade para uso, distribuição, estudo e aprimoramento. Trata-se de um SIG potente, fácil de usar, interoperacionalizável e utilizado por milhares de usuários em todo o mundo.

Com ele é possível trabalhar com todo tipo de formatos, vetoriais, raster, arquivos, bases de dados e serviços remotos, tendo a sua disposição todo tipo de ferramentas para analisar e gerenciar informações geográficas. O gvSIG Desktop está projetado para ser facilmente extensível, permitindo uma melhora contínua da aplicação e o desenvolvimento de soluções sob medida.

O gvSIG encontra-se na versão 2.2, e atualmente disponibiliza uma versão de seu SIG para dispositivos móveis. O gvSIG Mobile é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) orientado a dispositivos móveis, ideal para projetos de captura e atualização de dados em campo. Se caracteriza por dispor de uma interface amigável, sendo capaz de acessar os formatos mais comuns e conta com um amplo número de ferramentas SIG e GPS ideais para trabalhar com informação de natureza geográfica.

O gvSIG Mobile tem como objetivo ampliar as plataformas de execução de gvSIG Desktop a uma gama de dispositivos móveis, para dar resposta às necessidades de um crescente número de usuários de soluções móveis que desejam fazer uso de um SIG em diferentes tipos de dispositivos. O gvSIG Mobile é tanto um Sistema de Informação Geográfica como um cliente de Infraestruturas de Dados Espaciais para dispositivos móveis. É, além disso, o primeiro cliente com estas características licenciado como software livre (gvSIG, 2016).

e) GRASS GIS (*Geographic Resources Analysis Support System*)

GRASS GIS, popularmente conhecido como GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), é um sistema de informação geográfica livre (SIG) e de código aberto com uma suíte de softwares utilizados para a gestão geoespacial e análise de dados, processamento de imagens, gráficos e produção de mapas, modelagem espacial, e visualização. O GRASS é atualmente utilizado em ambientes acadêmicos e comerciais em todo o mundo, bem como por muitas agências governamentais e empresas de consultoria ambiental. É um membro fundador da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

Este é o mais antigo sistema livre para aplicações de SIG, e tem sido desenvolvido há mais de 30 anos, possuindo fortes laços na academia. Segundo Uchoa (2004), na sua história, o GRASS já mudou de mantenedor começando com o Exército Americano em 1982 (nesta época ainda não era livre). Durante esta trajetória, o sistema incorporou poderosos recursos para área de geotecnologias.

Seus mecanismos de revisão o levaram à integração de algoritmos bem testados e documentados em um conjunto SIG que tem sido utilizado regularmente para modelagem ambiental. Seu desenvolvimento é com desenvolvedores globalmente distribuídos com base na comunidade. Por meio do uso de um repositório de código fonte on-line, listas de discussão e um wiki, usuários e desenvolvedores se comunicam, a fim de rever o código existente e desenvolver novos métodos.

Atualmente o GRASS encontra-se na versão 7.0.4 (GRASS, 2016). à qual engloba mais de 400 funções para análise espacial, modelagem ambiental, mapas temáticos, integração com banco de dados, processamento de imagens e visualização. Destacam-se entre as suas funcionalidades:

- Análise e visualização 3D sobre arquivos matriciais e vetoriais;
- Processamento de imagens (composição de cores, ajustes de histograma, ortorretificação, reamostragem, conversão de cores: IHS/RGB, etc);
- Criação de mapas através do postscript, html, entre outros;
- Suporte a especificação do OGC, através do SFS;
- Análise geodésica e interpolação para geração de superfície;

- Análises sobre o MDT (geração de contornos, análises de caminhos/custos, etc);

Apesar de uma quantidade grande de funcionalidades, o sistema não possui uma interface muito amigável e carece de um maior desenvolvimento neste sentido. Para os usuários utilizarem algumas funcionalidades do mesmo, é necessário recorrer à linha de comando, o que pode ser dificultoso para o usuário comum.

Sem possuir um código orientado a objetos, este sistema dificulta a vida dos desenvolvedores que precisarão manter ou expandir o código do mesmo. Assim, se uma instituição pública contratar uma solução baseada no GRASS, é bem provável que se crie um vínculo de dependência com a empresa contratada, o que não é interessante.

