

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: PROPOSTA METODOLÓGICA E
DIAGNÓSTICO PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Fernanda Siqueira Malta

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Planejamento Energético,
COPPE, da Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos necessários à
obtenção de título de Doutor em Planejamento
Energético.

Orientadora: Alessandra Magrini

Rio de Janeiro
Março de 2018

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: PROPOSTA METODOLÓGICA E
DIAGNÓSTICO PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Fernanda Siqueira Malta

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof. Alessandra Magrini, D.Sc.

Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.

Prof. Michelle Cristina Sampaio, D.Sc.

Prof. Christovam de Castro Barcellos Neto, D.Sc.

Dr. José Antônio Sena do Nascimento, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2018

Malta, Fernanda Siqueira

Vulnerabilidade Socioambiental: Proposta Metodológica e
Diagnóstico para o Município do Rio de Janeiro / Fernanda
Siqueira Malta. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

XIV, 150 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Alessandra Magrini

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de
Planejamento Energético, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 96-124

1. Vulnerabilidade. 2. Sistema de Informação
Geográfica. 3. Análise Multicritério. 4. Rio de Janeiro. I.
Magrini, Alessandra. II. Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III.
Título.

“É preciso lembrar que ninguém escolhe o ventre, a localização geográfica, a condição socioeconômica e a condição sociocultural para nascer. Nasce onde o acaso determinar. Por isso, temos que cuidar de todos aqueles que estão em todos os recantos deste país”.

Aziz Ab'Saber

“Leaving no one behind”.

2030 Agenda for Sustainable Development - United Nations

AGRADECIMENTOS

Como dizia Raul Seixas, “sonho que se sonha só é só um sonho que se sonha só, mas sonho que se sonha junto, é realidade”. E assim foi o desenvolvimento desta tese de doutorado; por isso tenho muito a agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este projeto fosse concluído.

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me guiado nessa longa jornada!

A cada etapa cumprida tenho agradecimentos a fazer, iniciando pelo pré-projeto, onde tive o auxílio dos colegas doutores “ibegeanos” Sonia Terron, Antônio Alkmim e Antônio Jardim. Agradeço todas as críticas, sugestões e elogios!

Agradeço à professora Alessandra Magrini por ter aceito o convite em me orientar.

Sandrinha e Paulo, obrigada pelo incansável suporte administrativo!

Durante a etapa das disciplinas agradeço aos colegas de turma que tornaram essa fase mais leve: André Andrade, Fábio Simone, Isabela Oliveira, Letícia Machado, Monique Branco e Orleno Marques.

Agradeço a todos os professores do PPE e principalmente aos professores Eduarda e Nuno Costa do Instituto de Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, pela orientação, receptividade e valiosas sugestões durante o período do doutorado sanduíche.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por ter proporcionado a realização do doutorado sanduíche através do Programa Ciências Sem Fronteiras e também ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pela liberação para a realização do doutorado em período integral.

Aos colegas do IBGE, por responderem prontamente aos questionários que serviram de base para a construção do índice proposto neste trabalho.

Agradeço aos membros da banca por terem aceito o convite e pelas valiosas sugestões para a melhoria desta tese.

Aos amigos Aílton Furtado, Nilo Coelho e Marcus Vinícius Fernandes, sempre solícitos às minhas dúvidas desesperadas durante o desenvolvimento da tese.

Às minhas amigas-irmãs que me deram todo o apoio emocional que eu precisei durante esses 5 anos: Anna Nesi, Amanda Cristóval, Andréa Galotti, Bianca Nunes, Carolina Franklin, Juliana Paiva, Karen Amaral, Marcela Bruzzi e Maria Beatriz Salles; obrigada por tudo!

Aos amigos Flávio Anthero e Roberta Machry, obrigada por serem nossa família catarinense, pelos inúmeros incentivos, além do suporte espiritual.

Agradeço às minhas irmãs, sobrinhas e principalmente aos meus pais que sempre acreditaram em mim e que lá em 1995 me deram asas para voar até Campinas e cursar a Faculdade de Matemática Aplicada e Computacional na UNICAMP, onde iniciei a minha vida acadêmica. Amo vocês e serei eternamente grata! Agradeço em especial à minha irmã Mônica Malta pelas revisões do artigo e à minha querida mãe pela revisão final da tese.

Não posso esquecer da Mel, nossa peludinha que chegou na fase final desta jornada e trouxe a alegria que eu precisava para terminá-la!

Por último, agradeço à pessoa mais importante da minha vida, meu maridão, que viveu intensamente, sempre ao meu lado, todas as emoções desta tese (e não foram poucas!); eu não teria conseguido sem você!!! Obrigada pelas discussões, críticas, elogios, revisões e carinhos sem fim. Te amo e agradeço todos os dias poder compartilhar a vida com você!

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: PROPOSTA METODOLÓGICA E
DIAGNÓSTICO PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO**

Fernanda Siqueira Malta

Março/2018

Orientadora: Alessandra Magrini

Programa: Planejamento Energético

O termo vulnerabilidade tem sido utilizado com mais frequência em pesquisas e documentos oficiais, visando uma melhor compreensão acerca dos diferentes grupos populacionais, suas especificidades e necessidades. As definições utilizadas para o construto “vulnerabilidade” são frequentemente particionadas por área de conhecimento. O objetivo deste estudo foi identificar, caracterizar e analisar populações em situação de vulnerabilidade socioambiental no município do Rio de Janeiro, consolidando indicadores sociais, econômicos, ambientais, de saúde e segurança pública, em um índice de síntese – o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental. A metodologia foi baseada em análise multicritério de apoio à decisão integrada a um Sistema de Informação Geográfica. Os resultados demonstram que a vulnerabilidade socioambiental no Rio de Janeiro é agravada por situações de risco e degradação ambiental, como por exemplo deslizamentos e inundações. Estes aspectos são acentuados pelo adensamento das áreas faveladas, onde os estratos mais vulneráveis residem, em um processo de exclusão ambiental e urbana. O estudo permite localizar espacialmente áreas mais vulneráveis através do mapa-índice do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, enfatizando a importância destas ferramentas para guiar alocação de recursos, formulação e implementação de políticas públicas mais adequadas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements
for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

