



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA**

LUCIANA SANTIAGO ROCHA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE VULNERABILIDADE
HÍDRICA ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DE
INFORMAÇÕES ESPACIAIS E REGISTROS DE
OCORRÊNCIAS DA DEFESA CIVIL**

Salvador
2013

LUCIANA SANTIAGO ROCHA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE VULNERABILIDADE
HÍDRICA ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DE
INFORMAÇÕES ESPACIAIS E REGISTROS DE
OCORRÊNCIAS DA DEFESA CIVIL**

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, como requisito para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana.

Orientadora: Prof^a. Dra. Vivian de O. Fernandes
Coorientadora: Prof^a. Dra. Patrícia Lustosa Brito

Salvador
2013

R672 Rocha, Luciana Santiago

Mapeamento de áreas de vulnerabilidade hídrica através do processamento de informações espaciais e registros de ocorrências da defesa civil / Luciana Santiago Rocha. – Salvador, 2013.

144 f. :il. color.

Orientadora: Profa. Doutora Vivian de Oliveira Fernandes
Coorientadora: Profa. Doutora Patrícia Lustosa Brito

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2013.

1. Planejamento urbano. 2. Solos – Umidade. 3. Sistema de informações geográficas. I. Fernandes, Vivian de Oliveira. II. Brito, Patrícia Lustosa. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 624.1

LUCIANA SANTIAGO ROCHA

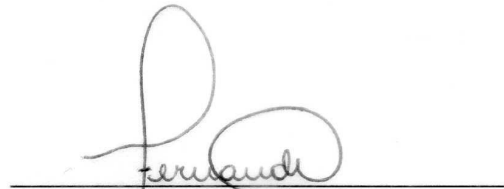
MAPEAMENTO DE ÁREAS DE VULNERABILIDADE HÍDRICA ATRAVÉS
DO PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS E REGISTROS
DE OCORRÊNCIAS DA DEFESA CIVIL

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

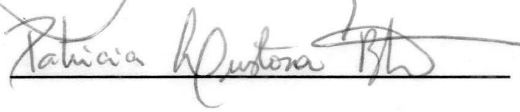
Salvador, 11 de março de 2013

Banca Examinadora:

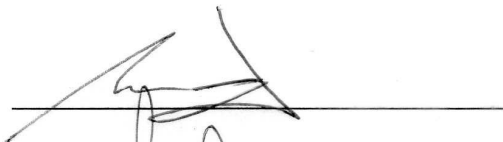
Prof^ª. Dra. Vivian de Oliveira Fernandes
Universidade Federal da Bahia – UFBA



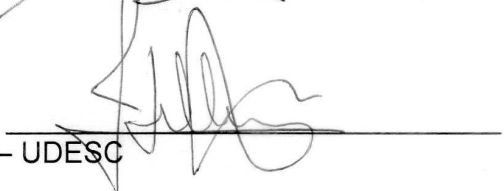
Prof^ª. Dra. Patrícia Lustosa Brito
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof^º. Dr^º. Mauro José Alixandrini Júnior
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof^º. Dr^º. Francisco Henrique de Oliveira
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC



Aos meus pais Álvaro e Zenaide, amores eternos.
As minhas lindas irmãs, flores de minha vida
e a minha avó Derlinda que partiu antes
da concretização deste importante
passo em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser presença constante e fiel na minha vida, por ter me dado forças nesta árdua caminhada da vida acadêmica e por ter me permitido a conclusão de mais uma etapa.

A minha grande família, meus pais e minhas irmãs pelo grande amor e atenção que garantiram minha sustentação e firmeza neste período; minhas avós, tios(as), primos(as) pelo carinho, a corrente de orações e a forte torcida.

Aos amigos de trabalho no Geoprocessamento da Petrobras/BA, Fabíola Andrade, Geovana Paim, Orlando Zaloti, Iuri Carvalho e Waltério Gonçalves pelas dicas e ajudas na reta final desse trabalho, mas ainda assim, bastante valiosas.

Ao grande amigo Ricardo Henrique, que me socorreu nas horas de desespero e me ajudou a revisar a dissertação.

A Moisés, querido Moisa, que não hesitou em me auxiliar nos momentos iniciais da estruturação dos dados para a pesquisa.

A todos aqueles que respeitaram e entenderam e, até mesmo os que não entenderam, minhas ausências e correrias durante a construção desta dissertação.

A Prefeitura Municipal do Salvador, pela cessão dos materiais cartográficos e a equipe da Comissão de Defesa Civil do Salvador, pela disponibilização dos dados e pelas entrevistas concedidas.

Aos parceiros do LABGEO-UFBA (Laboratório de Geomensura Theodoro Sampaio) que compartilharam com as minhas inquietações e que deixaram o início do desenvolvimento desse trabalho mais alegre, de modo especial, agradeço a Elaine e a Lucimary pelas conversas e gargalhadas.

Aos meus colegas e professores do Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana da Universidade Federal da Bahia que me acompanharam e me ajudaram a ser aprovada no mestrado.

Um obrigada muito carinhoso a Antônio Puentes Torres, professor e amigo desde a graduação em Geografia que não mediu esforços para participar de momentos importantes como a banca de defesa do projeto e a banca de qualificação.

Ao professor Francisco Henrique de Oliveira, pela disponibilidade para participar da banca examinadora e para contribuir com sua larga experiência acadêmica.

Ao professor Mauro, que sempre de forma muito atenciosa e com seu vasto conhecimento, apresentou críticas construtivas e deu ricas contribuições.

A Patrícia, que aceitou ser minha coorientadora e pela atenção dedicada à melhoria e evolução deste trabalho.

Finalmente, e de forma mais que especial, a Vivian de Oliveira Fernandes, minha orientadora, amiga e “mãe adotiva” que me ajudou nas definições dos rumos desse trabalho e, principalmente, a superar os momentos difíceis para concluí-lo. Seu apoio e atenção foram imprescindíveis para a construção dessa pesquisa. Os resultados alcançados também são seus!

MUITO OBRIGADA A TODOS!!!

“É graça divina começar bem.
Graça maior é persistir na caminhada certa.
Mas graças das graças é não desistir nunca”
(Dom Helder Câmara)

RESUMO

Os espaços urbanos apresentam carências no planejamento, no controle da ocupação do solo e na infraestrutura que tem acentuado ou mesmo criado áreas de vulnerabilidade hídrica como as sujeitas a alagamentos. Esses eventos são responsáveis por prejuízos tanto sociais quanto econômicos e constituem graves problemas para os cidadãos. Nesses casos, a realização de estudos para essas áreas é de grande importância estando vinculada à necessidade de conhecê-las espacialmente, bem como, de definir novos procedimentos que auxiliem em sua identificação e gestão. O objetivo deste trabalho foi avaliar o procedimento de registros de alagamentos do órgão da defesa civil municipal para poder contribuir com a melhoria desses registros, sugerindo a inserção da informação espacial como um importante elemento para esse órgão. Para o desenvolvimento da pesquisa foram elaborados bancos de dados referentes às notícias de alagamentos divulgadas pelo jornal A Tarde e de dados obtidos junto à Comissão de Defesa Civil de Salvador (CODESAL), realizou-se a identificação das áreas vulneráveis através do modelo digital do terreno, da declividade e da impermeabilização do solo. Posteriormente, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para associação dessas variáveis e elaboração dos mapas temáticos. Como resposta, obteve-se as áreas críticas a vulnerabilidade hídrica e novos recursos, pautados no uso e processamento de dados espaciais, puderam ser indicados para o aprimoramento das ações da defesa civil. Para aplicação do método proposto, foi adotada como recorte espacial a bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu, localizada no município de Salvador no estado da Bahia onde os eventos de alagamentos são recorrentes. Os resultados obtidos indicaram que não há coincidência entre os locais com ocorrências de alagamentos identificados por meio dos dados do A Tarde e da CODESAL e que, a forma de registros de ocorrências desse último órgão estão aquém das necessidades para a realização de análises espaciais e de identificação de áreas que necessitam de intervenção. Através desse indicativo pôde-se apontar a informação espacial como elemento relevante para o planejamento e gestão das áreas de vulnerabilidade hídrica.

Palavras chave: espaço urbano, vulnerabilidade hídrica e sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

The urban spaces have shown lack of planning, land use management and infrastructure that have either increased or created hydric vulnerability areas such as flooded areas. These events are responsible for social and economic damage and they are serious problems for the citizens. In these cases the studies for these areas are very important and they are related to the necessity to know them spatially as well as to determine new procedures that assist in its identification and management. The objective of this study is to evaluate the record procedure of floods that is done by the civil defense office in order to contribute to the improvement of these records by suggesting the insertion of the spatial data as an important component for this office. For the research development, it was created databases related to the flooding news from A Tarde newspaper and data obtained from Comissão de Defesa Civil de Salvador (CODESAL) it was done the recognition of vulnerable áreas using digital terrain model, slope and soil waterproofing. After it was used the Geographic Information System (GIS) to associate these variables and to create thematic maps. As a result, it was obtained the critical areas in relation to hydric vulnerability and new resources could be indicated for the improvement of civil defense office guided on the use and processing of spatial data. To apply the proposed method it was adopted the Pedras/Pituaçu drainage basin located in the city of Salvador city located in Bahia State where floods are recurring events. The results obtained showed that there is no coincidence between the sites with the occurrence of flooding identified by the data from A Tarde Newspaper and CODESAL. The mode of occurrence record from CODESAL is under the necessities to do the spatial analysis and to recognize the areas that need intervention. Through this result it could be indicated the spatial data as a relevant component for planning and management of areas of hydric vulnerability.

Keywords: urban space, hydric vulnerability and Geographic Information System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Esquema genérico do estudo do ambiente urbano	24
Figura 02. S.A.U. - Sistema Ambiental Urbana (SIMPLIFICADO)	26
Figura 03. Ilustração da bacia hidrográfica com seus principais elementos	27
Figura 04. Consequências da urbanização sobre o ciclo hidrológico	28
Figura 05. Taxa de infiltração relacionada com a pavimentação do solo	29
Figura 06. Organograma da SINPDEC	36
Figura 07. Organograma da Codesal	38
Figura 08. Componentes de um SIG	41
Figura 09. Elementos geométricos da estrutura vetor e <i>raster</i>	43
Figura 10. Diferenças entre a estrutura vetor e a estrutura <i>raster</i>	44
Figura 11. Componentes de um banco de dados	47
Figura 12. BDG na arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas	48
Figura 13. Arquiteturas para SGBDs: Dual e Integrada	49
Figura 14. Representação do Modelo Hierárquico	52
Figura 15. Representação do Modelo de Redes.....	52
Figura 16. Representação do Modelo Relacional.....	52
Figura 17. Representação do modelo de dados entidade-relacionamento	53
Figura 18. O espectro eletromagnético e a energia da luz visível	58
Figura 19. Imagens de diferentes resoluções espaciais para discriminar áreas urbanas	59
Figura 20. Espectro Eletromagnético (A) e resolução espectral (B)	59
Figura 21. Diferença de resolução radiométrica em área urbana	61
Figura 22. Tipos de procedimentos e técnicas para classificação de imagens ...	60
Figura 23. Representação do processo de interpolação por estimador kernel ...	66
Figura 24. Localização da Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu na cidade do Salvador-BA	69
Figura 25. Bairros localizados na Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu	70
Figura 26. Sistema de Drenagem da Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu	71
Figura 27. Mata do Cascão	74
Figura 28. Parque de Pituaçu	74
Figura 29. Vista aérea parcial da bacia hidrográfica urbana de Pedras/Pituaçu..	74

Figura 30. Alagamento em rua do bairro de Sussuarana	78
Figura 31. Visão aérea de parte do CAB	79
Figura 32. Uma das vias que circundam o CAB	79
Figura 33. Vista aérea parcial do bairro do Imbuí e da Avenida Paralela.....	80
Figura 34. Alagamento no acesso a condomínio.....	81
Figura 35. Área da Vila Imbuí alagada	81
Figura 36. Casas do bairro alagadas	81
Figura 37. Alagamento em via pública	81
Figura 38. Vista da área verde do Parque de Pituáçu	82
Figura 39. Fluxograma do desenvolvimento da metodologia	87
Figura 40. Esquemas dos procedimentos metodológicos	88
Figura 41. Distribuição espacial das ocorrências divulgadas pelo A Tarde	90
Figura 42. Etapas para realização da classificação	95
Figura 43. MDT e declividade da bacia hidrográfica de Pedras/Pituáçu.....	97
Figura 44. Concentração das ocorrências de alagamentos no município de Salvador de 1997 a 2010	100
Figura 45. Distribuição das ocorrências divulgadas pela Codesal	101
Figura 46. Intensidade das ocorrências de alagamentos registradas pela Codesal por logradouro	103
Figura 47. Mapa resultante da sobreposição dos dados do A Tarde e da Codesal	104
Figura 48. Mapa com as ocorrências de alagamentos da Codesal e a indicação das principais vias rodoviárias de Salvador	106
Figura 49. Mapa da bacia de Pedras/Pituáçu sob imagens de satélite	107
Figura 50. Mapa da classificação das imagens	106
Figura 51. Áreas das classes em porcentagens, obtidas através da análise visual das imagens Quikbird de 2010	107
Figura 52. Mapa da classificação das áreas permeáveis e impermeáveis.....	111
Figura 53. Áreas totais em porcentagem das classes permeável e impermeável obtidas através da análise visual das imagens Quikbird de 2010	112
Figura 54. Mapa com indicação dos locais escolhidos para avaliação da classificação em campo	113

Figura 55. Áreas vulneráveis identificadas a partir da associação com a classificação das áreas quanto a permeabilidade	115
Figura 56. Áreas vulneráveis identificadas a partir da associação do MDT com a declividade	116
Figura 57. Mapa com ocorrências de alagamentos associadas à classificação de áreas permeáveis e impermeáveis	117
Figura 58. Mapa com ocorrências de alagamentos associadas ao MDT	118
Figura 59. MDT visualizado através do Envi	119
Figura 60. Edificações e avenida na bacia	119
Figura 61. Mapa das áreas de vulnerabilidade hídrica e com ocorrências de alagamentos.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Demonstração do arquivo fornecido pela Codesal, com os registros de alagamentos.....	84
Quadro 2. Organização e tabulação dos dados fornecidos pela Codesal.....	91
Quadro 3. Dados da Codesal acrescidos de novos campos.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes e amostras nas imagens	96
Tabela 2. Porcentagem dos valores encontrados para as classes durante a validação da classificação visual através de verificação em campo	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental
BD - Bancos de Dados
BDG - Banco de Dados Geográficos
CAB - Centro Administrativo da Bahia
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEPDEC - Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil
CODESAL - Comissão de Defesa Civil do Salvador
COMPDEC - Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil
CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CORPDEC - Coordenadorias Regionais de Proteção Defesa Civil
EMBASA - Empresa Baiana de Águas e Saneamento
GNSS - Global Navigation Satellite Systems
GPS - Global Positioning System
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIMPURB - Empresa de Limpeza Urbana do Salvador
MDT - Modelo Digital do Terreno
PDA's - *Personal digital assistants*
PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
REM - Radiação eletromagnética
RMS – (*Root Mean Square*)
SAD 69 - South American Datum
SAU - Sistema Ambiental Urbano
SEDEC - Secretaria Nacional de Defesa Civil
SEGOV - Secretaria Municipal de Governo
SEHAB - Secretaria Municipal da Habitação
SEMADE - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Defesa Civil
SEMIN - Secretaria Municipal do Saneamento, Habitação e Infraestrutura Urbana

SETIN - Secretaria Municipal dos Transportes Urbanos e Infraestrutura

SGBD - Sistemas de Gerência de Banco de Dados

SICAD - Sistema Cartográfico e Cadastral do Município do Salvador

SICAR - Sistema Cartográfico da Região Metropolitana de Salvador

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SR - Sensoriamento Remoto

UTM - Universal Transverse Mercator

WGS84 - World Geodetic System 1984

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Considerações iniciais	20
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo Geral.....	22
1.2.2 Objetivos Específicos	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 Ambiente urbano	24
2.2 Bacias hidrográficas urbanas	26
2.2.1 Impermeabilização em bacias hidrográficas	28
2.3 Vulnerabilidade hídrica	30
2.4 Defesa Civil	32
2.4.1 Breve histórico	32
2.4.2 Evolução da Doutrina de Defesa Civil.....	34
2.4.3 Defesa Civil no Brasil.....	35
2.4.4 Defesa Civil em Salvador.....	37
2.5 Instrumentos de apoio às análises ambientais urbanas	39
2.5.1 Sistemas de Informações Geográficas	39
2.5.1.1 Princípios de SIG.....	39
2.5.1.2 Componentes de um Sistema de Informação Geográfica	40
2.5.1.3 Dados geográficos e suas estruturas vetorial e matricial.....	42
2.5.1.4 SIG em análises ambientais e urbanas	44
2.5.2 Banco de Dados Geográficos	46
2.5.2.1 Princípios de Banco de Dados	47

2.5.2.2 Banco de Dados Geográficos.....	48
2.5.2.3 Modelos de Dados.....	50
2.5.2.4 Modelagem de Dados Geográficos	54
2.5.3 Sensoriamento Remoto	57
2.5.3.1 Princípios de Sensoriamento Remoto	57
2.5.3.2 Classificação de imagens de satélite.....	60
2.5.3.3 Sensoriamento Remoto em análises ambientais e urbanas.....	62
2.5.4 Métodos de Análises Espaciais	63
2.5.4.1 Abordagem Conceitual	63
2.5.4.2 Análise de Processos Pontuais	65
2.5.4.3 Estimador de intensidade (“Kernel Estimation”)	66
3. ÁREA DE ESTUDO	68
3.1 Aspectos geocológicos	73
3.2 Organização espacial e expansão urbana na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu	75
4. MATERIAIS E MÉTODO	84
4.1 Materiais	84
4.1.1 Base cartográfica.....	84
4.1.2 Dados alfanuméricos	84
4.1.3 Imagens de satélite.....	86
4.1.4 Programas computacionais	86
4.1.5 Entrevistas	86
4.2. Método	86
4.2.1 Procedimentos metodológicos.....	89
4.2.1.1 Processamento dos dados alfanuméricos	90
4.2.1.1.1 Dados do Jornal A Tarde	90
4.2.1.1.2 Dados da Codesal.....	92

4.2.1.2 Processamento e classificação digital das imagens raster e elaboração do Modelo Digital do Terreno e da Declividade	95
4.2.1.2.1 Processamento e classificação das imagens raster.....	95
4.2.1.2.2 Elaboração do Modelo Digital do Terreno da Declividade	97
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	100
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	127
REFERÊNCIAS.....	130
ANEXOS	136
ANEXO A. Ficha de vistoria da Codesal	137
ANEXO B. Relatório de vistoria da Codesal.....	137
ANEXO C. Reportagens do A Tarde referentes a alagamentos em Salvador ...	138
Alagamento afeta trânsito na Calçada	139
Chuva deixa avenida Vasco da Gama alagada.....	139
Chuva alaga ruas de Salvador	139
Chuva provoca alagamento em vários bairros da cidade.....	140
ANEXO D. Ilustrações retiradas do site https://pontosdealagamento.crowdmap.com/ que indicam o mapa da cidade de São Paulo com pontos de alagamentos.....	141
APÊNDICES	140
APÊNDICE A. Associação do Modelo Digital do Terreno com a classificação das áreas quanto à permeabilidade gerada no Envi 4.7	141
APÊNDICE B. Associação do Modelo Digital do Terreno à declividade gerada no Envi 4.7	142

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Centro de moradia de grande parte da população mundial, os espaços urbanos apresentam carências no seu planejamento e no controle da ocupação do solo, que associados à implantação de infraestrutura inadequada, tem levado a uma degradação contínua de seus ambientes naturais e, por vezes, acentuado ou mesmo criado áreas de vulnerabilidade hídrica.

Conforme Tucci (1997), com o desenvolvimento urbano, o que se configurava em cobertura vegetal foi substituída por pavimentos impermeáveis como telhados, calçadas, ruas asfaltadas e lajes. Esse conjunto de elementos altera significativamente o ciclo hidrológico natural e levam as seguintes mudanças nesse ciclo: redução da infiltração, do escoamento subterrâneo e da evapotranspiração da água, e aumento do seu escoamento superficial o que vai favorecer a ocorrência de alagamentos.

Aliadas às questões mencionadas, as obras e projetos de infraestrutura urbana inadequada; a disposição irregular dos resíduos sólidos, que pode levar à obstrução de bueiros e a interferência física no sistema de drenagem natural por meio de obras de canalização fechada de rios, tem contribuído de forma decisiva para a ampliação dos impactos ambientais urbanos como os alagamentos. Esses eventos tornaram-se um problema bastante recorrente no cotidiano das famílias brasileiras, pois atacam à integridade urbana, sendo percebidos pelos transtornos na circulação de transportes, na comunicação, nas atividades e nos serviços, pelos problemas sanitários, pelas perdas e danos econômicos e sociais, dentre muitos outros.

Observando este contexto, revela-se a necessidade premente de se elaborar estudos e identificar novos recursos e ferramentas que possam ser incorporados para otimizar a identificação e gestão locais sujeitos a alagamentos.

Dessa forma, esta pesquisa se propõe a avaliar o procedimento de registros de alagamentos do órgão da defesa civil municipal e contribuir com a melhoria desses registros através da inserção da informação espacial como um

importante elemento para esse órgão. Ela foi conduzida buscando responder os seguintes questionamentos: Existe relação entre as áreas de ocorrências de alagamento divulgadas pela mídia com as ocorrências registradas pelo órgão da defesa civil do município? Há relação entre as áreas de vulnerabilidade hídrica com aquelas com ocorrências registradas pela defesa civil? Em que medida o uso de dados espaciais pode aprimorar as ações da defesa civil?

Vale destacar que a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) utiliza quatro definições para eventos relacionados a fenômenos e processos de natureza hídrica, que são: inundação, enchente, enxurrada e alagamento. Considerando, que o termo alagamento é o adotado em todos os registros de eventos hídricos fornecidos pela Defesa Civil de Salvador, uma das principais fonte de dados desse trabalho, e que esses eventos, ainda que tenham consequências diferentes, estão ligados ao acúmulo de água na superfície, esse termo foi a adotado para esta pesquisa.

Como recorte espacial selecionou-se uma área no município de Salvador: a Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu que foi escolhida após prévia análise, que revelou nesta região uma das áreas críticas do município, com grande quantidade de registros de alagamentos. Além disso, esta bacia foi local de estudo em outros trabalhos acadêmicos da autora dessa dissertação. Associada a estas questões, entende-se que a bacia hidrográfica é uma importante unidade de análise que foi adotada nas diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (Lei 12.608/2012) como unidade para ações de prevenções de desastres relacionados a eventos hídricos.

Visando o melhor entendimento e organização estrutural, esta dissertação está dividida em 06 capítulos:

- Capítulo 1 - Introdução, faz referência à problemática, à proposta do trabalho, à justificativa, remete a importância da elaboração de estudos como esse para a ciência e, por fim, apresenta os objetivos geral e específicos.
- Capítulo 2 - Fundamentação teórica, este capítulo fundamenta teoricamente a pesquisa, trabalhando com conceitos sobre ambiente urbano, bacias hidrográficas urbanas e vulnerabilidade hídrica, através de considerações de autores que produziram estudos relacionados aos

temas e aborda os princípios e aplicações de algumas geotecnologias como: os sistemas de informações geográficas, os banco de dados geográficos, o sensoriamento remoto e os métodos de análise espacial.

➤ Capítulo 3 - Área de estudo, apresenta a localização geográfica da Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu, seus aspectos geoecológicos e o processo de organização espacial e expansão urbana dos bairros que estão situados em seu perímetro.

➤ Capítulo 4 - Materiais e Métodos, descreve o material cartográfico utilizado, os dados alfanuméricos e imagens de satélite, bem como, os *softwares* e equipamentos que serviram de apoio no desenvolvimento das análises. Em métodos são descritos os procedimentos adotados, a geração do banco de dados e o processamento digital das imagens de satélite e geração do modelo digital do terreno.

➤ Capítulo 5 – Resultados e discussões, apresenta os resultados alcançados pelos objetivos traçados para a pesquisa

➤ Capítulo 6 - Conclusões e recomendações, são descritas as conclusões da pesquisa e apresentadas as recomendações para futuros trabalhos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Contribuir com a melhoria dos procedimentos de registros e atendimento a áreas de vulnerabilidade hídrica, realizados pelo órgão de defesa civil do município, por meio de processamento de informações espaciais.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Mapear os locais com ocorrências de alagamento divulgadas pela mídia e os locais com ocorrências registradas pelo órgão da defesa civil do município;

- b) Mapear as áreas de vulnerabilidade hídrica através de fatores urbano-ambientais identificados por meio do uso do sensoriamento remoto e do modelo digital de terreno;
- c) Comparar as áreas com ocorrências de alagamentos registradas pelo órgão da defesa civil do município com aquelas identificadas através dos fatores urbano-ambientais;
- d) Construir uma proposta para os registros de ocorrências da defesa civil, baseada no uso de dados espaciais e de geotecnologias.

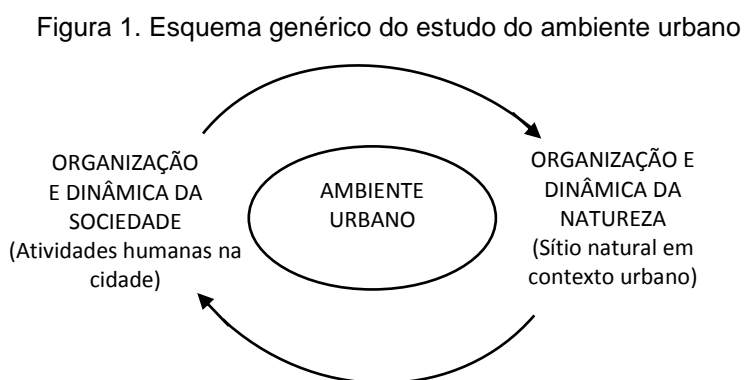
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para obtenção da fundamentação teórica foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos principais temas que estão relacionados com essa investigação. Foram eles: ambiente urbano, enfocando as alterações e consequências da urbanização em bacias hidrográficas, vulnerabilidade hídrica, defesa civil e sobre as geotecnologias (o sensoriamento remoto, os sistemas de informações geográficas, os banco de dados geográficos e os métodos de análises espaciais) aplicadas às análises ambientais urbanas

2.1 Ambiente urbano

Com a urbanização o ser humano transformou ambientes naturais criando outros, em uma complexa teia de obras para atender todas as suas necessidades como ser social.

Dessa forma, a cidade pode ser compreendida como produto da interação entre as dimensões sociais e naturais. Segundo Mendonça (2001), o estudo da cidade sob um ponto de vista mais holístico é recente e pode ser representado de acordo com o esquema na Figura 1.



Fonte: Adaptado de Mendonça (2001)

Para esse autor é preciso estudar a cidade sob uma perspectiva que rompa com a clássica visão resultante da forma positivista de separação dos campos do conhecimento (MENDONÇA, 2004). Assim, a abordagem integrada

entre natureza e sociedade é imprescindível já que este espaço é produto da inter-relação entre esses agentes.

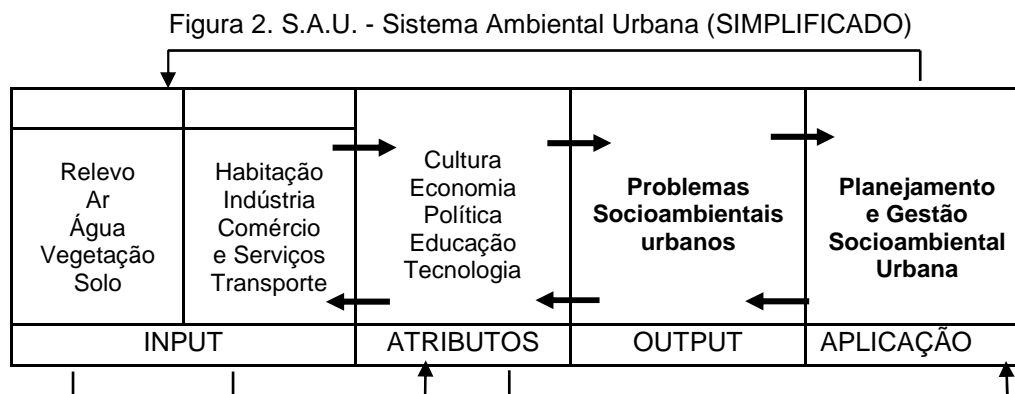
Moreira (1999) realizou um trabalho onde discute as definições de ambiente urbano a partir de diferentes perspectivas e por fim, com base na contribuição de biólogos, paisagistas e urbanistas, o conceitua como relação do homem com o espaço construído e com a natureza, marcado por aglomerações de população e atividades humanas e pela apropriação e fruição (utilização e ocupação) do espaço construído e dos recursos naturais.

Para Braga e Carvalho (2003), o “meio ambiente urbano” refere-se, ao ambiente natural que foi transformado e vem desaparecendo das cidades “sobrepajado pelas formas concretas de ocupação do território (rios canalizados, solo impermeabilizado, etc.)”.

A tomada da consciência dos riscos e da degradação ambiental nos centros urbanos deve-se a importância de sua caracterização como locais de concentração e moradia da maior parte da população. Nesse quadro, se insere vários países bem como o Brasil, onde o crescimento das áreas urbanas ocorreu de forma contínua e acelerada levando, por vezes, a um baixo padrão de qualidade ambiental que vem se reproduzindo ao longo do tempo (BRAGA E CARVALHO, 2003).

Segundo Mota (1999) e Mendonça (2004), a cidade deve ser entendida como um sistema aberto que funciona de forma dependente de outras partes do ambiente geral. Ele troca matérias e energias com outros ambientes para atender às necessidades do homem, resultando na produção de resíduos que são lançados no ambiente, gerando, por vezes, problemas socioambientais.

Baseado em diversos trabalhos e tendo como base a perspectiva sistêmica, Mendonça (2004) lança uma proposta denominada Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.) (Figura 2), onde constam três subsistemas: o natural, o construído e o social. Os primeiros representam o *input* do S.A.U. e o último oferece a dinâmica através das relações humanas. Os problemas socioambientais urbanos aparecem como o *output*, ou seja, os resultados dessa integração que, por sua vez, devem ser administrados com propostas para sua solução.



Fonte: Adaptado de Mendonça (2004)

O sistema ambiental urbano tem características e funcionamento diferentes dos outros sistemas ecológicos, pois nele a ação do homem é predominante, provocando mudanças intensas e rápidas. Compete ao homem procurar adequar o processo de urbanização às características do ambiente, de modo que os efeitos negativos sejam mínimos.

O planejamento e a gestão socioambiental urbana surgem então como forma de ordenar a apropriação do espaço dentro dos limites capazes para manter sua qualidade (MOTA, 1999).

Na cidade, portanto, encontram-se os maiores custos sociais e ecológicos de um novo estilo de desenvolvimento que tem levado a uma ampliação dos problemas socioambientais urbanos. Dessa forma, a intensificação das preocupações com esses ambientes deve ser cada vez mais crescente e demandam o aprofundamento das reflexões acerca da abordagem interdisciplinar, bem como para a proposição de ações visando à melhoria da gestão ambiental urbana.

2.2 Bacias hidrográficas urbanas

A bacia hidrográfica é definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial (Figura 3), funcionando como um sistema aberto, em que cada um dos elementos, matérias e energias apresentam uma função própria e estão estruturados entre si (BRAGA E CARVALHO, 2003).

Figura 3. Ilustração da bacia hidrográfica com seus principais elementos



Fonte: <http://geoconceicao.blogspot.com.br/>

De acordo com Cunha e Guerra (1996) essa unidade ambiental integra uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas e constitui, portanto, um importante elemento onde é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as “respostas” do ambiente natural as suas alterações.

As bacias urbanas apresentam especificidades em relação às não urbanizadas, porque nelas as alterações ocorrem em níveis mais acentuados. Assim, sua utilização como unidade de análise vem se tornando comum quando se deseja observar o comportamento do ponto de vista ambiental e também urbano.

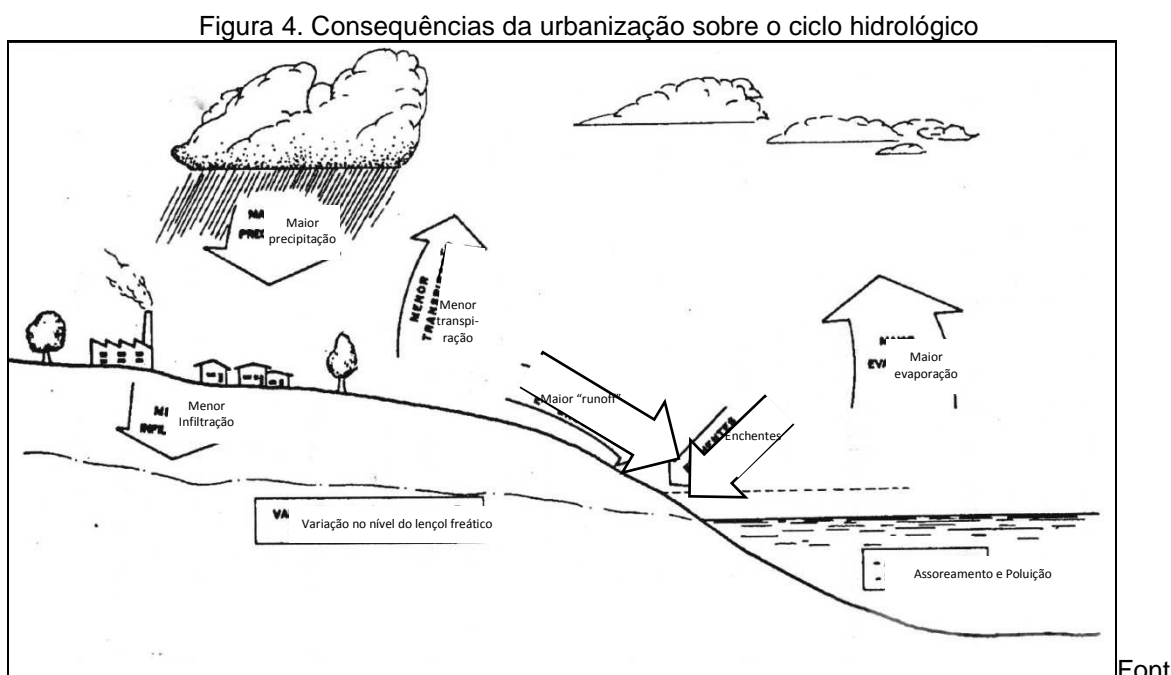
Quando se observa o comportamento de uma bacia hidrográfica é possível estabelecer tanto a causa quanto o efeito revertido do ambiente. O fator causa-efeito pode ser facilmente percebido quando se observa, por exemplo, o comportamento da drenagem urbana.

Em áreas urbanizadas, um dos fatores mais notáveis da modificação no comportamento hidrológico é a contribuição das áreas impermeáveis, através das edificações e da pavimentação das vias de circulação que acarretam um aumento no escoamento superficial da água da chuva, favorecendo a ocorrência de eventos relacionados ao acúmulo de água.

2.2.1 Impermeabilização em bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica apresenta um determinado comportamento de drenagem das águas da chuva. Quando esta região possui uma intensa ocupação urbana e grande impermeabilização, a absorção de água pelo solo é dificultada.