Porém, como o GRASS contempla conceitos técnicos da área de Geotecnologias, ele é uma ótima escolha acadêmica para os cursos de Engenharia Cartográfica, Geografia, Geologia, Geomática, e outros cursos afins. Além disso, outros excelentes SIGs possuem módulos do GRASS integrados ao seu código, aliando interfaces gráficas mais amigáveis com a poderosa suíte de aplicativos do mesmo. O QGIS por exemplo possui o módulo GRASS integrado.

ANEXO C: COMPLEMENTO QGIS2WEB PARA CONSTRUÇÃO DE MAPAS INTERATIVOS NA WEB

Esta sessão apresenta as funcionalidades de um complemento do QGIS chamado “qgis2web”. Ele serve basicamente para exportar todo o conteúdo de um projeto do QGIS (Mapa) para um formato de visualização que pode ser exibido em um navegador de internet, de modo que o mapa se torna interativo, podendo o usuário aplicar zoom e mover nas feições desejadas, fazer consultas de lugares e clicar nas feições para obter informações adicionais.

O objetivo do uso desse complemento é estender os resultados obtidos neste estudo para além deste documento acadêmico, de forma que diferentes públicos interessados na temática aqui apresentada possam usufruir, consultar e analisar um mapa dinâmico da web que apresenta o índice de vulnerabilidade socioambiental de Vitória, obtido por meio da ACP descrita neste trabalho.

O mapeamento web é um ótimo meio para publicar dados SIG para a web e torná-lo acessível por outros usuários. Criar um mapa da web é um processo muito diferente do que criar um no SIG. Os usuários e profissionais de SIG em geral não são programadores da web, fato que pode tornar desafiador o processo de criação de um mapa da web com a mesma qualidade que um mapa criando em ambiente SIG, quando a necessidade surge. Felizmente, existem ferramentas disponíveis para traduzir facilmente um projeto do QGIS para mapas da web.

A seguir, será apresentada uma breve descrição dos passos necessários para utilização do complemento “qgis2web” para criar um mapa da web usando as bibliotecas OpenLayers¹⁶ ou Leaflet¹⁷ a partir de um projeto QGIS.

16 O OpenLayers (OL) é uma biblioteca open source JavaScript que pode ser usada para disponibilizar/exibir dados geográficos na internet. O OpenLayers facilita a colocação de um mapa dinâmico em qualquer página da Web. Ele pode exibir mapa em cache, dados vetoriais e marcadores carregados de qualquer fonte. OpenLayers foi desenvolvido para promover o uso de informações geográficas de todos os tipos. É completamente gratuito, JavaScript de código aberto, lançado sob a Licença BSD de 2 cláusulas (também conhecido como o FreeBSD). Maiores informações em: <https://openlayers.org/>.

17 Leaflet é uma biblioteca JavaScript de código aberto para mapas interativos amigáveis para dispositivos móveis. O Leaflet é a biblioteca líder em JavaScript de código aberto para mapas interativos web em dispositivos móveis. É projetado tendo em mente a simplicidade, desempenho e usabilidade. Ele funciona de forma eficiente em todas as principais plataformas de desktop e dispositivos móveis, pode ser ampliado com muitos plugins, tem

Antes, contudo, é necessário ter em mente que: QGIS, OpenLayers e Leaflet são tecnologias de mapeamento diferentes. Isso significa que suas respectivas funcionalidades diferem de muitas maneiras. O qgis2web faz o melhor para interpretar um projeto do QGIS e exportar para HTML, JavaScript e CSS, de forma a criar um mapa da web o mais próximo possível do projeto QGIS. No entanto, muitos elementos de um projeto QGIS não podem ser reproduzidos, e muitos só são possíveis em OpenLayers ou em Leaflet. O qgis2web tenta a melhor maneira de produzir um mapa pronto para publicação, ainda que seja possível editar manualmente o código de saída para alcançar o que o qgis2web não pode.

Uma limitação do qgis2web observada neste estudo, por exemplo, é que para a biblioteca Leaflet, feições de linha e de polígono não possuem suporte para rótulos, apenas para feições de ponto.

Preparação do Projeto QGIS

Este item preparatório é essencial para a obtenção da melhor visualização possível do mapa web. São inseridas no QGIS todas as camadas vetoriais de interesse, ajusta-se a simbologia adequada para cada uma delas, e são rotuladas as feições necessárias.