SOCIAL AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITY: METHODOLOGICAL
PROPOSAL AND DIAGNOSIS FOR THE MUNICIPALITY OF RIO DE JANEIRO

Fernanda Siqueira Malta

March/2018

Advisor: Alessandra Magrini

Department: Energy Planning

The term vulnerability has been used more frequently in several studies and official documents, striving to better understand specificities and needs of different population groups. The “vulnerability construct” definitions varies across area of expertise and knowledge. The scope of this study was to identify, characterize and analyze populations in situations of social and environmental vulnerability in Rio de Janeiro city, consolidating social, economic, environmental, health and public security indicators in a synthesis index – the Socio-Environmental Vulnerability Index. The methodology integrated Multicriteria Decision Analysis into a Geographic Information System. According to our results, the social and environmental vulnerability in Rio de Janeiro city is aggravated by risk situations and environmental degradation such as landslides and floods. Those aspects are accentuated by the population density in shantytown areas through the Social and Environmental Vulnerability index map, where the most disadvantaged strata exist in a process of environmental and urban exclusion. The study allows to locate spatially vulnerable areas, emphasizing the importance of these tools to guide resource allocation, formulation and implementation of more effective public policies.

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Sociedade, Meio ambiente e Vulnerabilidade.....	7
2.1. Sociedade e Meio ambiente: um breve histórico	7
2.2. Conceitos e Dimensões da Vulnerabilidade	14
2.2.1. Vulnerabilidade Ambiental	16
2.2.2. Vulnerabilidade Social e Econômica	19
2.2.3. Vulnerabilidade Socioambiental	26
3. Indicadores e índices: um breve quadro do estado da arte.....	29
3.1. Um histórico	29
3.2. Indicadores Ambientais, Sociais e Econômicos	31
3.3. Modelos de estruturação de sistemas de indicadores	37
3.4. Índices relacionados à questão da vulnerabilidade no Brasil	41
4. Ferramentas metodológicas para a construção de um índice de vulnerabilidade	44
4.1. Geoprocessamento e Estatística Espacial	44
4.2. Apoio Multicritério à Decisão.....	52
4.3. Integrando a Avaliação Multicritério e o Sistema de Informação Geográfica para construção de um índice de vulnerabilidade	61
5. Estudo de Caso: o Município do Rio Janeiro	64
5.1. Caracterização da área de estudo	64
5.2. Metodologia	71
5.2.1. Definição das componentes do índice de vulnerabilidade socioambiental.....	71
5.2.2. Construção do Sistema de Informação Geográfica	75
5.2.3. Aplicação da Análise Multicritério – <i>Analytic Hierarchy Process</i>	76
5.3. Análise dos resultados.....	80
5.3.1. Indicadores	80
5.3.2. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental	85
6. Conclusões e Recomendações	93
7. Referências Bibliográficas	96
ANEXO I – Metodologia	125
ANEXO II – Resultados	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas	11
Figura 2. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas	12
Figura 3. Comparação das taxas de exposição ao risco e mortalidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, por ano	18
Figura 4. Modelo PSR	38
Figura 5. Modelo DSR	39
Figura 6. Modelo DPSIR	39
Figura 7. Conjunto de ferramentas do Geoprocessamento	45
Figura 8. Mapa de Londres com óbitos, por cólera, identificados por pontos e poços de água	48
Figura 9. Tipologia de distribuição do padrão de pontos	49
Figura 10. Passos para o cálculo de densidade de pontos segundo a técnica de Kernel.....	50
Figura 11. Organização da estrutura multicritério	54
Figura 12. Procedimentos para construção de um critério de decisão	56
Figura 13. Estrutura da AHP.....	58
Figura 14. Fluxograma conceitual do AHP-GIS	60
Figura 15. Evolução da população brasileira rural e urbana	64
Figura 16. Distribuição de renda (Índice de Gini).....	65
Figura 17. Região Metropolitana do Rio de Janeiro	67
Figura 18. Município do Rio de Janeiro por Áreas de Planejamento	67
Figura 19. Favela da Rocinha, o maior aglomerado subnormal do Brasil.	69
Figura 20. Aglomerados Subnormais em 2010 – Rio de Janeiro	70
Figura 21. SIG da construção do IVSA	76
Figura 22. Hierarquia de objetivos.	77
Figura 23. Indicadores da Componente Socioeconômica do IVSA	82
Figura 24. Indicadores da Componente de Infraestrutura Urbana do IVSA	83
Figura 25. Indicadores da Componente Ambiental, de Saúde e de Segurança do IVSA.....	84
Figura 26. IVSA da Área de Planejamento 1	87
Figura 27. IVSA da Área de Planejamento 2	87

Figura 28. IVSA da Área de Planejamento 3	88
Figura 29. IVSA da Área de Planejamento 4	89
Figura 30. IVSA da Área de Planejamento 5	90
Figura 31. Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental	91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Escala de julgamentos comparativo do AHP.....	59
Tabela 2. Índices de Consistência Aleatórios.....	61
Tabela 3. População vivendo em Favelas por Áreas de Planejamento – Município do Rio de Janeiro.....	71
Tabela 4. Matriz de Comparação Pareada dos 15 Indicadores (soma).....	78
Tabela 5. Vetor de Eigen (resultado).....	79
Tabela 6. Cálculo do λ_{\max}	79
Tabela 7. Faixas de valores do IVSA	86