Com a substituição da cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis, como telhados, calçadas, ruas asfaltadas e lajes, o ciclo hidrológico natural é alterado significativamente levando as seguintes alterações no referido processo: redução da infiltração, do escoamento subterrâneo e da evapotranspiração e, aumento do escoamento superficial (TUCCI, 1995), que podem ser identificadas na Figura 4.



e: Mota (1999)

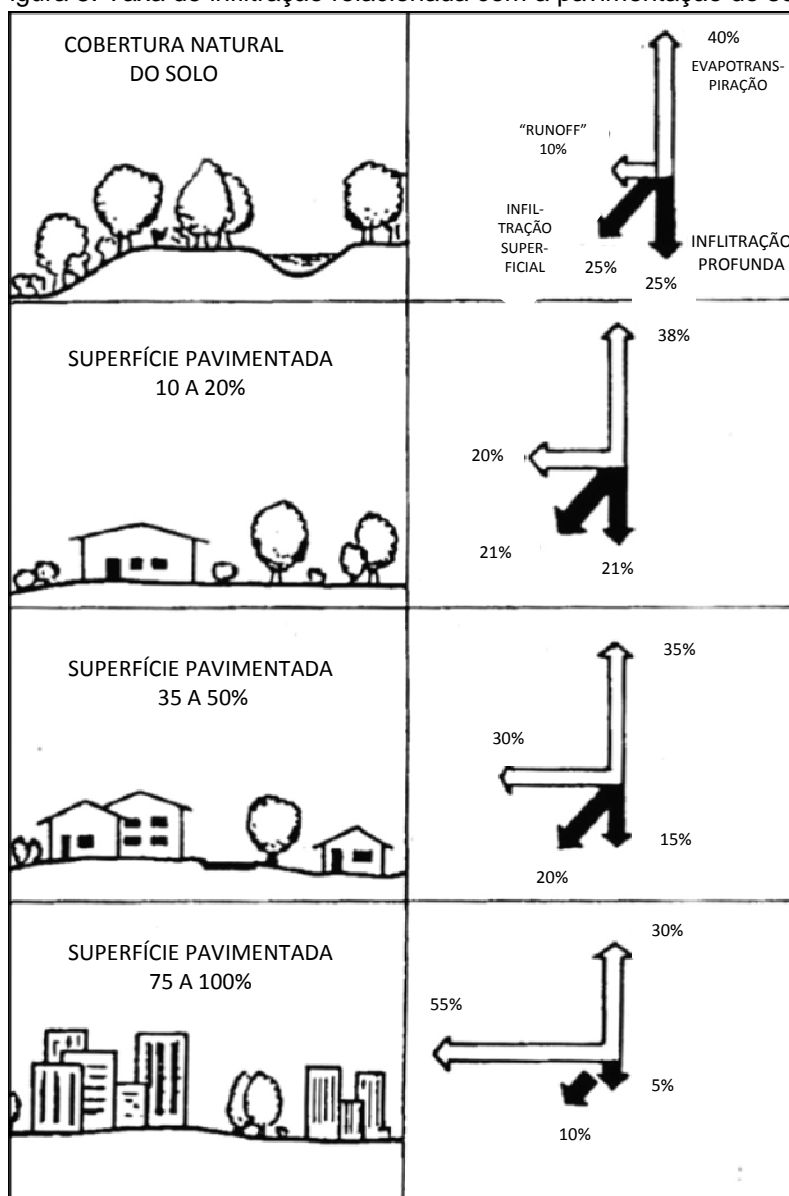
Com as significativas mudanças que a impermeabilização do solo promove no escoamento superficial das águas pluviais, quando esta chega à superfície terrestre e encontra características de uso e ocupação alteradas em relação às condições naturais, tem maior dificuldade de infiltrar no solo.

A Figura 5 apresenta a relação entre a taxa de infiltração de água no solo com o índice de pavimentação da superfície. É possível inferir que quanto mais intensa for a pavimentação, menor será a infiltração e maior será o "runoff", ou

seja, o escoamento superficial cuja intensificação levará ao aumento de casos de inundações e enchentes.

Aliada à redução de espaços verdes, em detrimento das áreas impermeáveis, existem outros fatores que também auxiliam no processo e favorecem a ocorrência dos eventos de alagamento e inundações, tais como: obras e projetos de infraestrutura inadequados; disposição irregular dos resíduos sólidos, que pode levar à obstrução de bueiros; interferência física no sistema de drenagem natural por meio de obras de canalização fechada de rios e ocupação intensa e inadequada do solo.

Figura 5. Taxa de infiltração relacionada com a pavimentação do solo



Fonte: Mota (1999)

Nesse contexto, pode-se compreender que os alagamentos não são apenas decorrências de fortes chuvas, mas possuem a contribuição da localização, dimensionamento e manutenção de infraestruturas que se tornam sobrecarregadas ou do uso inadequado do solo quando em áreas naturalmente alagadiças são ocupadas não apenas por habitações irregulares, mas também pelas decisões equivocadas das administrações públicas. As consequências do alto índice de impermeabilização e urbanização nas bacias hidrográficas são imensas, de modo especial, quando esses se localizam nos vales e à jusante da bacia.

Vale ressaltar, no entanto, que no presente trabalho não se está lastimando a perda do espaço natural em detrimento de novos usos, mas chamando atenção para as transformações mal planejadas desses espaços que pode se configurar numa armadilha para o desenvolvimento e uso do espaço urbano, causando sérios prejuízos para seus habitantes.

O que se percebe na atualidade é que os rios que ora proporcionaram condições para o surgimento da cidade, estão sendo negligenciados e uma nova relação não harmônica está se estabelecendo e repercutindo de forma negativa sobre a vida dos cidadãos.

2.3 Vulnerabilidade hídrica

O conceito de vulnerabilidade abrange distintos fatores e processos que refletem a susceptibilidade, a predisposição e as condições que favorecem ou facilitam que aconteça uma perda ou desastre frente a uma ameaça. Ela varia de acordo com o tempo, a localização geográfica, as condições sociais, econômicas, infraestruturais e ambientais de cada lugar.

Esse termo tem sido definido por distintos autores a partir de diferentes acepções e seu significado não é consenso em estudos sobre o tema o que dificulta a comparação dos resultados de trabalhos semelhantes. Cutter (1996, apud Hogan *et al.*) realizou uma revisão do termo e propôs a seguinte categorização: vulnerabilidade como condição pré-existente, vulnerabilidade como resposta moderada e vulnerabilidade como risco do lugar. Esta última é a que mais se aproxima do entendimento adotado neste trabalho.

Para Marandola Jr. e Hogan (2005), entender o termo vulnerabilidade nas diversas abordagens científicas é algo que não pode ser realizado sem considerar, ao mesmo tempo, o conceito de risco. Segundo estes autores, zonas perigosas referem-se a áreas costeiras, zonas sísmicas, planícies inundáveis com grau de perdas (de vida e propriedade) associado à ocorrência de um evento particular (inundação, furacão, terremoto).

De acordo com Santos (2007), o meio torna-se vulnerável quando uma mudança ocorrida nele provoca também uma modificação na configuração espacial da paisagem. Isto significa dizer que há uma resposta do próprio meio para cada alteração sofrida, podendo ocorrer um rearranjo destes mesmos componentes, resultando em uma situação diferente da anterior.

Observa-se ainda que esse conceito está ligado a outros, como exposição a pressões, impacto ambiental, sensibilidade do sistema ecológico e suscetibilidade. Na definição da Organização das Nações Unidas, que foi adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007), existe a seguinte diferenciação:

- Vulnerabilidade: grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
- Suscetibilidade: indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
- Risco: relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.
- Área de risco: área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Sobre a vulnerabilidade hídrica é possível afirmar que ela caracteriza-se como uma das mais típicas no Brasil e na cidade do Salvador, estando associada a locais sujeitos a alagamentos, inundações e enxurradas. Nesses locais os eventos hídricos mencionados acabam gerando grandes azares e prejuízos, pois fatores como a impermeabilização, a disposição inadequada de lixo e a ocupação urbana em áreas inadequadas, acabam dificultando o escoamento superficial da água.

Considerando o exposto, compreende-se que para analisar a vulnerabilidade hídrica deve-se tomar como pressuposto o fato de que há uma intrínseca relação entre os condicionantes ambientais de um determinado espaço geográfico, que irão determinar a vulnerabilidade hídrica local da sociedade ali instituída, cujas condições de vida, estrutura institucional, econômica e política irão, em conjunto, determinar o uso e/ou desuso das águas, evidenciando o caráter socioambiental desta questão.

2.4 Defesa Civil

2.4.1 Breve histórico

O termo “defesa civil” foi utilizado pela primeira vez na Inglaterra no início da Segunda Grande Guerra. A Defesa Civil como ação organizada surgiu com a finalidade de promover a defesa passiva das populações civis submetidas aos bombardeios. As ações consistiam na organização de equipes que mantinham a vigilância dos céus com o auxílio dos recém desenvolvidos sistemas de radar, sistemas de comunicação que alertavam não somente as forças de defesa antiaéreas, mas também as populações alvo. O sistema de alerta, como um todo, funcionava de maneira harmônica e coordenada graças a um constante treinamento das equipes e um programa de educação voltado para a população, visando minimizar ao máximo as perdas e danos frente aos ataques aéreos.

No Brasil, a origem da Defesa Civil está ligada à participação do país na Segunda Guerra Mundial e ao evento de afundamento de navios na costa nacional que vitimou várias pessoas. Após esses fatos, o Governo Federal Brasileiro, em 1942, criou o primeiro esboço de Defesa Civil, estabeleceu o

Serviço de Defesa Passiva Antiaérea e criou a obrigatoriedade do ensino da defesa passiva em todos os estabelecimentos de ensino, oficiais ou particulares, existentes no país (BRASIL, 2012).

O pós-guerra marcou, com a Constituinte de 1946, o conceito de proteção da população através da previsão orçamentária de recursos para financiar medidas contra os efeitos de secas e inundações, já recorrentes então no cenário nacional.

Até 1966, praticamente todas as iniciativas de cunho legislativo no tocante a proteção/defesa civil, limitavam-se a assistir vítimas das secas na região nordeste. Com as grandes chuvas ocorridas no verão daquele ano, que trouxeram para aquela região enormes danos e prejuízos, o quadro começou a mudar.

Naquele ano e no seguinte, fortes chuvas assolaram o Estado da Guanabara. Milhares de pessoas foram atingidas, vidas perdidas e bens arrasados num dilúvio que pegou a região metropolitana do Estado, até pouco tempo capital do país, totalmente desaparelhado para gerenciar o caos que se instalou. Os serviços básicos ficaram seriamente comprometidos. Abastecimento de água potável, energia, transporte, socorro às vítimas dentre outros, entraram em colapso (BRASIL, 2012).

Não havia então uma estrutura que realizasse a mobilização e articulação de recursos de maneira que se pudesse lançar mão destes de maneira racional, otimizando o enfrentamento da situação instalada. Recursos disponíveis ficaram ociosos a despeito da enorme demanda. Não havia uma coordenação que conhecesse as demandas e tivesse informações acerca dos meios disponíveis, bem como o poder de mobilizá-lo e articulá-los.

Assim, foi criado através do Decreto Estadual nº. 722 de 18 de novembro de 1966 o primeiro Plano Diretor, Sistema e Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Estas foram as primeiras estruturas formais de Defesa Civil no país.

Atualmente, a Defesa civil no Brasil está incluída no Ministério da Integração Nacional e ela é acionada no momento em que ocorre algum desastre que necessita de intervenção imediata.

2.4.2 Evolução da Doutrina de Defesa Civil

O conceito de segurança global da população caracteriza a redução dos desastres como um importante objetivo nacional (Castro, 1999). Internacionalmente a redução dos desastres abrange os seguintes aspectos globais:

- a) Prevenção de desastres;
- b) Preparação para emergências e desastres;
- c) Resposta aos desastres e
- d) Reconstrução

Da análise deste contexto, ainda segundo Castro (1999), pode-se relacionar interativamente o desenvolvimento sustentado e responsável, a proteção ambiental e a redução dos desastres como o bem-estar social da população. Uma observação importante é que a caracterização da intensidade dos desastres depende muito mais do grau de vulnerabilidade dos cenários dos desastres e das comunidades afetadas do que da magnitude dos eventos adversos.

Um terremoto de mesma magnitude pode causar danos e prejuízos devastadores no Haiti, enquanto que em Tóquio apenas transtornos. É evidente que a diferença é fruto do grau de desenvolvimento da sociedade, alicerçada na percepção de risco da população e na tomada de providências por parte dos governos, adaptando o meio às necessidades de prover a segurança da população.

Como os países desenvolvidos detêm maior conhecimento e tecnologia, eles são mais resilientes aos desastres. Já os países em desenvolvimento, por terem questões ligadas à deficiência em saneamento básico, ocupação, uso e impermeabilização do solo, ordenamento urbano, educação ambiental, dentre outros problemas, encontram-se mais vulneráveis aos adversos e desastres.

Hodiernamente, os conceitos de desastre evoluíram com a percepção de que a interferência do homem fragiliza os compartimentos que habita, principalmente quando não há políticas eficazes para o ordenamento nos grandes centros urbanos.

2.4.3 Defesa Civil no Brasil

Recentemente, no ano de 2012, o governo brasileiro aprovou uma nova política para a defesa civil no país, que inova por tratar de forma direta sobre a questão da proteção.

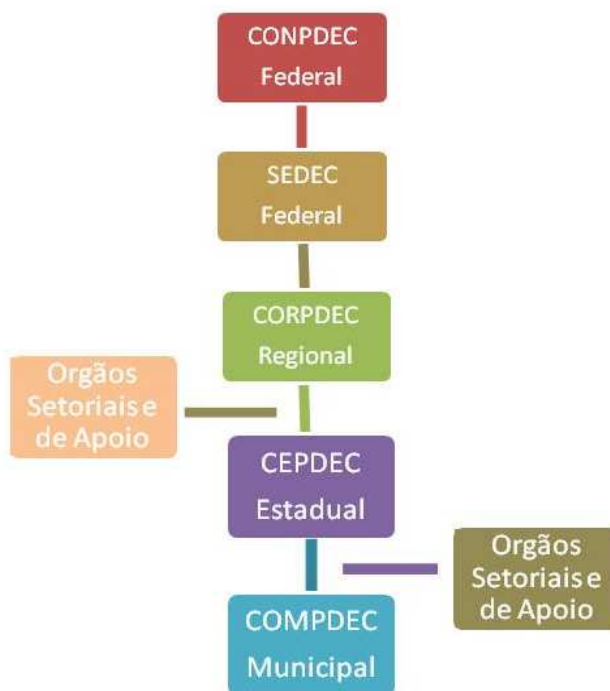
A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil nº 12.608, de 11 de abril de 2012, orienta que o gerenciamento de riscos e de desastres deve ser focado nas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação e demais políticas setoriais, como propósito de garantir a promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012). Essa lei trouxe algumas inovações como:

- Integração das políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável;
- Elaboração e implantação dos Planos de Proteção e Defesa Civil nos três níveis de governo, estabelecendo metas de curto, médio e longo prazo;
- Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres;
- Profissionalização e a qualificação, em caráter permanente, dos agentes de proteção e defesa;
- Cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; e
- Inclusão nos currículos do ensino fundamental e médio dos princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental, entre outras.

Os objetivos específicos se constituem na defesa permanente contra os desastres, prevenir e minimizar danos, socorrer e assistir populações atingidas, reabilitando-as e recuperando áreas atingidas por desastres, atuar na iminência ou em situações de desastres, além de promover a articulação e coordenação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

O SINPDEC está estruturado nos três níveis governamentais conforme ilustrado na Figura 06 apresentada a seguir.

Figura 06. Organograma da SINPDEC



Fonte: Elaborado pela autora (2013)

Órgão Superior: Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) - Órgão colegiado integrante do Ministério da Integração Nacional, cabendo-lhe, dentre outras atribuições, propor normas para implementação e execução da PNPDEC, bem como acompanhar o cumprimento das disposições legais e regulamentares de proteção e defesa civil.

Órgão Central: Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) - Cabe-lhe coordenar as ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional em parceria com os entes em nível estadual e municipal.

Órgãos Regionais: Coordenadorias Regionais de Proteção Defesa Civil (CORPDEC) - Representadas nas cinco macrorregiões do Brasil, são responsáveis pela articulação e coordenação do SINPDEC em nível regional.

Órgãos Estaduais: Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEPDEC) - É responsável por capacitar recursos humanos, principalmente no âmbito dos

municípios, além de orientar as estruturas municipais de acordo com os preceitos da PNPDEC.

Órgãos Municipais: Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) - Exercem as atividades de articulação e coordenação das ações de defesa civil em nível municipal. É responsável por promover ampla participação comunitária, elaboração de planos diretores, de contingência e de operações de defesa civil, dentre outras atribuições.

Órgãos Setoriais e de Apoio: São os órgãos da administração pública nos três níveis com identidade com a questão dos desastres, articulados com o órgão coordenador, objetivando garantir uma atuação sistêmica frente aos desastres.

2.4.4 Defesa Civil em Salvador

A Comissão de Defesa Civil de Salvador (CODESAL) foi criada em 1976 dentro da estrutura da Secretaria Municipal de Saúde sendo composta por funcionários de diversos órgãos, de caráter não permanente, para atuar na ocorrência de eventuais acidentes (SALVADOR, 2012).

Em 1978, reestruturou-se como Comissão Permanente acoplada ao Gabinete do Prefeito, com quadro funcional próprio e desde então, vinculou-se a vários órgãos, a exemplo da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Defesa Civil (SEMADE-1986), Secretaria Municipal de Governo (SEGOV-1996) e Secretaria Municipal do Saneamento, Habitação e Infraestrutura Urbana (SEMIN-1997).

A partir de 2000, passou a fazer parte da estrutura da Secretaria Municipal da Habitação (SEHAB), atuando de forma preventiva e emergencial, desenvolvendo trabalhos que resultem na atenuação ou eliminação dos riscos específicos de cada situação, seja por meio de providências imediatas ou por encaminhamento aos órgãos operacionais da Prefeitura Municipal do Salvador.

No ano de 2007 é criado o Sistema Municipal de Defesa Civil (SMDC) com o objetivo de organizar as ações de defesa civil no município, sendo constituído pelos órgãos da Administração Pública Municipal, entidades

privadas e pela comunidade (SALVADOR, 2012).

Por fim, em 2009 a Codesal passou a integrar a Secretaria Municipal dos Transportes Urbanos e Infraestrutura (SETIN) e atualmente presta vários serviços dentre os seguintes:

- Identificação de situações e áreas que envolvem riscos à população;
- Monitoramento de locais que possuem risco potencial ou recorrente, acionando os órgãos competentes para atuarem coercivamente;
- Realização de vistorias técnicas em imóveis e em áreas de risco;
- Cadastramento de famílias desabrigadas;
- Orientação técnica à população através da ouvidoria;
- Capacitação de lideranças comunitárias para ações em defesa civil;
- Remoção de moradores de áreas ou imóveis com risco iminente;
- Interdição ou demolição de edificações com risco iminente de desabamento;

Na sua estrutura organizacional constam sub-coordenadorias com diversificadas atuações como mostra a Figura 07.

Figura 07. Organograma da Codesal



Fonte: Elaborado pela autora (2013)

De acordo com Araújo (2010) há muitas deficiências nas estruturas municipais de Defesa Civil que costumam atender à conveniência dos governantes que esperam da Defesa Civil, uma postura resolutiva com relação aos principais problemas da comunidade.

Como observado no histórico da Defesa Civil de Salvador, são grandes as alterações e renovações em sua estrutura a cada governo, o que prejudica a continuidade administrativa e a articulação do sistema.

Por fim, vale ressaltar que é necessário uma Defesa Civil que contribua com a prevenção e a resposta a desastres naturais e antropogênicos, que prepare as comunidades vulneráveis e que recupere os cenários atingidos por desastres dentro da circunscrição geográfica da sua área de atuação.

2.5 Instrumentos de apoio às análises ambientais urbanas

Para a realização de análises e do planejamento ambiental e urbano, existem instrumentos que facilitam e otimizam o uso de dados e informações espaciais. São eles: os sistemas de informações geográficas, os bancos de dados geográficos, o sensoriamento remoto e os métodos de análises espaciais. Essas geotecnologias nos instrumentaliza para melhor analisar fenômenos relacionados ao espaço urbano e serão abordados a seguir.

2.5.1 Sistemas de Informações Geográficas

2.5.1.1 Princípios de SIG

Os sistemas de informações são utilizados para manipular, sintetizar, editar e visualizar informações, geralmente armazenadas em bases de dados computacionais. Os sistemas de informações geográficas (SIG) utilizam informações espaciais sobre o que está/ou ocorre na superfície da Terra, ou seja, é um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento e recuperação de dados espaciais do mundo real (BURROUGH, P. A. e MCDONNELL, R. A., 1998).

Para Câmara *et al.* (2001) o termo SIG,

[...] é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e atributos dos dados que estão georeferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (CAMARA, 2001).

Para Pereira e Silva (2001), os SIGs podem ser considerados como modelos de sistemas do mundo real e além de serem modelos que cumprem “as funções dos modelos convencionais (mapas, maquetes), acrescentam novos horizontes às atividades de análise, planejamento, projeto e gestão”.

A ênfase no dado geográfico é o que diferencia o SIG de outros sistemas computacionais. Esses dados possuem uma posição conhecida, representada por meio de um sistema de coordenadas geográficas ou de um sistema de projeções UTM e por isso podem ser inter-relacionados, oferecendo importantes análises da realidade.

De forma resumida, as funções de um SIG podem ser definidas em:

- a) integrar dados (cartográficos, censitários e de cadastramento, imagens de satélite, redes e modelos de elevação digital), numa base única;
- b) cruzar informações através de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos derivados;
- c) consultar, recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas.

Dentre as tecnologias disponíveis, o SIG é a ferramenta ideal para modelar tanto fenômenos ambientais quanto sociais, em função de sua versatilidade em processar uma grande quantidade de dados, criando um ambiente para a análise e visualização dos resultados. Tal condição tem levado a proliferação de sua aplicação em diversas áreas, o que inclui setores da engenharia.

A construção de um SIG pode ser dividida em duas partes principais. A primeira é o desenvolvimento de um sistema de banco de dados para armazenar e gerenciar os dados e a segunda é a modelagem e visualização das informações. Essa visualização ocorre comumente por meio de mapas (INPE, 2008) e modelos tridimensionais.

2.5.1.2 Componentes de um Sistema de Informação Geográfica

Para a formação de um SIG, os elementos primordiais são: *hardware*, *software*, banco de dados, pessoas e metodologias (Figura 08). O *hardware* representa o conjunto de equipamentos necessários para que o *software* possa desempenhar funções descritivas. Ele inclui computadores e periféricos como impressoras, *scanner*, unidades de armazenamento, entre outros. Já o *software*, muitas vezes confundido erroneamente com o próprio SIG, é o responsável pelo processamento e manipulação dos dados, que podem ser de diversas fontes. Além disso, possibilitam a realização dos mais diversos tipos de análise espacial.

Figura 08. Componentes de um SIG



Fonte: Elaborado pela autora (2013)

A componente base de dados é formada por uma coleção de dados, logicamente relacionados com algum propósito. De acordo com Pereira e Silva (2001), é a componente chave do sistema, pois é o que reflete a representação da realidade.

Esses dados são georreferenciados, representam fenômenos ou objetos em um espaço geográfico. Os dados geográficos são definidos como dado espacial cuja dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da Terra, num determinado instante ou período de tempo, onde o sistema de coordenadas é conhecido.

Como todo sistema de informação, em um SIG não basta investimento em *hardware* e *software*, mas também, uma equipe técnica treinada para maximizar o potencial de uso dessa tecnologia. São esses profissionais que por meio de metodologias adequadas definirão quais dados são importantes, bem como, as técnicas ou modelos a serem empregados.

Esses cinco componentes garantem, portanto, a existência e o bom funcionamento de um SIG.

2.5.1.3 Dados geográficos e suas estruturas vetorial e matricial

Para que seja possível produzir informações geográficas a partir de SIG, é necessário construir uma base de dados consistente e robusta, com dados sobre o mundo real. Os dados utilizados em SIG são denominados de geográficos. Eles possuem quatro características fundamentais: a primeira delas é a característica espacial (posição geográfica e geometria do elemento representado); a segunda é a característica não-espacial (descrição alfanumérica, pictórica e sonora do elemento representado), ou seja, além de textos descritivos, a tecnologia atual permite a associação de imagens, filmes, sons e *hiperlinks* aos elementos representados. A terceira característica fundamental é a temporal, que trata do tempo de validade do dado geográfico, além de suas variações sobre o tempo. Finalmente, a última característica essencial é a sua documentação (metadados), que pode conter um grande conjunto de informações úteis para a correta utilização do dado geográfico, precisão e acurácia do dado, restrições e regras para distribuição e acesso, descrição de cada atributo não-espacial, etc.

A componente espacial do dado geográfico pode ser armazenada em estrutura vetorial ou matricial. Na estrutura vetorial, a localização e aparência gráfica de cada elemento do mundo real são representadas por um ou mais pares de coordenadas que representam a localização dos objetos por meio de pontos, linhas e áreas (ou polígonos). Esses elementos permitem a estrutura vetorial representar os dados da forma mais precisa, uma vez que suas coordenadas geográficas estão em um espaço contínuo e possibilitam descrição exata de posição, tamanho e dimensão (INPE, 2008).

Esse tipo de estrutura é indicado, principalmente, para representar a localização de poços d'água, estradas, redes de concessionárias de água e esgoto, entre outros.

A estrutura em formato matricial ou *raster* é definida como um conjunto de células regularmente espaçadas denominadas de *picture element* ou pixels que estão localizadas em coordenadas contíguas. Cada célula é referenciada por

índices de linha e coluna e contém um número representando o tipo ou o valor do atributo mapeado (INPE, 2008).

Os valores de cada *pixel* estão limitados num certo intervalo numérico, como por exemplo, de 0 a 255 para imagens em 8 bits, ou números associados à classes no caso de uma imagem temática (INPE, 2008). Como exemplos de modelos matriciais, temos as fotos aéreas e imagens de satélite.

A estrutura vetorial e a *raster* são representadas por meio dos elementos geométricos ponto, linha e área (Figura 09) e possuem algumas diferenças que podem ser observadas na Figura 10.

Figura 09. Elementos geométricos da estrutura vetor e raster

Estrutura Digital	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS		
	Ponto	Linha	Área
Vetor	Par de coordenadas	Sequência de pares de coordenadas	Polígono fechado
Raster	Célula (pixel)	Conjunto de células ligadas por um lado ou um vértice	Agregado de células ligado por lados ou vértices

Fonte: Adaptado de Silva e Zaidan (2004)

Considerando as formas para representação dos dados geográficos, distinguem-se dois tipos principais de representação: o modelo de geo-campos e o modelo de geo-objetos. O modelo de geo-campos representa o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados. Como exemplo, podem ser citados os mapas de vegetação e temperatura. O modelo de geo-objetos, por sua vez, representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades discretizadas, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada (GONZOLA e FURTADO, 2007). Um exemplo desse modelo é o cadastro espacial dos lotes de um município que identifica cada lote como um dado individual, com atributos que o distinguem dos demais.

A diferença essencial entre um geo-campo e um geo-objeto é o papel da fronteira. A fronteira de um geo-campo é uma divisão arbitrária relacionada apenas com nossa capacidade de medida. Por contraste, um geo-objeto é essencialmente definido por sua fronteira, que o separa do mundo exterior; ele

não pode ser dividido e manter suas propriedades essenciais que dentro da fronteira são constantes (QUEIROZ e FERREIRA, 2006).

Figura 10. Diferenças entre a estrutura vetor e a estrutura raster

	Estrutura vetor			Estrutura raster		
	<i>Points</i>	<i>Lines</i>	<i>Areas</i>	<i>Points</i>	<i>Lines</i>	<i>Areas</i>
<i>Feature data</i>						
<i>Areal units</i>					-	
<i>Networks</i>				-	-	-
<i>Sampling records</i>					-	
<i>Surface data</i>					-	
<i>Label/text</i>				-	-	-
<i>Symbols</i>						
<i>Relations</i>						

Fonte: Burrough, P. A. e Mcdonnell, R. A. (1998)

2.5.1.4 SIG em análises ambientais e urbanas

Um dos problemas básicos do planejamento urbano é a tomada de decisão. Processo que pode ser caracterizado pelos seguintes componentes: identificação do problema, definição de metas, construção de soluções, avaliação de alternativas, escolha da alternativa, implementação e acompanhamento.

A utilização de tecnologias de Geoprocessamento, como o SIG, pode levar os profissionais que trabalham com o espaço urbano a uma leitura mais próxima da realidade e a definição de alternativas que auxiliem no planejamento e na tomada de decisões (PEREIRA E SILVA, 2001).

A complexidade do espaço urbano tem tornado as análises cada vez mais complexas. A análise espacial urbana tende a operar sobre grandes base de dados - dependendo do porte da cidade que está sendo analisada - que, na maior

parte dos casos, só pode ser manipulada com eficiência, através de computadores.

Segundo Pereira e Silva (2001), o SIG para estudos urbanos apresenta as vantagens de visualização, organização de dados e modelagem espacial. A visualização é feita, normalmente, sobre mapas e oferece rápidas respostas para mudanças nos padrões cartográficos. A visualização possibilita expor tendências e relações que nem sempre são percebidas numa análise inicial, como, por exemplo, registros cartográficos do acontecimento de acidentes de trânsito indicam a localização de pontos de conflito de tráfego, ou interseção de vias que precisam de uma intervenção efetiva. Nestes casos, a visualização é um instrumento efetivo que permite definir planos ou projetos específicos.

Na organização de dados, a vantagem do SIG provém do referenciamento espacial desses dados. Um SIG pode ser pensado como um sistema gerenciador de base de dados, desenhado especificamente para suportar a armazenagem eficiente e a recuperação de dados espaciais.

Por fim, como vantagem para a modelagem, o SIG oferece várias técnicas de modelagem que permitem modelar percepções bastante complexas da realidade. A importância de qualquer modelo de dados é facilitar uma resposta eficiente às questões que são propostas ao sistema (PEREIRA E SILVA, 2001).

Dessa forma, o potencial que o SIG oferece para gerar informações novas por processamento espacial é de grande importância para o planejador que tem que se preocupar com a demanda por serviços, com o ambiente construído e com políticas de oferta.

Registro de carências socioeconômicas, infraestrutura, saúde, educação; densidade populacional; tendências de crescimento urbano; expansão da mancha urbana e limitações do meio físico (hidrografia, declividade de encostas, que em Salvador são muito presentes, podem ser cruzadas com a situação de áreas ocupadas por habitação) são destacados, por Pereira e Silva (2001), como exemplos de eventos que podem ser diagnosticados e avaliados através de SIG, sistema que possibilita uma grande quantidade de análises e simulações, indispensáveis ao correto entendimento e planejamento da cidade.

Quanto à aplicação de SIG em análises ambientais, Silva e Zaidan (2004) afirmam que eles são ideais para essas análises, pois são ao mesmo tempo

instrumentos conceituais, metodológicos e tecnológicos que respeitam e integram em si próprios, algumas características fundamentais dos dados ambientais, como:

- a) os dados ambientais são extremamente numerosos o que impõe o uso do processamento de dados no seu tratamento;
- b) estes dados são de tipos variados e vêm de muitas fontes;
- c) os dados ambientais impõem o trabalho multi e interdisciplinar;
- d) os dados ambientais têm, por definição, uma localização geográfica e, conseqüentemente, podem ser geocodificados.

Os eventos ambientais variam enormemente de área e seus estudos podem ser divididos em dois grupos de origem: meio ambiente (ecologia, clima, gerenciamento florestal e poluição) e uso dos recursos naturais (extrativismo vegetal, extrativismo mineral, energia e recursos hídricos) (CÂMARA *et al*, 1996).

Enquadram-se em aplicações de meio ambiente a modelagem climática e ambiental, a previsão numérica do tempo, a monitoração do desflorestamento e da emissão de poluentes. Já como aplicações de uso de recursos naturais têm-se mapeamento mineral e petrolífero, gerenciamento costeiro e marítimo, dentre outros.

Esses eventos podem ter abrangência global, continental, regional ou até mesmo local e por meio do SIG é possível compreender melhor a dimensão e complexidade de eventos tão dispersos sobre a superfície da Terra.

Câmara *et al* (1996) destacam o quanto o SIG auxilia em análise sobre solos, estudo ambiental de mudanças globais, estudos de zoneamentos, etc. estando presente em várias fases, ou seja, desde o levantamento dos dados até o mapeamento e espacialização do evento.

Outras aplicações destacadas por Câmara *et al* (1996) são aquelas ligadas ao gerenciamento, como por exemplo, do tráfego urbano, do controle de obras públicas, planejamento da defesa civil. Nestes, é crescente o uso de SIG como apoio ao planejamento ambiental.

2.5.2 Banco de Dados Geográficos

2.5.2.1 Princípios de Banco de Dados

Um Sistema de Banco de Dados consiste em uma coleção de dados interrelacionados e procedimentos para se acessar estes dados. Comumente são projetados para gerenciar uma grande quantidade de dados e informações, cujo objetivo principal é o uso eficiente para o armazenamento e a recuperação destes dados. Em termos de armazenamento, estruturas de dados devem ser definidas, e para a recuperação das informações mecanismos de consulta devem existir. Além dos mecanismos de definição e consulta, esses bancos de dados (BD) devem garantir a segurança e consistência da informação, evitando perdas em caso de problemas nos sistemas e inconsistências em caso de acessos múltiplos à mesma informação (BERTINO, 2001).

Suas principais operações devem permitir:

- A adição de novos arquivos ao banco de dados;
- A inserção de novos dados nos arquivos existentes;
- A recuperação de dados dos arquivos existentes;
- A atualização de dados nos arquivos existentes;
- A eliminação de dados nos arquivos existentes;
- A remoção permanente de arquivos existentes no BD.

Para atender seu objetivo de manter os dados armazenados e torná-los disponíveis quando solicitado é necessário que o BD possua quatro componentes conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11. Componentes de um banco de dados



Fonte: Bertino (2001)

2.5.2.2 Banco de Dados Geográficos

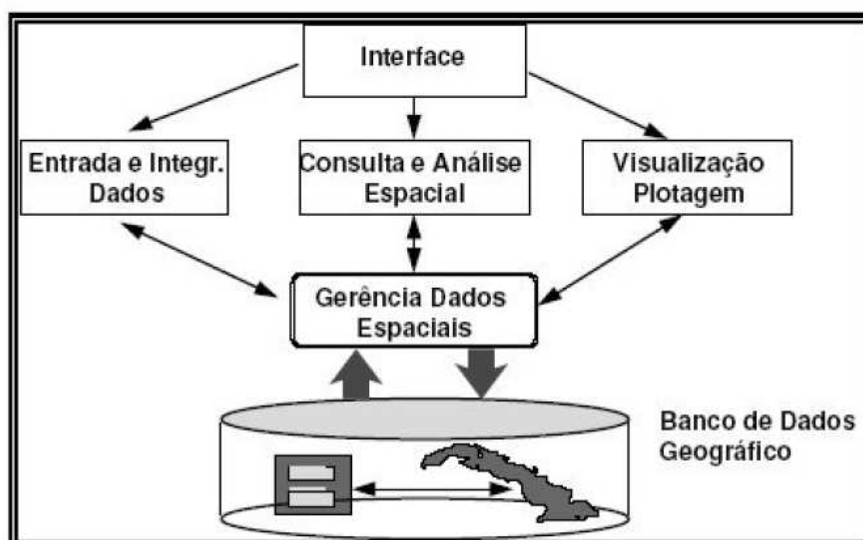
No Banco de Dados Geográficos (BDG), os dados utilizados possuem como característica principal a posição espacial, ou seja, sua localização está diretamente ligada ao mundo real.

Representa uma componente fundamental para um SIG, pois os dados manipulados pelos SIGs são bastante complexos, o que torna difícil sua representação e manipulação em bancos comuns. Ele é o repositório de dados de um SIG, responsável pela armazenagem e recuperação de dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como, as informações descritivas (atributos não-espaciais) (CÂMARA e ORTIZ, 2002).

Conforme pode ser observado na Figura 12, o banco de dados é um elemento imprescindível para um SIG pois, a partir dele é que ocorre toda a gerência do sistema.

Tradicionalmente, os SIG's armazenavam os dados geográficos e seus atributos encapsulados em sua geometria de arquivos internos. No entanto, para satisfazer à demanda do tratamento de bases de dados espaciais cada vez maiores, esse tipo de solução vem sendo substituída pelo uso de Sistemas de Gerência de Banco de Dados (SGBD).