É importante ter atenção aos nomes dos campos das camadas, pois eles poderão ser utilizados de forma informativa no mapa web quando, por exemplo, o usuário identificar feições. Por isso deve-se nesta fase de preparação do projeto, inserir nomes amigáveis aos campos. Este parâmetro é feito nas propriedades de cada camada, na aba campos. Também deve-se ocultar aqueles campos desnecessários, como Objectid, Shape, etc. (Figura 32).

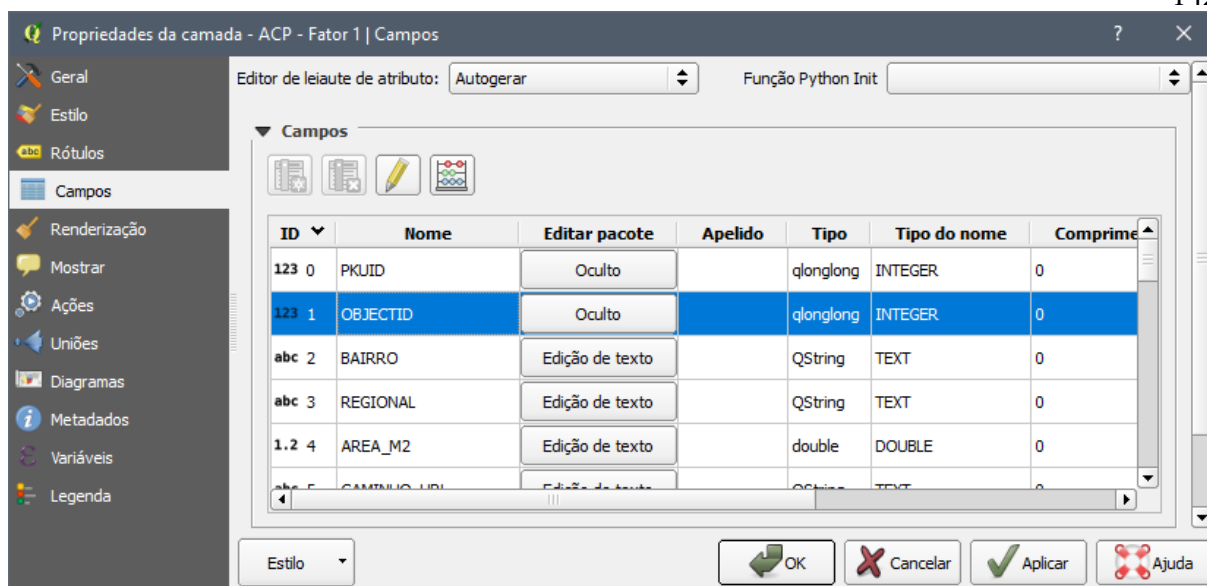


Figura 32: Exemplo de configuração de campos de uma camada.

Nas propriedades do projeto, deve-se inserir um nome para o mapa, que pode ser um nome diferente do nome dado ao arquivo de projeto. Este nome definido nas propriedades do projeto é o nome do mapa que será exibido quando for aberto no navegador de internet. Também nas propriedades do projeto é possível personalizar uma cor de fundo para o mapa, que por padrão é branco.

Pode ser útil definir uma faixa de visibilidade para algumas camadas, de forma que elas só sejam exibidas conforme o usuário aumente o zoom do mapa, por exemplo. Isso poderá ser configurado nas propriedades da camada.

Neste estudo, outro passo necessário foi a obtenção dos centroides dos polígonos dos bairros e dos municípios, devido a limitação de rotulagem da biblioteca Leaflet. Por isso o mapa web final ficou com algumas camadas de ponto, apenas para configuração de rótulos. Os centroides dos polígonos foram obtidos por meio da utilização de ferramenta nativa do QGIS.

Configuração do complemento qgis2web

Finalizado o projeto, resta apenas a configuração do complemento qgis2web e exportação. Este complemento é facilmente encontrado e instalado por meio do gerenciador de

complementos do QGIS, descrito no capítulo 2, sessão 2.3. Depois de instalado, o complemento pode ser acessado no menu Web, que exibirá a opção qgis2web. Será aberta a caixa de diálogo *Export to web map* com diversas opções de configuração.