LISTA DE SIGLAS

- ACP – Análise de Componentes Principais
ADH – Atlas do Desenvolvimento Humano
AGS – Aglomerados Subnormais
AHP – *Analytic Hierarchy Process*
AMD – Apoio Multicritério à Decisão
AP – Área de Planejamento
CEPERJ – Centro Estadual de Estatísticas Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro
COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
DDT – Dicloro Difenil Tricloroetano
DPSIR – *Driver-Pressure-State-Impact-Response*
DSR – *Drivers-State-Response*
ECECTRE – *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*
EEA – *European Environment Agency*
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FJP – Fundação João Pinheiro
GEO-RIO – Fundação Instituto de Geotécnica da Prefeitura do Rio de Janeiro
GIS – *Geographic Information System*
GPS – Sistemas de Posicionamento Global
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOM – *International Organization for Migration*
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
ISMFI – Indicador de risco de inundação e enchentes
ISP-RJ – Instituto de Segurança Pública do Governo do Estado do Rio de Janeiro
IVM – Índice de Vulnerabilidade Municipal
IVSA – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
MAUT – *Multiattribute Utility Theory*
MCDA – *Multi-Criteria Decision Analysis*
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

ODM – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*
OMS – Organização Mundial da Saúde
ONG – Organização Não Governamental
PCRJ – Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROMÉTHÉE – *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*
PSR – *Pressure-State-Response*
RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SAMAMBAIA – Sistema de Análise Multicritério Aplicado como Método Base à Avaliação de Impacto Ambiental
SIG – Sistema de Informação Geográfica
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNDP – *United Nations Development Programme*
UNEP – *United Nations Environment Programme*
UN-HABITAT – *United Nations Human Settlements Programme*
UNISDR – *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*

1. Introdução

A relação homem-natureza tem se modificado mediante o aumento da complexidade da sociedade (Morin, 1987), gerando consequentemente o aumento de suas demandas por espaço e recursos naturais, surgindo dessa forma tensões e conflitos (UNEP, 2012). Milton Santos (1996), destacou que a natureza sofre um processo de instrumentalização, para dar subsídio ao que ele denominou de “capitalismo tecnológico”, tornando-se assim um bem econômico e, desta forma cada vez mais “desnaturalizada”. O meio natural ou físico sempre esteve em pauta no debate ambiental, mas hoje a Ecologia e ciências afins são influenciadas pelo surgimento de novos paradigmas.

Nos últimos séculos, principalmente a partir da Revolução Industrial e do crescimento populacional ocorrido (Coale, 1989), a pressão sobre o planeta vem se transformando em uma ameaça sobre o meio natural pois houve uma intensificação do uso da terra, da água e de outros recursos naturais, principalmente minerais e combustíveis de origem fóssil como carvão e petróleo (Martine & Alves, 2015). A partir do início do século XX houve um rápido desenvolvimento da ciência e da tecnologia (Carvalho, 1997), e por consequência a atividade industrial tornou suas técnicas de produção cada vez mais sofisticadas, além de serem ampliadas, comprometendo cada vez mais o meio ambiente (Stern et al., 1996).

As consequências do rápido crescimento populacional ocorrido após a Revolução Industrial foram diretamente sentidas nas cidades, que sofreram muitas transformações em relação à estruturação dos seus espaços internos. O crescimento das cidades delimitou como Centro toda a área antes compreendida pelo núcleo urbano (Corrêa, 1995), formando ao seu redor uma faixa nova, denominada periferia. Nesta nova faixa, entendida como um território livre da iniciativa privada, surgiram, de forma independente, bairros de luxo, bairros pobres, unidades industriais de grande porte e depósitos. Esses novos setores da cidade foram fundindo-se em um tecido urbano mais compacto com o decorrer do tempo (Sposito, 1988).

Além do crescimento populacional, um dos fatores motrizes da Revolução Industrial foi o uso massivo dos combustíveis fósseis, o uso do carvão e do petróleo permitiu que a humanidade desenvolvesse a metalurgia e as máquinas, a indústria química e os fertilizantes agrícolas, a eletricidade e o motor de combustão interna; que revolucionasse

as comunicações e os sistemas produtivos para a produção em massa. De fato, entre 1945 e 2000, a população mundial passou de 3 bilhões para 6 bilhões; o consumo de petróleo aumentou em quase quatro vezes, a atividade econômica aumentou em quinze vezes, e a urbanização e os padrões de consumo de massa disseminaram-se (Steffen *et al.*, 2011).

No Brasil, o século XX foi caracterizado por um intenso processo de urbanização, iniciado nos anos seguintes à revolução de 1930 (Brito, 2012). Mas foi a partir de 1940 que o processo de urbanização se intensificou com a industrialização promovida nos governos dos presidentes Getúlio Vargas e Juscelino Kubitschek (Mourão, 2012), quando houve a formação de um mercado interno integrado que atraiu milhares de pessoas para o sudeste do país, região que possuía maior infraestrutura e, consequentemente, onde estava concentrado o maior número de indústrias (Santos, 2008).

Segundo informações dos censos demográficos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a taxa de urbanização brasileira passou de 31% no ano de 1940 para 68% em 1980. A mudança de país predominantemente rural para urbano ganhou velocidade no período 1960-1970, quando a relação se inverteu: dos 13,5 milhões de domicílios recenseados em 1960, pouco menos da metade (49%) estava localizado em áreas urbanas. Já em 1970, mais da metade do Brasil havia se tornado urbano (58%). Atualmente, mais de 80% da população brasileira vive em áreas urbanas (IBGE, 2011), percentual que equivale a níveis de urbanização dos países desenvolvidos (Wagner & Ward, 1980, Costa & Monte-Mór, 2002).

A maior parte do processo de urbanização ocorreu nas grandes cidades da região Sudeste, principalmente nas capitais, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (Santos, 2008). Não por acaso, 46% da população urbana brasileira vive atualmente nesta região, que possui taxa de urbanização de 93% (IBGE, 2011). Sendo destaque o Estado do Rio de Janeiro que possui a maior taxa de urbanização do país, 96,7%.