Figura 12. BDG na arquitetura de Sistemas de Informações



Geográficas

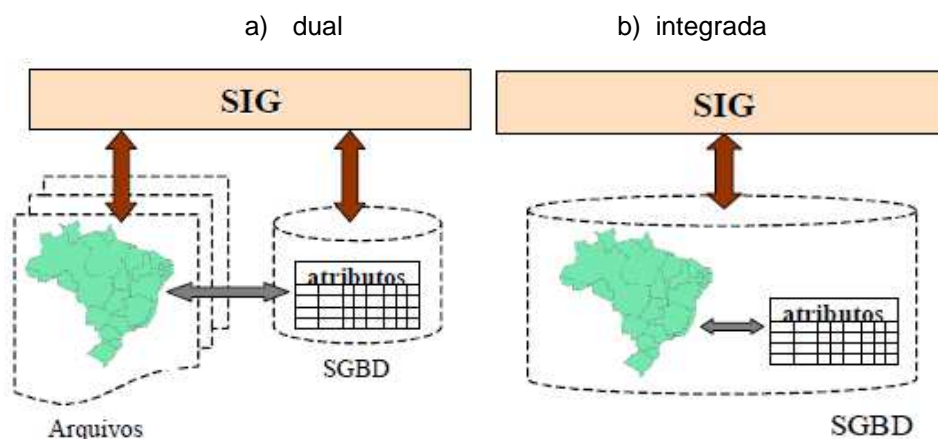
Fonte: Câmara *et.al.* (2001)

O SGBD é um *software* ou coleção de programas que ajudam no gerenciamento do BDG. Ele faz a ligação entre os dados armazenados e os usuários do sistema. Assim, todas as solicitações dos usuários de acesso ao banco de dados são manipulados pelo SGBD, tais como a criação de arquivos (tabelas), inserção de dados, recuperação de dados, etc (BERTINO, 2001).

Um SGBD auxilia na gerência dos dados, facilita o processo de definição, construção e manipulação do banco. Além disso, apresenta os dados em uma visão independente dos sistemas aplicativos e pode garantir três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado) (CÂMARA e ORTIZ, 2002). Seu uso permite ainda, realizar com maior facilidade, a interligação de banco de dados já existente com o sistema de Geoprocessamento.

Existem basicamente duas formas de integração entre os SIGs e os SGBDs, que são chamadas de arquitetura dual e arquitetura integrada, exibidas na Figura 13.

Figura 13. Arquiteturas para SGBDs: Dual e Integrada



Fonte: Câmara e Queiroz (2001)

No ambiente dual, os atributos convencionais são guardados no banco de dados (na forma de tabelas) e os dados espaciais são tratados por um sistema dedicado. Dessa forma, a conexão é feita por identificadores de objetos. (CÂMARA e ORTIZ, 2002).

Ou seja, a arquitetura dual armazena as componentes espaciais separadamente, enquanto a componente convencional é armazenada em um

SGBD relacional, a componente espacial é armazenada em arquivos com formato proprietário. Essa arquitetura apresenta alguns problemas:

- a) Dificuldade para manipulação das componentes espaciais e
- b) Dificuldade de interoperabilidade, pois cada sistema trabalha com arquivos com formato proprietário. Alguns formatos proprietários largamente utilizados no mercado incluem o Shapefile, o GeoTIFF e o GeoMedia.

Já na arquitetura integrada todos os dados são armazenados em um SGBD, tanto a componente espacial quanto a componente convencional. As principais vantagens dessa abordagem são gerência de transações, controle de integridade, concorrência e linguagens próprias de consulta. (GONZOLA e FURTADO, 2007).

2.5.2.3 Modelos de Dados

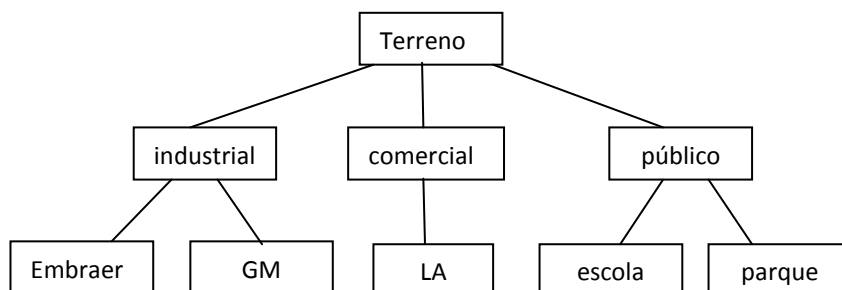
Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que podem ser usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados. O modelo busca sistematizar o entendimento a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado (QUEIROZ E FERREIRA, 2006).

O modelo de dados de um sistema, segundo Bertino (2001) corresponde à coleção de ferramentas conceituais para descrever dados, relacionamentos, semântica e restrições de consistência. O autor apresenta duas categorias de modelos de dados: os baseados em registros e os baseados em objetos.

Os modelos baseados em registros são assim chamados porque o banco de dados é estruturado em registro com formato fixo de vários tipos. Cada tipo de registro define um número fixo de campos ou atributos, e cada atributo é normalmente de tamanho fixo, o que simplifica o processo de implementação do banco de dados. Os modelos de dados baseados em registros mais comuns são: modelo hierárquico relacional, modelo de redes e modelo relacional (BERTINO, 2001).

O modelo hierárquico possui uma representação gráfica que se realiza mediante a criação de uma árvore invertida onde os diferentes níveis ficam unidos mediante relações, como apresenta a Figura 14.

Figura 14. Representação do Modelo Hierárquico



Fonte: Bertino (2001)

Neste modelo os dados são acessados segundo uma sequência entre um registro-pai e vários registros-filhos, cujo relacionamento se estabelece por meio da cardinalidade 1:M (um para muitos), por isso apresenta vários inconvenientes, como:

- não se admitem relações N:M (muitos para muitos)
- um segmento filho não pode ter mais de um pai.
- não se permitem mais de uma relação entre dois segmentos.
- para acessar qualquer segmento é necessário começar pelo segmento raiz, assim, a árvore deve ser percorrida na ordem designada.
- pode causar inconsistência de dados quando houver atualizações.

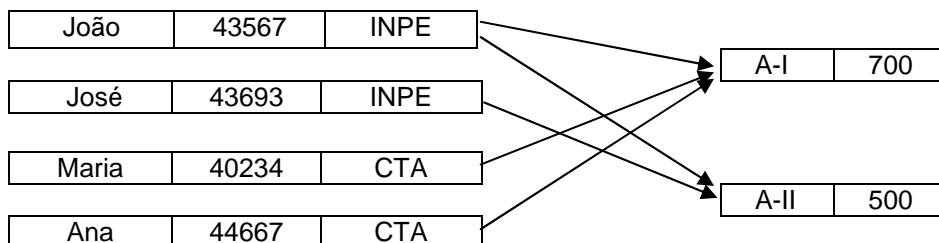
Nos Modelos de Redes, as entidades se representam como nós e suas relações são as linhas que os unem. Nesta estrutura qualquer componente pode se relacionar com qualquer outro.

Os conceitos básicos no modelo em rede são:

- o tipo de registro, que representa um nó;
- elemento, que é um campo de dados;
- agregado de dados, que define um conjunto de dados com nome.

Diferentemente do modelo hierárquico, neste modelo, um filho pode ter vários pais, o que elimina o conceito de hierarquia e permite que um mesmo registro esteja em várias associações, de acordo com o que mostra a Figura 15.

Figura 15. Representação do Modelo de Redes



Fonte: Bertino (2001)

Já no modelo relacional, há uma coleção de tabelas ou relações representando dados e relacionamento entre estes dados. Cada tabela pode possuir múltiplas colunas representando atributos com um nome único. Nesta, o acesso aos registros ocorre pelos valores que os atributos possuem. Este modelo é muito utilizado já que emprega tabelas bidimensionais para a representação lógica dos dados e suas relações.

O elemento principal deste modelo é a relação que se representa mediante uma tabela e, para trabalhar com essas tabelas é necessária pelo menos uma coluna com registros iguais em ambas as tabelas, que serão utilizadas como chave-estrangeira para estabelecer a associação. As tabelas na Figura 16 abaixo mostram as relações FUNCIONÁRIO e DEPARTAMENTO, que estão relacionadas, ou seja, possuem como campo comum o atributo depto. A observação do relacionamento presente nas tabelas nos permite identificar os departamentos onde cada funcionário trabalha.

Figura 16. Representação do Modelo Relacional

FUNCIONÁRIO

Registro	Nome	Idade	Salário	Depto
98752	João da Silva	32	2.000,00	1
97345	Henrique Cardoso	28	1.700,00	2
89234	José de Souza	34	3.500,00	3

DEPARTAMENTO

Depto	Nome	Cidade	Estado
1	DPI	SJCampos	SP

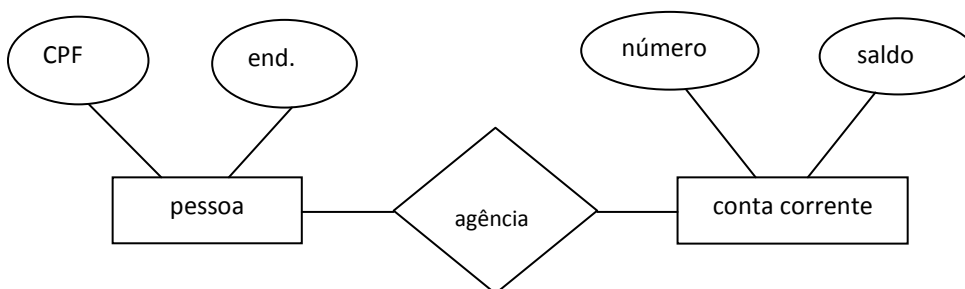
2	DSR	Natal	RN
3	DME	Cuiabá	MT

Fonte: Bertino (2001)

Quanto aos modelos baseados em objeto, os principais são o modelo entidade-relacionamento e o orientado a objeto. O primeiro tem por base a noção do mundo real como um conjunto de objetos chamados entidades, e do relacionamento entre elas.

Um exemplo de diagrama E-R: entidade-relacionamentos é mostrado a seguir na Figura 17. Nele, as entidades pessoa e conta corrente estão ligadas pelo relacionamento agência e essas entidades possuem atributos, representados nas elipses.

Figura 17. Representação do modelo de dados entidade-relacionamento



Fonte: Bertino (2001)

Este modelo apresenta as seguintes cardinalidades:

- Um para um (1:1) uma entidade de A está associada a uma única entidade de B e vice-versa.
- Um para muitos (1:N) uma entidade de A está associada qualquer quantidade da entidade B, e uma entidade de B está associada somente a uma única entidade de A.
- Muitos para um (N:1) uma entidade de A está associada a uma única entidade de B, e uma única entidade de B pode estar associada a qualquer quantidade de entidades de A.
- Muitos para muitos (N:M) uma entidade de A está associada a qualquer quantidade de entidades de B, e uma entidade de B está associada a qualquer quantidade de entidades de A.

O modelo orientado a objeto, por sua vez, surgiu em função dos limites de armazenamento e representação semântica imposta no modelo relacional. Ele

apresenta maior flexibilidade na manipulação de seu conteúdo e por meio de identificadores de objetos manipula os dados de forma consistente.

O comportamento de um objeto em um banco de dados orientado a objetos é representado por meio de métodos, que consistem em uma assinatura única dentro do objeto e uma implementação, responsável pela execução da operação. Nele, não há separação entre dados e operações e, tanto as informações quanto as operações que atuam sobre essas operações estão encapsuladas em uma entidade única, o objeto. Ou seja, os dados e comportamentos dos objetos são modelados conjuntamente e armazenados no mesmo sistema gerenciador.

Neste modelo, os elementos do mundo real são representados através de entidades e a forma como estas entidades estão associadas, representa os relacionamentos. Dessa forma, atualmente, esses bancos são usados em aplicações especializadas, enquanto os sistemas relacionais continuam a sustentar os negócios tradicionais, onde as estruturas de dados baseadas em relações são suficientes.

Um terceiro modelo é o objeto-relacional que combina benefícios do modelo relacional com a capacidade do modelo orientado a objeto e possuem como características o fato de manter as estruturas tabulares e o uso de linguagem de definição e manipulação, mas com a potencialidade da orientada a objeto. Além disso, oferece recursos para a definição de novos tipos de dados e novos métodos para manipular esses tipos, estendendo seu modelo de dados e sua linguagem de consulta.

Essencialmente, ele suporta a criação de objetos de tipos complexos, como dados espaciais ou multimídia.

Portanto, os modelos baseados em objetos e os baseados em registros possuem características distintas, mas servem basicamente ao mesmo propósito: persistir dados necessários para a manutenção do negócio para o qual são aplicados, possibilitando a recuperação, comparação e tratamento desses dados a fim de produzir resultados tangíveis.

2.5.2.4 Modelagem de Dados Geográficos

A característica básica de um modelo de dados, como o próprio termo explicita, é que ele é uma abstração da realidade. Um modelo conceitual de dados fornece uma base formal (notacional e semântica) para ferramentas e técnicas usadas para suportar a modelagem de dados.

Modelagem de dados é o processo de abstração onde somente os elementos essenciais da realidade observada são enfatizados, descartando-se os elementos não essenciais. O processo de modelagem conceitual de banco de dados compreende a descrição dos possíveis conteúdos dos dados, além de estruturas e de regras a eles aplicáveis. A modelagem conceitual é sempre feita com base em algum formalismo conceitual a exemplo de: Entidade-Relacionamento, Orientação a Objetos, UML, entre outros.

A modelagem de dados geográficos é uma atividade complexa, pois envolve a discretização do espaço como parte do processo de abstração, visando obter representações adequadas aos fenômenos geográficos (QUEIROZ E FERREIRA, 2006).

Os primeiros modelos de dados para as aplicações geográficas eram voltados para as estruturas internas dos SIG. O usuário era forçado a adequar os fenômenos espaciais às estruturas disponíveis no SIG a ser utilizado. Conseqüentemente, o processo de modelagem não oferecia mecanismos para a representação da realidade de forma mais próxima ao modelo mental do usuário. Ficava evidente que a modelagem de aplicações geográficas necessitava de modelos mais adequados, capazes de capturar a semântica dos dados geográficos, oferecendo mecanismos de abstração mais elevados e independência de implementação.

Queiroz e Ferreira (2006) apresentam os modelos Entidade-Relacionamento, OMT, IFO e UML como os tradicionais e largamente utilizados para a modelagem de aplicações geográficas. Ressaltam ainda que, apesar da grande expressividade desses modelos, eles apresentam limitações para a adequada modelagem de aplicações geográficas, porque não possuem primitivas apropriadas para a representação de dados espaciais. Modelos de dados para aplicações geográficas têm necessidades adicionais, tanto com relação à abstração de conceitos e entidades, quanto ao tipo de entidades representáveis e seu interrelacionamento.

Algumas metodologias existentes para modelagem de dados que buscam refletir melhor as necessidades de aplicações geográficas são: GEO-OMT ou OMT-G e o UML-GeoFrame. A primeira, divide as entidades modeladas em duas classes: georreferenciadas e convencionais. Por meio dessas classes é possível representar os três grupos de fenômenos que ocorrem em geoprocessamento: os de variável contínua (geo-campos) no espaço, os de variável discreta (geo-objetos) e os não-espaciais (BORGES e DAVIS, 2005).

A UML-GeoFrame é uma metodologia de projeto apropriada que usa a linguagem UML enriquecida do framework GeoFrame. Este, fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista nos primeiros passos da modelagem conceitual de dados de uma nova aplicação de SIG. Ele foi definido de acordo com as regras do formalismo de orientação a objetos, utilizando a notação gráfica do diagrama de classes da linguagem UML. (SILVA, 2008).

Um framework serve como instrumento de reutilização e não precisa ser implementado em uma linguagem de programação para solucionar o problema. O GeoFrame foi desenvolvido para ser genérico o bastante para expressar a idéia de um projeto conceitual parcial para várias aplicações geográficas. Ele foi definido de acordo com as regras do formalismo de orientação a objetos, utilizando a notação gráfica do diagrama de classes da linguagem UML. Além disso, este framework representa suas classes e relacionamentos de objetos espaciais através de estereótipos. Estereótipos permitem estender o uso de um diagrama de classes baseado em notações já existentes, a fim de resolver alguma deficiência no modelo de classes. Os tipos de estereótipos existentes no GeoFrame são de generalização e associação. O estereótipo de generalização serve para representar objetos das três principais classes do GeoFrame, que são: OBJETOS_NÃO_GEOGRÁFICOS, CAMPOS_GEOGRÁFICOS e OBJETOS_GEOGRÁFICOS, consideradas classes de domínio no diagrama. O estereótipo de associação serve para substituir relacionamentos de objetos representados como fenômenos geográficos, objetos que tenham representação espacial e forma geométrica.

2.5.3 Sensoriamento Remoto

2.5.3.1 Princípios de Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele (NOVO, 1989). Para Jensen (2009), significa o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e microondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos.

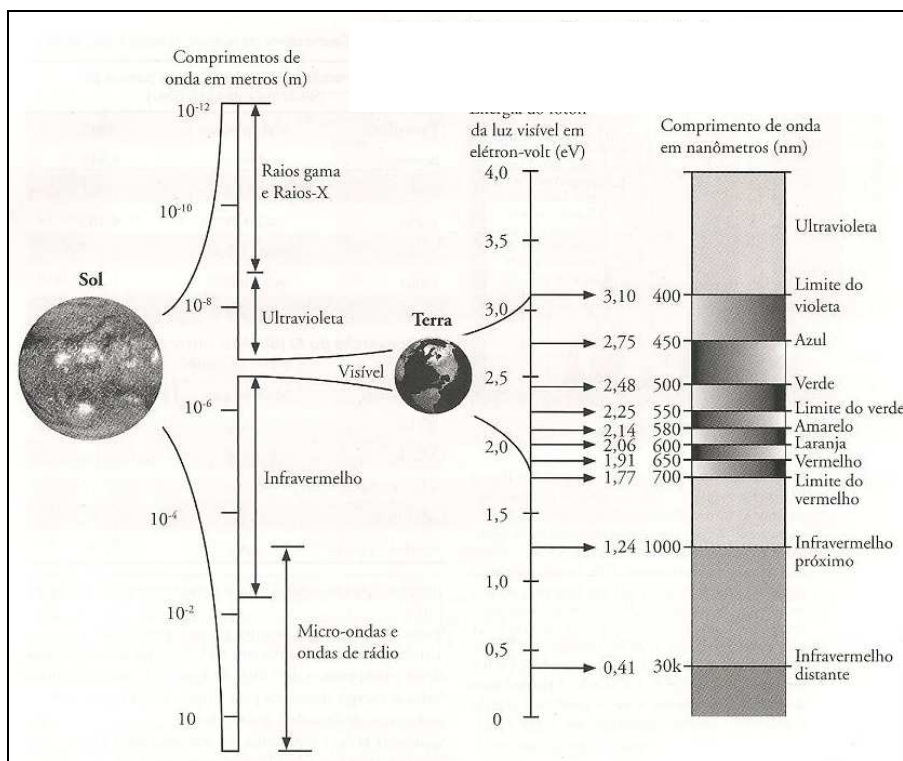
A energia utilizada em sensoriamento remoto é a eletromagnética. Por meio dela é possível inferir as características físicas e químicas dos objetos, que são transmitidas ao sensor de instrumentos como câmeras, escâneres, lasers, etc. Essa radiação é uma forma de energia que se movimenta quase a velocidade da luz, e apresenta simultaneamente aspectos de caráter ondulatório e corpuscular, não necessitando de um meio material para se propagar.

Organizando-se todo o conhecimento sobre os diferentes tipos de radiação eletromagnética, tem-se um gráfico como o da figura 16, que representa o espectro eletromagnético e que foi construído com base nos comprimentos de onda das radiações conhecidas. O espectro está dividido em regiões ou bandas cujas denominações estão relacionadas com a forma com que as radiações podem ser produzidas ou detectadas.

Além de informações sobre o comprimento de onda do espectro, a Figura 18, retirada de Jensen (2009), representa bem a energia que é emitida pelo sol até a porção perceptível pelo olho humano que é a energia do fóton da luz visível.

Uma vez que a radiação eletromagnética é gerada e atinge um objeto, ela pode ser absorvida, refletida ou transmitida, a depender das características físicas e químicas do componente. Assim, por meio dessas interações, informações importantes sobre as características do objeto são reveladas.

Figura 18. O espectro eletromagnético e a energia da luz visível



Fonte: Jensen (2009)

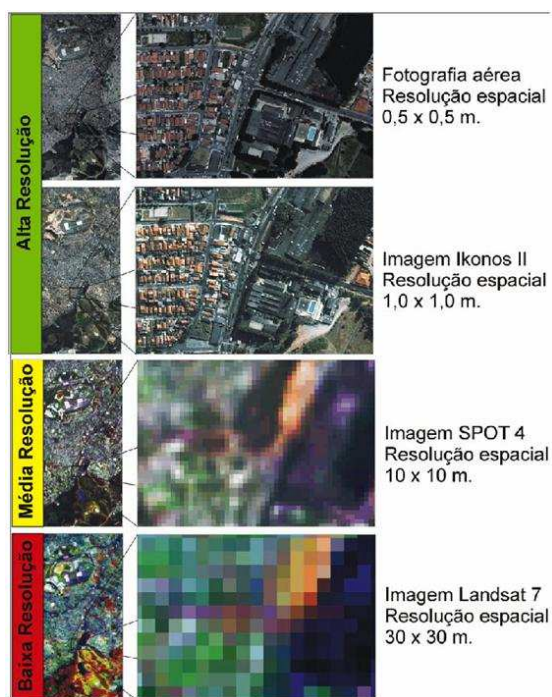
Após interagir com os objetos da superfície terrestre, a radiação é captada por sensores que geram as imagens. Estas são constituídas por uma matriz de dados, onde as linhas e colunas definem as coordenadas espaciais dos pontos imageados, e cada ponto tem uma área mínima denominada pixel (*picture element*). Cada pixel representa em valores de níveis de cinza o valor médio da energia refletida e/ou emitida pelos alvos terrestres.

As imagens produzidas são então caracterizadas pelas resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A primeira, segundo Jensen (2009), é uma medida da separação angular ou linear entre dois objetos, ou seja, representa a capacidade do sensor de detectar objetos a partir de uma determinada dimensão da superfície imageada (Figura 19). A resolução espectral (Figura 20) é aquela que expressa a capacidade do sensor de registrar o número e a dimensão de intervalos de comprimentos de onda específicos (chamados *bandas* ou *canais*) no espectro

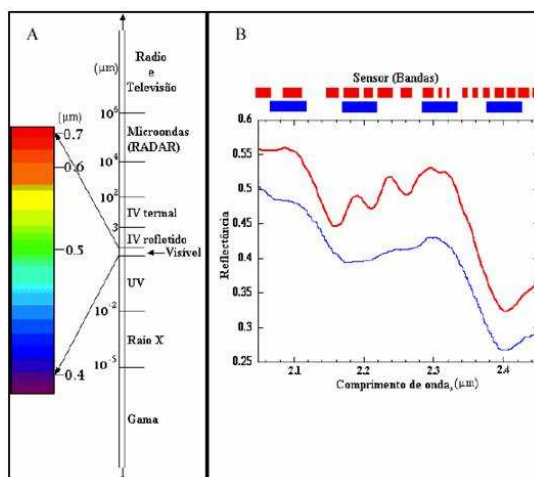
eletromagnético (JENSEN, 2009). Já a resolução radiométrica, chamada também como quantização, representa a diferença na potência do sinal à medida que o sensor registra o fluxo radiante refletido, emitido, ou retroespelhado pelo terreno (Figura 21). Ela pode ter um impacto significativo para medir as propriedades dos objetos da cena (JENSEN, 2009). Por fim, a temporal, representa a frequência que o sensor registra uma determinada área, dessa forma é possível saber quantas vezes ela foi revisitada.

Figura 19. Imagens de diferentes resoluções espaciais para discriminar áreas urbanas



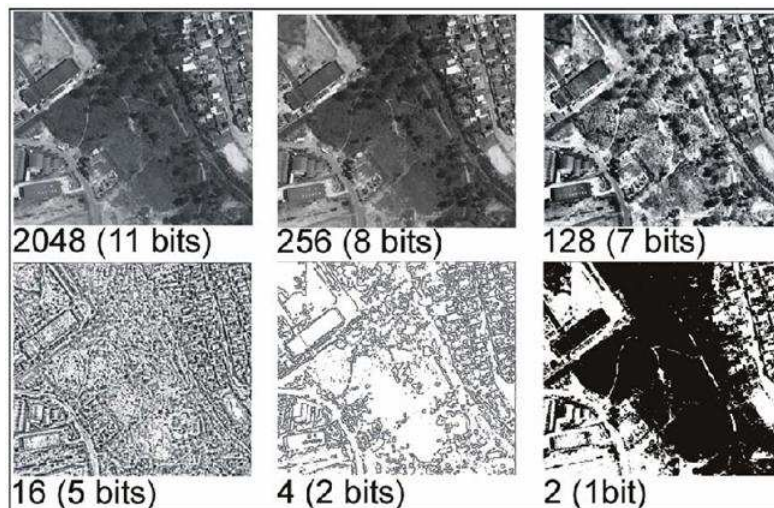
Fonte: Brys (2008)

Figura 20. Espectro Eletromagnético (A) e resolução espectral (B)



Fonte: Brys (2008)

Figura 21. Diferença de resolução radiométrica em área urbana



Fonte: Brys (2008)

As resoluções das imagens estão sendo cada vez melhores em função da evolução de sensores que estão cada vez mais potentes. Atualmente já estão disponibilizados no mercado sensores como IKONOS II, Quickbird e WorldView com resoluções espaciais de 1 m, 0,6 m e 0,5 m respectivamente, que torna possível a identificação de uma série de objetos no espaço urbano que até pouco tempo atrás só eram distinguíveis a partir de fotografias aéreas e de sensores aerotransportados em baixa altitude.

Para aquisição das imagens da superfície terrestre, são usados sensores transportados em aviões ou em plataformas espaciais orbitais. O sensor é um dispositivo que transforma o poder radiativo em sinal elétrico (FONSECA e FERNANDES, 2004). Eles são classificados em passivos ou ativos. Os passivos são aqueles em que o sensor capta a energia originada de uma fonte externa ao sistema sensor e os ativos são aqueles que emitem sua própria radiação. A maioria dos sensores são passivos e sua principal fonte de energia é o sol.

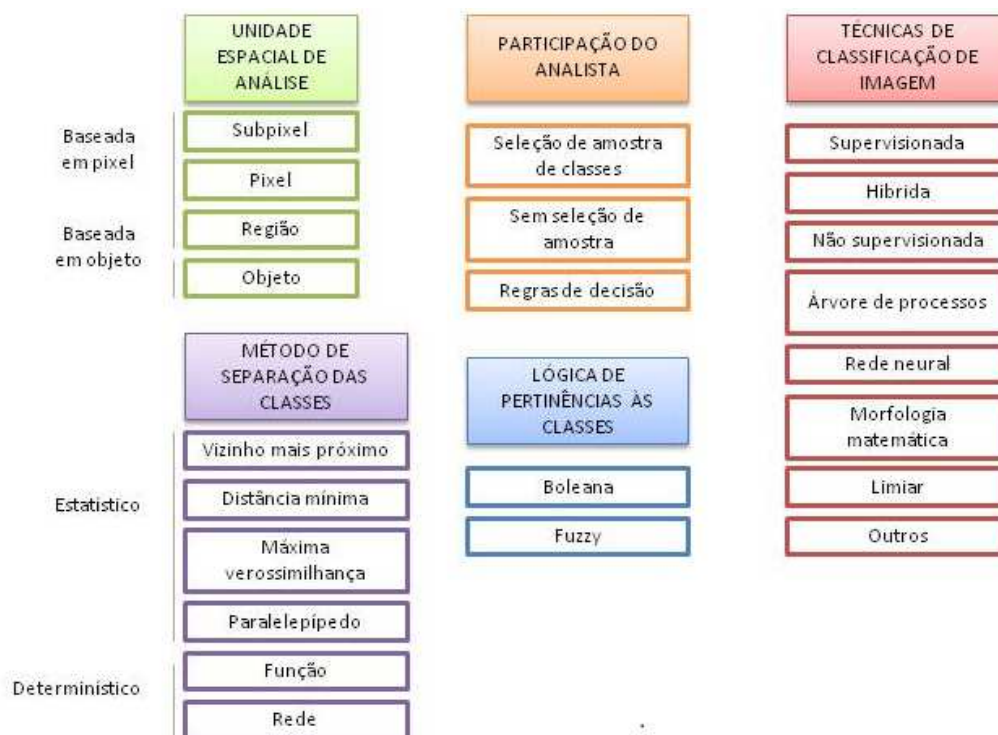
2.5.3.2 Classificação de imagens de satélite

O processo de classificação representa a etapa de análise dos padrões existentes na imagem, com o objetivo de identificar e categorizar objetos ou áreas

da superfície terrestre, de acordo com os temas de interesse. O reconhecimento desses padrões pode ocorrer por meio de diferentes métodos.

Na Figura 22 abaixo são listados os principais recursos que de acordo com Brito (2010) são apresentados na literatura dentre os inúmeros procedimentos e técnicas para classificação de imagens oriundas de sensoriamento remoto.

Figura 22. Tipos de procedimentos e técnicas para classificação de imagens



Fonte: Brito (2010)

Conforme demonstrado na Figura 22, de acordo com a unidade espacial de análise, há dois tipos de abordagem: a baseada em pixel e a baseada em objeto. A primeira, utiliza a informação espectral para achar as regiões homogêneas. Nela a informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem, onde cada *pixel* tem as coordenadas espaciais x , y e a coordenada espectral L , que representa a radiância de um alvo no intervalo de comprimento de onda de uma banda espectral.

Nessa forma de classificação, o *pixel* possui um conjunto de características espectrais que determinam seus "atributos espectrais" que, por sua vez, são capturados e identificados numa classe.

Já a abordagem baseada em objeto utiliza padrões espaciais, além dos espectrais, para a classificação de imagens. A classificação utilizada nessa metodologia é usualmente realizada sobre vários níveis de segmentação da imagem (baseada em algum critério de similaridade, como textura ou valores de número digital), sendo, em cada nível, as classes caracterizadas por regras complexas (FONSECA e FERNANDES, 2004). Esse método tem se mostrado como uma alternativa para suplantar a limitação dos classificadores *pixel-a-pixel*, visto que utilizam no processo de classificação informações topológicas, geométricas, texturais, etc. aliado ao conhecimento do interprete.

Dessa forma, ela tem apresentado melhores resultados do que abordagens *pixel-a-pixel* quando aplicadas em imagens de alta resolução espacial. Pois, ao tempo em que a alta resolução espacial gera grandes benefícios para análises no espaço urbano, ela apresenta um problema que é a detecção de alvos indesejáveis, como é o caso de veículos estacionados, que por vezes pode atrapalhar o processo de classificação.

Além disso, as características espectrais da área urbana, por serem muito heterogêneas, são de difícil classificação. A diversidade de materiais que compõem a cobertura do solo urbano fazem com que o uso da resposta espectral para sua caracterização seja muito complexa.

2.5.3.3 Sensoriamento Remoto em análises ambientais e urbanas

As imagens de sensoriamento remoto podem ser utilizadas em análises ambientais, para diagnóstico e monitoramento urbanos, por subsidiarem a geração de diversos dados históricos e atuais sobre cobertura do solo. Diversas pesquisas envolvendo sua utilização para detecção das mudanças urbanas têm sido objeto de vários estudos (GOMARASCA *et al*, 1993; YEH e LI, 2001; YANG e LO, 2003; HAACK e RAFTER, 2006).

Vários sensores estão sendo utilizados para caracterizar e monitorar áreas urbanas, onde as feições de interesse geralmente exigem a utilização de imagens de alta resolução espacial. De um modo geral, os sensores orbitais e aerotransportados proveem dados para a caracterização do uso e cobertura do

solo através do registro da interação entre a radiação eletromagnética e os alvos da superfície terrestre (JENSEN, 2009).

Dentre as aplicações mais comuns do sensoriamento remoto em estudos urbanos destaca-se a análise multitemporal para detecção de alterações de uso e cobertura do solo (HURD *et al*, 2001; YEH e LI, 2001; LO e YANG, 2002; YANG e LO, 2003; MUNDIA e ANIYA, 2005; JAT *et al*, 2008).

As mudanças de cobertura do solo em áreas que vêm sofrendo rápido processo de urbanização provocam significativa preocupação. Quando a cobertura vegetal dá lugar à ocupação urbana, alterações fundamentais ocorrem nas propriedades dos ecossistemas incluindo o ciclo das águas e o realocamento da fauna e flora. Para entender a dinâmica física do ambiente urbano, faz-se necessário quantificar as mudanças de diversos parâmetros ambientais, alguns dos quais podem ser medidos *in loco*, enquanto outros, devido às dificuldades operacionais, são mais facilmente mensurados através do sensoriamento remoto (SMALL, 2002). Em geral, tal análise baseia-se na comparação entre datas, dos resultados pós-classificação de imagens, método que facilita a identificação e localização das mudanças.

2.5.4 Métodos de Análises Espaciais

2.5.4.1 Abordagem Conceitual

A análise espacial tem como ênfase mensurar propriedades e relacionamentos levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo. Ela pode ser definida como uma técnica que busca descrever os padrões existentes nos dados espaciais e estabelecer, preferencialmente de forma quantitativa, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas.

De acordo com Câmara *et al* (2002), os métodos de análise espacial proporcionam adequada confiabilidade aos resultados de investigações sobre a realidade modelada. Eles agregam estatística espacial e computação e, permitem explorar grandes bases de dados e gerar resultados empíricos (não exatos) melhores que as técnicas convencionais.

O processo da análise espacial segundo o autor supracitado compreende um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno que está sendo investigado.

Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas não só em relação ao tipo de distribuição, mas também em relação aos vizinhos e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados (CÂMARA *et al*, 2002).

Dessa forma, os métodos e técnicas de análise, incluindo procedimentos de expressão gráfica, constituem uma ferramenta indispensável ao processo de análise de dados e vem tendo ampla aplicabilidade em diversos campos da ciência.

Segundo Carvalho (1997), ela conta com três métodos: de visualização; exploratórios e os que auxiliem a escolha de um modelo estatístico e a estimação dos parâmetros desse modelo. Esses métodos, de acordo com Anselin (1999), utilizam como ferramenta a seleção, a manipulação, a análise exploratória e a confirmação (modelagem).

- seleção: compreende os processos de navegação num banco de dados geográficos, realizando consultas e apresentando mapas cloropléticos simples;
- manipulação: envolve todas as funções que criam dados espaciais.
- análise exploratória: permite descrever e visualizar distribuições espaciais, descobrir padrões de associação espacial (aglomerados espaciais), sugerir a existência de instabilidades espaciais (não-estacionaridade) e identificar observações atípicas (*outliers*).
- análise confirmatória: envolve o conjunto de modelos de estimação e procedimentos de validação, necessários para implementar análises multivariadas com componentes espaciais.

Quanto aos tipos de dados que caracterizam os problemas de análise espacial, Câmara e Carvalho (2004), afirmam que existem os seguintes tipos:

- eventos ou padrões espaciais – ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, denominados processos pontuais.
- superfícies contínuas – estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas.
- áreas com contagem e taxas agregadas – tratam-se de dados associados e levantados populacionais, como censos, e que se referem a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço.

Na investigação de processos relacionados com a dinâmica ambiental urbana, como é o caso do presente estudo, encontra-se elevada preponderância de dados associados a pontos.

2.5.4.2 Análise de Processos Pontuais

No caso da análise de padrões de pontos, a localização espacial do evento em estudo é o objeto de interesse. Os dados relacionados ao evento não tem qualquer valor a ele agregado, seu único atributo é a localização, o que o faz diferir da geoestatística em que os atributos relacionados à amostra são relevantes.

Os processos pontuais são caracterizados como um conjunto de pontos irregularmente distribuídos em um terreno, cuja localização foi gerada por um mecanismo estocástico (CÂMARA e CARVALHO, 2004). Este processo pode ser descrito em termos dos efeitos de primeira ordem e de segunda ordem. Os efeitos de primeira ordem, correspondem a variação no valor médio do processo no espaço. O interesse neste caso é a intensidade do processo, ou seja, o número de eventos por unidade de área. Já os de segunda ordem, representam a dependência espacial no processo, proveniente da estrutura de correlação espacial.