Na sessão *Layers and Groups*, é possível escolher as camadas que estarão visíveis, e a forma como os nomes dos campos serão exibidos na identificação das feições. Na parte inferior esquerda, são diversos parâmetros. Local onde serão exportados os arquivos do mapa web, a extensão máxima e mínimo dos níveis de zoom, comportamento da identificação de feições, etc. Também é possível configurar um campo de busca de uma camada, para que o usuário possa digitar um termo para encontrar uma feição correspondente.

Finalizadas as configurações, na parte de baixo da caixa de diálogo é possível escolher duas opções de saída, com as bibliotecas do OpenLayers ou Leaflet. Ao escolher uma das duas, deve-se clicar no botão *Update preview* (atualizar pré-visualização), em que será exibida no quadro a direita a prévia do mapa. Neste quadro há liberdade para testar todas as funcionalidades (Figura 33). Há a opção de escolher diversos mapas-base, que podem ser usados de fundo para exibir as informações contidas no projeto QGIS. Neste exemplo, não foram usados os mapas-base opcionais, já que todo o mapa de vulnerabilidade foi construído de forma personalizada no QGIS.

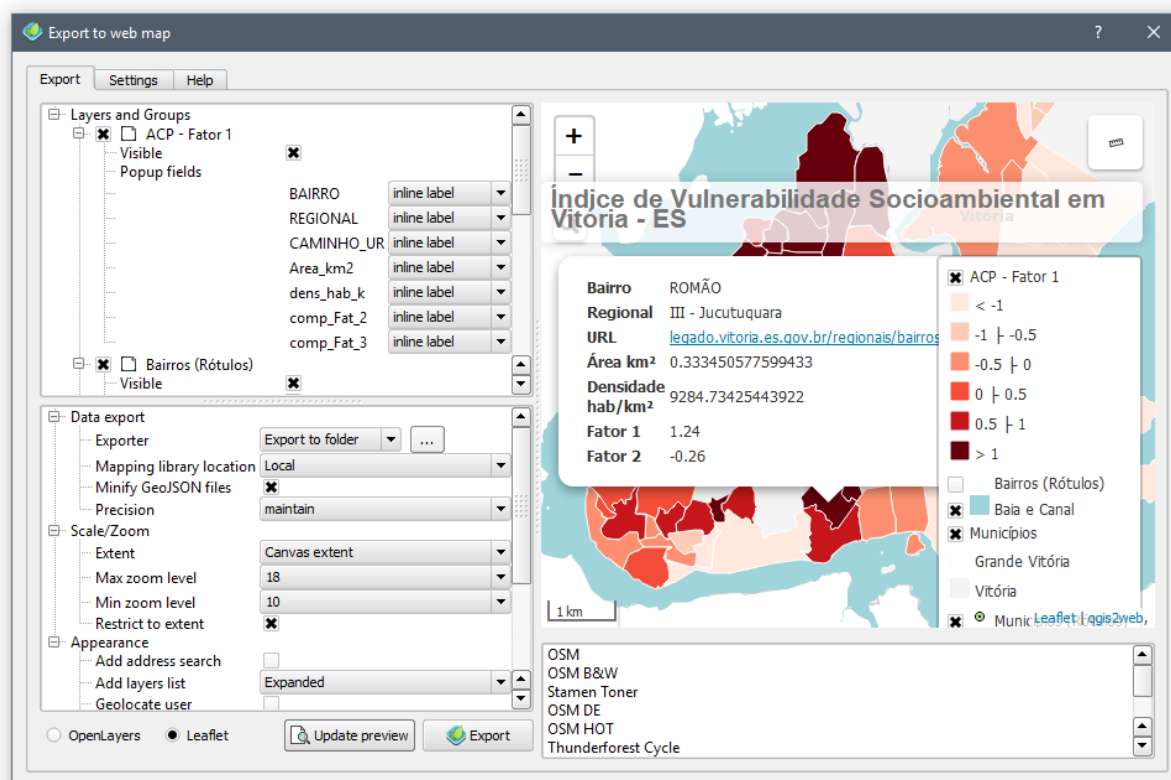


Figura 33: Painel de configurações do qgis2web.

As duas bibliotecas foram testadas exaustivamente, em que cada uma delas possuem particularidades boas e ruins no que diz respeito a funcionalidades, modos de exibição e interação com o usuário. Para o mapa de Vulnerabilidade Socioambiental deste estudo, optou-se pela biblioteca Leaflet, que apesar de algumas dificuldades e ser uma tecnologia mais nova em relação ao OpenLayers, mostrou-se promissora, com interface visual agradável, leve e amigável para o usuário.