Além da urbanização concentrada, essa mudança ocorreu em apenas algumas décadas, de forma que as infraestruturas dessas cidades não acompanharam tal crescimento (Maricato, 2001 e 2003). Esse rápido e desordenado processo de urbanização ocorrido no Brasil trouxe uma série de consequências, em sua maioria negativas (Carvalho, 2003). A falta de planejamento urbano e de uma política econômica menos concentradora contribuiu para a ocorrência de alguns problemas, que persistem até hoje (Muller 1995, Kropp *et al.*, 2001, Todaro 2007, Bortz *et al.*, 2015).

O principal deles é a favelização, ou seja, ocupações irregulares, que começaram a se formar como consequência do fluxo migratório em direção às áreas de maior oferta de emprego do país (Ramos & Araújo, 1999, Brito & Souza, 2005). A falta de uma política habitacional específica para esse fenômeno acabou contribuindo para o aumento acelerado das favelas no Brasil, trazendo vários problemas sociais, econômicos e ambientais (Gouveia, 1999, Pequeno, 2008, Sousa e Silva & Travassos, 2008).

Em paralelo, o crescimento do número de desempregados, gerado pela escassez de oportunidades mediante o grande fluxo populacional que havia se deslocado em curto espaço de tempo, apesar do crescimento industrial do país e da grande oferta de emprego nas cidades do Sudeste, passou a gerar um aumento dos roubos, furtos, e demais tipos de violência relacionadas às áreas urbanas (Zaluar, 1999, Grostein, 2001).

Por outro lado, este processo de expansão urbana descontrolada também passou a contribuir para o aumento considerável dos níveis de poluição, pois o grande número de indústrias, automóveis, e de habitações irregulares teve como consequência o aumento das emissões de gases poluentes, desmatamentos, assim como a contaminação dos lençóis freáticos e rios dos principais centros urbanos (Haughton & Hunter, 2004, Souza e Silva & Travassos, 2008).

Além disso, a impermeabilização do solo provocada pelo asfaltamento e edificações, associado ao desmatamento e ao aumento da quantidade de resíduos residenciais e industriais, e a falta de planejamento e as contruções em locais inundáveis, fizeram com que o problema das enchentes se tornasse um fenômeno comum nas grandes cidades brasileiras (Tucci, 2001, Freitas & Ximenes, 2012).

Por fim, como consequência da ocupação desordenada, a estrutura urbana não conseguiu acompanhar o rápido crescimento das cidades, ocorrendo dessa forma um déficit de habitações regulares, água encanada, saneamento básico, creches e escolas, hospitais, transportes coletivos, áreas de lazer e cultura (Laurentino, 2006, Azevedo, 2007, Souza e Silva & Travassos, 2008, Duxbury, 2013). Este fato contribuiu para o aumento do número de pessoas vivendo em situações de vulnerabilidade.

A amplitude desses problemas urbanos e seus impactos em diferentes escalas territoriais fundamentam o interesse em compreender e analisar a questão das pessoas vivendo em situações de vulnerabilidade no Brasil e, em particular, no município do Rio de Janeiro, que é totalmente urbano, justificando a pertinência e interesse da presente tese.

A questão da vulnerabilidade pode ser abordada de acordo com a área específica que se pretende analisar ou de forma integrada. Essa tese propõe a elaboração de um índice para analisar o construto “vulnerabilidade socioambiental”, integrando processos sociais, econômicos e ambientais.

Além disso, outro aspecto que reforça a importância da escolha da temática decorre da necessidade de melhor compreender a especificidade da vulnerabilidade socioambiental do Rio de Janeiro, onde a questão das favelas se tornou um problema crônico (Ferreira 2009, Perlman 2009, UN-Habitat 2003).

Um terceiro aspecto que reforça a importância deste tipo de estudo e, em particular, da presente tese que se desenvolve centrada sobre o município do Rio de Janeiro, é o contributo que traz para a delinearção de políticas públicas.

A partir da fundamentação e contextualização do tema, esta tese possui como principal objetivo a discussão da vulnerabilidade socioambiental no município do Rio de Janeiro através da construção de um índice representativo de componentes sociais, econômicas e ambientais. Como objetivos secundários podemos identificar os seguintes:

1. Caracterização o município do Rio de Janeiro na perspectiva socioambiental;
2. Definição dos indicadores para a construção do índice de vulnerabilidade socioambiental;
3. Construção de um banco de dados espaciais para o município do Rio de Janeiro;
4. Discussão da metodologia de construção de índices através da integração de análise multicritério e geoprocessamento.

Neste contexto de discussão sobre alguns aspectos mais relevantes que envolvem a vulnerabilidade socioambiental, algumas questões gerais devem ser destacadas:

- A. Quais são os principais aspectos envolvidos na questão da vulnerabilidade socioambiental?
- B. Como estruturar um modelo para abranger da melhor forma as questões mais representativas para o tema?
- C. Quais são os indicadores a compor este modelo e, como fazer a sua integração?

D. Levando em consideração o espaço urbano, qual é a melhor forma de apresentação dos resultados?

Para o desenvolvimento da tese, além de amplo levantamento bibliográfico sobre o tema, é feita uma proposta de uma ferramenta metodológica para avaliação da vulnerabilidade socioambiental, através da construção de um índice utilizando técnicas de apoio multicritério à decisões associadas a técnicas de geoprocessamento. Optou-se por realizar entrevistas a especialistas através da aplicação de questionários que servissem de base para seleção e ponderação dos indicadores utilizados na construção do índice de vulnerabilidade socioambiental. Por fim, realiza-se um estudo de caso, que consiste em uma verificação empírica de eventos contemporâneos em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente evidentes (Yin, 2005). O estudo de caso é realizado no município do Rio de Janeiro, considerando-se que a metodologia pode ser aplicada a qualquer região. A coleta de informações conta com múltiplas fontes como revisão de literatura, consultas sobre experiências utilizando outras metodologias, análise exploratória de dados, além da coleta de dados estatísticos e geográficos de diversas fontes.

Esta tese estrutura-se em 6 capítulos, descritos brevemente a seguir, aos quais se adiciona as referências bibliográficas.