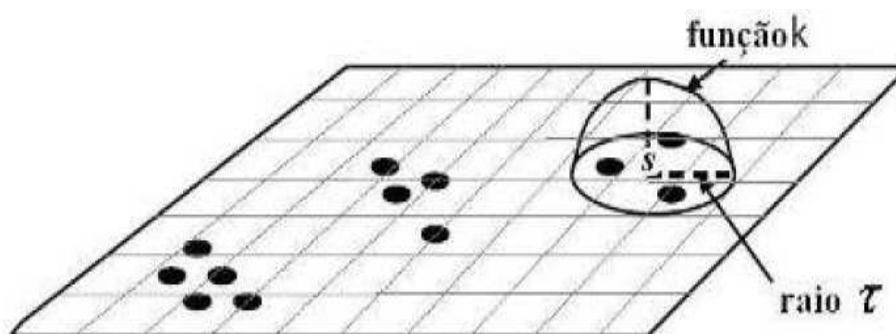
Para determinação da variabilidade espacial de um fenômeno são aplicadas técnicas que devem ser adequadas ao evento em questão. No caso desta pesquisa o interpolador utilizado foi o kernel.

2.5.4.3 Estimador de intensidade (“Kernel Estimation”)

O interpolador ou estimador de intensidade de kernel provém do conceito estatístico de função de densidades de probabilidade. Ele apresenta-se como uma alternativa para analisar o comportamento de fenômenos pontuais, através da estimativa da intensidade de um processo que ocorre em uma determinada região de estudo (CÂMARA e CARVALHO, 2004). Para isto, pode-se ajustar uma função bi-dimensional sobre os eventos considerados, compondo uma superfície cujo valor será proporcional à intensidade de amostras por unidade de área.

Esse estimador realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse. Ele gera uma grade em que cada célula representa o valor da densidade de um determinado atributo, conforme uma função (k) específica que determina uma região de influência com raio t e centro em s dentro da qual os eventos contribuem para o cálculo da intensidade. O valor obtido será uma medida de influência das amostras na célula, conforme representado na Figura 23 a seguir.

Figura 23. Representação do processo de interpolação por estimador kernel



Fonte: Câmara *et al.* (2004)

Para estimar o kernel, calculam-se as distâncias de cada ponto s aos atributos observados que estiverem dentro da região de influência limitada pela distância t , de acordo com a função representa abaixo.

$$\hat{\lambda}_\tau(u) = \sum_{h_i \leq \tau} \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2 \quad (1)$$

Nessa função t é o raio de cobertura (de influência) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado e h é a distância entre o ponto s e o ponto observado s_j .

A escolha do raio de cobertura (t) define a suavização da superfície gerada. Um raio muito pequeno irá gerar uma superfície muito descontínua; se for grande demais, a superfície poderá ficar muito amaciada, o resultado pode sugerir uma homogeneidade na região.

O raio de influência define a área centrada no ponto de estimação u que indica quantos eventos u_i contribuem para a estimativa da função intensidade λ . Já h , representa a distância entre a localização em que desejamos calcular a função e o evento observado (CÂMARA E CARVALHO, 2004).

Segundo Câmara *et al* (2004) a forte dependência do raio de cobertura e a busca excessiva pela suavização da superfície apresentam-se como desvantagens deste interpolador, pois em alguns casos estes parâmetros podem esconder variações locais importantes relacionadas aos dados analisados.

Contudo, os interpoladores de kernel vêm sendo amplamente utilizados em estudos de análise espacial que envolvem fenômenos naturais e sócio-econômicos, tais como: estudos epidemiológicos, sociais, demográficos, biológicos, entre outros (CAMARA *et al*, 2004).

3. ÁREA DE ESTUDO

Após as discussões teóricas realizadas, segue-se para a exposição da área de estudo, bem como, da apresentação de sua expansão urbana.

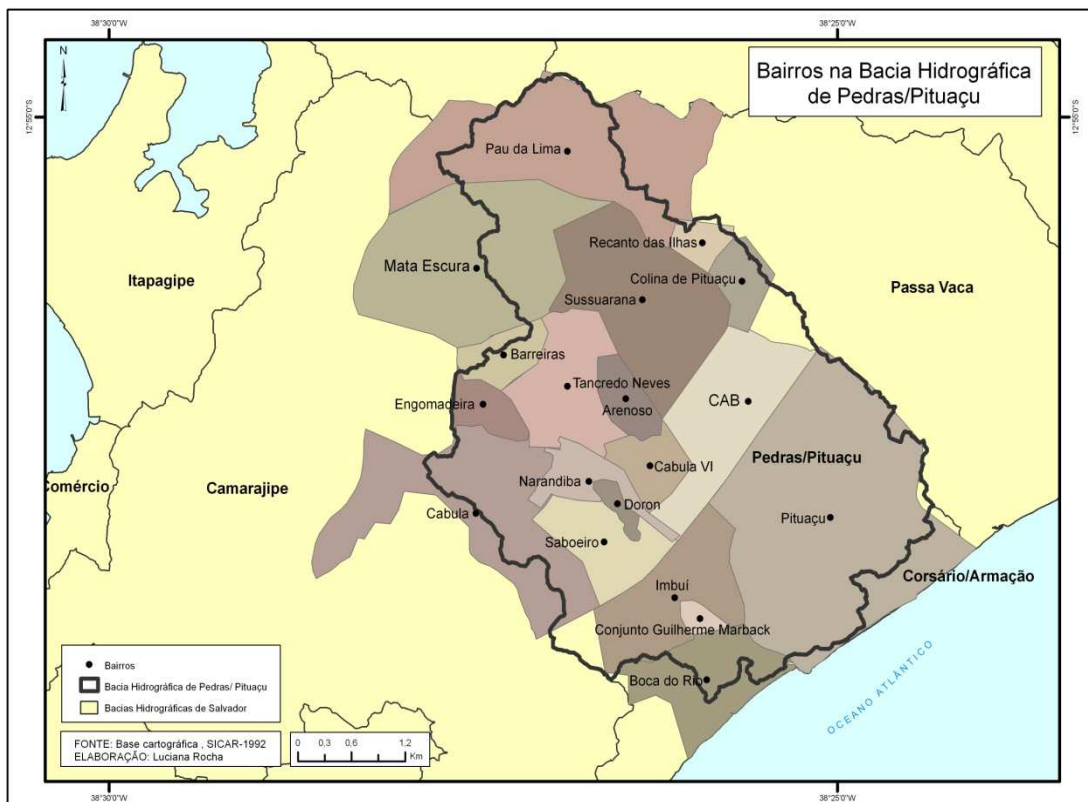
A cidade do Salvador possui três vetores de expansão, constituídos a partir dos diferentes processos de ocupação que ocorreu em seu território. Esses vetores são: orla atlântica, miolo e subúrbio ferroviário.

A bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu, cuja posição geográfica pode ser observada na Figura 24, situa-se no miolo e na orla atlântica da cidade e nela estão situados, na sua totalidade ou parte, dos bairros da Boca do Rio, Imbuí, Pituaçu, Saboeiro, Cabula, Cabula VI, Narandiba, Doron, Arenoso, Tancredo Neves, Engomadeira, Barreiras, Sussuarana, Mata Escura, Pau da Lima, Recanto das Ilhas, Colinas de Pituaçu, CAB e Conjunto Guilherme Marback (Figura 25).

Figura 24. Localização da Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu na cidade do Salvador-BA



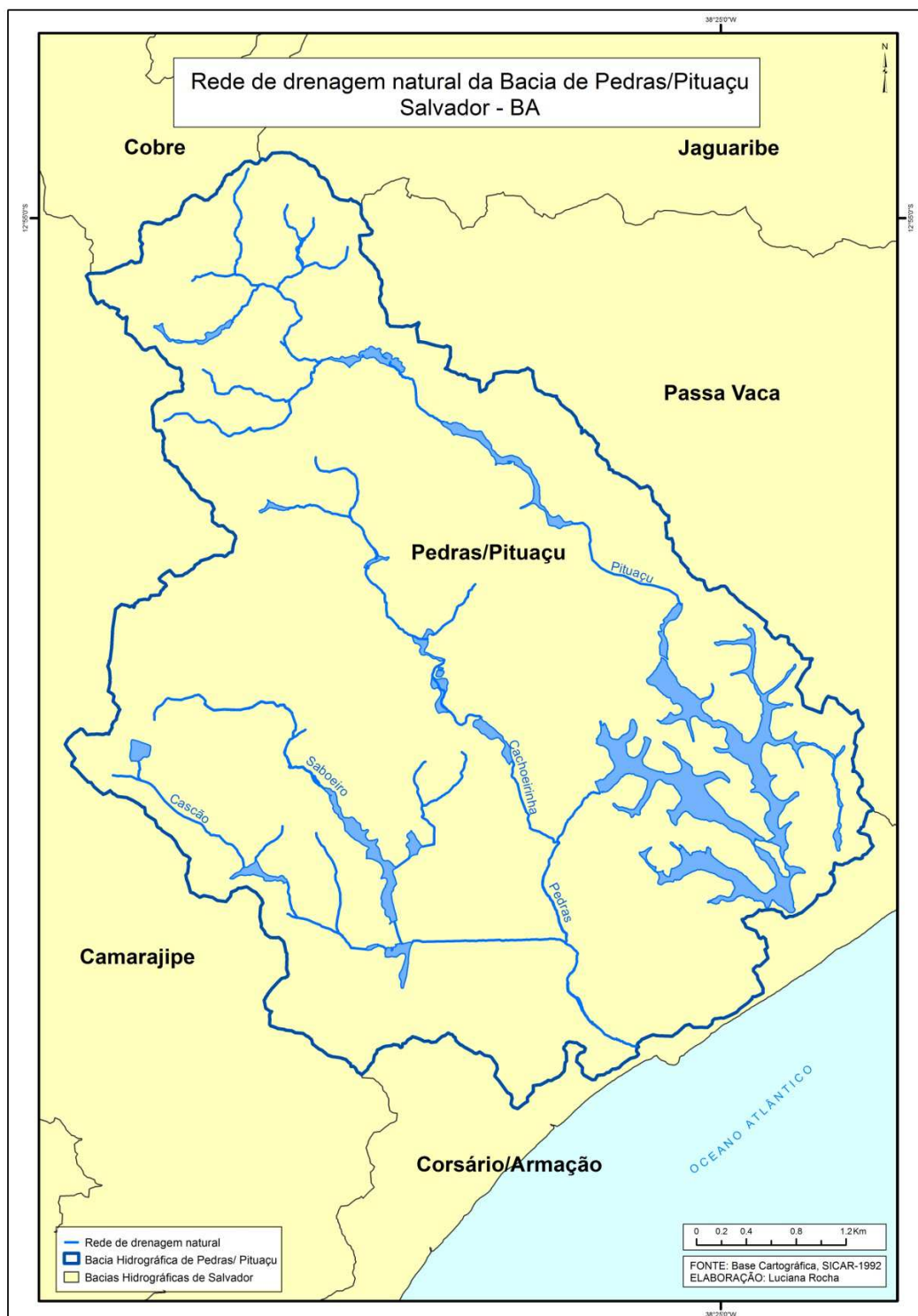
Figura 25. Bairros localizados na Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu



Especificamente, a bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu está inserida na “Região de Planejamento e Gestão das Águas do Recôncavo Norte”, segundo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). É formada pelas sub-bacias denominadas de: Rio Pituaçu, Ribeirão da Cachoeira (Cachoeirinha), Rio Saboeiro, Rio Cascão e Rio das Pedras. Além disso, possui duas represas: do Cascão e de Pituaçu. Esse sistema de drenagem “banha” os bairros de Pau da Lima, Sussuarana, Tancredo Neves, Arenoso, Engomadeira, Narandiba, Saboeiro, Cabula, Doron, Arraial das Barreiras, Imbuí, Boca do Rio e Pituaçu (Figura 26).

Localizada integralmente no município de Salvador, possui uma área de 27,05 km², o que corresponde a 8,76% do território municipal. É a quarta maior bacia hidrográfica de Salvador, em termos de superfície e, a terceira mais populosa com 275.781 habitantes e densidade populacional de 10.194,31hab./km² (SANTOS *et al*, 2010), possuindo notável importância ecológica, histórica e cultural.

Figura 26. Sistema de Drenagem da Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu



Quanto aos seus atributos ecológicos, é caracterizada por abrigar áreas verdes de Salvador com grande diversidade biológica, tendo um dos poucos remanescentes de Mata Atlântica e que serve de refúgio para muitas espécies da fauna. Este fato justifica a existência de diversas unidades ambientais na bacia,

tais como: Parque Metropolitano de Pituvaçu, Parque do Vale Encantado e Represa do Cascão.

O rio principal dessa bacia é o Pituvaçu, cujas nascentes encontram-se nos bairros de Mata Escura e Sussuarana, além de receber afluente de bairros vizinhos. Perto da represa do Pituvaçu, ele se encontra com o Rio das Pedras que segue até desaguar na Praia da Boca do Rio.

Em 1906, o rio Pituvaçu foi represado para ser usado no abastecimento de água de Salvador, formando artificialmente a Lagoa do Pituvaçu, localizada no Parque Metropolitano de Pituvaçu. Em outro trecho da bacia, houve o represamento do rio Cascão que levou à origem da Represa do Cascão, construída entre 1905 e 1907, para ser usada também no abastecimento de água. Esses fatos revelam parte do importante valor histórico-ambiental que os rios dessa bacia possuem.

Essa bacia possui significativos trechos de cobertura vegetal com remanescentes de Mata Atlântica. Contudo, seu ecossistema tem sofrido degradações e drásticas reduções de área, provocadas principalmente, pela expansão urbana.

3.1 Aspectos geoecológicos

O clima da Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituvaçu se enquadra no tipo climático de Salvador, ou seja, caracteriza-se como quente e úmido, sem estação seca definida e com chuvas concentradas no período de outono-inverno. A temperatura média anual fica em torno de 25,3° C, com pouca variação nas médias mensais.

A precipitação é outro dado importante por ser determinante para a vazão do rio e de seus afluentes. Contudo, a ausência de dados específicos para a área, devido à falta de postos meteorológicos no local, obrigou-nos a utilização dos dados da Estação Meteorológica de Ondina - Salvador (Lat. 13°01' e Long. 38°31') do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2008), que indica a precipitação média anual da cidade de 1.900mm, com um total de 220 dias de chuva por ano.

A área que abrange a bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu está inserida nos domínios morfoestruturais da Região do Alto Cristalino de Salvador e da Planície Costeira Quaternária. O Alto Cristalino de Salvador é constituído por rochas metamórficas pré-cambrianas sobre as quais se desenvolveu a maior parte da zona urbana da cidade. Nesse domínio foram incluídas as manchas dispersas da cobertura sedimentar areno-argilosa da Formação Barreiras e de detritos aluviões quaternários. Esses terrenos são explorados para a extração de matérias-primas minerais (brita, areia, argila, etc.), na maior parte das vezes de modo desordenado, e, utilizados também, como reservatório de água subterrânea.

Já a Planície Costeira Quaternária teve sua evolução controlada por grandes flutuações do nível do mar e um dos indícios desse evento no local são as dunas nas mediações do bairro do Imbuí.

Quanto ao tipo de solo, predomina o latossolo vermelho-amarelo. Um solo mineral, ácido, com baixa fertilidade natural, mas boa porosidade e permeabilidade, cuja textura argilosa a muito argilosa associada à boa permeabilidade o torna propício, quando “encharcados” ou mal manejados, a ocorrência de deslizamentos e possuem também, características físicas propícias ao bom desenvolvimento das raízes das plantas, constituindo-se em mais um fator que contribui para o desenvolvimento de florestas como a Mata Atlântica.

A vegetação presente na área em estudo é resultado da inter-relação dos demais elementos ecológicos. São encontradas as restingas, um tipo de vegetação com predominância de plantas herbáceas e com influência marinha e fluvio-marinha presente nas áreas de planície além de significativos trechos de vegetação nativa tipo Mata Atlântica que é caracterizada por árvores de grande porte e como uma das maiores biodiversidades do planeta e está representada na área em estudo pela mata do Cascão e pela área da região do parque de Pituaçu (Figuras 27 e 28). Duas áreas que foram caracterizadas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) do município de Salvador, lei municipal 7.400/2008, como Área de Proteção de Recursos Naturais (APRN), em função do reconhecido valor ecológico e urbano-ambiental que possuem.

Figura 27. Mata do Cascão



Fonte: INGA (2009)

Figura 28. Parque de Pituauçu



Fonte: resizeofsalvador35ui6qv.jpg

3.2 Organização espacial e expansão urbana na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituauçu

A ocupação urbana na bacia do Rio das Pedras/Pituauçu foi incipiente até a primeira metade do Século XX. Só na década de setenta, com a implantação de alguns pólos habitacionais financiados pelo Estado como: Complexo Urbanístico da Narandiba, Condomínio Rio das Pedras, Moradas do Imbuí, com a implantação da Avenida Paralela e do Centro Administrativo da Bahia (CAB) que essa área passou por uma grande valorização, sofrendo um processo de expansão urbana acelerado.

A tipologia urbana dessa bacia, mais especificamente da área situada no seu baixo curso, pode ser observada a seguir na Figura 29.

Figura 29. Vista aérea parcial da bacia hidrográfica urbana de Pedras/Pituauçu

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php>

Para compreender a ocupação urbana dessa área faz-se necessário conhecer a dinâmica das regiões da orla atlântica e do miolo de Salvador, nas quais a bacia está inserida. Na primeira, estão localizados os bairros da Boca do Rio, Imbuí, Pituaçu e Conjunto Guilherme Marback. Já os outros: Cabula, Cabula VI, Saboeiro, Doron, Narandiba, Engomadeira, Tancredo Neves, Arenoso, Sussuarana, Mata Escura, Barreiras, Pau da Lima, Recanto das ilhas, Colinas de Pituaçu e Centro Administrativo da Bahia, que constituem a maior parte da nossa área em estudo, estão no miolo.

A região conhecida como miolo engloba uma das áreas onde mais intensamente tem ocorrido transformações em decorrência do processo de ocupação territorial. Segundo Fernandes (2004):

Este nome [miolo] se deve ao fato da região situar-se, em termos geográficos, na parte central do município de Salvador. Possuindo cerca de 115 km, ele está entre a BR 324 e a Avenida Luiz Viana Filho (Avenida Paralela) estendendo-se desde a Invasão Saramandaia até o limite Norte do Município.

É uma região que apresenta também, grande importância ecológica/natural para o município.

Sua topografia, com cotas entre 10 a 110 metros, abriga os pontos mais altos da cidade, com topos relativamente planos e entalhado por vales profundos. Constitui-se numa ampla rede de drenagem natural. Com declividades em alguns trechos acentuadas, a ocupação ocorre nas cumeadas e nas meias encostas preservando-se os fundos dos vales. A vegetação é composta de remanescentes de Mata Atlântica, árvores de grande porte e zonas de mata como a represa do Cascão, Prata e a Mata dos Oitis e também de plantações de fundo de quintal. As principais bacias hidrográficas localizadas no miolo são formadas pelos rios Camurujipe, Cachoeirinha e Pituaçu, Saboeiro e Cascão (bacia das Pedras), Jaguaribe e Ipitanga (FERNANDES, 2004).

De acordo com a mesma autora, essa região até finais de 1940 era praticamente rural e foi nos anos 50, quando começou a expansão horizontal e a segregação urbana em Salvador, que essa área se transformou na de maior expressão do processo de periferização sócio-espacial da cidade e com as transformações no sistema de transporte, em especial com a criação da Avenida Luiz Viana Filho (Avenida Paralela), ficou em uma posição estratégica, entre esta Avenida e a BR 324, o que contribui para acelerar sua ocupação.

A partir de 1970, com a implantação de importantes investimentos dos setores secundário e terciário da economia, novos rumos são dados à ocupação da região do miolo. Em menos de três décadas a população dessa região chegou a mais de meio milhão de habitantes e ela “se constitui na cara dramática da recente expansão de Salvador” (FERNANDES, 2004).

Sob essa dinâmica, portanto, está inserido o bairro do Cabula que tem suas raízes históricas em séculos passados e nas quatro últimas décadas apresentou uma grande transformação que levou à atual caracterização do local.

Até o início da década de 1940, representava uma importante área verde de Salvador e era constituído por fazendas, cuja principal produção era a de laranja. Configurava-se como uma localidade distante, com características rurais, situada nos arredores da cidade; quadro que muda a partir da década de 50 com o início da expansão horizontal em Salvador (FERNANDES, R. B; SANTO, S. M. e SANTOS, R. L. 2004).

Dos anos 60 até os 70, as transformações no sistema viário como a criação da Avenida Edgar Santos, por exemplo, fomentaram um grande impulso ao crescimento do Cabula. Nas décadas de 80 e 90, o processo de ocupação e a falta de preocupação com o meio ambiente prosseguem e as áreas verdes ainda presentes vão rapidamente desaparecendo, enquanto continua a expansão urbana no Cabula e, em função da própria densificação demográfica, ele vai se tornando cada vez mais atraente também para o setor comercial. (FERNANDES, R. B; SANTO, S. M. e SANTOS, R. L. 2004).

As localidades do Saboeiro, Narandiba e Doron possuem limites espaciais comuns entre si e tiveram processos de ocupação parecidos, ambos incentivados por programas habitacionais do Estado que na década de 1980 criou diversos conjuntos residenciais nessa área até então considerada distante da região mais valorizada do município, mas que foi ganhando autonomia, infraestrutura de serviços e hoje estão bem diferentes dos seus primeiros anos.

Situado entre Narandiba e o Saboeiro, o bairro do Doron é tipicamente residencial com predominância das edificações multifamiliares. De acordo com a reportagem publicada no jornal A Tarde, em 12 de abril de 2008, na série Onde eu Moro, por volta de 1982, o Doron era percebido como um conjunto de prédios baixos, cercados de árvores por todos os lados, e mais lembrava uma

cidadezinha do interior. Parecia um lugar distante do centro da cidade, mas hoje, já conta com uma série de serviços e empreendimentos que mudaram a paisagem local.

Os bairros de Engomadeira e Tancredo Neves tiveram processo de expansão urbana diferente dos bairros citados. Neles, houve um intenso e rápido povoamento marcado por ocupações do tipo espontâneas.

A forma como Engomadeira foi inicialmente ocupada é que lhe rendeu este nome. De acordo com a história local, tudo teve início com as lavadeiras e engomadeiras das roupas dos homens que viviam nos quartéis das forças armadas, localizado em seus arredores. Já Tancredo Neves, nome atual decidido em um plebiscito realizado na localidade em 02/06/2005, como uma forma de homenagear o ex-presidente falecido Tancredo de Almeida Neves, era antes conhecido como Beiru, nome de origem iorubá que se refere ao escravo africano Gbeiru que morou na localidade, no século XIX e que recebeu essas terras como doação. Sua atual configuração começou a delinear-se na década de vinte, quando parte das terras foram adquiridas por José Evangelista de Souza que arrendou-as, dividindo em vários lotes (SANTOS *et al.*, 2010) o que desencadeou sua ocupação.

Com cerca de 0,49% da população de Salvador, o histórico do bairro do Arenoso está relacionado com o de Tancredo Neves, pois sua provável existência deve-se ao desmembramento deste. A ocupação urbana dessa área ocorreu e, se mantém, com a predominância de residências edificadas pela população no formato de “autoconstrução”, que caracteriza a ocupação espontânea bem marcante em sua paisagem.

Próximo a estes bairros está o das Barreiras que, segundo Santos *et al.* (2010), expandiu-se a partir da década de 70, quando as chácaras desta região cederam espaço para a construção de conjuntos habitacionais que, ainda hoje, predominam em sua paisagem.

Nas primeiras décadas do século XX, a área que constitui o que atualmente é o bairro da Mata Escura, tinha apenas algumas poucas casas de taipa e uma densa floresta que, à noite, junto com a parca iluminação, gerava uma imensa escuridão no “meio do verde” (SANTOS *et al.*, 2010) e por isso o local recebeu essa denominação.

Com o grande crescimento populacional de Salvador, Mata Escura foi objeto do avanço urbanizador, com a instalação de diversos conjuntos habitacionais a partir dos anos 80. Além dessas construções, diversas ocupações irregulares ocorrem, sobretudo, nas áreas remanescentes da mata, ao sul da Penitenciária Lemos de Brito, maior complexo penitenciário da Bahia construído nos anos 1950.

Originado do desmembramento de grandes fazendas nas décadas de quarenta e cinquenta do século passado, Sussuarana atualmente possui uma grande densidade populacional e é predominantemente residencial. Ao longo do seu território está uma das nascentes do Rio Pituaçu e a nascente do Rio Cachoeirinha.

Conforme mostra a Figura 30, esse bairro sofre com os constantes alagamentos que assolam a cidade do Salvador.

Figura 30. Alagamento em rua do bairro de Sussuarana



Fonte: <http://blig.ig.com.br/reporterrealidade/bahia/>

Já o bairro de Pau da Lima, tem crescimento associado à consolidação da ocupação do centro geográfico de Salvador, através da expansão de ocupações espontâneas. Ele começou a formar-se nos anos cinquenta e é cortado pelo Rio Pituaçu (SANTOS *et al.*, 2010).

O Recanto das Ilhas, como os demais bairros da área de estudo, começou a se estruturar na década de 70 mais especificamente, no ano de 1976, com o início dos trabalhos de terraplanagem para a futura construção do Conjunto Habitacional Recanto das Ilhas, situado as margens da Avenida São Rafael, que

já estava construída nesse período e que auxiliou no processo de expansão dessa área conjunto que veio a se transformar em bairro.

Com processo de consolidação similar ao de Recanto das Lhas, o bairro de Colinas de Pituacu também desenvolveu-se a partir da instalação de um conjunto habitacional nas proximidades da Avenida São Rafael que é seu principal logradouro.

O Centro Administrativo da Bahia - CAB foi inaugurado em 1973 nas mediações da Avenida Luiz Viana Filho. Sua instalação nesta área da cidade justificou-se na década de setenta, porque o centro da Cidade dava sinais de fadiga e, a Paralela colocava a possibilidade de polarização e crescimento da cidade em direção ao Norte (SANTOS *et al.*, 2010).

É um bairro predominantemente institucional, onde se localiza a maior parte das secretarias e órgãos de Governo do Estado da Bahia, como a Assembleia Legislativa e o Tribunal de Justiça (Figuras 31 e 32).

Figura 31. Visão aérea de parte do CAB



Fonte: <http://arquitetandonanet.blogspot.com.br>

Figura 32. Uma das vias que circundam o CAB



Fonte: <http://netodopt13.blogspot.com.br>

Hoje, o CAB está situado em área com grande concentração de bairros ocupados pela população situada nas menores faixas de renda, entremeada por usos e ocupações de padrão de renda elevada (SANTOS *et al.*, 2010).

Dos bairros da área de estudo situados na região da orla atlântica, Guilherme Marback é o menor em extensão territorial. Sua origem está relacionada a intervenções do Estado através da construção do Conjunto Habitacional Guilherme Marback que foi se expandindo, atraindo setores do comércio e novos moradores para seus arredores.

Quanto ao Imbuí, localizado as margens da Avenida Paralela, teve início marcado pela edificação do primeiro condomínio do bairro planejado por construtores: o Rio das Pedras, que foi entregue em 1978 (OLIVEIRA, 2007) destinadas principalmente a trabalhadores do Pólo Petroquímico de Camaçari. Depois disso, foi mudando e hoje, representa dentro desse perímetro em estudo, a porção onde estão instalados os condomínios com população de maior poder aquisitivo, dispendo de uma infraestrutura bem desenvolvida.

Vertical em quase toda sua extensão, a impressão inicial de quem visita o Imbuí é a de que a localidade não para de crescer, sua paisagem está em rápida transformação e onde antes predominavam dunas, o que se observa atualmente são shoppings, centros comerciais e prédios (Figura 33).

Figura 33. Vista aérea parcial do bairro do Imbuí e da Avenida Paralela



Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/892340>

Ainda que disponha de boa infraestrutura urbana, os moradores do bairro do Imbuí não estão isentos dos constantes alagamentos (Figuras 34 e 35) que ocorrem na cidade e caracteriza-se como um dos locais com mais pontos de ocorrência desse tipo de evento.

Figura 34. Alagamento no acesso a condomínio Figura 35. Área da Vila Imbuí alagada



Fonte: <http://www.atarde.com.br>



Fonte: <http://www.atarde.com.br>

O bairro da Boca do Rio tem seu nome relacionado, à existência da foz do Rio das Pedras que lança suas águas na praia do bairro. As atuais características do local têm origem na década de 1960, quando antigos moradores das localidades “Bico de Ferro” e “Alto de Ondina” foram transferidos para este bairro, por conta de uma intervenção da prefeitura naquela área. Apesar das mudanças ao longo do tempo, mantém muitas características do passado, como por exemplo, as áreas de ocupação espontânea não verticalizada (SANTOS *et al.*, 2010).

Além dos fatores de deficiência em infraestrutura urbana, esse bairro está situado em região de planície e é bastante vulnerável a eventos de alagamentos, como pode ser visto nas Figuras 36 e 37.

Figura 36. Casas do bairro inundadas



Fonte: <http://www.comunicacao.ba.gov.br>

Figura 37. Alagamento em via pública



Fonte: <http://www.comunicacao.ba.gov.br>

Um outro bairro localizado na bacia é o Pituaçu, situado na orla atlântica de Salvador. Os primeiros passos para sua formação foram dados no início da

década de 1970 quando centenas de casas de taipa foram erguidas às margens do Rio Pituvaçu. Eram homens e mulheres que, em busca de moradias, fixaram-se neste local, cercado por grandes dunas, animais e uma exuberante Mata Atlântica (SANTOS *et al.*, 2010). Nele localiza-se o Parque de Pituvaçu, um dos maiores de Salvador com uma importante área verde e de lazer (Figura 38).

Figura 38. Vista da área verde do Parque de Pituvaçu



Fonte:<http://www.skyscrapercity.com/>

4. MATERIAIS E MÉTODO

Ao realizar um trabalho de geoinformação, deve-se enfatizar as dificuldades inerentes a ele. Obstáculos como acesso a dados de setores públicos, disponibilização de informações dúbias que apresentam descontinuidades temporais ou simplesmente inexitem e são imprecisas para determinados eventos são algumas das barreiras. Atentando-se a essas limitações práticas, pôde-se melhor delinear o estudo que se pretendia desenvolver.

Para este trabalho o levantamento de dados no jornal A Tarde e o contato com a Comissão de Defesa Civil do Salvador (Codesal) foram essenciais, bem como, a investigação de procedimentos e seleção de métodos aplicados em trabalhos acadêmicos renomados, que foram levantados através da revisão bibliográfica.

Uma vez escolhidos metodologia e dados, valeu-se de ferramentas apoiadas em geotecnologias para organizar, processar, modelar e analisar os dados e, para realizar sua representação cartográfica.

4.1 Materiais

4.1.1 Base cartográfica

As bases cartográficas adquiridas foram as do Sistema Cartográfico da Região Metropolitana de Salvador (SICAR/RMS) do ano de 1992 e do Sistema Cartográfico e Cadastral do Município do Salvador (SICAD/PMS), de 2006. Da primeira foram utilizados os arquivos vetoriais de limite territorial, hidrografia, dentre outros e, da segunda, o sistema de eixos e logradouros atualizado. As referidas bases possuem escala 1:2.000, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), datum planimétrico SAD 69 e datum altimétrico em Imbituba-SC.

4.1.2 Dados alfanuméricos

Uma das fontes de dados utilizadas na identificação das áreas de alagamentos foram os registros encontrados no acervo digital do jornal A Tarde,

nos anos de 1997 a 2010. A adoção desse período deve-se ao fato deste ser o período disponibilizado pelo referido meio de comunicação para consultas de notícias em meio digital e *on line*, o que facilitou acesso aos tais dados. Este jornal foi escolhido, dentre outros da mídia local, por ser um dos mais antigos e de maior circulação em Salvador e região, e por possuir credibilidade entre a população.

Os outros dados utilizados também foram secundários e fornecidos pela Codesal, cujas ocorrências são registradas após denúncia/reclamação dos habitantes e validadas após vistoria de um técnico do órgão. Elas referem-se aos anos de 2006 a 2010, estavam em tabelas organizadas em planilhas e continham os seguintes campos: data / endereço / bairro, conforme exemplo no Quadro 1¹.

Quadro 1. Demonstração do arquivo fornecido pela Codesal, com os registros de alagamentos

Data	Endereço	Bairro
07/03/2010	1ª Travessa Emiliano Galiza, nº 12 C	Boca do Rio
13/06/2006	3ª Travessa Canambi, nº 362	Boca do Rio
28/04/2006	3ª Travessa Canambi, nº 51	Boca do Rio
21/04/2006	3ª Travessa Novo Paraíso, nº 325	Boca do Rio
21/04/2006	3ª Travessa Novo Paraíso, nº 325 C	Boca do Rio
20/04/2006	3ª Travessa Novo Paraíso, nº 327	Boca do Rio

Fonte: Codesal (2011)

Para utilizar esses dados foi necessário obter suas coordenadas geográficas e dessa forma, transformou-se essa base de dados em dados espaciais. Tal estratégia foi desenvolvida com a finalidade de integrar as informações de alagamentos (dados pontuais) a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), conforme será descrito em procedimentos metodológicos.

¹ A tabela completa possui 2.176 campos de registros de ocorrências de alagamentos e por isso não foi colocada na íntegra no corpo do trabalho.

4.1.3 Imagens de satélite

As imagens de satélite utilizadas foram as do sensor QuickBird, ao todo 2 cenas, do ano de 2009 e com resolução espacial de 0,65m. A imagem possuía formato geotiff, projeção UTM e sistema de referência WGS-84. Não houveram custos para sua aquisição, pois elas foram fornecidas pelo Ministério das Cidades ao Departamento de Transportes da Universidade Federal da Bahia por meio do Projeto de Pesquisa USEGEO (Capacitação em Geoprocessamento).

4.1.4 Programas computacionais

Os programas foram usados em diferentes etapas do trabalho. Para organização dos dados tabulares, foi utilizada planilha eletrônica do excel 2007 (Microsoft). O ArcGis 10 (ESRI) foi empregado na etapa de processamento dos dados alfanuméricos, bem como, na aplicação das técnicas de análise espacial no conjunto de dados levantados e na geração dos mapas temáticos.

Já o programa ENVI 4.7 foi utilizado para o pré-processamento das imagens QuickBird e como auxílio para a classificação e análise delas.

4.1.5 Entrevistas

As entrevistas foram realizadas por telefone e durante visitas à Codesal, com o objetivo de conhecer a forma de levantamento e registro das ocorrências e para obter-se maior compreensão para o estabelecimento das futuras propostas.

Nelas, foram ouvidos os técnicos dos setores de Comunicação e Informática, na primeira visita, e da Ouvidoria e Vistoria em outro momento.

4.2. Método

O uso de uma metodologia de pesquisa em um trabalho científico é essencial, uma vez que permite ao pesquisador organizar suas ideias de forma orientada e estruturada, a partir de procedimentos específicos e bem definidos. Nessa dissertação entende-se metodologia como a forma de conduzir a pesquisa, ou seja, como um conjunto de regras que permitem alcançar um determinado objetivo.