Finalmente, deve-se clicar no botão Export, em que o mapa será exportado e salvo no diretório escolhido. Ao final do processo, automaticamente o mapa será exibido no navegador padrão do sistema operacional do computador (Firefox, Chrome, Safare, Microsoft Edge ou Internet Explorer).

Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental de Vitória Interativo na Web

Uma vez que o mapa foi exportado para diretório escolhido, é possível utiliza-lo apenas de forma local rodando no próprio computador, o que não tem tanta utilidade uma vez que o mesmo ainda não foi compartilhado com ninguém. Para que outros possam ver o mapa, resultado deste estudo, é preciso enviá-lo para um servidor web, também conhecido como servidor de aplicação.

A pasta criada com o mapa interativo tem o tamanho aproximado de 5,3MB, o que é considerado bem leve. Para publicar o mapa, basta fazer o upload desta pasta para um servidor web, como por exemplo, o servidor do Departamento de Geografia da UFES. Outra maneira barata e fácil de publicar o mapa na web seria usar qualquer um dos serviços públicos de armazenamento em nuvem. Para acessar o mapa web de vulnerabilidade socioambiental de Vitória, resultado do presente estudo basta clicar no link abaixo:

http://portalgeo.vitoria.es.gov.br/wab/vix_vulnerabilidade

ANEXO D: TABELA DE VALORES DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ACP

	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6	VAR 7	VAR 8	VAR 9	VAR 10	VAR 11	VAR 12	VAR 13
Bairro	População total	Crianças	Idosos	Rendimento de até 2 Salários mínimos	Rendimento de 10 salários mínimos ou mais	Pessoas sem rendimentos	Alfabetização	Proporção de pessoas de 7 anos ou mais analfabetas	Habitantes por domicílio	Equipamentos de educação	Crimes contra a pessoa	Crimes contra o patrimônio	Declividade
ANDORINHAS	2031	20,68	9,40	40,47	0,25	31,56	95,28	4,72	3,11	1	23	10	1,22
ANTÔNIO HONÓRIO	1347	13,36	19,67	29,03	4,31	27,54	98,89	1,11	3,16	3	4	17	1,00
ARIOVALDO FAVALESSA	787	22,11	12,45	39,52	0,64	28,21	97,39	2,61	3,27	0	1	4	3,93
BARRO VERMELHO	5629	15,12	13,61	9,36	23,06	25,23	99,64	0,36	2,80	2	3	58	2,57
BELA VISTA	4371	25,88	8,33	42,46	0,25	29,40	93,52	6,48	3,30	3	22	18	3,70
BENTO FERREIRA	5569	14,96	16,84	15,86	12,82	23,74	99,32	0,68	2,82	18	21	151	1,37
BOA VISTA	1183	19,10	10,65	40,15	2,37	24,43	96,76	3,24	3,13	0	3	23	2,69
BONFIM	7106	24,26	10,40	41,88	0,53	28,17	94,20	5,80	3,35	4	26	27	3,19
CARATOÍRA	5149	22,90	11,67	40,14	0,37	35,07	96,15	3,85	3,31	1	14	22	3,60
CENTRO	9838	12,95	19,86	25,08	6,14	23,13	98,87	1,13	2,60	41	38	350	2,69
COMDUSA	894	25,50	7,72	40,04	0,00	38,93	97,75	2,25	3,16	1	3	3	4,53
CONQUISTA	1914	32,92	5,54	43,10	0,37	29,26	88,94	11,06	3,50	0	12	6	4,27
CONSOLAÇÃO	2766	22,85	10,45	34,35	1,27	33,59	96,53	3,47	3,23	7	12	45	2,28
CRUZAMENTO	2407	28,96	8,68	41,38	0,37	31,16	93,22	6,78	3,51	3	8	10	4,19
DA PENHA	5603	25,06	9,53	39,91	0,30	31,80	94,33	5,67	3,41	2	34	22	3,11
DE LOURDES	1920	15,73	15,36	22,81	7,55	24,32	98,45	1,55	3,02	2	5	28	2,40
DO CABRAL	1623	24,58	9,37	43,07	0,43	30,01	93,30	6,70	3,20	0	4	3	4,28
DO MOSCOSO	795	27,30	11,19	40,88	0,50	29,18	94,98	5,02	3,49	1	1	2	4,52
DO QUADRO	1041	22,09	13,35	40,73	1,06	27,67	98,15	1,85	3,32	3	8	3	3,35
ENSEADA DO SUÁ	1062	17,70	13,56	13,56	17,51	22,79	98,97	1,03	2,86	6	23	293	1,22