Considerando que o Capítulo 1 corresponde a introdução e objetivos, a tese prossegue com o Capítulo 2 onde é realizado um breve histórico sobre as relações entre a sociedade e o meio ambiente, procurando efetuar uma síntese cronológica das questões socioambientais no Brasil e no mundo para ajudar a compreender a importância do estudo da vulnerabilidade socioambiental. Como continuidade, neste mesmo capítulo é realizada uma revisão das dimensões da vulnerabilidade e seus conceitos.

O Capítulo 3 traz um levantamento do estado da arte dos indicadores relacionados ao tema para fundamentação teórica deste trabalho.

No Capítulo 4 apresenta-se a metodologia para a discussão do tema, apresentando as teorias de geoprocessamento, estatística espacial, apoio multicritério à decisão e a integração destas metodologias para o cálculo do índice de vulnerabilidade socioambiental.

No Capítulo 5 é apresentado o estudo de caso, com a definição das componentes do índice de vulnerabilidade socioambiental e sua aplicação ao município do Rio de Janeiro, apresentando sua metodologia de cálculo, resultados e discussões.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e recomendações.

2. Sociedade, Meio Ambiente e Vulnerabilidade

Este capítulo traz uma contextualização histórica das relações socioambientais no mundo e no Brasil, que muitas vezes ocorrem de forma integrada e que influenciam diretamente o aumento do número de pessoas vivendo em situações de vulnerabilidade por todo o mundo. Após esta contextualização é realizada uma revisão das dimensões da vulnerabilidade e seus conceitos.

2.1. Sociedade e Meio ambiente: um breve histórico

Segundo Bernardes & Ferreira (2003), a chamada “revolução ambiental” foi um dos movimentos sociais mais importantes nos últimos anos, pois alavancou significantes transformações no comportamento das sociedades e também na organização política e econômica mundial. O debate da questão ambiental desenvolveu-se a partir do final do século XIX, mas aparece com mais força após a Segunda Guerra Mundial. Foi a primeira vez que a humanidade percebeu que os recursos naturais eram finitos e que o seu uso incorreto poderia representar o fim de sua própria existência. Com o surgimento dessa consciência ambiental, a ciência, a tecnologia, o crescimento econômico e as relações sociais passaram a ser questionadas.

A partir desses questionamentos começa a existir uma preocupação na prevenção de situações ocasionadas a partir de danos ambientais. O livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson, publicado em 1962 é considerado por alguns autores o marco inicial das discussões internacionais sobre o meio ambiente. Em suas páginas, Carson denunciou vários efeitos negativos do uso do pesticida DDT em plantações. A utilização desses recursos não matava apenas as pragas às quais eram direcionados, mas também contaminava muitas outras espécies, inclusive predadores naturais dessas pragas. Carson mostrou que, esse pesticida se espalhava por todo o ecossistema e por consequência entrava na cadeia alimentar, chegando ao consumidor final (Carson, 1964). Apesar dos ataques sofridos, a autora recebeu apoio público e seu livro virou um fenômeno nos Estados Unidos, vendendo mais de seis milhões de exemplares e chamando a atenção das autoridades para essa questão.

Em 1968, um pequeno grupo de 30 profissionais de dez países distintos e de diversas áreas, como empresários, diplomatas, cientistas, educadores, humanistas,

economistas e altos funcionários governamentais se reuniram em Roma para discutir as suas preocupações em relação ao crescimento econômico e ao consumo indiscriminado de recursos naturais, em um mundo cada vez mais interdependente. Estas preocupações foram registradas em 1972 no primeiro relatório para o Clube de Roma: "Os Limites do Crescimento", encarregado a uma equipe de cientistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, liderada por Dennis e Donella Meadows. Esse estudo utilizou sistemas de informática para simular a interação do homem com o meio ambiente, levando em consideração o crescimento populacional e o esgotamento dos recursos naturais. A conclusão desse estudo foi que, se a humanidade continuasse a consumir recursos naturais no mesmo ritmo, esses recursos se esgotariam em menos de 100 anos. Por fim, o relatório sugeriu que, através de medidas efetivas e de cooperação, essas ameaças poderiam ser reduzidas (Clube de Roma, 1972).

Nesse primeiro relatório foi destacado que os maiores problemas eram a industrialização acelerada, o rápido crescimento demográfico, a escassez de alimentos, o esgotamento de recursos não renováveis e a deterioração do meio ambiente. O Clube de Roma tinha uma visão "ecocêntrica" e definia que o grande problema estava na pressão que a população exercia sobre o meio ambiente, já que a população cresceria exponencialmente e os recursos naturais não (Clube de Roma, 1972).

O relatório do Clube de Roma recebeu muitas críticas, pois uma das soluções propostas era o crescimento econômico zero. Independente das críticas, esse estudo teve influência decisiva nos debates da conferência de Estocolmo, realizada em 1972 (Sachs, 1993).

A conferência de Estocolmo foi a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, onde estiveram reunidos representantes de diversos países, sendo a primeira iniciativa mundial no sentido de organizar as relações entre o homem e o meio ambiente. Por este fato, é considerada um marco histórico político internacional. Essa conferência foi decisiva para o surgimento de políticas de gestão ambiental, direcionando a atenção dos gestores mundiais para as questões ambientais. Dessa forma, foi iniciada uma nova dinâmica mundial, fundamentada no reconhecimento pelos Estados membros, dos problemas ambientais e da necessidade de agir em busca de uma solução conjunta. Além disso, a Conferência de Estocolmo desempenhou um papel decisivo na sensibilização também dos países em desenvolvimento para com suas responsabilidades frente ao meio ambiente (Passos, 2009).

Apesar da conscientização mundial sobre a necessidade de exercer um maior controle e uso de regras na exploração do meio ambiente, foi somente a partir do relatório divulgado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que a expressão “Desenvolvimento Sustentável” ganhou notoriedade. Esse relatório teve o nome de “Nosso Futuro Comum”, mas também ficou conhecido como Relatório Brundtland, pois a equipe que publicou esse relatório foi liderada pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. O relatório sugeria que o conceito de desenvolvimento sustentável estaria intrinsecamente ligado à capacidade das atuais gerações atenderem às suas necessidades sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Esse relatório fez parte de uma série de iniciativas que reafirmaram uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e copiado pelas nações emergentes. O relatório apontou para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes (Nações Unidas, 1987).