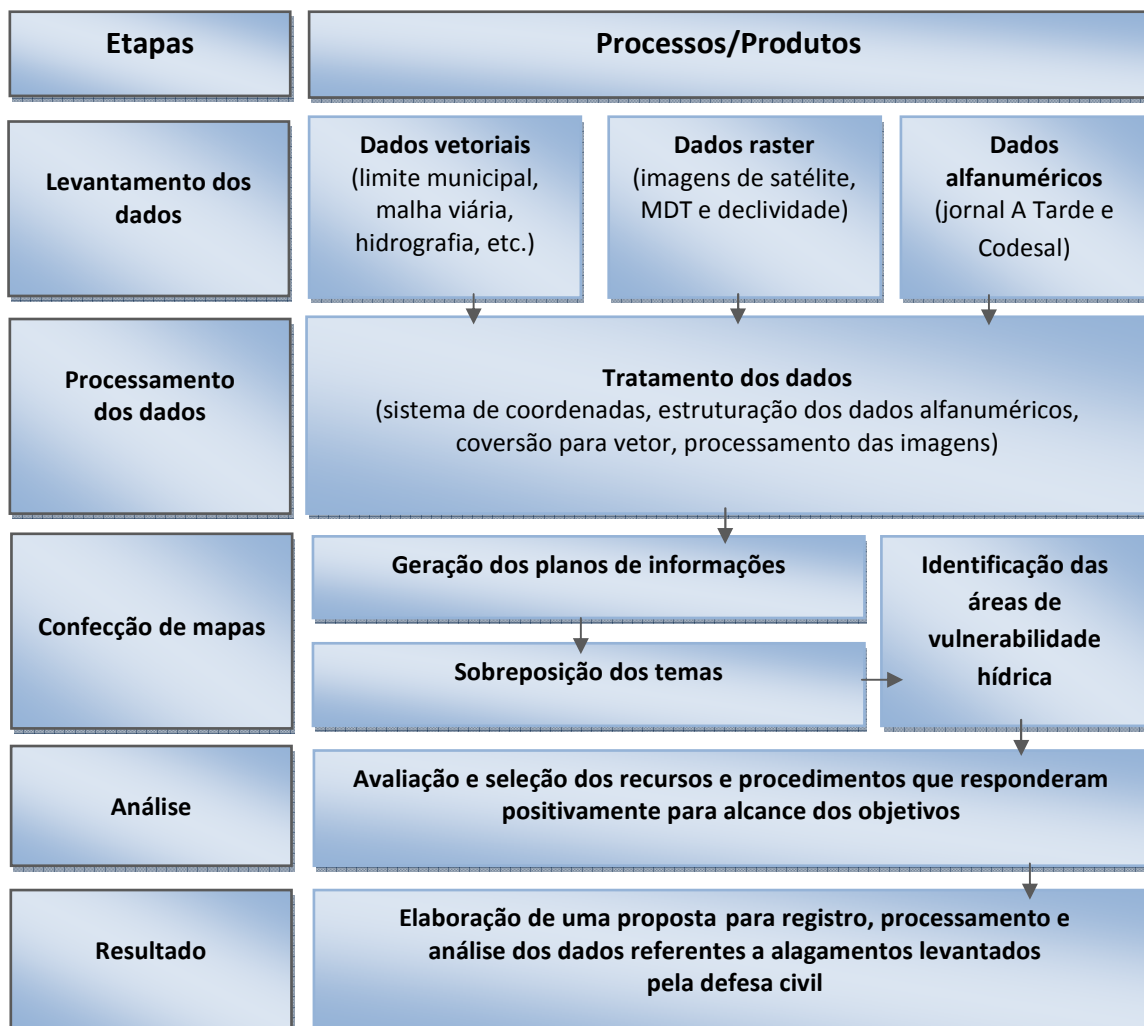
A metodologia utilizada no desenvolvimento dessa dissertação caracteriza-se, por natureza e classificação, como uma pesquisa aplicada, pois teve como objetivo propor uma metodologia onde o processamento de informações espaciais e a aplicação das geotecnologias possam qualificar as ações da defesa civil de um local e possibilitando sua aplicação em outros locais. A pesquisa aplicada caracteriza-se por seu interesse prático, busca gerar conhecimentos dirigidos à solução de problemas específicos, envolve verdades e interesses locais (LAKATOS e MARCONI, 1999).

Com relação à forma de abordagem do problema, a presente investigação utilizou o enfoque quantitativo, uma vez que buscou entender e explicar fenômenos da sociedade e da natureza de forma estruturada, procurando eximir os resultados de motivos, crenças ou valores, típicos da abordagem qualitativa. Os dados aqui utilizados foram traduzidos em números e informações, e por meio de sua quantificação foram classificados e analisados.

A metodologia utilizada para a identificação das áreas de vulnerabilidade hídrica está resumida no fluxograma da Figura 39. Nesta, inicialmente, foi realizado o levantamento dos dados da base cartográfica do município do Salvador, essencial na condução dos trabalhos de geolocalização das ocorrências de alagamentos. Seguidamente, organizou-se uma base de dados alfanuméricos a partir de dados de duas fontes: da mídia (jornal A Tarde) e da defesa civil. Como os dados citados não se configuravam em dados espaciais, porque não tinham suas coordenadas geográficas determinadas, um procedimento para a obtenção destas foi realizado e será apresentado na sessão 4.2.1.1.1.

Uma vez organizada a base cartográfica e os dados alfanuméricos, foram elaborados mapas e realizadas análises que permitiram identificar as áreas com ocorrências alagamentos.

Figura 39. Fluxograma do desenvolvimento da metodologia



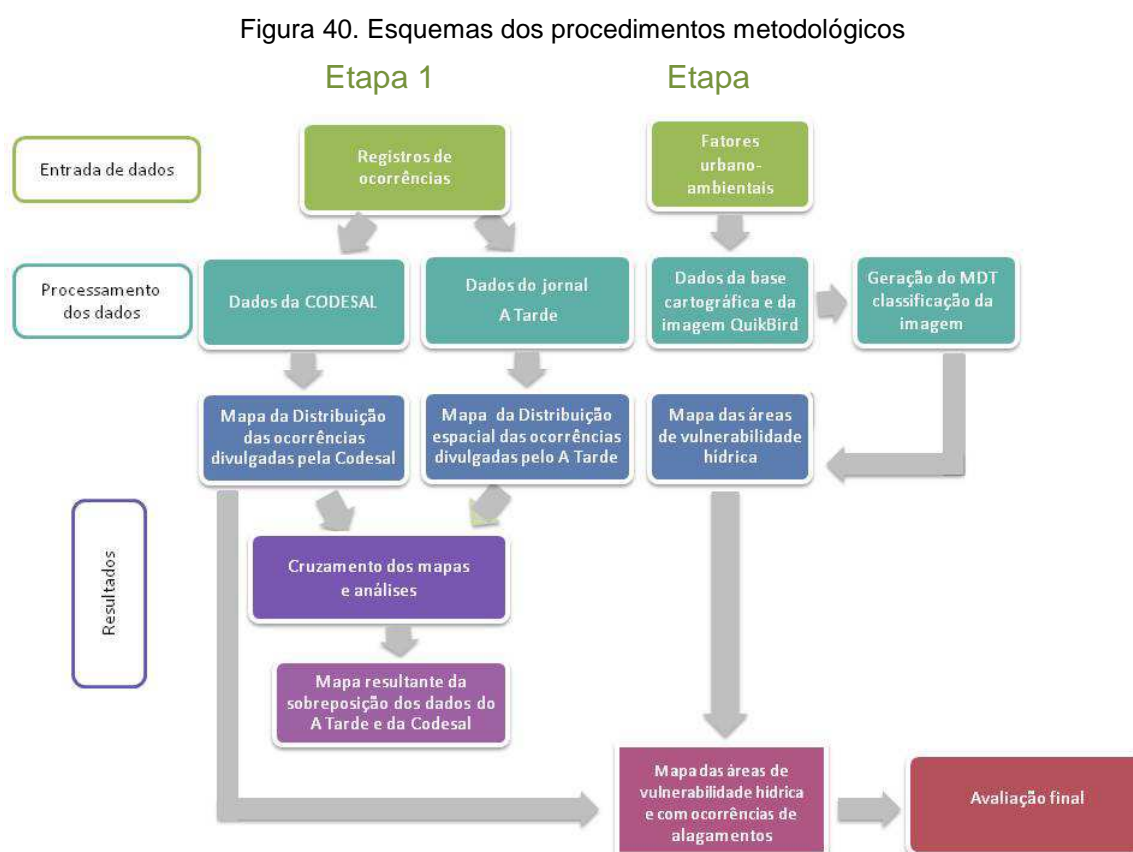
Na etapa seguida, a análise da drenagem da região foi realizada por meio dos fatores: topografia e distinção de áreas permeáveis e impermeáveis. A topografia da bacia foi estudada através da geração do modelo numérico do terreno e do cálculo da declividade, o que levou à compreensão sobre escoamento e fluxo da água superficial. Para análise da relação da quantidade de áreas permeáveis/impermeáveis foram classificadas imagens de satélite do sensor QuickBird e deste processamento foi obtido um mapa temático, no qual foi possível avaliar a quantidade de área permeável e a área impermeável da área de estudo, entre outras classes.

Na fase final da pesquisa, foi elaborada uma proposta com intuito de aprimorar o procedimento para registro, processamento e análise dos dados

referentes à temática aqui estudada. Espera-se que essa proposta possa ser aplicada na administração dos órgãos municipais responsáveis.

4.2.1 Procedimentos metodológicos

A Figura 40 ilustra os procedimentos metodológicos que estão organizados em duas etapas. Na primeira, está representado o caminho adotado para verificação dos locais com registros dos eventos de alagamento em Salvador, divulgados em notícias no jornal A Tarde e dos dados adquiridos junto à defesa civil. Já a segunda, demonstra a etapa de levantamento de fatores relevantes para a ocorrência desse fenômeno, como declividade e impermeabilização do solo, que serão obtidos a partir das imagens de satélite e da geração do MDT.



2

Dessa forma, após a entrada e o processamento desses dados em ambiente SIG, mapas foram elaborados, associados e correlacionados entre si,

permitindo o diagnóstico final sobre a correspondência entre a distribuição das ocorrências e o mapa de vulnerabilidade.

4.2.1.1 Processamento dos dados alfanuméricos

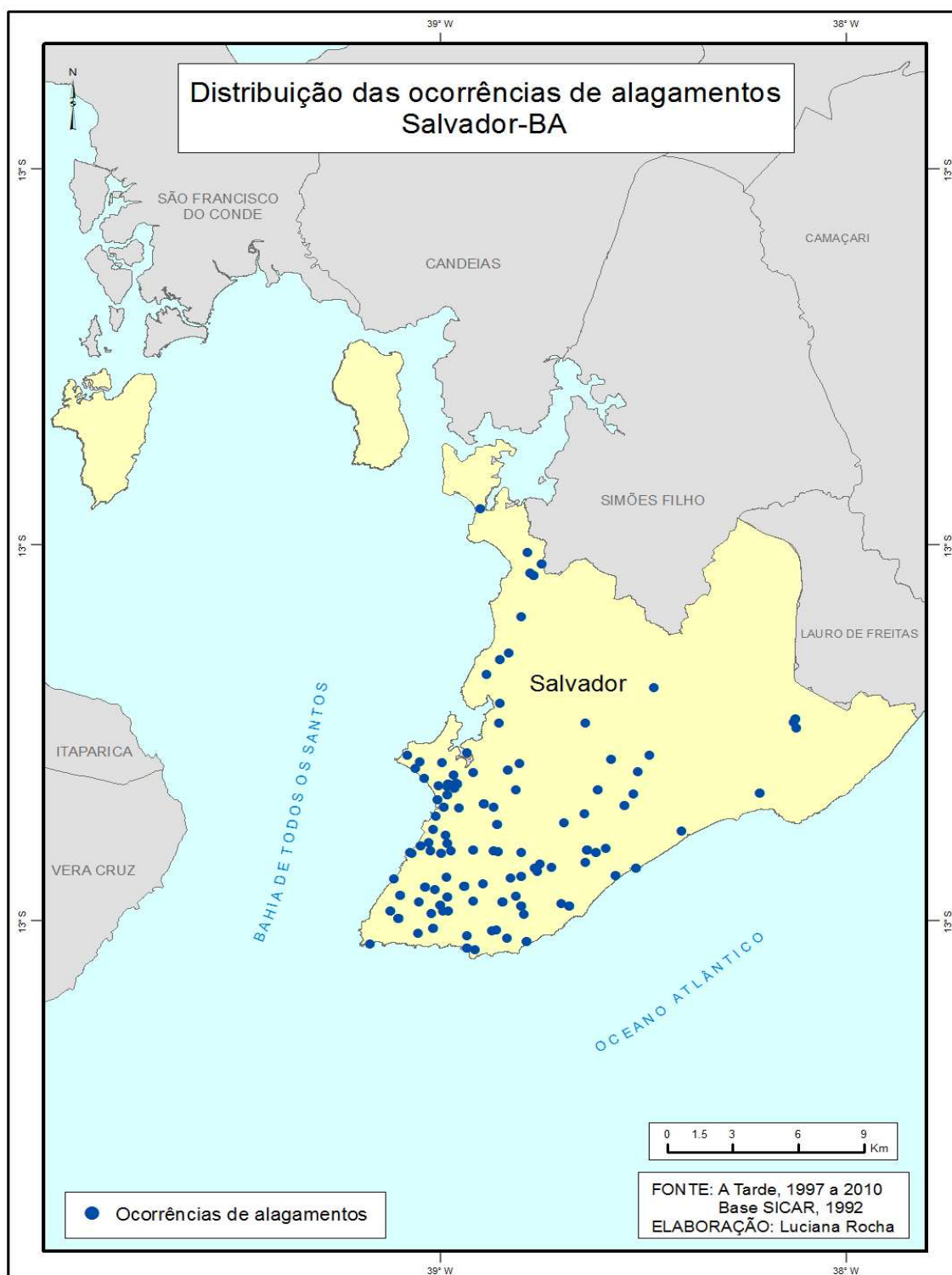
4.2.1.1.1 Dados do Jornal A Tarde

Inicialmente, apresenta-se a organização dos dados do A Tarde, que foram obtidos por meio de pesquisa em seu acervo digital. Do período adotado, de 1997 a 2010, obtendo-se um total de 218 registros que foram organizados em planilha eletrônica. Seguidamente, foi utilizado o programa *Google Earth* para que as coordenadas geográficas das ocorrências fossem identificadas. Visando minimizar falhas na definição dessas coordenadas, as localizações oferecidas por aquele programa foram comparadas com aquelas que constam na base de dados de localidades e cadastro de logradouros no Mapa Digital da Prefeitura Municipal do Salvador. Ao serem detectados conflitos, prevaleceu a localização da base da prefeitura municipal.

Nesta etapa de cadastro dos endereços, foram identificadas algumas inconsistências, por exemplo, nomes de logradouros errados, nomes que são comuns a diferentes bairros, dentre outros. Assim, decidiu-se buscar na notícia referente à ocorrência, outros indícios para definição final do local. Quando não foram encontradas outras referências que oferecessem com segurança a definição do local, este registro de ocorrência foi descartado. Desta forma, no final da organização dos dados passou-se de 218 para 199 ocorrências.

Tabulados e organizados através de planilha eletrônica, os dados foram convertidos para formato vetorial o que possibilitou identificar a distribuição geográfica das ocorrências, conforme mostra o mapa na Figura 41.

Figura 41. Distribuição espacial das ocorrências de alagamentos divulgadas pelo A Tarde



Seguidamente, foi aplicado nesse conjunto de dados o estimador de intensidade kernel que relevou quatro áreas críticas no município. A partir desse

resultado, uma dessas áreas foi definida como área de estudo servindo para o aprofundamento das análises dos dados da Codesal.

Os resultados da aplicação do kernel serão descritos, no capítulo Resultados e Discussões.

4.2.1.1.2 Dados da Codesal

Os dados da defesa civil, conforme mostrou o Quadro 1, foram fornecidos em planilha eletrônica com apenas 3 campos: data / endereço / bairro, com todos os registros do evento alagamento no município de Salvador, nos anos de 2006 a 2010.

Na organização desses dados, foram selecionadas as 587 ocorrências referentes aos bairros que estão situados na bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu e foi analisado em quais deles houve registro de alagamento, quantos foram esses registros e na coluna observação colocou-se algumas informações importantes para as análises (Quadro 2).

Vale ressaltar que, foi adotada a delimitação antiga de bairros de Salvador, uma vez que os dados referem-se a registros dos anos de 2006 a 2010 e a nova delimitação teve seu estudo concluído e lançado em março de 2010.

Quadro 2. Organização e tabulação dos dados fornecidos pela Codesal

Bairros na Bacia de Pedras/Pituaçu	Registros da Codesal	Total de registros	Observação
Boca do Rio	OK	342	Apenas uma parte do bairro está na bacia
Guilherme Marback	sem registro		
Imbuí	OK	49	Rua da Bolandeira com 41 registros do total. Todos, nos anos de 2009 a 2010
Pituaçu	OK	15	
Saboeiro	OK	1	
Cabula	OK	7	
Cabula VI	sem registro		
Narandiba	OK	7	

Doron	OK	1	
CAB	sem registro		
Arenoso	sem registro		
Tancredo Neves	OK	70	
Engomadeira	OK	3	
Barreiras	sem registro		
Sussuarana	OK	54	
Mata Escura	OK	15	Apenas uma parte do bairro está na bacia
Pau da Lima	OK	23	Apenas uma parte do bairro está na bacia
Recanto das Ilhas	sem registro		
Colina de Pituaçu	sem registro		

Fonte: CODESAL (2011)

Com auxílio do *Google Earth* e do Mapa Digital da Prefeitura do Salvador, foram verificados os endereços contidos na planilha (por exemplo: nome das ruas, os bairros em que essas ruas estavam localizadas, etc) e, de forma similar ao que foi realizado com os dados do A Tarde, foram verificadas as inconsistências referentes, principalmente, ao endereçamento.

A transformação desse dado em dado espacial foi realizada com o levantamento das coordenadas geográficas, considerando os valores em décimo de grau. Ressalta-se que, as coordenadas obtidas não são precisas, mas foram levantadas com muita atenção e refere-se ao centróide de cada logradouro. Nessa ocasião, também foram levantadas as altitudes do local dessas ocorrências.

Por fim, a planilha que foi obtida com três dados, passou a ter mais 4 campos, conforme pode ser verificado no Quadro 3.

Quadro 3. Dados da Codesal acrescidos de novos campos²

Campos anteriores			Campos novos			
Data	Endereço	Bairro	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Observação
13/06/2006	3ª Travessa Canambi, Nº 362	BOCA DO RIO	-12,97889	-38,42361	19	
28/04/2006	3ª Travessa Canambi, Nº 51	BOCA DO RIO	-12,97889	-38,42361	19	
21/04/2006	3ª Travessa Novo Paraíso, Nº 325	BOCA DO RIO	-12,98000	-38,43722	20	
20/04/2006	3ª Travessa Novo Paraíso, Nº 769	BOCA DO RIO	-12,98000	-38,43722	20	
15/05/2009	Avenida Jorge Amado, Nº 119n	BOCA DO RIO	-12,96889	-38,43111	9	Para a prefeitura a av. está nos bairros do Imbuí e Pituçu
21/10/2006	Avenida Octávio Mangabeira, Nº 8	BOCA DO RIO	-12,97833	-38,42500	9	Avenida extensa e que passa por diversos bairros

Fonte: CODESAL (2011)

Além dessa organização dos dados, foram realizadas duas entrevistas a fim de se conhecer melhor a forma de levantamento e registro das ocorrências. O primeiro contato foi com o Setor de Comunicação e Informática, cujos responsáveis informaram que a origem dos registros se dá através da solicitação do morador que, utiliza o serviço telefônico 199 ou vai pessoalmente ao órgão para fazer a reclamação que em seguida é verificada por técnico do órgão que se dirige ao local informado para averiguar a solicitação que, sendo confirmada, é

² A tabela completa possui os dados de todos os bairros da bacia, é muito extensa e por isso não foi colocada na íntegra no corpo do trabalho.

validada. Quanto ao endereço da ocorrência, informaram que ela é legitimada pelo técnico responsável pela vistoria.

Já a segunda entrevista, realizada com funcionário do setor de Ouvidoria e Vistoria este informou que, após vistoria e validação da ocorrência, encaminha-se comunicação para diferentes órgãos como: Limpurb, EMBASA, entre outros de acordo com o dano, as causas e a dimensão do evento.

Quando foi perguntado sobre formas de melhorar o trabalho no que diz respeito à identificação do local, declarou que é responsabilidade do morador informar com clareza o local do evento, fornecendo uma boa referência de sua rua e casa. Não sinalizou que o uso da cartografia e do sistema GNSS, por exemplo, estivessem nos planos e pudessem contribuir para a melhoria dos trabalhos.

As entrevistas, além de terem auxiliado no entendimento de questões referentes aos dados, ajudaram a compreender algumas deficiências e as possíveis propostas para melhoria dos registros de ocorrências.

Nos Anexos A e B deste trabalho constam a ficha e o relatório de vistoria que são usados pelos técnicos durante suas idas a campo e que foram disponibilizados durante essas visitas para as entrevistas.

4.2.1.2 Processamento e classificação digital das imagens raster e elaboração do Modelo Digital do Terreno

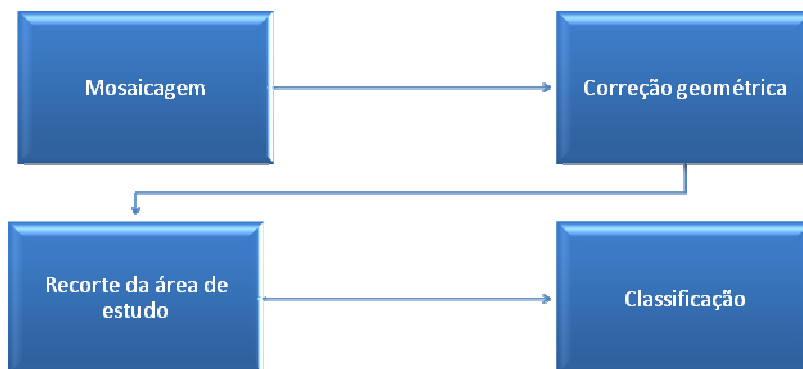
Na segunda etapa dos procedimentos metodológicos apresentados na Figura 48, com o emprego do Modelo Digital do Terreno - MDT, foram definidas áreas onde fatores naturais, a exemplo da declividade, favorecem alagamentos de certos locais; e, com a classificação das imagens foram identificados fatores urbanos, como a impermeabilização que trona áreas, por vezes não propícias naturalmente a alagamentos, sujeitas a tais eventos.

4.2.1.2.1 Processamento e classificação das imagens raster

Para a realização da classificação das imagens fez-se necessário as seguintes etapas: mosaicagem, correção geométrica, recorte da área de estudo,

definição das classes e geração de mapas (Figura 42). Seguidamente, uma descrição de cada etapa dessa classificação é apresentada.

Figura 42. Etapas para realização da classificação



a) Mosaicagem

Esta precedeu a correção geométrica, haja vista que as duas cenas que recobriam a área de estudo foram tomadas na mesma data: 7 de janeiro de 2009, ou seja, elas se complementavam.

b) Correção Geométrica

As imagens foram corrigidas geometricamente, sendo usado como parâmetro de transformação o polinômio de 2º ordem. Para a definição dos pontos de controle utilizou-se o arquivo vetorial do sistema viário do município de Salvador e após a demarcação de 10 pontos de controle na imagem mosaicada, o erro médio quadrático RMS – (*Root Mean Square*) obtido no final foi de 1,22m.

c) Recorte da área de estudo






Com o mosaico das cenas corrigido geometricamente, realizou-se o recorte da área de interesse com auxílio do arquivo vetorial de delimitação da bacia hidrográfica em estudo.

d) Classificação

As classes de uso e cobertura da terra obtidas foram: vegetação, solo exposto, área construída, nuvem e corpos d'água. A partir da identificação e

mapeamento dessas classes, foi realizado um agrupamento em três grupos de interesse: permeável, impermeável e outros, conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1. Classes e amostras das imagens da área de estudo

	GRUPOS		
	Permeável	Impermeável	Outros
CLASSES	Vegetação 	Área construída 	Nuvem 
	Solo exposto 		Hidrografia 

Fonte: Elaborado pela autora (2013)

Foi realizada inicialmente a vetorização manual das cinco classes apresentadas e, em seguida, a classificação visual das mesmas. Para este processamento foram utilizados os programas ArcGis 10 e Envi 4.7, que disponibilizam diversos recursos para esse tipo de atividade e ofereceram bons resultados para essa etapa.

Com a conclusão desta etapa foi possível produzir o mapa de áreas permeáveis e impermeáveis da bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu.

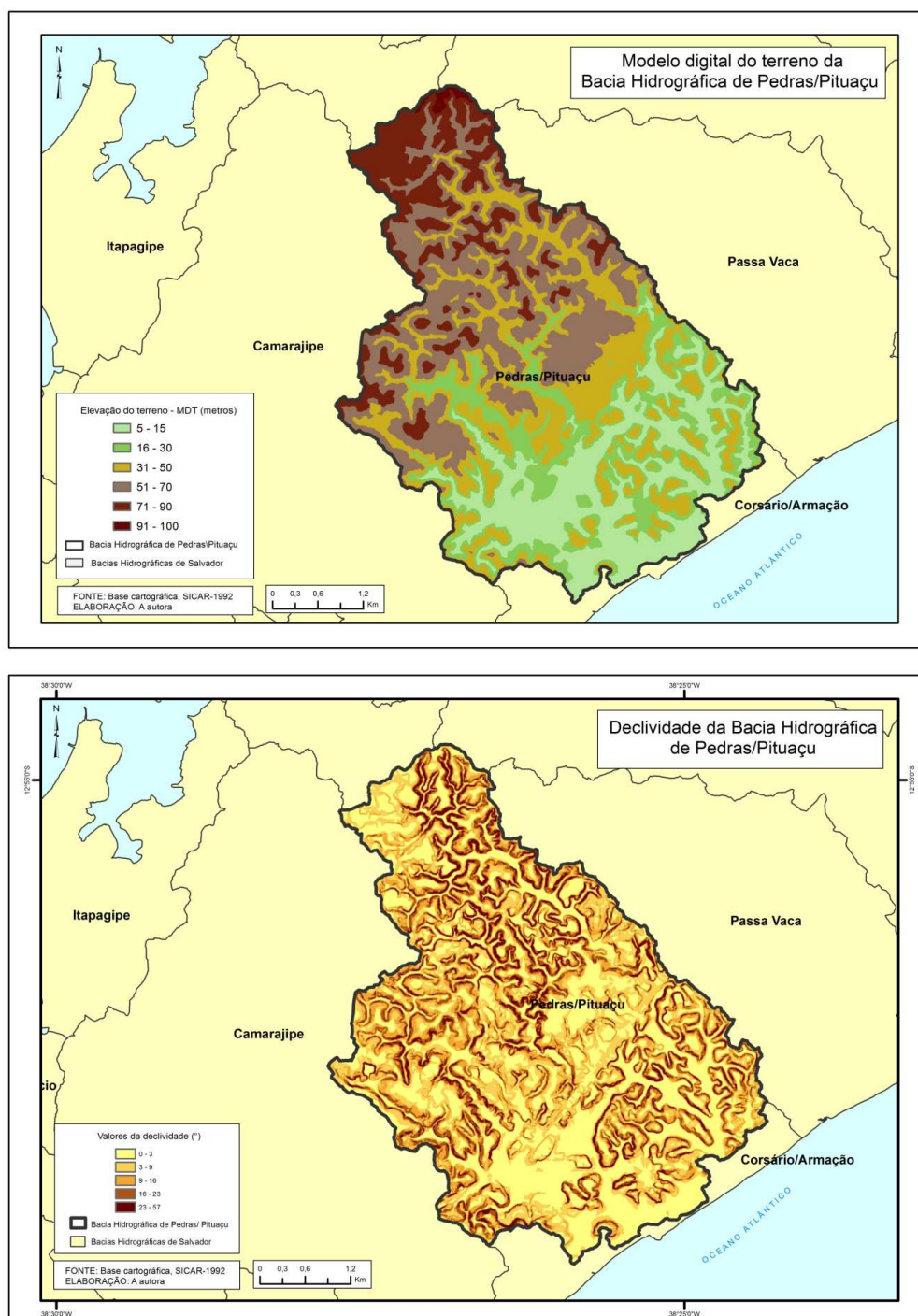
4.2.1.2.2 Elaboração do Modelo Digital do Terreno e da Declividade

Para elaboração do modelo digital do terreno (MDT) foi usado o arquivo de curva de nível da base cartográfica do município do Salvador, elaborada na escala 1:2.000, com equidistância de 5 metros. O MDT da bacia hidrográfica estudada possui valores altimétricos que variam de 0 a 100 metros e como pode ser observado no mapa da Figura 41, a parte norte da bacia apresenta as maiores

elevações, com predominância de vales encaixados e bem recortados, enquanto que a parte sul, destaca-se com baixas altitudes.

A partir desse MDT, pode-se obter a declividade da bacia, também representada na Figura 43. Esses dois produtos foram gerados através da ferramenta *3D Analyst Tools* no programa ArcGis 10.

Figura 43. MDT e declividade da bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu



O MDT, em seguida, foi associado aos vetores do limite da bacia hidrográfica, dos pontos de alagamentos e ao raster da declividade, auxiliando nas análises da verificação da relação de fatores ambientais, com as áreas de ocorrências do evento investigando.

Os resultados do processamento das imagens, do MDT e da declividade serão apresentados e discutidos no capítulo a seguir.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados alcançados com a aplicação do método estabelecido para o alcance dos objetivos da presente pesquisa.

Visando atender o primeiro objetivo, foi necessário processar e avaliar os dados do jornal A Tarde (mídia) e da Codesal (defesa civil). Do primeiro, foram levantadas as ocorrências de todo município e, conforme descrição na seção 4.2.1.1, foi obtido o mapa da Distribuição espacial das ocorrências divulgadas pelo jornal A Tarde (Figura 41).

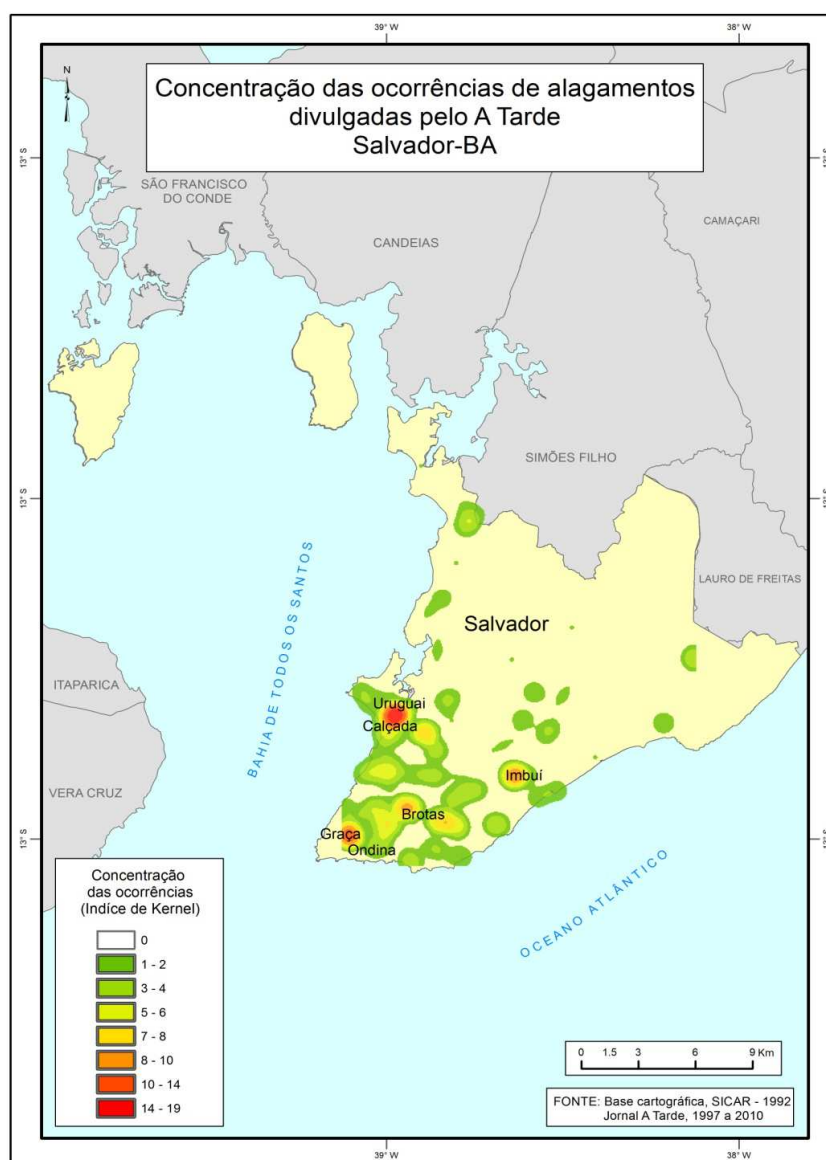
A partir dessa distribuição, utilizou-se o método de análise espacial do estimador de intensidade kernel, que calcula a intensidade pontual de um evento, cujas aplicações foram apresentadas na seção 2.5.4.3 desta dissertação, para se conhecer os pontos críticos no município. Para a aplicação do kernel foi usado o programa ArcGis e como parâmetros para a estimação do raio de influência foi utilizado o valor de 500 metros, escolhido após verificações das distâncias médias entre os pontos de ocorrências e de avaliações dos valores que melhor representavam a superfície a ser gerada pois, conforme apresentado na revisão bibliográfica, o raio de cobertura é que define a suavização da superfície gerada, dessa forma, um raio muito pequeno gera uma superfície muito descontínua enquanto que um grande demais, pode gerar uma superfície amaciada, resultando numa homogeneidade para a região avaliada.

Os resultados do método kernel, expressos no mapa na Figura 44, demonstram que as ocorrências de alagamentos ao longo dos 13 anos considerados apresentam uma distribuição irregular no espaço geográfico de Salvador. A estimação das áreas com maior intensidade de eventos revelou que há quatro áreas de atenção, sendo a mais crítica dentre estas, a que está situada bem distante dos centros importantes da cidade, nos bairros do Uruguai e Calçada. Locais com concentração de atividades comerciais e de serviços, que quando são atingidas por alagamentos, tem o fluxo do trânsito e desses serviços bastante alterados.

Outros locais com concentração dos casos de alagamentos definidos pela aplicação do método possuem condições de infraestrutura urbana mais

adequada, sugerindo que as intervenções urbanísticas até então adotadas pela administração municipal não estão evitando que tais eventos provoquem transtornos no dia-a-dia dos habitantes. Nesses pontos, localizados nos bairros Graça/Ondina, Imbuí e Brotas, além das alterações que são provocadas no trânsito, há grandes consequências em áreas residenciais, onde moradores ficam “ilhados” e com grande dificuldade de locomoção.

Figura 44. Concentração das ocorrências de alagamentos divulgadas pelo jornal A Tarde no município de Salvador de 1997 a 2010

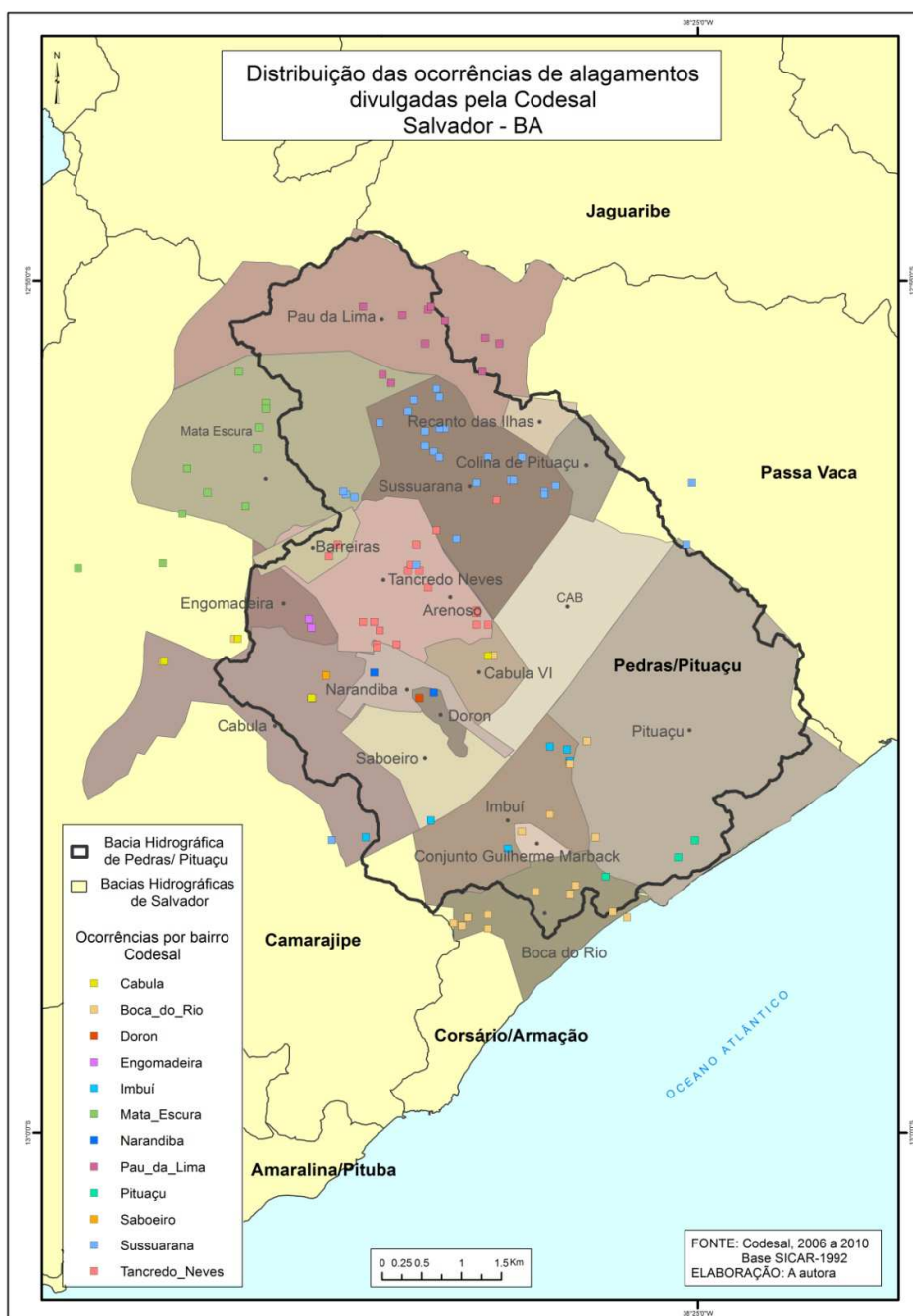


Por meio desse resultado, foi escolhida como unidade de estudo a bacia hidrográfica de Pedras/Pituaçu, onde está localizada uma área crítica no município, representada pelo bairro do Imbuí e adjacências. Associado a esse

aspecto, essa bacia já foi avaliada em estudos anteriores feitos pela autora da dissertação o que ofereceu maiores subsídios para às análises desejadas.