ESTRELINHA	2381	25,96	7,85	44,31	0,21	28,73	94,44	5,56	3,36	0	9	9	1,92
FONTE GRANDE	1231	22,26	11,37	46,39	1,22	28,92	93,83	6,17	3,49	1	5	2	4,38
FORTE SÃO JOÃO	1553	23,44	12,36	43,72	1,42	27,69	94,53	5,47	3,33	4	20	103	2,80
FRADINHOS	1756	14,29	18,11	23,46	9,40	26,42	98,21	1,79	3,05	2	5	17	3,79
GOIABEIRAS	2633	16,98	12,80	37,90	1,90	28,03	97,30	2,70	3,01	7	10	105	1,31
GRANDE VITÓRIA	4402	27,01	7,36	41,44	0,25	32,26	94,65	5,35	3,29	3	18	28	3,22
GURIGICA	5997	25,96	8,12	44,99	0,22	30,63	90,77	9,23	3,58	2	11	11	3,64
HORTO	98	13,27	17,35	32,65	2,04	32,65	98,82	1,18	3,63	0	4	18	3,45
ILHA DAS CAIEIRAS	1845	29,11	4,72	42,44	0,11	31,60	95,64	4,36	3,44	3	7	10	2,94
ILHA DE SANTA MARIA	2325	17,51	14,15	41,72	1,20	23,87	96,98	3,02	2,95	6	18	62	1,47
ILHA DO BOI	1111	14,94	21,51	14,22	22,95	28,98	98,20	1,80	3,27	0	1	12	2,98
ILHA DO FRADE	418	14,83	19,38	14,11	34,21	24,40	99,16	0,84	3,60	0	0	9	3,09
ILHA DO PRÍNCIPE	2613	21,51	12,36	44,09	0,04	29,12	96,10	3,90	3,13	2	16	93	2,10
INHANGUETÁ	4154	26,50	7,90	40,68	0,24	32,09	95,64	4,36	3,38	5	19	26	2,87
ITARARÉ	7913	22,01	10,35	41,65	0,35	29,17	95,01	4,99	3,16	5	41	65	2,07
JABOUR	1066	12,38	16,98	23,36	5,44	27,39	97,64	2,36	3,04	1	13	37	1,05
JARDIM CAMBURI	39157	15,94	9,46	15,96	9,06	23,54	99,40	0,60	2,70	41	53	479	1,29
JARDIM DA PENHA	30571	11,97	14,62	16,46	12,01	24,79	99,35	0,65	2,67	20	30	561	1,05
JESUS DE NAZARETH	2565	26,32	6,98	41,72	0,23	33,26	94,76	5,24	3,47	2	5	8	3,66
JOANA D'ARC	2853	21,80	10,09	31,72	1,26	31,90	96,37	3,63	3,21	5	12	29	3,44
JUCUTUQUARA	1515	14,59	19,87	30,43	3,76	22,57	97,68	2,32	2,85	8	10	67	2,23
MARIA ORTIZ	13197	21,87	9,09	41,18	0,78	26,57	95,35	4,65	3,11	3	38	23	1,01
MÁRIO CYPRESTE	1145	17,82	10,48	49,08	0,17	28,82	97,24	2,76	2,97	4	16	38	1,51
MARUÍPE	3859	15,31	15,88	27,73	3,58	24,85	98,56	1,44	2,95	7	6	64	2,40
MATA DA PRAIA	10594	14,90	14,95	9,26	23,62	28,53	99,61	0,39	3,06	8	9	204	1,35
MONTE BELO	1988	18,36	17,10	38,93	1,21	26,31	95,07	4,93	3,12	5	6	41	1,86
MORADA DE CAMBURI	1164	12,89	14,78	20,27	12,46	25,69	99,21	0,79	3,15	1	1	11	1,01
NAZARETH	586	15,70	18,77	28,84	5,29	25,60	98,79	1,21	3,07	1	0	13	2,48