O Relatório Brundtland foi o documento base para as discussões da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Essa conferência consagrou o conceito de desenvolvimento sustentável e contribuiu para ampla conscientização de que os danos ao meio ambiente eram majoritariamente responsabilidade dos países desenvolvidos (Veiga, 2008).

A Conferência do Rio contou com a presença de representantes de mais de 180 países, possibilitando extensa produção de instrumentos ambientalistas. Foram aprovadas duas convenções internacionais, a Convenção sobre a Diversidade Biológica e a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas, além de duas declarações de princípios, a Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e a Declaração sobre Florestas. Os objetivos traçados nessa conferência trouxeram significativos avanços teóricos e práticos na área ambiental. Na Conferência do Rio de Janeiro também foram criadas as bases para o instrumento de construção do processo de desenvolvimento sustentável global, a Agenda 21 (Sitarz, 1993).

Na Agenda 21, os governos delinearam um programa detalhado de ações para afastar o mundo do atual modelo insustentável de crescimento econômico, direcionando-as para atividades que protejam e façam uso racional e equitativo dos recursos ambientais, dos quais o crescimento e o desenvolvimento dependem (Stiglitz *et al.*, 2009).

Durante a conferência houve debates relacionados a temas como proteção à atmosfera; combate ao desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenção a poluição da água e do ar; suspensão da destruição das populações de peixes e promoção de uma gestão segura dos resíduos tóxicos. Para além do tema ambiental, também foram abordadas questões relacionadas aos padrões de desenvolvimento geradores de danos ao meio ambiente e assuntos socioeconômicos, tais como a pobreza e a dívida externa dos países em desenvolvimento, padrões insustentáveis de produção e consumo, pressões demográficas e a estrutura da economia internacional (Ministério do Meio Ambiente, 2002).

Atualmente a questão da mudança climática é um dos temas mais desafiadores em relação ao meio ambiente. Um conjunto de circunstâncias, em grande parte ligada às atividades produtivas industriais, agropecuárias e energéticas, vem provocando efeitos que levantam graves alertas. A maioria dos cientistas afirma que há forte relação entre o aumento das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e as mudanças climáticas. Com o objetivo de reduzir a emissão dos gases que provocam o efeito estufa foi realizada pelas Nações Unidas, em 1997, a Conferência das Partes em Kyoto, Japão. O resultado dessa conferência foi o protocolo de Kyoto, que em aspectos gerais, é um tratado com compromissos mais rígidos, complementar à Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas aprovada na Conferência do Rio (Nery, 2005).

Em 2000, os líderes mundiais se reuniram na sede das Nações Unidas, para adotar a Declaração do Milênio da Organização das Nações Unidas (Nações Unidas, 2000). Nessa declaração, as 191 nações se comprometeram a uma nova parceria global para reduzir a pobreza extrema, em uma série de oito objetivos, que se tornaram conhecidos como os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (Figura 1).

O relatório dos objetivos de desenvolvimento de 2015, divulgado pela ONU, ressalta que os 15 anos de esforços para alcançar os oito objetivos estabelecidos na Declaração do Milênio, em 2000, foram bem-sucedidos em todo o mundo, graças a esforços globais, regionais, nacionais e locais, melhorando as condições de vida de muitas pessoas. Os resultados deste relatório comprovam que com intervenções direcionadas, estratégias sólidas, recursos adequados e vontade política, mesmo em países mais pobres, foi possível fazer grandes progressos (Nações Unidas, 2015a).



Figura 1. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas.

Fonte: ODM Brasil (www.odmbrasil.gov.br).

A realização da Rio+20, em 2012, permitiu o fortalecimento do conceito de desenvolvimento sustentável como uma das questões centrais do mundo moderno, não deixando dúvidas em relação ao espaço que os temas ligados à questão ambiental haviam conquistado nos mais diversos setores da sociedade e tornando claro o grau de complexidade que o tema adquiriu em poucas décadas. Inicialmente identificado como um debate limitado pelas suas características técnicas e científicas, a questão do meio ambiente foi transferida para o contexto muito mais amplo de sustentabilidade e da necessidade de evitar que seja uma questão tratada de forma isolada das questões políticas, econômicas e sociais (Lago, 2013).

O documento final da Rio+20, “O Futuro que queremos” (Nações Unidas, 1012a), reafirma todos os princípios da Declaração do Rio, de 1992, inclusive o de responsabilidades comuns, porém diferenciadas. De acordo com essa perspectiva, o desenvolvimento sustentável é uma responsabilidade compartilhada da comunidade internacional, mas é diferenciada entre os países em desenvolvimento e os países desenvolvidos (Bartelmus, 2013). Essa foi uma importante conquista, em razão das numerosas tentativas, por parte de países desenvolvidos, em alterar o equilíbrio entre suas obrigações e as dos países em desenvolvimento no plano internacional.

Apesar de ser fundamental, o documento final da Rio+20 afirma que a erradicação da pobreza é o maior desafio global, e que a sua superação, bem como a promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo e a melhoria da gestão dos recursos naturais,

constituem os objetivos primordiais e requisitos essenciais para o desenvolvimento sustentável (Nações Unidas, 2012a).

Após a Rio+20 decidiu-se estabelecer um processo intergovernamental inclusivo e transparente que fosse aberto a todos, com vistas a elaborar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Após alguns anos de discussão, líderes de governo e de estado aprovaram, por consenso, o documento “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (Nações Unidas, 2015b). A Agenda é um plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade. Ela busca fortalecer a paz universal com mais liberdade e reconhece que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, que é o maior desafio global ao desenvolvimento sustentável.

A Agenda consiste em uma Declaração, 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as 169 metas, uma seção sobre meios de implementação e de parcerias globais, e um arcabouço para acompanhamento e revisão (Figura 2).