A partir da definição dessa bacia, os dados avaliados da Codesal foram apenas os referentes aos bairros contidos nessa unidade e, por meio do processamento deles, obteve-se a distribuição espacial apresentada no mapa a seguir (Figura 45).

Figura 45. Distribuição das ocorrências de alagamentos divulgadas pela Codesal



A análise dessas ocorrências revelou que a Codesal não considera as dimensões dos bairros quando valida um registro. Dois bairros em especial: Mata Escura e Sussuarana apresentam casos muito distantes dos seus limites territoriais e nesse segundo bairro houve um logradouro registrado no seu banco que oficialmente pertence a outro bairro, que nem sequer faz limite com ele. Outro caso que despertou atenção foi que todas as ocorrências do bairro do Cabula, se sobrepuseram às ocorrências da Boca do Rio porque, ora o logradouro foi definido como sendo de um bairro ora como de outro.

Constatou-se ainda outros erros como, por exemplo, a Rua da Bolandeira, que de acordo com o cadastro de logradouros da prefeitura municipal está no bairro de Pituaçu, encontra-se registrada no banco da Codesal ora como pertencente ao bairro de Pituaçu, ora como Boca do Rio e em outras situações como do Imbuí.

Parte dessa problemática é resultado também da ausência de delimitação oficial atualizada dos bairros em Salvador. Pois, embora o município possua um estudo recente sobre esses limites territoriais, elaborado numa parceria entre a Universidade Federal da Bahia, sociedade civil e órgãos públicos municipais e estaduais, ele ainda não foi homologado. Isso tem gerado dificuldades para a gestão e atuação de algumas entidades públicas, no que se ao endereçamento de fatos por eles avaliados.

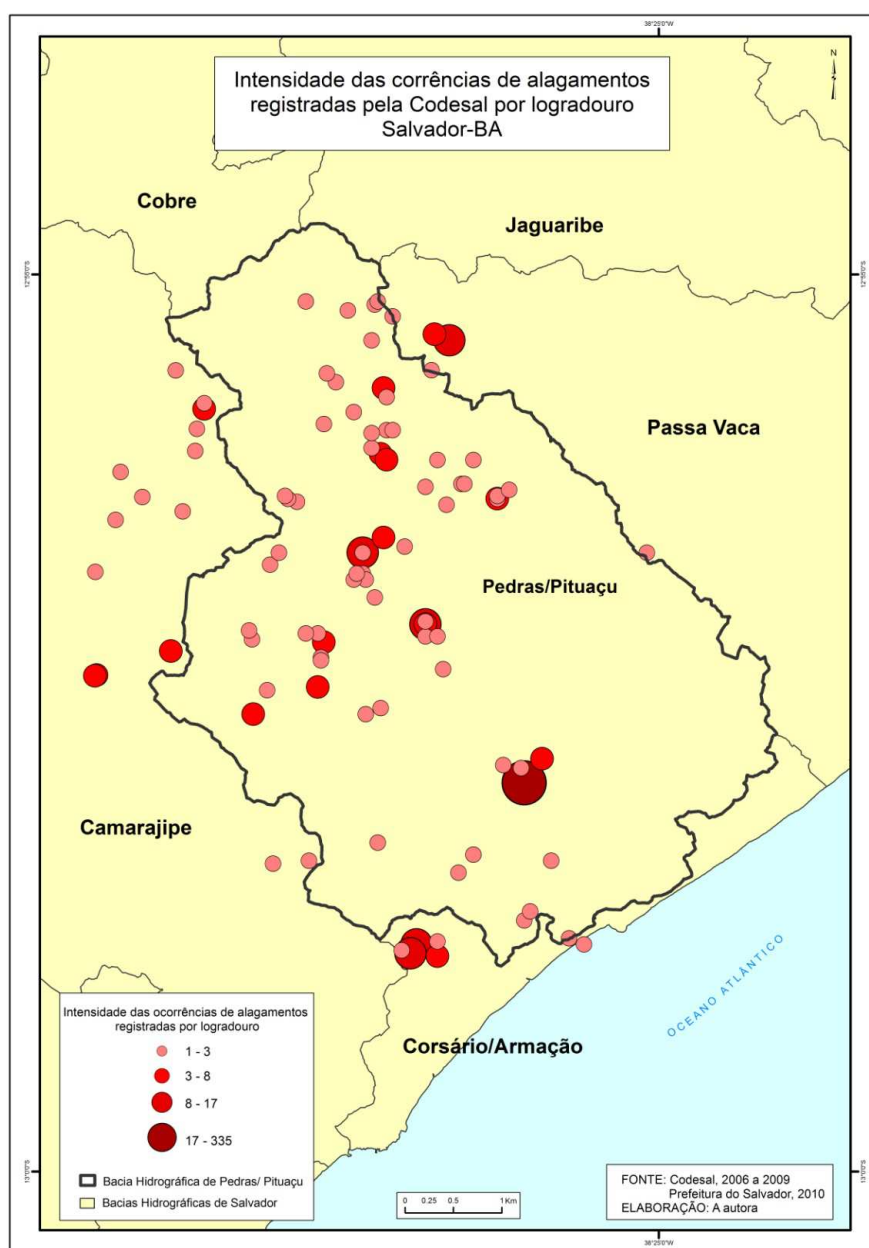
Outro diagnóstico é que, se for feita uma análise quantitativa utilizando o campo bairro da planilha fornecida pela Codesal para se conhecer a intensidade e distribuição dessas ocorrências no espaço geográfico, haverá falsas deduções porque não há utilização de uma base de endereçamento única e oficial. Dessa forma, registros que na verdade não são de um determinado bairro serão erroneamente registrados em outro bairro.

Assim, a avaliação desses dados, de forma isolada e sem associação a outros bancos e/ou fatores, demonstraram que eles possuem problemas tanto na forma com que se registra a ocorrência, quanto na definição de sua localização, o que caracteriza uma deficiência para a implementação de programas de prevenção que tomem como referência a representação espacial do dado.

Mesmo conscientes das falhas que o registro desses logradouros possuem, optou-se por realizar a espacialização dos dados da Codesal para

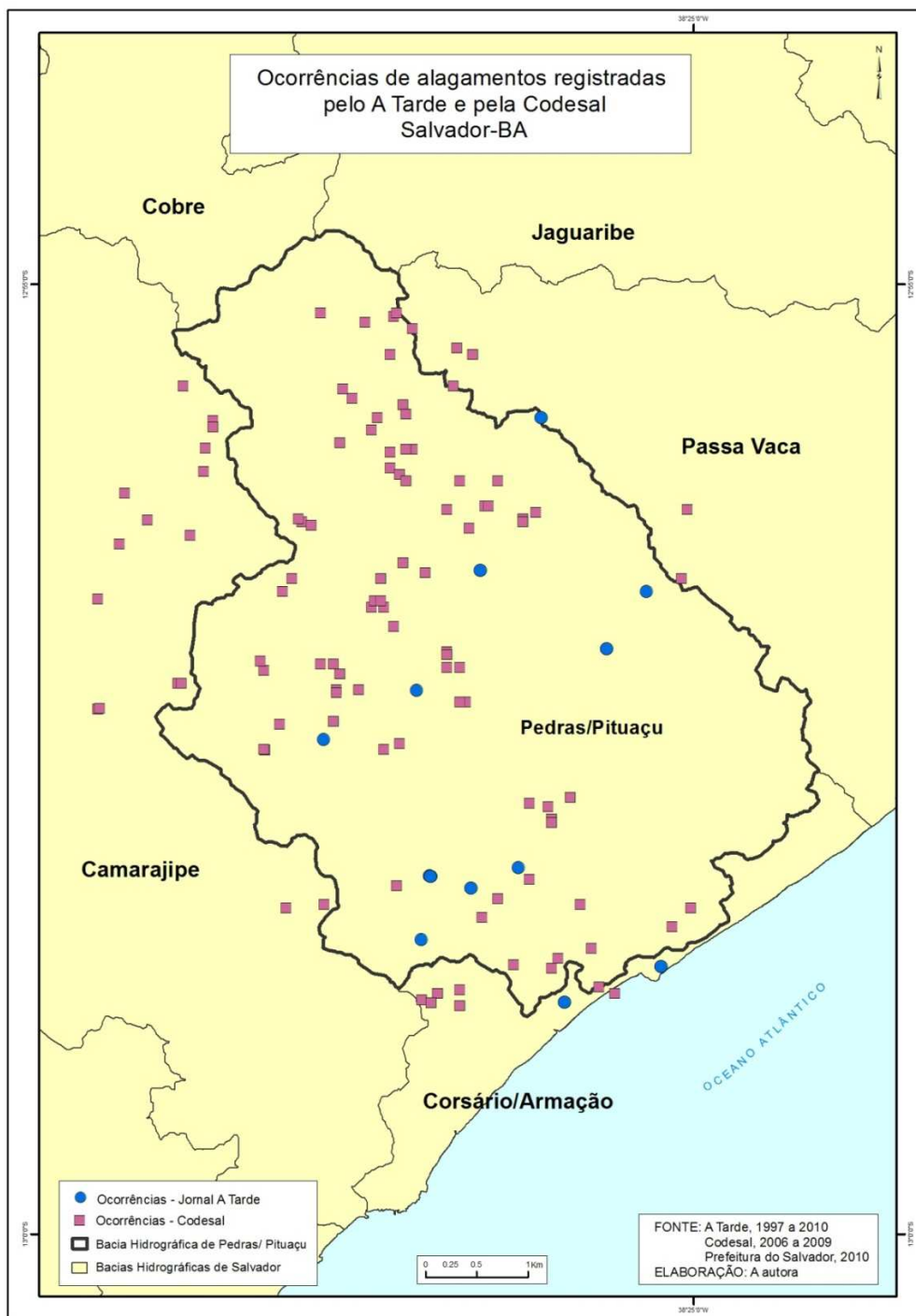
identificar os locais mais críticos, com o intuito de apresentar uma das formas e ratificar os benefícios que o correto registro do logradouro pode oferecer. No mapa na Figura 46 as simbologias de tamanho e cor foram adotadas e permitiram a identificação da área mais crítica na bacia: a rua da Bolandeira, que teve mais de 300 registros no período avaliado. Análises semelhantes a esta podem ser feitas pelos técnicos da Codesal e poderão auxiliar na identificação de locais para interferência desse órgão.

Figura 46. Intensidade das ocorrências de alagamentos registradas pela Codesal por logradouro



Para uma nova etapa das análises, produziu-se o mapa (Figura 47) resultante da sobreposição dos dados do jornal A Tarde e da Codesal. Neste, foi possível observar que não há coincidência entre as áreas de ocorrências de alagamentos divulgadas pela mídia com as registradas pelo órgão da defesa civil.

Figura 47. Mapa resultante da sobreposição dos dados do A Tarde e da Codesal

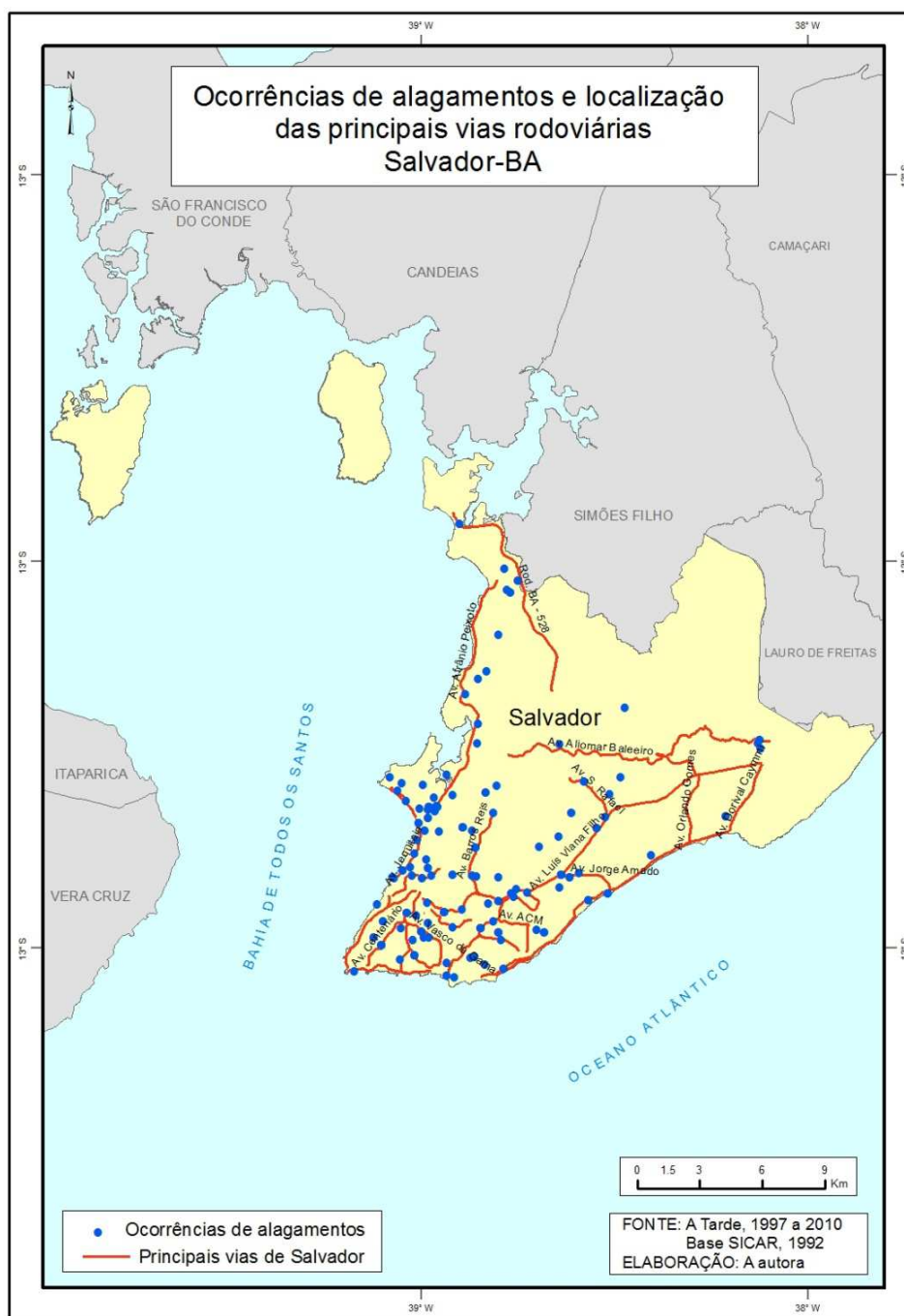


A fim de atestar a afirmativa de que não existe coincidência entre as áreas com registros do jornal A Tarde e da Codesal, optou-se por realizar análises estatísticas correlacionando esses dados. A correlação poderia ser feita considerando a variável ano dos dois bancos de dados. No entanto, devido a pouca quantidade de dados do jornal A Tarde para fazer correspondência com os da Codesal, não foi possível prosseguir com essa etapa pois, enquanto na primeira fonte de dados tinha-se 7 registros para o ano de 2010, no segundo foram encontrados 284 registros para o mesmo ano.

Outra constatação com a análise dos dados do A Tarde revela que a mídia não tem informado o que a população denuncia junto à defesa civil. Ela divulga os fatos que causam maiores prejuízos à circulação de moradores e veículos, o que pode ser percebido nos títulos das seguintes reportagens: “Chuva alaga ruas de Salvador”, “Baixa do Fiscal: ruas alagam após 10 minutos de chuva” e “Alagamento afeta trânsito na Calçada”, que seguem no anexo C desse trabalho.

O mapa da Figura 48, também auxilia neste diagnóstico. Para sua elaboração foram selecionadas as principais vias de circulação terrestre em Salvador e observa-se que grande parte das ocorrências divulgadas pelo jornal mencionado estão nessas vias de circulação ou em suas proximidades.

Figura 48. Mapa com as ocorrências de alagamentos do A Tarde e a indicação das principais vias rodoviárias de Salvador

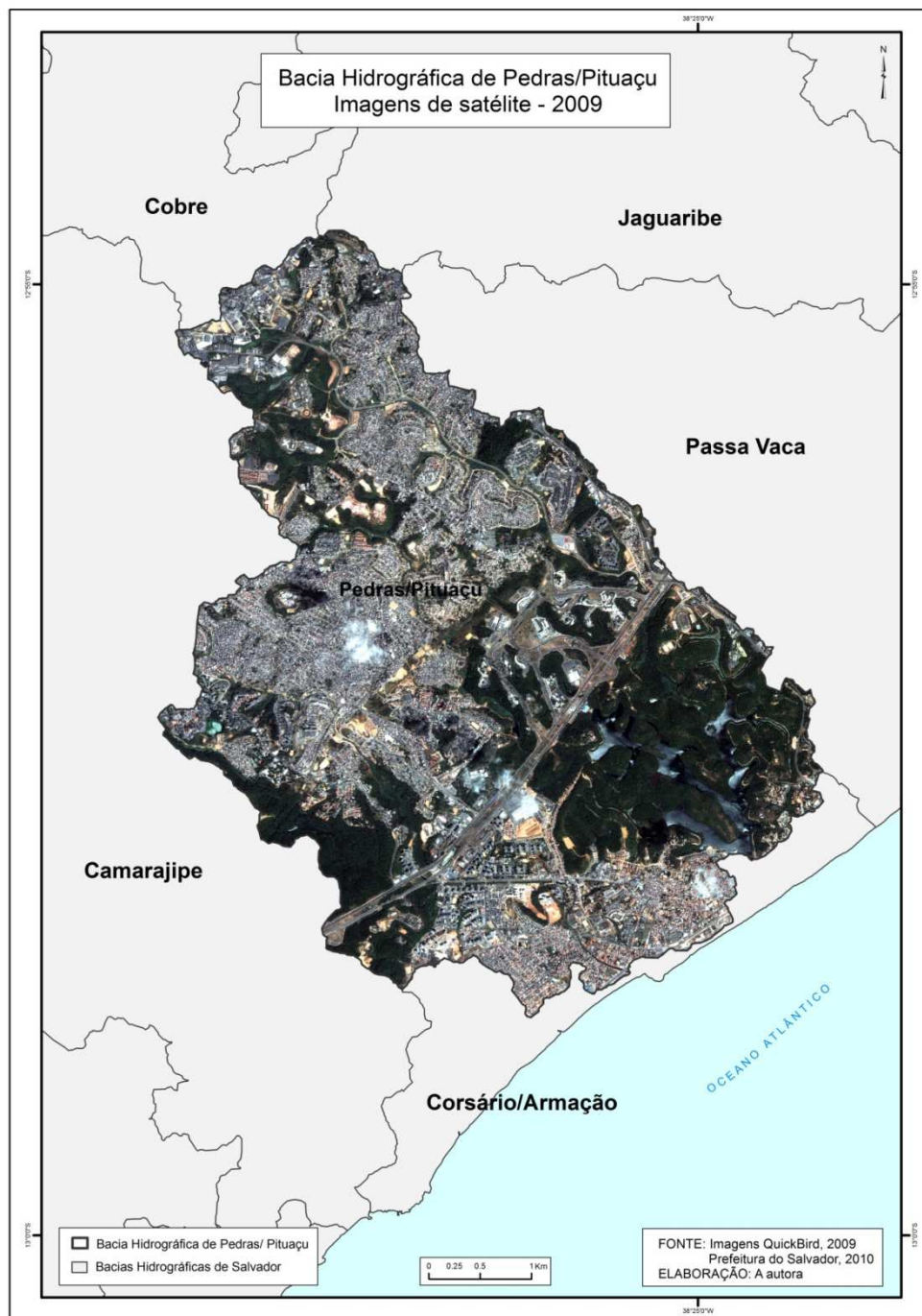


Com a confirmação, portanto, que os registros de alagamentos divulgados pela mídia não tem relação com os registrados pelo órgão da defesa civil do município, esse dados não foram agregados ao banco e a pesquisa prosseguiu utilizando os dados oficiais da Codesal.

Para atender o segundo objetivo dessa pesquisa, o uso de técnicas de sensoriamento remoto e de SIG foram de grande importância. Com o auxílio delas

foi possível, por exemplo, a identificação e representação das ocorrências, associar as informações para as análises desejadas, dentre outras coisas. Com o auxílio do sensoriamento remoto, as imagens QuickBird foram tratadas, conforme descrito na seção 4.2.1.2 deste trabalho e, um desses resultados pode ser visto no mapa da área de estudo na Figura 49.

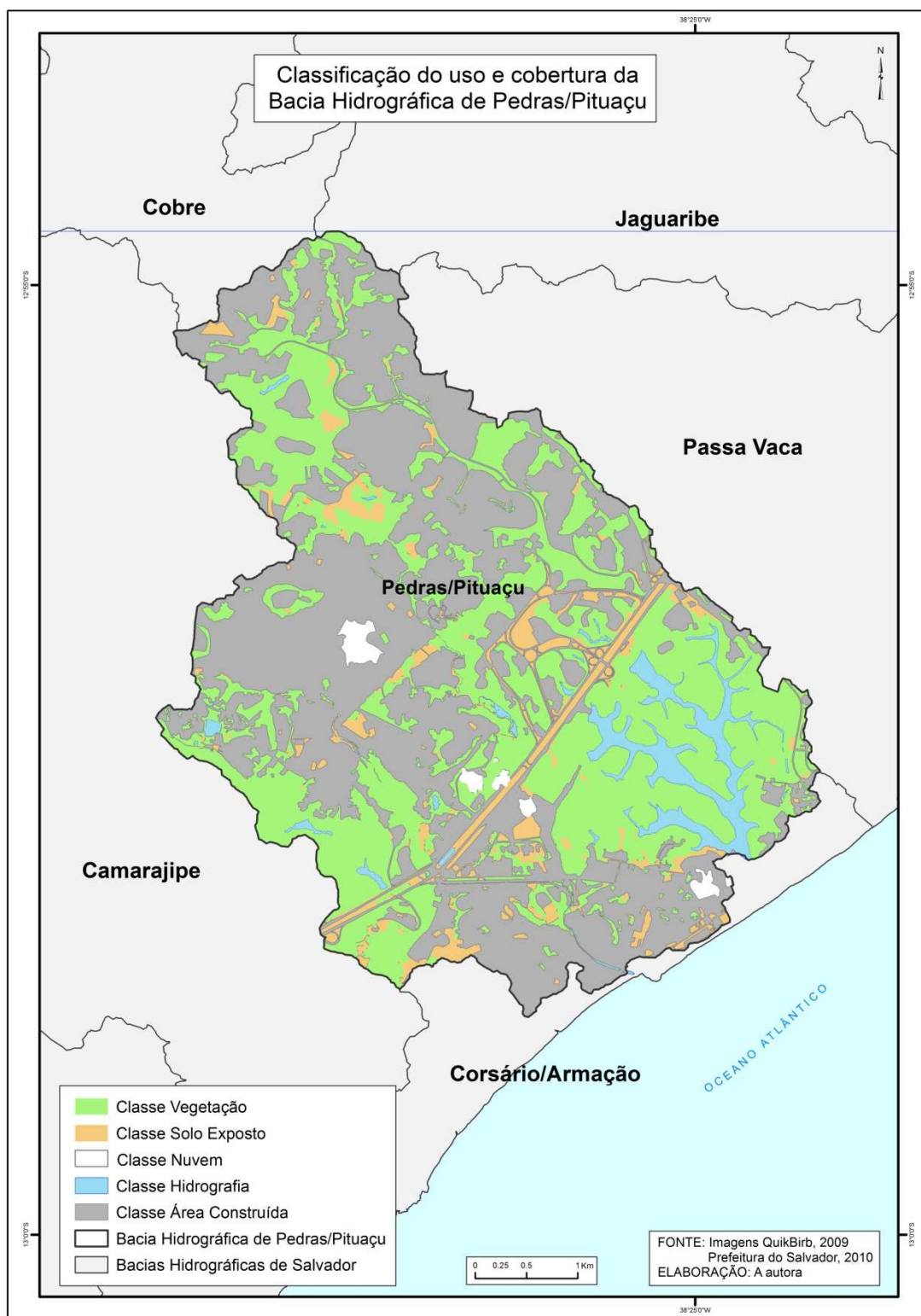
Figura 49. Mapa da bacia de Pedras/Pituaçu sob imagens de satélite



Através dessas imagens de satélite foi possível observar o quanto a bacia de Pedra\Pituaçu possui uma ocupação urbana densa, ainda que esteja localizada numa região da cidade onde a expansão e a consolidação urbana foram iniciadas após a década de 70 do século passado. As duas manchas verdes maiores, uma no sentido sudeste e outra no sudoeste da imagem, referem-se a áreas de proteção, sendo a primeira a vegetação que compõe a APA do Parque de Pituaçu e a segunda, à Reserva da Mata do Cascão que pertence ao 19º Batalhão de Caçadores do Exército Brasileiro.

Na sequência, por meio de vetorização e posterior classificação visual, a imagem foi classificada de acordo com os usos predominantes em sua extensão territorial, onde foram definidas cinco classes: vegetação, solo exposto, nuvem, hidrografia e área construída (Figura 50). A interpretação visual dessas feições demandou, principalmente, o conhecimento do observador/intérprete sobre a área representada na cena, fator que foi possível devido ao conhecimento que a autora principal deste trabalho detém sobre a área e que foi obtido em estudos anteriores realizados pela mesma.

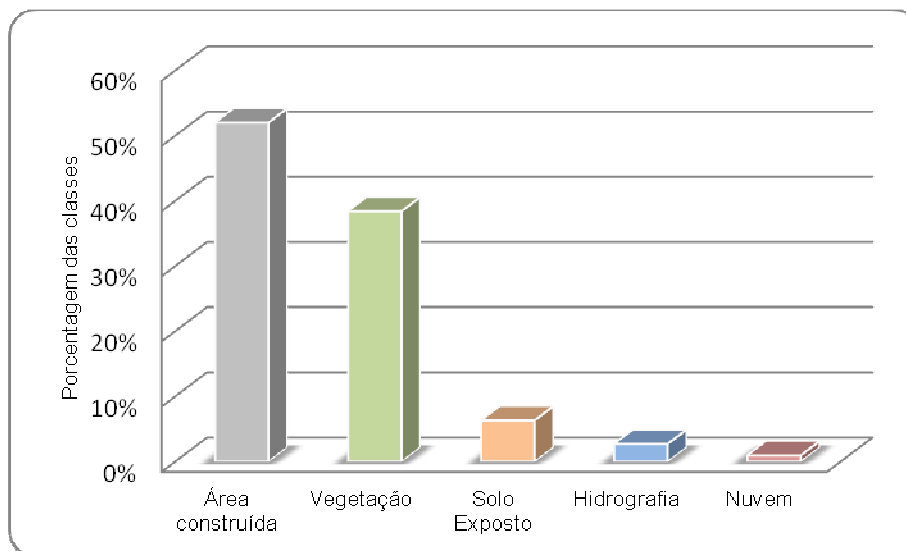
Figura 50. Mapa da classificação das imagens



Para uma avaliação quantitativa, foi levantado o total da área em metros quadrados que cada classe ocupava e, constatou-se que área construída é a predominante e representa mais da metade do uso identificado na imagem. Esses

valores obtidos em metros foram convertidos para valores em porcentagem e estão representados na Figura 51.

Figura 51. Áreas das classes em porcentagens, obtidas através da análise visual das imagens Quikbird de 2010



Elaboração: A autora (2013)

Com o agrupamento dessas classes nos três grupos descritos na tabela 1: permeáveis, impermeáveis e outros, obteve-se a classificação de áreas permeáveis e impermeáveis da bacia representadas no mapa da Figura 52. Esse mapa e gráfico na Figura 53 revelam que grande parte da bacia está na classe impermeável. Esse fator conduz e intensifica a vulnerabilidade hídrica dessa unidade, pois a impermeabilização do solo é um elemento muito importante que deve ser considerado nos estudos de alagamento, visto que influencia significativamente o volume de água escoado superficialmente e a velocidade de seus fluxos.

Figura 52. Mapa da classificação das áreas permeáveis e impermeáveis

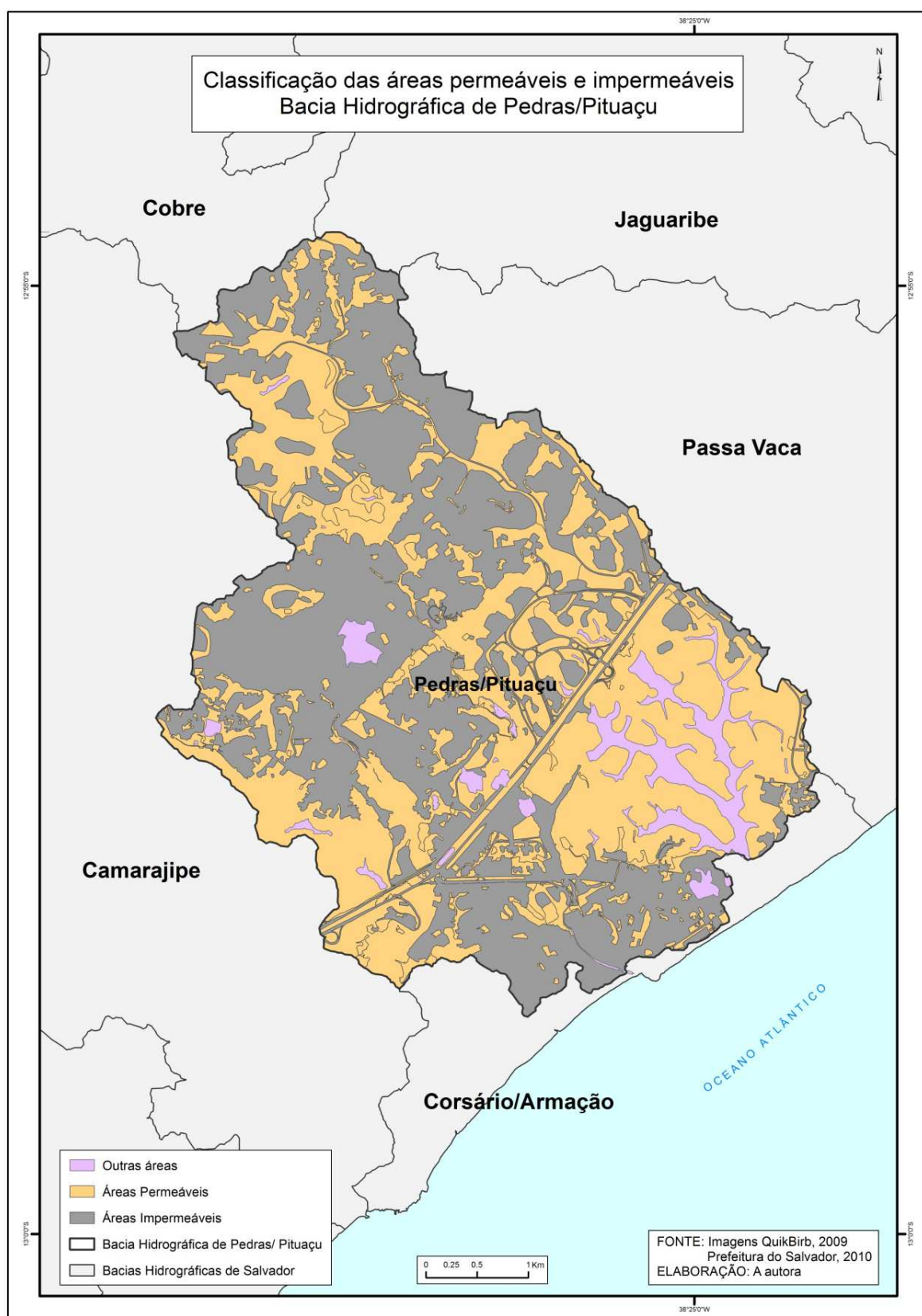
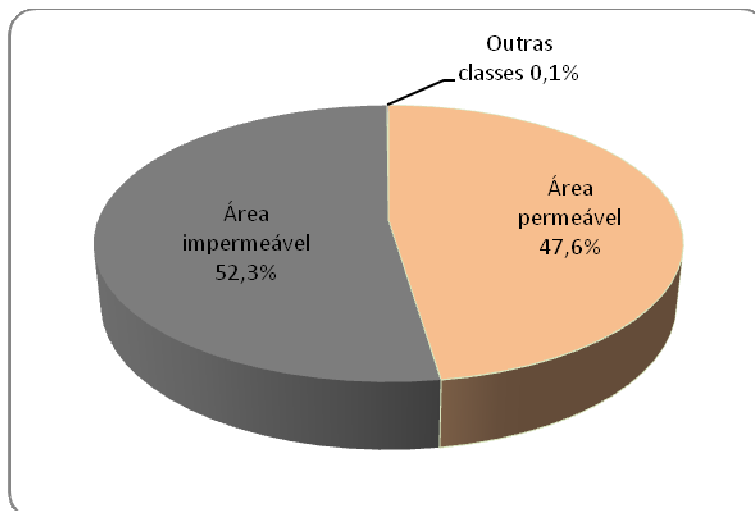


Figura 53. Áreas totais em porcentagem das classes permeável e impermeável, obtidas através da análise visual das imagens Quikbird de 2010



Elaboração: A autora (2013)

Realizada a classificação da imagem, seguiu-se para a avaliação de sua confiabilidade. O controle de qualidade pode ser realizado de três modos distintos:

- a) seleção de pontos de controles de campo;
- b) análise estatística de dados numéricos desenvolvidos na amostragem e
- c) cálculos da matriz de confusão.