NOVA PALESTINA	6471	29,62	5,69	43,36	0,19	30,88	91,81	8,19	3,48	2	26	6	1,73
PARQUE MOSCOSO	1773	12,92	23,41	22,79	6,09	23,97	98,83	1,17	2,66	1	8	74	1,06
PIEIDADE	323	26,63	9,91	39,32	2,17	30,65	92,41	7,59	3,80	0	1	0	4,58
PONTAL DE CAMBURI	889	15,52	16,31	22,61	4,72	30,71	98,67	1,33	3,18	6	4	35	1,48
PRAIA DO CANTO	15147	12,77	19,59	11,80	24,66	24,02	99,26	0,74	2,69	16	32	360	1,70
PRAIA DO SUÁ	2885	20,45	10,54	33,59	4,71	29,77	96,30	3,70	3,18	4	23	57	2,26
REDENÇÃO	3125	26,53	6,82	44,74	0,03	29,28	92,77	7,23	3,25	3	18	7	2,05
REPÚBLICA	3760	12,93	22,58	27,07	4,92	25,13	99,08	0,92	2,95	6	9	92	1,02
RESISTÊNCIA	6620	27,08	6,54	45,33	0,14	30,38	93,35	6,65	3,34	3	53	26	2,70
ROMÃO	3096	27,36	9,04	43,02	0,48	29,39	92,44	7,56	3,54	1	13	9	3,98
SANTA CECÍLIA	1264	13,61	14,48	21,76	5,85	25,55	98,72	1,28	3,06	0	11	31	3,39
SANTA CLARA	1608	18,10	16,85	29,29	3,61	24,63	97,65	2,35	2,92	4	3	10	4,14
SANTA HELENA	2372	13,95	18,42	10,33	26,69	23,61	99,07	0,93	2,66	4	6	41	1,28
SANTA LÚCIA	4367	12,32	17,17	15,94	13,51	25,44	99,16	0,84	2,79	19	30	166	2,35
SANTA LUÍZA	1245	15,74	12,77	20,00	11,65	27,15	99,24	0,76	2,98	4	8	76	1,09
SANTA MARTHA	8456	22,94	8,92	40,61	0,54	27,07	95,73	4,27	3,08	5	37	33	2,75
SANTA TEREZA	3343	20,79	12,47	29,05	0,93	38,11	96,19	3,81	3,23	1	7	38	3,85
SANTO ANDRÉ	3054	27,77	6,39	46,27	0,07	26,69	93,20	6,80	3,34	1	20	12	1,03
SANTO ANTÔNIO	5947	20,33	13,57	37,48	1,28	29,46	96,77	3,23	3,14	6	41	74	2,11
SANTOS DUMONT	1850	22,00	11,95	44,70	0,54	27,03	95,77	4,23	3,23	2	4	5	3,93
SANTOS REIS	1049	29,36	5,15	46,14	0,10	30,51	94,87	5,13	3,30	1	14	8	4,16
SÃO BENEDITO	2789	29,87	7,67	38,62	0,14	34,85	89,52	10,48	3,53	1	5	1	4,76
SÃO CRISTÓVÃO	4182	18,36	12,17	37,52	1,05	27,52	96,40	3,60	3,12	4	11	61	2,84
SÃO JOSÉ	4480	28,93	6,12	43,26	0,07	28,88	94,22	5,78	3,55	3	49	18	3,37
SÃO PEDRO	4294	25,17	8,27	43,76	0,23	29,09	93,09	6,91	3,32	3	25	30	2,47
SEGURANÇA DO LAR	550	13,45	16,36	34,91	3,09	24,18	98,11	1,89	3,07	0	1	22	1,00
SOLON BORGES	1523	17,14	17,27	35,33	1,77	22,92	98,10	1,90	2,92	1	5	10	1,00
TABUAZEIRO	6496	20,87	10,45	39,25	1,02	27,54	96,44	3,56	3,12	6	19	34	3,99

UNIVERSITÁRIO	918	22,77	6,75	34,53	1,74	26,03	95,20	4,80	3,24	0	1	8	3,72
VILA RUBIM	1430	17,13	16,57	38,81	1,19	27,48	97,22	2,78	3,03	1	35	93	2,60

Tabela 7: Valores das 13 variáveis utilizadas na ACP.