Figura 2. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas. Fonte: Nações Unidas, 2015b.

Os ODS aprovados foram construídos sobre as bases estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, de maneira a completar o trabalho deles e responder a novos desafios. São integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental (Nações Unidas, 2015b).

Aprovados na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2015, a implementação dos ODS requererá uma parceria global com a participação ativa de governos, sociedade civil, setor privado, academia, mídia e Nações Unidas (Nações Unidas, 2015b). No Brasil foi criada a Comissão Nacional para os ODS, que tem

o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) como assessores técnicos permanentes, e é composta por 16 representantes, sendo oito governamentais e oito da sociedade civil. O Brasil foi o primeiro país latino-americano a ter uma comissão paritária sobre o assunto (IBGE, 2017).

Os ODS surgem com a meta de reduzir os principais problemas ambientais mundiais como o desmatamento e a diminuição da biodiversidade, a desertificação, a redução da camada de ozônio, o efeito estufa, a crise da água potável, o crescimento demográfico e a cultura consumista, o aumento da geração de resíduos e tantos outros, que resultam da exploração de forma desenfreada dos recursos naturais buscando unicamente resultados imediatos sem considerar a garantia desse uso para as gerações futuras (Nações Unidas, 2015b).

Anos antes do lançamento dos ODS, Castells (1999) afirmava que a maioria dos problemas ambientais mais elementares ainda persistiam, uma vez que seu tratamento iria requer uma transformação nos meios de produção industriais e de consumo, bem como uma reorganização social e pessoal. Ou seja, há algum tempo sabe-se que viver de forma sustentável torna-se a única saída para que todos possamos viver com qualidade de vida.

Nesse cenário, a reconexão das pessoas com o meio ambiente é fundamental. Vivemos um momento em que temos a oportunidade de construir uma sociedade baseada em valores e princípios, respeitando a diversidade, peculiaridade e complexidade de todas as formas de vida. Porém, para alcançar este objetivo, é necessário que a sustentabilidade esteja ao alcance de todos.

De uma forma mundial, as sociedades têm vivenciado um quadro de exclusão social, pobreza, ausência de direitos básicos e de conflitos de valores humanos em termos de qualidade de vida. Neste contexto, o debate sobre o meio ambiente fica mais evidente, pois não se trata apenas da discussão sobre impactos ambientais e seus efeitos prejudiciais, mas principalmente no âmbito das condições locais, apontando para a importância da discussão do conceito de sustentabilidade. Conceito este que deve ser capaz de revelar as condições de qualidade de vida das comunidades urbanas, em que grupos se encontram em situações de segregação espacial e ou segregação ambiental, assim como questões de extrema pobreza, situações cada vez mais observadas em áreas urbanas (Silva, 2011).

No caso da urbanização brasileira, um dos principais problemas decorrente da acelerada urbanização foi a concentração da riqueza e, como consequência, o aumento

das desigualdades (Fernandes, 2007; Friendly, 2013). A desigualdade entre os ricos e pobres no mundo está aumentando, e mais de um bilhão de pessoas ainda vivem na pobreza. Em muitos países, há ondas crescentes de protestos que refletem as aspirações universais por um mundo mais próspero, justo e sustentável (Nações Unidas, 2012b).

Como resultado desse processo existem cada vez mais pessoas vivendo em situações de vulnerabilidade social, econômica e ambiental. Para fornecer subsídios para suporte à formulação e implantação de políticas públicas, com informações para que os objetivos do desenvolvimento sustentável sejam alcançados, é de extrema importância estudos que analisem e identifiquem os segmentos populacionais mais vulneráveis. Neste contexto será realizada uma revisão das dimensões da vulnerabilidade e seus conceitos.

2.2. Conceitos e Dimensões da Vulnerabilidade

Nos últimos anos, o termo vulnerabilidade tornou-se palavra-chave nos estudos sobre risco ambiental e mudanças climáticas. Ao mesmo tempo, e esta pode ser uma das razões para a sua crescente popularidade, vulnerabilidade é um termo bastante difuso (Kuhlicke *et al.*, 2011), fazendo com que diversas definições emergissem e fossem utilizadas em diferentes contextos disciplinares, quer relacionados à sustentabilidade (Turner *et al.*, 2003), aos riscos naturais e ambientais (MMA, 2007; Marandola Jr. & Hogan, 2005), no contexto das mudanças climáticas (Fussel & Klein, 2006; FIOCRUZ, 2014), quer nas áreas sociais (IPEA, 2015) e econômicas (Fossati, 2014). Outra abordagem da vulnerabilidade de grande relevância é a verificada no contexto da saúde (Silva *et al.*, 2014; Eisenman *et al.*, 2016). O conceito de vulnerabilidade é bem amplo, sendo desta forma adaptado para cada área de conhecimento (Gallopin, 2006).

O conceito de vulnerabilidade tem sido uma ferramenta analítica importante para descrever situações de susceptibilidade a danos, impotência e marginalidade de sistemas físicos e sociais, e para orientar a análise normativa de ações para melhorar o bem-estar através de redução do risco (Adger, 2006). Para além disto, a questão da vulnerabilidade tem sido cada vez mais discutida nas pesquisas sobre as dimensões humanas das mudanças ambientais globais (Janssen *et al.*, 2006). A definição de vulnerabilidade utilizada pelas Nações Unidas se refere às condições determinadas por fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade, sistema ou bem ao impacto de um processo potencialmente perigoso (UNISDR, 2007a).

Segundo o Cynefin Framework (Snowden & Boone, 2007) o conceito de vulnerabilidade é considerado complexo, estando ligado às dimensões sociais, econômicas, políticas, ambientais e culturais, pelo que a sua definição tem sido abordada também em perspectivas epistemológicas muito diversas. Em trabalho recente, Cutter (2011) definiu vulnerabilidade, de uma forma mais ampla, como “potencial para a perda”. Nesse mesmo artigo, a autora argumenta que os estudos da vulnerabilidade se dedicam à análise dos fatores que influenciam as capacidades locais para se preparar, responder e se recuperar de desastres, sempre em uma abordagem que integre sistemas sociais, naturais e artificiais.