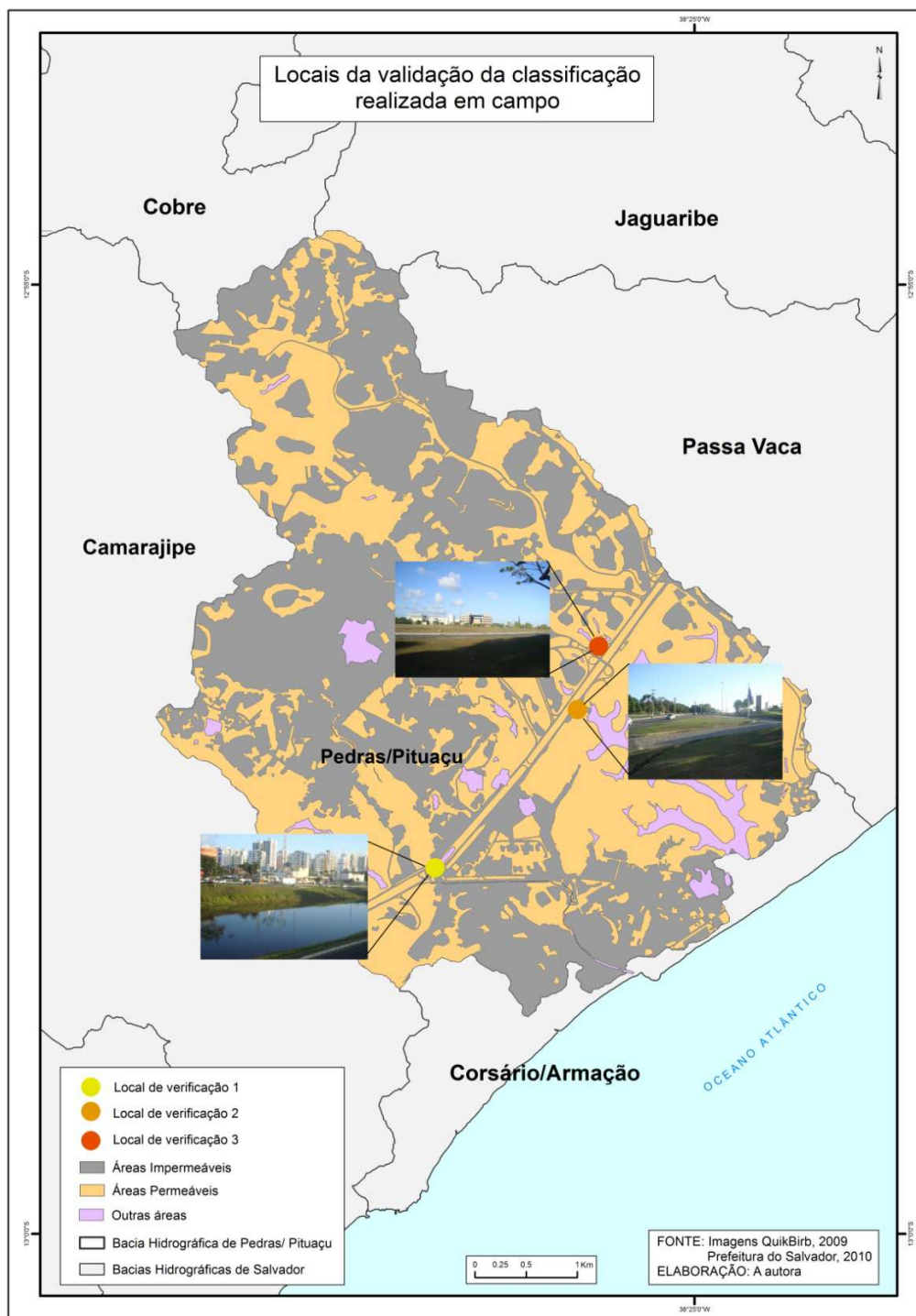
Optou-se nesse trabalho pela primeira forma de validação assim, após a análise visual e qualitativa para identificação das feições no terreno, realizou-se o confronto desse resultado com a realidade do campo, através de visita *in loco*.

Anteriormente a essa visita, fez-se necessário: definir os locais que serviriam como pontos de controle para as comparações entre os resultados da classificação e a visualização da realidade; a definição de suas coordenadas geográficas e a dimensão da área a ser percorrida.

Como pontos de controle para verificação, foram selecionados três locais: o ponto de 1, entre as coordenadas 12°58'02.14" S e 38°26'16.26" W localizado próximo a um dos acessos do bairro do Imbuí, o ponto 2 entre 12°57'12.79" S e 38°25'38.16" W, situado na Avenida Paralela, nas me diações do Monumento em homenagem a Luís Eduardo Magalhães e, o ponto 3 com as coordenadas 12°56'52.81" S e 38°25'35.81" W, no Centro Administrativo da Bahia. Esses três

locais estão representados no mapa da Figura 54 e suas escolhas visaram atender além da representatividade das classes a serem verificadas, a facilidade de acesso e a segurança que esses locais ofereciam para a realização da atividade em campo.

Figura 54. Mapa com indicação dos locais escolhidos para avaliação da classificação em campo



Para a avaliação posicional, utilizou-se o equipamento receptor de sinais GNSS, do tipo Promark 2 da Ashtech, e como dimensão para os locais da verificação, adotou-se o recorte de 50 metros. *In loco*, com o mapa da classificação em mãos, os locais foram percorridos e verificações visuais foram realizadas a partir da comparação com a realidade em campo. De forma geral, devido à alta resolução das imagens utilizadas e ao conhecimento da intérprete sobre as áreas classificadas, o reconhecimento de grande parte dos objetos de interesse foi satisfatório, como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Porcentagem dos valores encontrados para as classes durante a validação da classificação visual através de verificação em campo

Pontos de controle	Classificação visual		Verificação em campo	
	Área permeável	Área impermeável	Área permeável	Área impermeável
Ponto 1	25%	75%	28%	72%
Ponto 2	10%	90%	13%	87%
Ponto 3	82%	18%	82%	18%

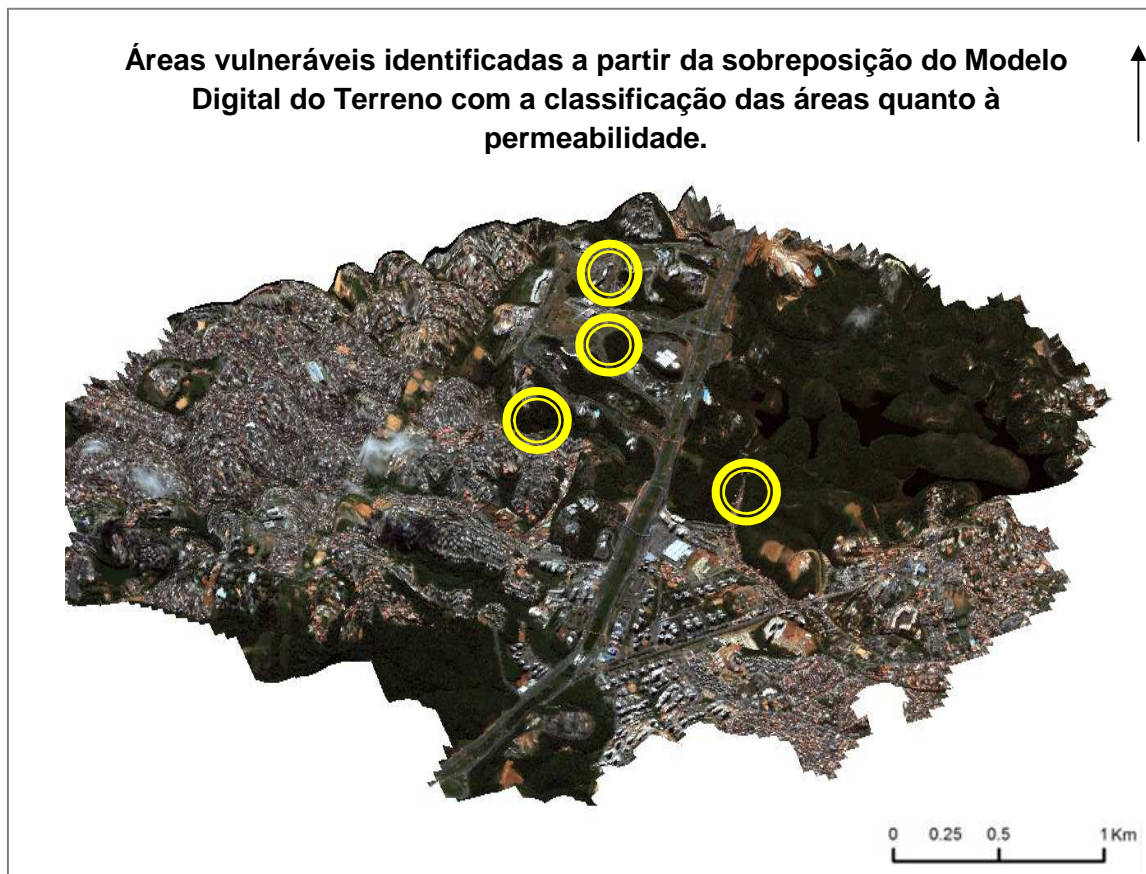
Em outra etapa e para o aprofundamento da análise das áreas identificadas como impermeáveis foi necessário associar ao resultado da classificação dessas áreas, o MDT gerado da bacia. Para esse fim, foi utilizado o aplicativo 3D *Surface View* do programa Envi 4.7. Tendo o MDT como base e o resultado o mapa de áreas permeáveis e impermeáveis sobreposto a este, várias “rotações” e observações foram feitas na imagem da associação desses dados e quatro locais, destacados nos círculos amarelos na Figura 55, foram localizados como áreas de vulnerabilidade que requerem atenção da defesa civil³.

Para esse diagnóstico levou-se em consideração os locais com baixa elevação associados ao uso classificado como impermeável. Enquanto que, locais com elevação também considerável para tal fator e com vales encaixados,

³ No apêndice 1 consta a ilustração resultante do trabalho realizado no Envi 4.7.

mas, identificados como permeáveis por conter vegetação ou solo exposto, foram ignorados como vulneráveis.

Figura 55. Áreas vulneráveis identificadas a partir da sobreposição do MDT com a classificação das áreas quanto à permeabilidade

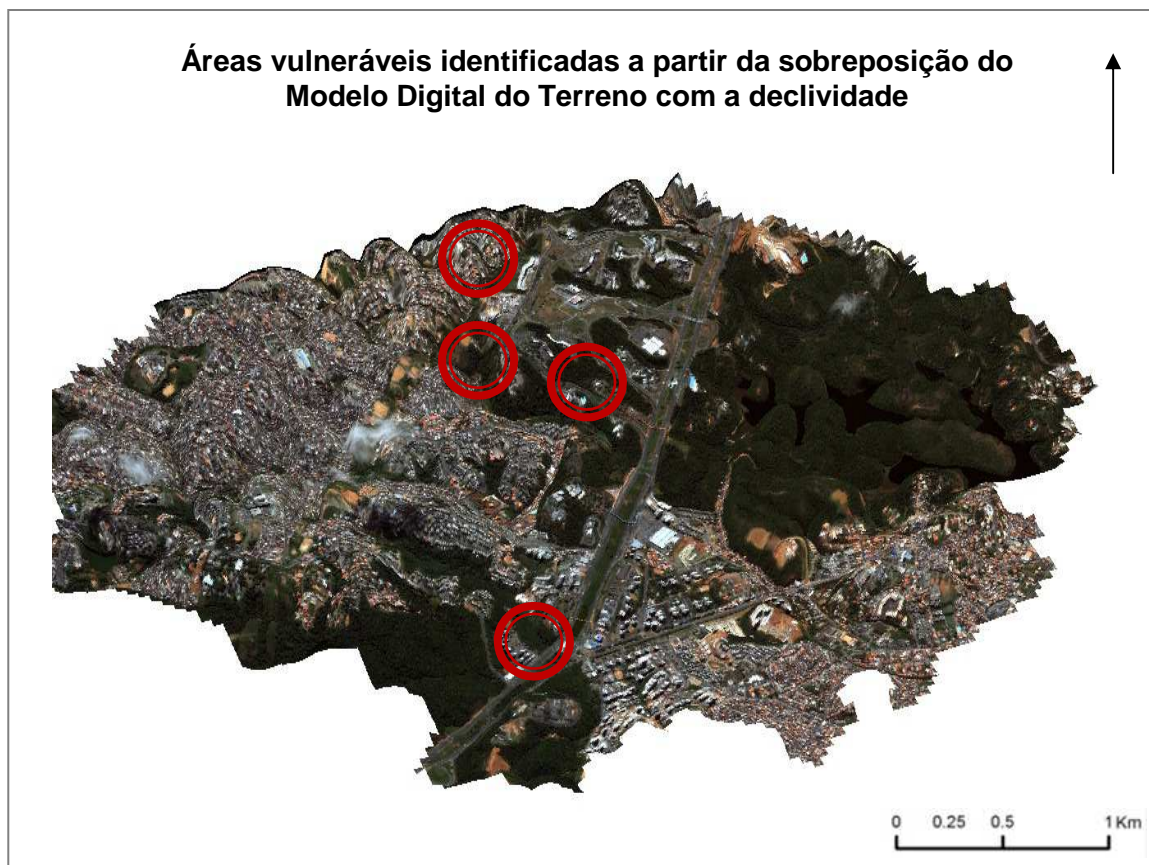


Depois da avaliação da associação desses dois dados, partiu-se para a investigação de outro elemento ambiental, a declividade, que determina a velocidade do escoamento superficial das águas e que é influenciada pelo relevo de uma bacia hidrográfica. Assim, quanto maior a declividade de um terreno, maior será a velocidade de escoamento, menor o T_c^4 (tempo de concentração) e maior as perspectivas de acúmulo de água. A magnitude desses picos de enchente e a infiltração da água dependem da declividade média da bacia, associada à cobertura vegetal, ao tipo de solo e ao tipo de uso da terra.

Com a associação dessa declividade ao MDT, também gerada no 3D *Surface View* do Envi 4.7, identificou-se outras quatro áreas, como apresenta a Figura 56.

⁴ T_c é definido como sendo o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle.

Figura 56. Áreas vulneráveis identificadas a partir da sobreposição do MDT com a declividade



Para a definição das quatro áreas na associação dessas variáveis, a declividade foi avaliada buscando-se identificar local onde ela estava situada em interflúvios e em vales já que esses oferecem maior potencial para concentração de água⁵.

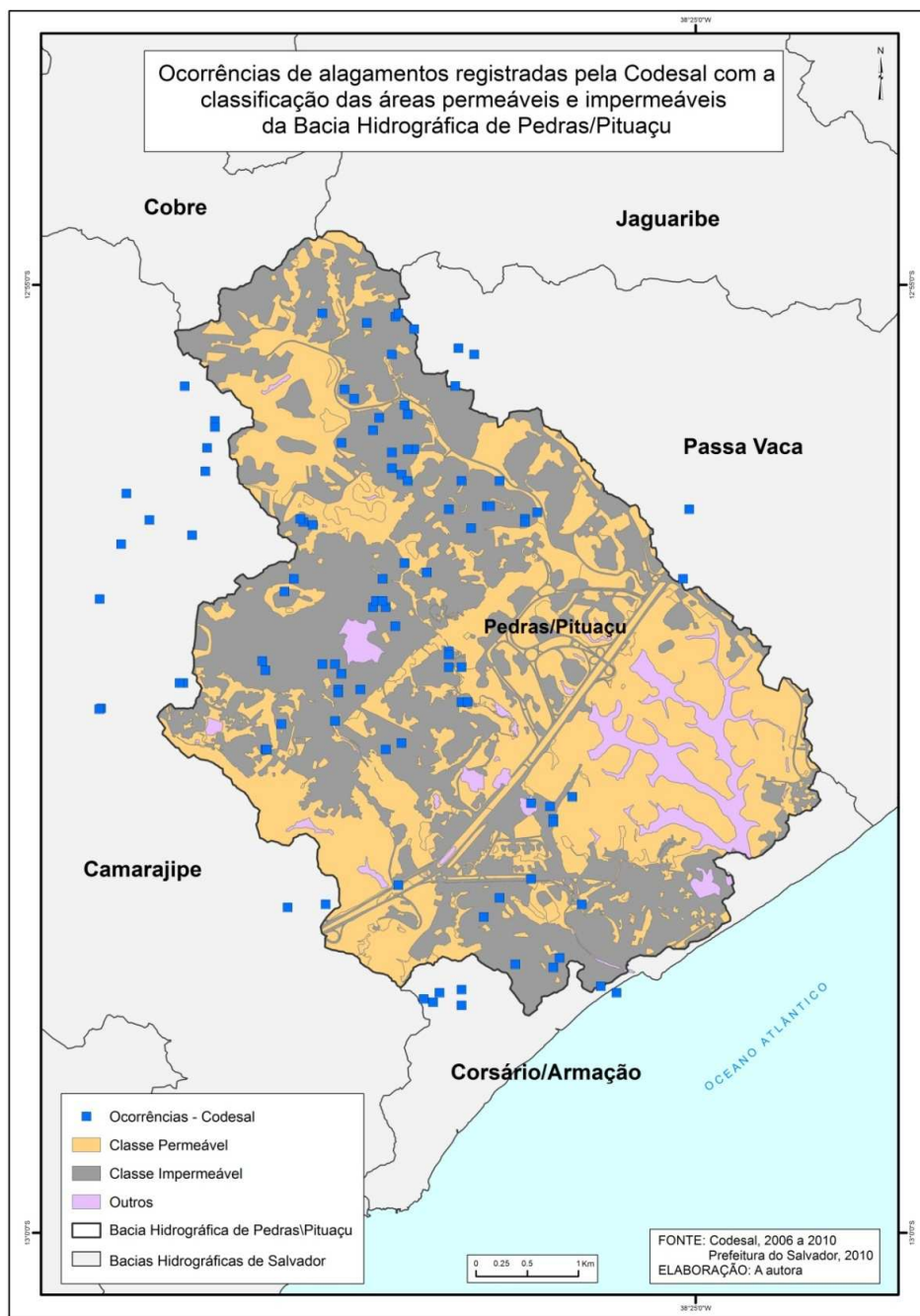
Dando prosseguimento à metodologia e para realizar mais um objetivo traçado, realizou-se comparações entre as ocorrências de alagamentos registradas pelo órgão da defesa civil do município com as áreas identificadas pelos fatores urbano-ambientais: impermeabilização, declividade e elevação do terreno.

O que foi revelado nessa avaliação (Figura 57) foi que os casos registrados por esse órgão estão concentrados nas áreas impermeáveis. Isso justifica-se porque elas foram identificadas a partir da classificação da imagem de satélite e da obtenção da classe área construída. Nessa classe estão as moradias

⁵ No apêndice 2 consta a ilustração da associação da declividade com o MDT que foi produzido e avaliado no Envi 4.7.

de pessoas que sofrem com os alagamentos e que comunicam o evento a Codesal.

Figura 57. Mapa com ocorrências de alagamentos associadas à classificação de áreas permeáveis e impermeáveis



Já a avaliação dessas mesmas ocorrências com a elevação do terreno, não relevou relação entre esses dados, como demonstra o mapa da Figura 58. Há registros da Codesal em diferentes elevações e altitudes o que se afasta do resultado esperado: que houvesse concentração nas áreas de vales. Isso deve se

explicar por tais áreas terem sido ocupadas prioritariamente em Salvador para a construção de avenidas como ilustram as Figuras 59 e 60 de parte da bacia hidrográfica. A primeira figura demonstra o modelo de elevação enquanto a segunda uma imagem que permite visualizar edificações e uma extensa avenida de vale.

Figura 58. Mapa com ocorrências de alagamentos associadas ao MDT

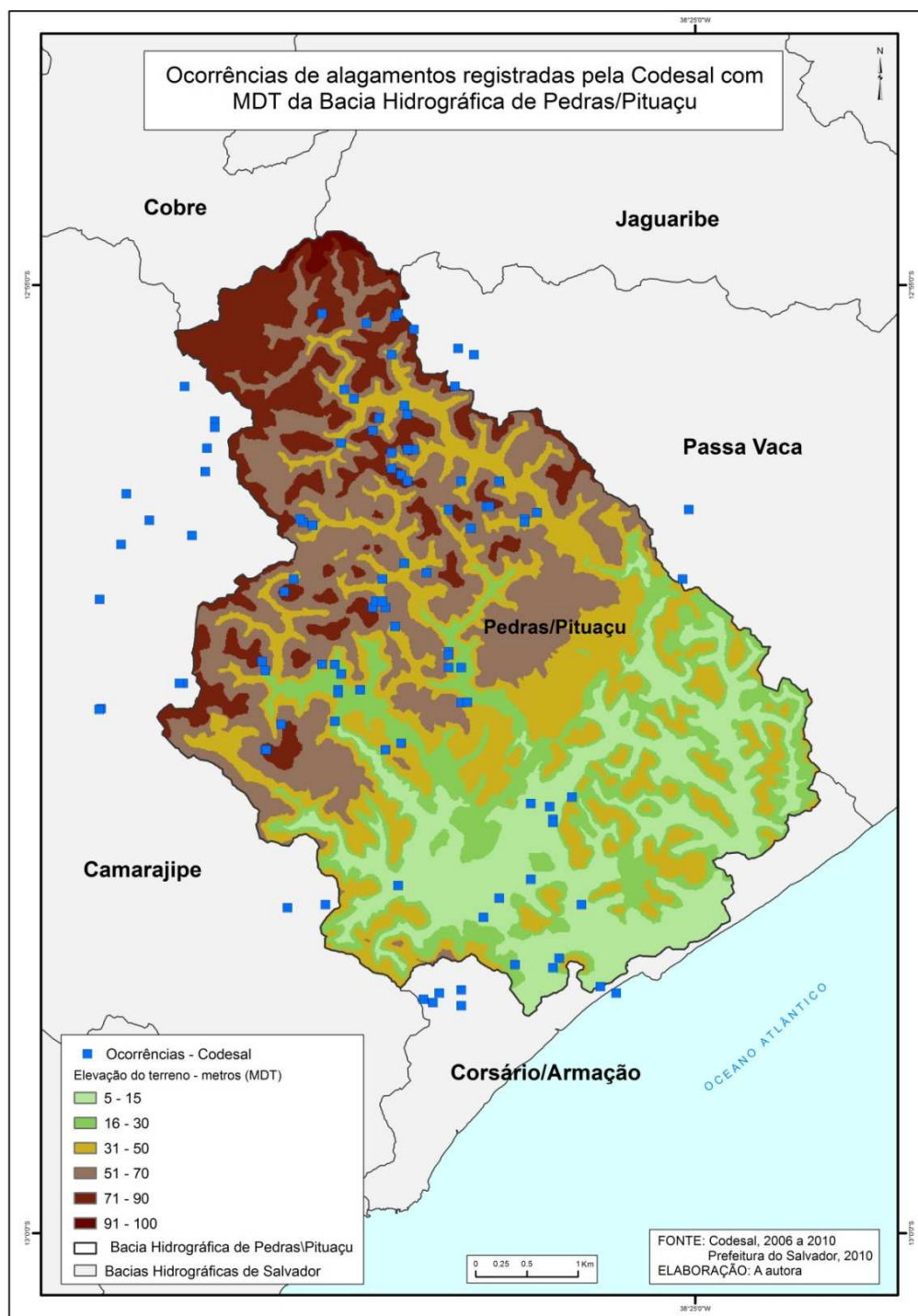


Figura 59. Ampliação do MDT em área de vale

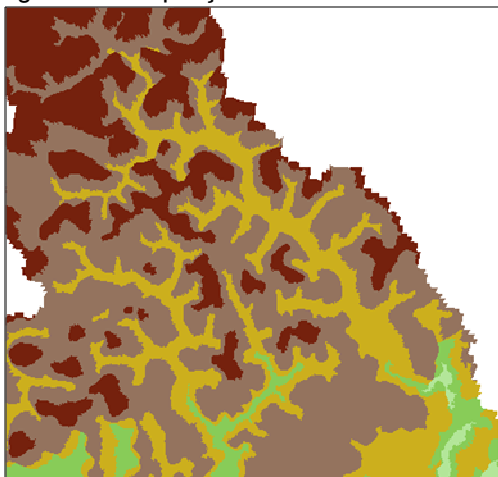
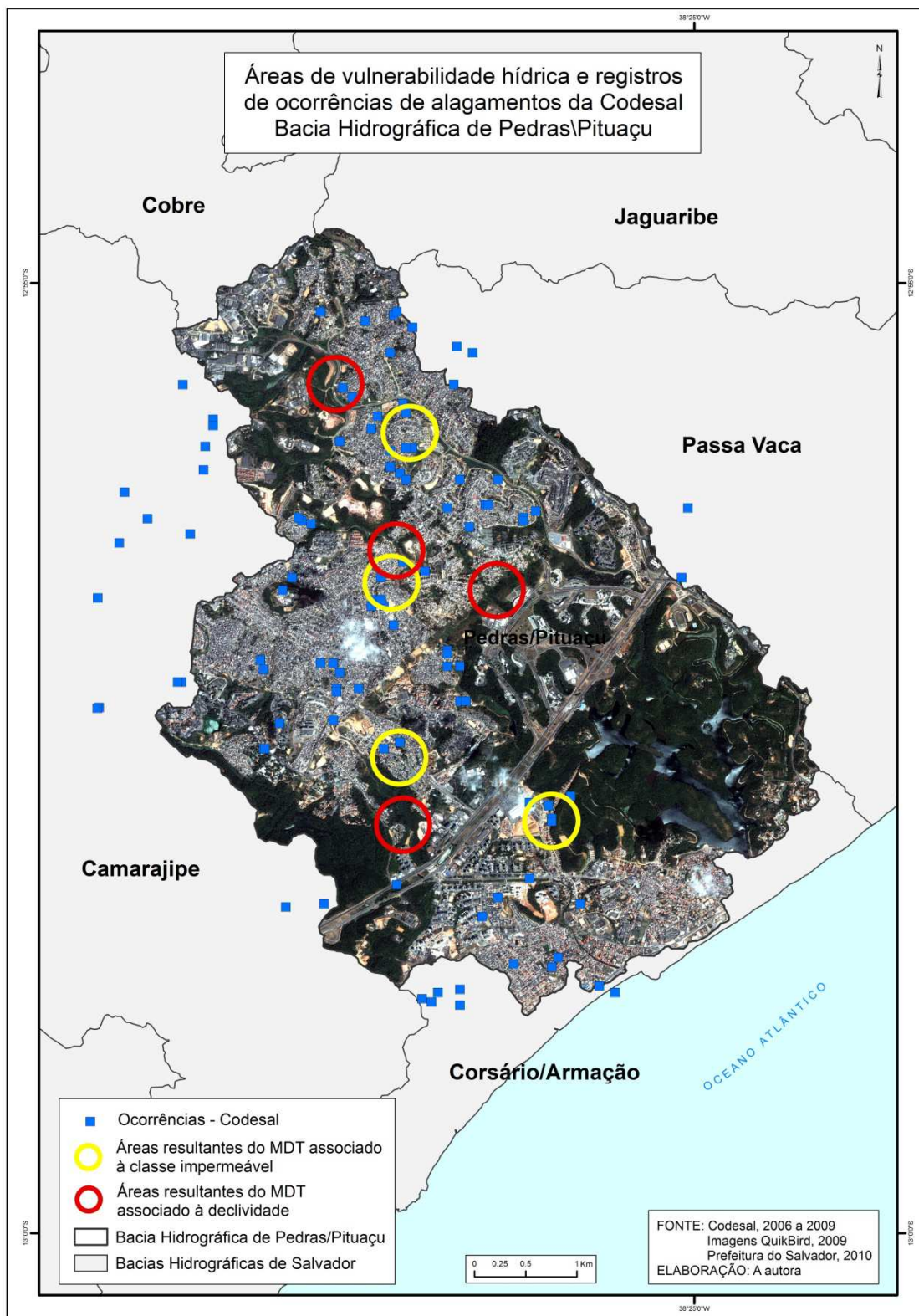


Figura 60. Edificações e avenida na bacia



Com a integração dos dados de alagamentos da defesa civil de Salvador às 4 áreas identificadas como vulneráveis e apresentadas nas Figuras 55 e 56, o que foi revelado e está expresso no mapa na Figura 61, foi que existe relação entre as áreas de ocorrências, com aquelas identificadas como vulneráveis resultado da integração do modelo de elevação com a classificação da imagem e que estão destacadas nos círculos amarelos. Contudo, nas áreas vulneráveis identificadas por meio do MDT com a declividade (círculos vermelhos), a exceção de uma área, nas demais não houve nenhuma ocorrência dos registros da Codesal. O que se deve principalmente à restrição que esses locais oferecem para a construção de habitações.

Figura 61. Mapa das áreas de vulnerabilidade hídrica e com ocorrências de alagamentos



Após todas as análises mencionadas, pôde-se partir para o quarto objetivo da pesquisa e, embora acreditando ser a Defesa Civil um poderoso instrumento frente às ações nas áreas de vulnerabilidade hídrica, entende-se que alguns aspectos devam ser aqui enfocados com o intuito de realizar uma crítica construtiva para que na sequência uma proposta para a melhoria dos registros de ocorrências alagamentos, seja efetivada.

A realização desta investigação revelou que a Codesal possui um banco de dados com significativa quantidade de dados relacionados aos eventos extremos e desastres (deslizamentos, desabamentos, alagamentos, etc.) que atingem Salvador, mas eles apresentam inconsistências, conforme descrito no início desse capítulo.

Sabe-se que, conteúdos valiosos podem ser conseguidos a partir de uma maior consistência dos dados, do cruzamento destes e da sua manutenção em um banco. No entanto, o que revelou-se foi que não há uma cultura de tratamento de dados na Defesa Civil de Salvador, principalmente no que diz respeito a geolocalização do evento que pode ser determinada com segurança no momento da vistoria feita pelo técnico da instituição com adequado treinamento prévio.

A falta de dados impede o planejamento de medidas preventivas quanto às vulnerabilidades locais. Do ponto de vista do planejamento e principalmente da tomada de decisões, informações são essenciais. Medidas preventivas visando à adaptação de meios e pessoas têm de ser tomadas com base em dados adequados e consistentes.

Dessa forma, faz-se necessárias metodologias e parâmetros para a determinação de desastres. Basicamente alguns consideram os desastres de maneira quantitativa, envolvendo números de mortes, de afetados, declarações de estados de emergência, etc. Mas por outro lado, a proteção e a prevenção devem ser os pilares da Defesa Civil sendo necessário para tal, a elaboração de bancos de dados espaciais, pois somente com a memória histórica e a determinação do local é possível planejar o futuro das ações preventivas.

Com base nas conclusões mencionadas, a proposta desse trabalho para a melhoria dos registros de ocorrências de alagamentos, objetiva inserir o uso de algumas geotecnologias e das informações espaciais na rotina dos registros da Codesal, de forma a contribuir para o aprimoramento das ações dessa instituição.

Essa proposta está organizada em quatro medidas: 1) aprimorar o levantamento do dado;

2) estruturar os dados em bancos de dados geográficos;

3) organizar a consulta e visualização do dado em ambiente SIG e 4) garantir a participação da comunidade através SIG Participativo/Mapeamento Colaborativo.

1) Aprimorar o levantamento do dado

Para que a ocorrência seja levantada com mais subsídios que ofereçam sua real localização, os registros dos endereços dos eventos devem ocorrer através do uso do sistema oficial de logradouros da prefeitura municipal, bem como de sua base cartográfica atualizada obedecendo o limite dos bairros dessa base. Outra sugestão é que os técnicos responsáveis pelas vistorias utilizem aparelhos receptores GNSS que irão permitir a obtenção das coordenadas geográficas do local do evento, pois o georreferenciamento das ocorrências apresenta opções para delimitação da área afetada e obter um histórico espacial sobre locais que sofreram com desastres é uma ferramenta essencial para o planejamento de medidas de prevenção não somente no nível das infraestruturas ou do melhor ordenamento territorial, mas também, no preparo da população para enfrentar uma situação que venha a ocorrer.

A exemplo do que foi realizado no Censo Brasileiro de 2010, coordenado pelo IBGE, onde os questionários de papel foram substituídos por computadores de mão tipo PDA's (Personal digital assistants), sugere-se também a adoção dessa tecnologia e de outras como os palm top e os tablets, para que os dados sejam coletados diretamente em meio eletrônico, acabando com o problema de transporte e armazenamento dos questionários e que permitirá maior agilidade no cadastro feito em campo e na transferência da informação para o escritório.

O registro fotográfico também é outro recurso que pode ser anexado à documentação da ocorrência e auxiliar no diagnóstico da dimensão dos possíveis danos causados no local do alagamento.

2) Estruturar os dados em bancos de dados geográficos

A estruturação dos dados em um BDG traz como vantagens características inerentes aos bancos de dados, como a manutenção da consistência e integridade dos dados, evitando redundâncias, o controle de acesso para usuários simultâneos, o controle de execução de transações e a segurança na recuperação de dados em caso de falhas.

Dentre os modelos apresentados na revisão bibliográfica, sugere-se a utilização de uma estrutura objeto-relacional, uma vez que esta combina benefícios do modelo relacional (a exemplo do uso de estruturas tabulares para armazenamento) e do modelo orientado a objeto (como a definição de métodos de manipulação dos objetos), sendo capaz de suportar a criação de objetos complexos, como os dados espaciais, além de estender a linguagem de consulta destes dados.

A maioria dos bancos de dados existentes no mercado se baseia na estrutura objeto-relacional e apresenta extensões espaciais que permitem a manipulação de dados geográficos, a exemplo do Oracle Spatial e do IBM DB2 Spatial Extender, ambos comerciais, e o PostgreSQL com a extensão PostGIS, sendo este um software livre e de distribuição gratuita que pode ser adotado pela instituição a fim de diminuir custos orçamentários.

Tão importante quanto à utilização de um BDG, é a definição de uma modelagem de dados adequada, que permita o armazenamento dos dados nas estruturas tabulares de forma a garantir a consistência e evitar a redundância das informações. Esse processo de modelagem de dados permite representar o mundo real dentro de uma estrutura computacional (no caso, o banco de dados) de maneira mais adequada e próxima à realidade, descrevendo quais dados devem ser armazenados, onde armazená-los e quais as relações existentes entre eles. Algumas metodologias existentes para modelagem de dados espaciais que podem ser utilizadas são: GEO-OMT ou OMT-G e UML-GeoFrame.

3) Estruturar a consulta e visualização do dado em ambiente SIG

Os SIGs permitem a identificação espacial de variáveis de interesse nas ações de planejamento e emprego operacional, atividades preventivas, investigativas, de socorro e urgência. Portanto, com um banco de dados alfanumérico e espacial, consistente e confiável associado a uma base

cartográfica atualizada e de qualidade, a visualização dos dados do registro de alagamentos em um SIG, pode se tornar uma realidade.

Para isso, recomenda-se a estruturação de um setor na Codesal que realize as atividades típicas de um SIG, que não se resumem em investimentos em *hardware* e *software*, mas também, em uma equipe técnica capacitada que domine as metodologias e os conceitos necessários para o uso dessa tecnologia.

Vale destacar que existe no mercado muitos softwares livres, como Quantum GIS e o gvSIG que desempenham bem as atividades propostas nessa dissertação e que podem ser adotados a fim de reduzir os custos na estruturação inicial desse setor.

4) Garantir a participação da comunidade através SIG Participativo/Mapeamento Colaborativo

Como a principal fonte dos registros da Codesal é o pedido e/ou reclamação feita pelo morador da cidade, estimular essa participação será um grande ganho para a alimentação e atualização do seu banco de dados geográfico.

O SIG Participativo ou Mapeamento Colaborativo tornou-se uma realidade após o lançamento do *Google Earth* em 2005. Uma tecnologia que mudou a forma como os utilizadores da internet se relacionam com a informação geográfica e que gerou um crescimento exponencial dos conteúdos georreferenciados e a generalização da sua utilização.

A adoção de mapas colaborativos vem crescendo em diversos setores e em São Paulo, no ano de 2012, foi criado na Escola Politécnica da USP, um mapa colaborativo resultante da pesquisa de mestrado da geógrafa Eliane Hirata que demonstra por meio da web o mapeamento dos alagamentos na cidade. Essa página, denominada “Pontos de Alagamento”, pode ser acessada por computador, celular e dispositivos móveis e ainda, permite que usuários cadastrados recebam alertas sobre o evento.

Como demonstra a ilustração do site <https://pontosdealagamento.crowdmap.com/> referente a esse trabalho em São Paulo e presente no anexo D deste trabalho, através desse aplicativo é possível consultar uma lista com os relatos de alagamentos, incluindo indicação de

endereço, data, horário, indicação se a rua está intransitável, transitável ou se a água já escoou, entre outras coisas que podem servir de orientação para o deslocamento das pessoas.

Oferecer, portanto, acesso a um SIG Web e interativo será uma medida para ampliar a participação dos cidadãos na construção do conhecimento geográfico e da dimensão espacial dos eventos de alagamentos na cidade. Com essa participação da comunidade esse instrumento passará a incluir também a visão daqueles que vivem e fazem os lugares, sabem e sentem os problemas, ou perspectivam as soluções.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A forma como o ambiente urbano é tratado tem determinado o grau de fragilidade desse compartimento frente a eventos e desastres vividos pela população urbana. Percebe-se que ao longo de décadas pouco ou nada mudou na tentativa de tornar as cidades menos susceptíveis a áreas de vulnerabilidade hídrica, o que não foi diferente em Salvador na Bahia.

Mesmo considerando algumas inconsistências dos dados disponíveis, concluiu-se que os alagamentos causaram e vem causando danos e prejuízos a sociedade soteropolitana. Nesse sentido, essa pesquisa objetivou indicar novas formas para que tal cenário se modifique, apostando que o dado espacial e as geotecnologias são importantes para os órgãos de planejamento e gestão pública.

No desenvolvimento inicial do trabalho foram utilizadas duas fontes de dados que não puderam ser agregadas e formar um único banco, porque suas metodologias para o levantamento das ocorrências de alagamentos não eram parecidas. Outra dificuldade foi a falta do georeferenciamento dessas ocorrências, que demandou um esforço inicial para que essa informação fosse levantada dos 576 registros da Codesal, dos anos de 2006 a 2010, e das demais do jornal A Tarde. Somado a essa questão, a falta de produtos cartográficos dos temas pedologia, geologia e geomorfologia da cidade de Salvador, em escala adequada, também dificultou o andamento de algumas etapas desta investigação.

Este estudo demonstrou que é possível transformar notícias de jornais e dados da defesa civil em dados espaciais para obter posteriormente sua distribuição geográfica, no entanto, sugere-se especial atenção na montagem da base de dados no que concerne à identificação dos logradouros.

Do diagnóstico dos dados da Codesal identificou-se que, ainda que ela realize o cadastro de eventos e desastres em planilhas que permitem análises quantitativas e sua utilização como memória de eventos históricos, existem questões que precisam ser resolvidas de forma a permitir a obtenção de dados confiáveis e que foram apresentados no capítulo 5 dessa dissertação como forma de propostas para esse órgão. Dentre essas, a definição da coordenada geográfica e a utilização do SIG revelaram-se como necessidades relevantes que

permitirão além de análises espaciais a indicação de áreas para ações de prevenção e intervenção.

Ressalta-se também que a utilização de eventos georreferenciados para análise e gestão de áreas urbanas, tem se tornado cada vez mais útil e, neste sentido, a ocorrência de eventos de responsabilidade da defesa civil tem especial apelo para o georreferenciamento, que possibilita uma melhor localização de áreas vulneráveis. O grande desafio das defesas civis, portanto, não é dar conta dos desastres depois que eles já aconteceram, mas preveni-los, já que em muitos locais eles ocorrem anualmente, nos mesmos bairros, nos mesmos logradouros. Então, evidentemente, existem situações que podem ser prevenidas.

Observou-se no processo de classificação visual e na visita em campo para realizar o controle de sua qualidade, que a seleção de pontos de controle de campo é viável, principalmente, quando a área a ser avaliada não possui grande extensão territorial, porque ela demanda tempo para ser realizada, e quando o intérprete conhece a área para que, somado a sua capacidade de percepção visual, as feições possam ser bem distinguidas.

Destaca-se ainda que as geotecnologias fornecem subsídios para agilidade e confiabilidade na execução, controle e avaliação de políticas administrativas, em especial políticas de planejamento urbano. Elas têm boas respostas para as demandas de gestão urbana possibilitando o mapeamento associado a informações em bancos de dados, imagens de satélite e fotografias aéreas. Mas, é de fundamental importância a constituição de recursos humanos nessa área, para aumentar o controle e melhorar o gerenciamento das ações.

Outra conclusão que é importante e sobre a qual tem-se que avançar, é quanto a forma de tratar as áreas de vulnerabilidade hídrica, que não são apenas resultantes de fatores naturais e das condições do tempo meteorológico. Na verdade, depende em muitas conjunturas da forma de ocupação e intervenção urbana sobre o espaço geográfico, pois, os processos cada vez mais comuns de artificialização dos canais fluviais podem acarretar no agravamento dos alagamentos. Nas grandes cidades brasileiras a retificação e a canalização de cursos d'água são medidas frequentemente implementadas pelo poder público na busca de se minimizar ou solucionar os impactos desses eventos. Porém, estas medidas podem agravar o problema, já que levam à diminuição do tempo de

concentração das águas, ao aumento do volume hídrico que atinge os cursos d'água como resultado das elevadas taxas de impermeabilização, e à redução de trocas hídricas entre os leitos fluviais e as margens. Somando-se a isso, as vias de circulação tornam-se eixos locais de escoamento concentrado das águas, ocasionando transtornos nos centros urbanos.

Dessa forma, o planejamento e a execução de políticas públicas serão tão mais eficientes e eficazes quanto mais adequadas for a “localização” dos problemas a serem resolvidos. Portanto, buscou-se aqui indicar novos recursos e instrumentos para o procedimento de identificação e registros de ocorrências de alagamentos através do processamento de informações espaciais, de modo que este possa integrar aspectos até então não utilizados nas práticas administrativas municipais, favorecendo a definição de instrumentos fundamentais que orientarão etapas do processo de gestão ambiental urbana, alicerçada em bases tecnicamente consistentes.

Vale ressaltar que a proposta estabelecida nessa pesquisa não esgota a temática e muito menos é definitiva. A possibilidade de recursos e procedimentos indicados para a Codesal pode ser ampliada, de modo especial, se novos eventos como os deslizamentos, que são tão amplos em Salvador, tiverem seus dados também avaliados.

Recomenda-se ainda para trabalhos futuros, que outros elementos para identificação de áreas de vulnerabilidade hídrica em área urbana, a exemplo das intervenções de engenharia através dos sistemas de drenagem artificial e canais coletores de águas pluviais e, a influência da disposição inadequada de resíduos sólidos, que acabam entupindo bueiros e facilitando o acúmulo de água, sejam agregados aos utilizados nesta pesquisa e que novas investigações sejam realizadas adotando-se uma escala cartográfica maior que a utilizada nessa pesquisa e que permita melhor detalhamento na análise dessas áreas.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. **Interactive techniques and Exploratory Spatial Data Analysis**. In: P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire and D. Rhind (eds.), *Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications*. Cambridge: Geoinformation International, 1999.

ARAÚJO, Wilson Duarte de. **A Defesa Civil no Estado do Rio de Janeiro frente à intensificação de desastres relacionados aos eventos hidrológicos extremos: elementos para um plano de atuação adaptativa**. 2010. 169p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2010>. Acesso em: 06 jan. 2013.

BERTINO, E., Catania, B., and Zarri, G.P. **Intelligent Database Systems**. London, Addison-Wesley and ACM Press, 2001.

BORGES, Karla; DAVIS, Clodoveu. **Modelagem de dados geográficos**. Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap4-modelos.pdf>. Acesso em: 25 de maio 2012.

BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de (Orgs.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal, Deplan/UNESP/IGCE, 2003.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/defesacivil>. Acesso em: 10 de abr. 2012.

_____. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura. (Orgs.). Brasília, 2007.

_____. **Universidade de São Paulo**. Disponível em: <http://www5.usp.br/19413/mapa-colaborativo-criado-na-poli-indica-alagamentos-na-cidade-de-sao-paulo/Ci>. Acesso em: 20 de out. 2012

BRITO, Patrícia Lustosa. **Sensoriamento remoto na identificação de elementos e tipologias urbanas relacionados à ocorrência da leptospirose no subúrbio ferroviário de Salvador, Bahia**. São Paulo, 2010. 279p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes – Informações Espaciais) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BRYN, Leonardo Monteiro. **Página Dinâmica para Aprendizado do Sensoriamento Remoto**. 2008, 170p. Dissertação de Mestrado. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal

do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13788>. Acesso em: 06 de fev. 2012.

BURROUGH, P. A. e MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press. 1998.

CÂMARA, G. *et al.* **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: INPE. 1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acesso em: 08 de fev. 2012.

_____; CARVALHO, M. S. **Análise espacial de eventos**. Disponível em <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.14.53/doc/cap2-eventos.pdf>. Acesso em: 20 de abril de 2011.

_____; MONTEIRO, M. A. V.; MEDEIROS, S. J. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/paginadeace-sso.html>. Acesso em: 25 abr. 2012.

_____; ORTIZ, Manoel Jimenez. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. São José dos Campos: INPE. 2002. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto>. Acesso em: 08 de abr. 2012.

_____; QUEIROZ, G. **Arquitetura de sistemas de informação geográfica** In: CAMARA, G.; DAVIS C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>. Acesso em: 10 maio 2012.

_____; MONTEIRO, A M.V.; CARVALHO, M. S.; DRUCK, S. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. 2a edição, 2002. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/analise/cap1.pdf>. Acesso em: 20 de abr. de 2011.

_____; DRUCK, S; MONTEIRO, M, A. V.; CARVALHO, S. M. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 18 nov. 2010.

CARDONA, O. **Midiendo lo inmedible: indicadores de vulnerabilidad y riesgo**. Disponível em: www.desenredando.org/public/omar. Acesso: 10 de set. 2012.

CARVALHO, M.S. **Aplicação de Métodos de Análise Espacial na Caracterização de Áreas de Risco à Saúde**. Tese de Doutorado em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/referencias/tese-msc.pdf>. Acesso em: 20 de abr. de 2011.

CASTRO, A. L. C. **Segurança Global da População**. Brasília, DF: Ministério de Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1999.

CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. (Orgs.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 1996, p. 337-379.

FONSECA, A. D.; FERNANDES, J. C. **Detecção Remota**. Lisboa: Lidel, 2004.

FREIRE, Flávio Henrique. **Introdução à estatística espacial**. Notas de Aula. Rio de Janeiro: UFRJ. 2008. Disponível em: <<http://www.observatoriodasmetrolopoles.ufrj.br/download/aulasanalise-espacial.pdf>>. Acesso em: 10 de jun. de 2012.

FERNANDES, Rosali Braga. **Processos recentes de urbanização/segregação em Salvador: o Miolo, região popular e estratégica da cidade**. Revista Bibliográfica De Geografía Y Ciencias Sociales. Vol. IX, nº 523, 20 de julio de 2004. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-523.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2009.

_____; SANTO, S. M. e SANTOS, R. L. **O crescimento urbano em Salvador e os impactos ambientais na formação do Cabula - bairro popular estratégico da cidade**. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales) Universidad de Barcelona Vol. IX, nº 521, 10 de julio de 2004. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-521.htm>>. Acesso em: 17 de mar. de 2009.

GOMARASCA, M. A.; BRIVIO, P. A.; PAGNONI, F.; GALLI, A. One century of land use changes in the metropolitan area of Milan (Italy). **International Journal of Remote Sensing**. v. 14, n. 2, p. 211-223, 1993.

GONZOLA, A. e FURTADO, A. L. **Banco de dados geográficos inteligentes**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Monografia em Ciência da Computação. 2007.

HAACK, B. N.; RAFTER, A. **Urban growth analysis and modeling in the Kathamandu valley**. Nepal. Habitat International, v. 30, n. 4, p. 1056-1065, 2006.

HOGAN, Daniel Joseph, *et. al.* Urbanização e Vulnerabilidade socioambiental: o caso de Campinas. In: HOGAN, Daniel Joseph, *et. al.* **Migração e Ambiente nas Aglomerações Urbanas**. Campinas: UNICAMP, 2001. p. 397-418. Disponível em: <http://www.nepo.unicamp.br/>. Acesso em: 10 de set. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Tutorial de geoprocessamento** (2008). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 10 de abr. 2010.

JACOMO, Carlos Alberto; TACHIBANA, Vilma Mayumi; IMAI, Nilton Nobuhiro; FLORES, Edilson Ferreira. **Aplicação de técnicas de estatística espacial na caracterização dos casos de dengue no município de Presidente Prudente –**

SP no período de 1999 a 2007. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010. Disponível em:

http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/A_192.pdf. Acesso em: 10 de jun. de 2012.

JAT, M. K.; GARG, P. K.; KHARE, D. **Monitoring and modeling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 10, p. 26-43, 2008.

JENSEN, J.R. 2009. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Editora Parêntese: São José dos Campos, SP.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, elaboração, análise e interpretação dos dados.** 4ª ed., São Paulo: Atlas, 1999.

LO, C. P.; YANG, X. **Drivers of land-use/land-cover changes and dynamic modeling for the Atlanta, Georgia metropolitan area.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 68, n. 10, p. 1073-1082, 2002.

MARANDOLA JR., E. e HOGAN, D. J. **Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia.** Revista Brasileira de Estudos da População, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MENDONÇA, Francisco de A. Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbano-metropolitana: esboço metodológico da experiência do doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba. **Revista de Meio Ambiente e Desenvolvimento – Cidade e Ambiente Urbano**, Curitiba, n.3, p.79-95, jan./jun. 2001. Disponível em: <http://www.ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/made/article/download/3030/2421>. Acesso em: 05 de março de 2012.

_____. Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, Francisco de Assis (Org.). **Impactos socioambientais urbanos.** Curitiba: Ed. UFPR, 2004, p.185-207.

MOREIRA, Antônio Cláudio M. L. **Conceitos de ambiente e de impacto ambiental aplicáveis ao meio urbano.** Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/moreira6-onceito_impacto_urbano.pdf. Acesso em: 05 de mar. de 2012.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MUNDIA, C. N.; ANIYA, M. Analysis of land use/cover changes and urban expansion of Nairobi city using remote sensing and GIS. **International Journal of Remote Sensing.** v. 26, n. 13, p. 2831-2849, 2005.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. SP. 1989.

OLIVEIRA, Meire. Imbuí: um bairro vertical. **Jornal A Tarde**. Salvador, 10 nov. 2007. Série Onde eu moro, p.13.

PEREIRA, Gilberto Corso; SILVA, Barbara Christine Nentwig. **Geoprocessamento e Urbanismo**. In: GERARDI, Lucia Helena de Oliveira; MENDES, Iandara Alves. (Org.). Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: temas de Geografia contemporânea. Rio Claro: UNESP, 2001, p. 97-137. Disponível em: <http://homepage.mac.com/gilbertocorso/textos/Geo%20e%20Urbanismo.PDF>. Acesso em: 02 maio 2012.

QUEIROZ, Gilberto Ribeiro e FERREIRA, Karine Reis. **Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE. 2006 Disponível em: ftp://ftp.cefetes.br/Cursos/Geomatica/Claudinete/N21_PI/TutorialBdGeo_GeoBrasiI2006.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2012.

RIBEIRO, S. R. A., *et al.* **Aplicação da metodologia de dados orientado ao objeto na classificação de uma área urbanizada, utilizando uma imagem digital obtida por meio da tecnologia do laser scanner**. Disponível em: <http://www.lidar.com.br/arquivos/ClassAreaUrba.pdf>. Acesso em: 10 de fev. 2012

RIDD, M. K. **Exploring a V-I-S (vegetation-impervious surface-soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities**. International Journal of Remote Sensing, 16:12,2165-2185, 1995.

SALVADOR, Prefeitura Municipal do. **Comissão de Defesa Civil do Salvador**. Disponível em: www.defesacivil.salvador.ba.gov.br/. Acesso em: 10 de out. 2012

SANTOS, Elisabete; PINHO, José A. G. de; MORAES, Luiz R. S.; FISCHER, Tânia. **O Caminho das Águas em Salvador: Bacias Hidrográficas, Bairros e Fontes**. Salvador: CIAGS/UFBA; SEMA, 2010.

SANTOS, R. F. (organizadora). **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Vulnerabilidade Ambiental - Desastres Naturais ou Fenômenos Induzido – Brasília: MMA, 2007. 192 p.**

SILVA, Evaldo de Oliveira. **Integração de Padrões de Análise e Ontologias de Domínio: Um Estudo de Caso no Domínio de Gestão Urbana**. Mestrado em Ciência da Computação. Universidade Federal de Viçosa, abril de 2008. Disponível em: http://www.dpi.ufv.br/arquivos/ppgcc/dissertacoes/2008-ms-Evaldo_de_Oliveira_da_Silva.pdf. Acesso em: 20 de nov. de 2012.

SILVA, Jorge Xavier da e ZAIDAN, Ricardo Tavares. (Orgs.) **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 4ª ed. 2004.

SMALL, C. Multitemporal analysis of urban reflectance. Remote Sensing of Environment, v. 81, 427-442, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Água no meio urbano**. In: Água Doce. 1997. Disponível em: http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/gruposdetrabalho/residuos/docs_resid_solidos/aguanomeio%20urbano.pdf. Acesso em: 19 de out. de 2010.

_____. **Inundações urbanas**. In: Drenagem urbana. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS. 1995.


YANG, X.; LO, C. P. **Modelling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area**. International Journal of Geographical Information Science, v. 17, n. 5, p. 463-488, 2003.

YEH, A. G. O.; LI, X. **Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 67, n. 1, p. 83-90, 2001.

ANEXOS

ANEXO A. Ficha de vistoria da Codesal

Quantitativo de Vistoria x Ocorrência x SIGA Page 1 of 1




DEFESA CIVIL
SALVADOR

ESTADO DA BAHIA
PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR
SECRETARIA MUNICIPAL DOS TRANSPORTES URBANOS E INFRA-ESTRUTURA Emissão: 16/03/12 15:36:40
- SETIN
Defesa Civil - CODESAL

Quantitativo de Vistoria x Ocorrência x SIGA
Período: 01/04/2007 à 30/06/2011

Ocorrência	SIGA																		Total
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
AMEACA DE DESABAMENTO	657	310	567	436	534	122	276	65	231	369	252	599	829	252	110	186	1071	8	6874
AMEACA DE DESLIZAMENTO	163	70	861	439	493	121	195	13	60	177	254	676	1327	293	77	146	725	62	6152
DESABAMENTO DE TERRA	144	43	725	280	439	82	127	27	145	187	226	598	1320	351	113	182	827	38	5854
DESABAMENTO DE IMÓVEL	97	168	134	57	68	9	29	12	45	46	56	100	181	68	19	35	204	1	1329
DESABAMENTO DE MURO	34	8	42	26	61	16	24	13	14	36	23	48	71	19	9	21	56	0	521
ALAGAMENTO DE ÁREA	26	34	138	47	135	4	31	13	441	318	48	153	300	41	181	42	229	2	2183
ORIENTAÇÃO TÉCNICA	1104	230	619	469	462	104	235	88	180	257	215	353	469	212	39	98	462	2	5598
GALHO DE ÁRVORE CAÍDO	0	0	1	1	0	1	0	0	1	5	1	1	3	0	0	0	0	0	14
ARVORE AMEACANDO CAIR	3	3	9	7	19	8	19	5	1	10	6	10	28	7	3	0	16	1	155
ARVORE CAIDA	8	1	3	6	17	7	13	3	1	9	5	6	18	7	1	0	10	0	115
AVALIAÇÃO DE IMÓVEL ALAGADO	0	3	15	3	4	1	1	0	49	25	2	12	15	3	13	4	9	0	159
DESABAMENTO PARCIAL	18	7	21	7	8	2	7	6	10	6	6	15	20	12	4	4	14	0	167
POSTE AMEACANDO CAIR	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
DESTELHAMENTO	0	0	0	5	1	0	1	0	0	12	1	1	3	0	2	0	4	0	30
PISTA ROMPIDA	3	1	0	2	4	0	1	2	2	2	0	2	1	0	0	1	2	0	23
EXPLOSAO	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	12
ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS PERIGOSOS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	6
INCENDIO	43	7	5	9	11	9	12	6	8	8	18	13	5	6	1	4	9	0	174
AMEACA DE DESABAMENTO DE MURO	27	8	42	27	61	27	31	21	20	35	15	25	42	11	3	13	38	0	446
AVALIAÇÃO DA ÁREA	34	4	31	27	16	8	61	6	6	26	19	45	34	7	3	5	30	0	362
INFILTRAÇÃO	19	11	28	31	24	11	23	6	14	16	15	28	30	14	5	5	13	0	293
	2381	908	3242	1879	2360	532	1087	286	1228	1544	1172	2688	4697	1304	583	746	3720	114	30471

ANEXO B. Relatório de vistoria da Codesal

Endereço:		AR: 13 - PAU DA LIMA	
Bairro: VILA CANARIA			
Logradouro: 22030 - 1ª TRAVESSA ANTÔNIO CARLOS OLIVEIRA			
Referência: ACESSO PELA RUA 3 DE MAIO RUA AO LADO DO MERCADINHO JK			
Observação: AUT. PELO ENG. OUVIDOR SR. JORGE			
Técnico: ALMIR LIMA LOPES			
Data de Programação: 17/01/2012			
Solicitação: AMEACA DE DESABAMENTO			
Nº Imóvel: 6E	Nº Processo: 45969	Data Processo: 6/1/2012 12:14:34	
OCORRÊNCIA			
Tipo: <input type="checkbox"/> Deslizamento <input type="checkbox"/> Ameaça Deslizamento <input type="checkbox"/> Alagamento <input type="checkbox"/> Desabamento <input type="checkbox"/> Ameaça Desabamento <input type="checkbox"/> Incêndio <input type="checkbox"/> _____			Vítimas Fatais _____ Feridos _____
CARACTERÍSTICAS DO IMÓVEL			
Tipo do imóvel: <input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Edifício Uso do imóvel: <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Misto	Material: <input type="checkbox"/> Bloco <input type="checkbox"/> Taipa <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Misto	Nº Pavimentos: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> >3	Estado Atual: <input type="checkbox"/> Parcialmente Destruido <input type="checkbox"/> Totalmente Destruido <input type="checkbox"/> Alagado <input type="checkbox"/> Precário <input type="checkbox"/> Bom Estado <input type="checkbox"/> Condenado
Localização: <input type="checkbox"/> Encosta <input type="checkbox"/> Base encosta <input type="checkbox"/> Crista encosta <input type="checkbox"/> Plano		Distância: _____ Aclive _____ Declive	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA			
Inclinação: <input type="checkbox"/> <30° <input type="checkbox"/> 30° - 40° <input type="checkbox"/> 40° - 60° <input type="checkbox"/> > 60° <input type="checkbox"/> Plana	Dimensões: Altura _____ Extensão _____ Largura _____	Estado Atual: <input type="checkbox"/> Com lixo <input type="checkbox"/> Com vegetação <input type="checkbox"/> Erodido <input type="checkbox"/> Instável <input type="checkbox"/> Estável <input type="checkbox"/> _____	Area de Risco: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Público: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
AVALIAÇÃO TÉCNICA			
Síntese da Ocorrência:			
Causas Prováveis:			
Recomendações:			
ENCAMINHAMENTOS			
Intervenções: <input type="checkbox"/> Limpeza da área <input type="checkbox"/> Drenagem <input type="checkbox"/> Demolição imóvel <input type="checkbox"/> Demolição muro <input type="checkbox"/> Relocação <input type="checkbox"/> Evacuação temporária <input type="checkbox"/> Colocação de lona	Notificação: Grau de Risco: <input type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Muito alto	Justificativa: <input type="checkbox"/> Não realizada <input type="checkbox"/> Morador Ausente <input type="checkbox"/> Imóvel não localizado _____ _____ _____	Técnico: _____ Data: _____
 Prefeitura Municipal de Salvador Defesa Civil FICHA DE VISTORIA TÉCNICA - IMÓVEIS			
Nome: TAMIRES DE SANTANA SANTOS		Apelido:	Telefone: 33912281
Endereço: 1ª ETAPA			
Bairro: CASTELO BRANCO - AR13		AR: 13 - PAU DA LIMA	
Logradouro: 19136 - RUA GENERAL LIBERATO DE MATOS			
Referência: ABAIXO DO CAMPO BEIRA LIXO E PRÓX. A NILTO COTO			
Observação: AUT. PELO ENG. OUVIDOR SR. JORGE			
Técnico: ALMIR LIMA LOPES			

ANEXO C. Reportagens do A Tarde referentes a alagamentos em Salvador

CIDADES**18/05/2006 às 12:54****Alagamento afeta trânsito na Calçada**

A chuva que caiu em Salvador durante a madrugada desta quinta-feira, 18, causou alagamentos na região do Comércio. Na avenida Oscar Pontes, um ponto de alagamento em frente à entrada para o Ferry Boat impediu o tráfego em duas das três pistas de rolagem e causou congestionamento na região da Calçada. Os lentidão no trânsito foi causada pelo receio dos motoristas de cair num dos buracos que existem naquela altura da pista. Também a Avenida da França, na altura do Banco Central e a Avenida Estados Unidos, próximo à Associação Comercial da Bahia sofreram com o acúmulo de água na região.

<http://www.atardeonline.com.br/cidades/noticia.jsf?id=652954>

CIDADES**07/05/2006 às 14:03****Chuva deixa avenida Vasco da Gama alagada**

A avenida Vasco da Gama está alagada devido à chuva que atinge Salvador neste domingo, 7. A Superintendência de Engenharia de Tráfego (Set) recomenda que os motoristas trafeguem na cidade com cautela para evitar acidentes. Outros pontos de alagamento foram registrados na avenida Antonio Carlos Magalhães próximo à entrada do Itaigara e na Paralela em frente ao Centro Administrativo da Bahia (Cab). Apesar da chuva, o trânsito flui normalmente. Nenhum congestionamento foi registrado, informou a Set.

<http://www.atardeonline.com.br/cidades/noticia.jsf?id=650322>

CIDADES**15/06/2004 às 00:00****Chuva alaga ruas de Salvador**

Kleyzer Seixas, do **A Tarde On Line** A forte chuva que atingiu Salvador nesta terça-feira, 15, causou diversos prejuízos à cidade. Três casas desabaram, muros e árvores caíram, muitas ruas alagaram e o trânsito ficou completamente congestionando em algumas regiões. Foram registradas 99 ocorrências da zero hora até às 14 horas de hoje, de acordo com informações da Coordenadoria da Defesa Civil (Codesal). As casas desabaram no bairro da Calçada, na Rua Nilo Peçanha; na Engomadeira, Rua Manjerição; e em Plataforma, na Rua Planalto Real. Outro imóvel caiu parcialmente no Rio Senna. Ninguém ficou ferido, segundo a Codesal. Houve 66 deslizamentos de terra, 12 ameaças de desabamento e 12 ameaças de deslizamentos de terra. Duas árvores caíram no Costa Azul e outra no bairro de Periperi. Um muro desabou na Pituba, na Alameda das Algarobas; e no Engenho Velho da Federação, na Travessa Assis. A Coordenadoria também notificou o desabamento parcial de um muro em Coutos e uma ameaça de desabamento de um paredão em Pero Vaz. A chuva provocou alagamento em alguns pontos da cidade. A Superintendência de Engenharia de Tráfego (SET) informou que trechos da Av. ACM, Paralela, São Joaquim e Av. Centenário ficaram completamente congestionados nesta manhã. Na Avenida ACM, sentido Iguatemi, em frente ao Hiper Bompreço, alguns carros estavam

parados e outros desviavam fugir do grande volume de água que tomava conta da pista. Na região do terminal de São Joaquim, outro ponto de alagamento provocou grande transtorno à população. A SET informa que o trânsito fica lento porque os carros precisam desviar das poças d'água. Na Avenida Paralela, em frente ao Condomínio Amazônia, o tráfego ficou congestionado pelo grande volume de água na pista com sentido Rodoviária. O trânsito também estava caótico na Avenida Centenário, sentido Shopping Barra, porque parte da via ficou alagada.

<http://www.atardeonline.com.br/cidades/noticia.jsf?id=630984>

CIDADES

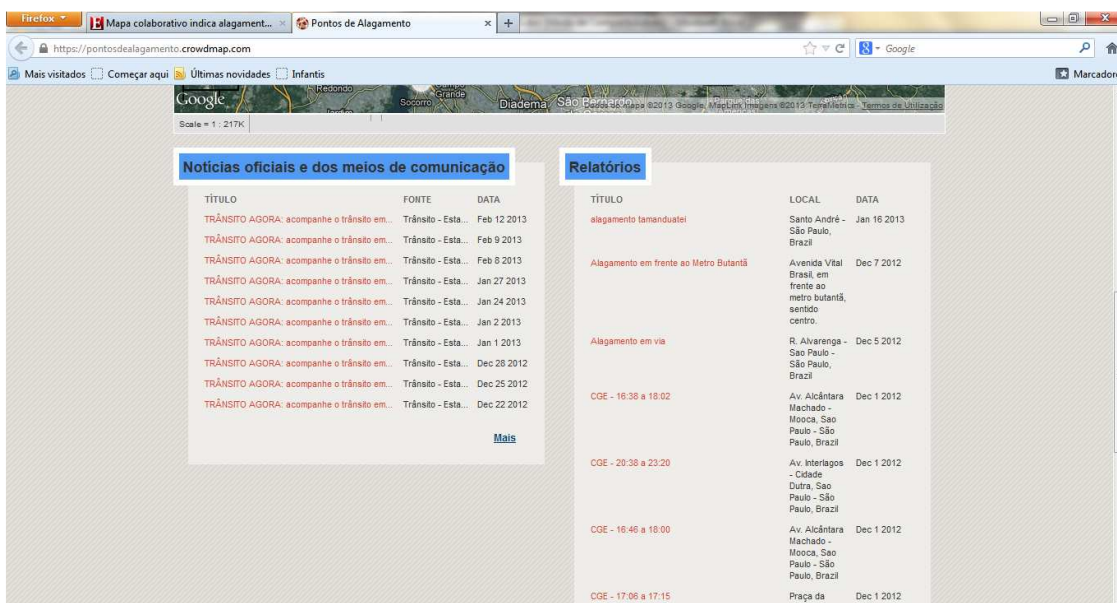
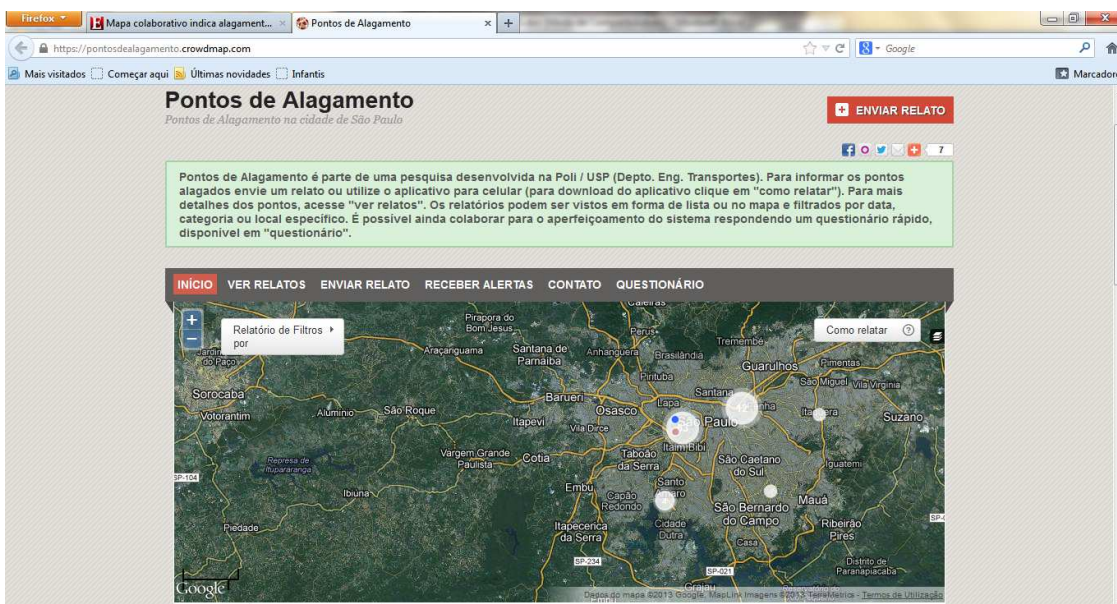
18/03/2004 às 00:00

Chuva provoca alagamento em vários bairros da cidade

Do A Tarde On Line A chuva que atingiu Salvador na manhã desta quinta-feira, 18, alagou diversos pontos da cidade. O canal da Av. Centenário transbordou e, segundo informações da Superintendência de Engenharia de Tráfego (SET), o trânsito está parado no Vale dos Barris - sentido Centenário. Para os motoristas que estão se dirigindo para o Centro ou para a Barra-Ondina a melhor opção é a Avenida Cardeal da Silva, na Federação. Confira os principais pontos de alagamento - Dique do Tororó - Av. Ademar de Barros - Av. Garibaldi - Av. Jequitiaia - Av. Contorno - Calçada / Largo - Aquidabã / Largo - Av. San Martins - Baixa de Quintas - Av. Barros Reis - Av. Heitor Dias - Av. Manuel Dias da Silva - Acesso ao túnel Américo Simas - Av. Luis Eduardo Magalhães / subida da Lip - Barris - Av. Centenário - Vale do Canela - Bonocô / em frente a loja Le Biscuit e SUCOM - Av. Paralela - Av. Vasco da Gama

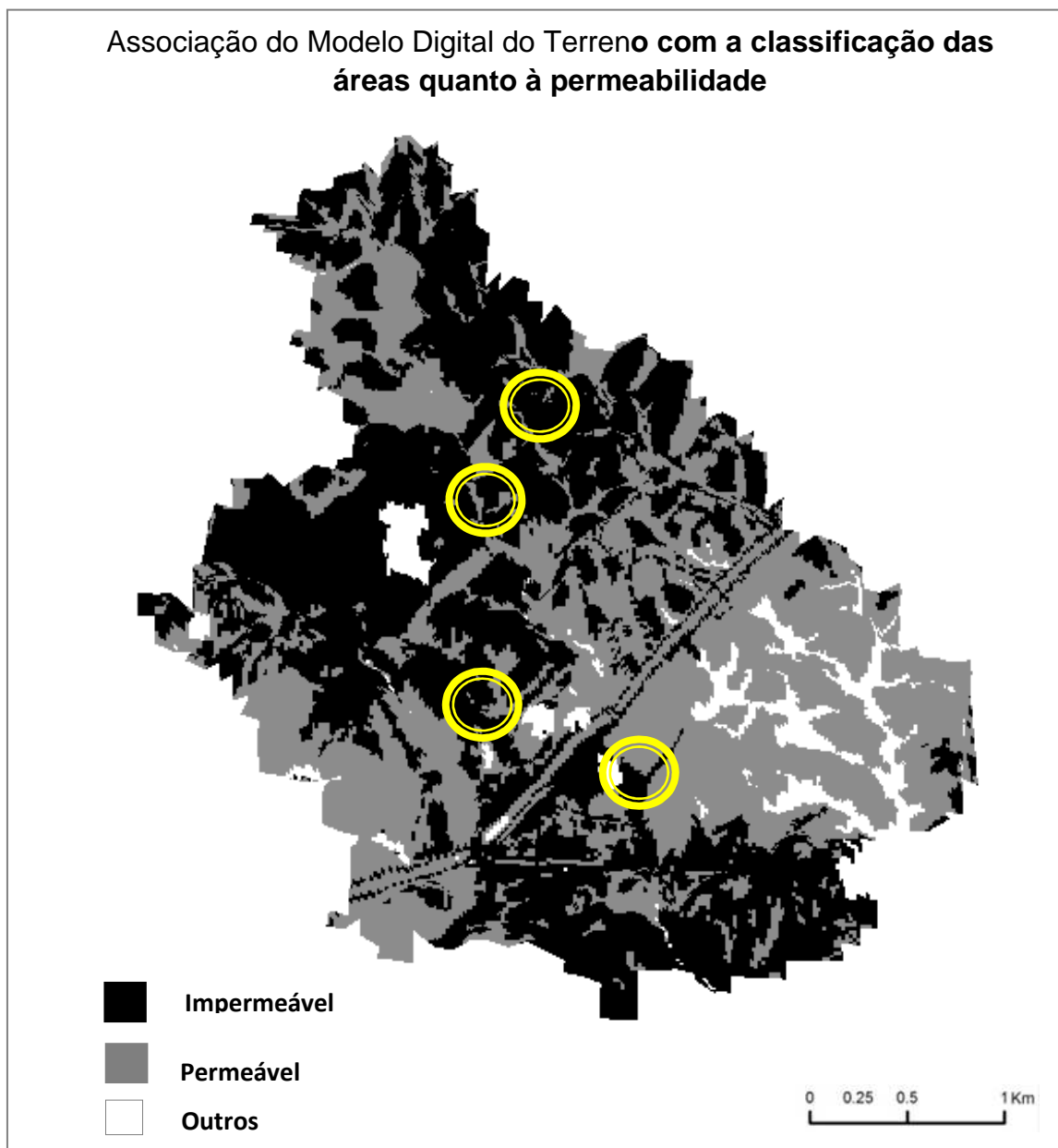
<http://www.atardeonline.com.br/cidades/noticia.jsf?id=628458>

mapa da cidade de São Paulo com pontos de alagamentos



APÊNDICES

APÊNDICE A



APÊNDICE B