Além dos conceitos acima citados, a vulnerabilidade também é definida como uma situação em que estão presentes três componentes: exposição ao risco, incapacidade de reação e dificuldade de adaptação (Moser, 1998). O mesmo autor faz uma comparação entre o conceito de vulnerabilidade e o de pobreza. Em sua análise, o conceito de pobreza é essencialmente estático pois suas medições geralmente são fixas no tempo. Já a vulnerabilidade é mais dinâmica e captura melhor os processos de mudança quando as pessoas saem ou entram em estado de pobreza. Embora a população pobre esteja geralmente entre a mais vulnerável, nem toda população vulnerável é pobre. Além disso, Moser (1998) pontua que qualquer definição de vulnerabilidade requer a identificação de duas dimensões: sensibilidade, que é a magnitude de resposta de um sistema a um evento externo; e resiliência, que está relacionada a facilidade e rapidez de recuperação de um sistema após sofrer qualquer tipo de perturbação.

Estudos urbanos em geral definem vulnerabilidade como a insegurança e a sensibilidade relacionadas ao bem-estar dos indivíduos, famílias e comunidades face a um ambiente em mudança e sua capacidade de resposta e resistência aos riscos que eles enfrentam, durante tais alterações negativas. As mudanças ambientais que ameaçam o bem-estar podem ser ecológicas, econômicas, sociais e políticas. E podem assumir a forma de choques repentinos, tendências de longo prazo, ou ciclos sazonais (Nascimento, 2011).

Outra linha de análise sobre a vulnerabilidade, presente principalmente na área da geografia, possui origem nos estudos sobre desastres naturais e na avaliação de risco. Neste contexto, a vulnerabilidade pode ser analisada como a interação entre o risco existente em uma determinada região e o grau de exposição da população residente (Cutter, 1994).

Na área da oceanografia e engenharia oceânica, por exemplo, foi elaborada uma proposta síntese, desenvolvendo um arcabouço sistêmico para definir a vulnerabilidade costeira à elevação do nível do mar, iniciando pela divisão entre vulnerabilidade natural e socioeconômica. No entanto, apesar de ocorrer uma interação entre os subsistemas, para a análise da vulnerabilidade socioeconômica é necessário conhecer previamente a vulnerabilidade do sistema natural, que pode ser subdividido em três propriedades: suscetibilidade, que seria o potencial de ser afetado pelo fenômeno em questão; resistência, relacionada à habilidade de resistir ao impacto do fenômeno em questão; e resiliência, como sendo a velocidade de recuperação após impacto do fenômeno em questão (Klein *et al.*, 1999).

Assim, verificamos que os estudos sobre vulnerabilidade possuem diferentes abordagens, algumas com uma ênfase mais social e econômica (Moser, 1998; Kaztman, 1999), onde a vulnerabilidade é analisada em relação a indivíduos, famílias ou grupos sociais; e outros, mais relacionados a riscos e desastres naturais (Cutter, 1996), onde a vulnerabilidade tem sido discutida em termos territoriais.

Recentemente as agendas de trabalho construídas pelos organismos internacionais foram ampliadas, passando a integrar uma série de indicadores ambientais, sociais e econômicos, em um mesmo *framework* de análise (Nações Unidas, 2016). Seguindo esta tendência internacional, o conceito de vulnerabilidade socioambiental utilizado neste estudo pretende integrar os conceitos das dimensões ambientais, sociais e econômicas descritas a seguir.

2.2.1. Vulnerabilidade Ambiental

A vulnerabilidade ambiental pode ser vista como “a incapacidade de um ecossistema tolerar fatores de estresse ao longo do tempo e espaço” (Williams & Kapustka, 2000). Fatores estes que podem ser intrínsecos ou extrínsecos (Villa & McLeod, 2002), relacionados respectivamente a fatores internos ao sistema, tais como a saúde do ecossistema e sua resiliência, ou a fatores externos ao sistema, como por exemplo a presente exposição a um determinado perigo externo. A importância da vulnerabilidade ambiental está em descobrir como diferentes tipos de ambientes naturais enfrentam e se recuperaram de diferentes tipos de alterações.

Para a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos, a vulnerabilidade ambiental é definida como a “susceptibilidade de um meio ao impacto negativo com relação a um determinado risco” (NOAA, 1999). Os estudos da frequência de desastres, riscos e a sua probabilidade têm sido componentes importantes para a análise da vulnerabilidade, e esta constitui uma informação necessária para priorizar as ações de mitigação aos fenômenos naturais destrutivos.

No ponto de vista de Christoforetti (2002), a conceituação da vulnerabilidade ambiental realça dois conceitos que apresentam pontos de convergência com os estudos de vulnerabilidade social e econômica. O primeiro deles, refere-se à resistência, que é a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado pelos distúrbios externos e o segundo à resiliência, refletindo a capacidade do sistema em retornar às suas condições originais após ser afetado pela ação dos distúrbios externos.

Para efeitos de análise de vulnerabilidade no contexto ambiental, é importante reconhecer que o meio ambiente e os seres humanos que são os formadores do sistema socioecológico (Galopim et al., 2001) se comportam de forma não-linear e são fortemente vinculados, complexos, e estão em permanente evolução (Folke et al., 2002).

Dentro da dimensão ambiental, os aspectos físicos referem-se a um contexto específico para a interação do homem com o ambiente (Smithers & Smit, 1997). A exposição física dos seres humanos aos perigos foi parcialmente moldada por padrões de assentamento de paisagens propensas a riscos para os benefícios compensatórios que oferecem (UNISDR, 2004).

Além disso, no contexto das alterações ambientais globais, a exposição física em muitas regiões também aumenta devido à extensão espacial de perigos naturais, tais como inundações e áreas afetadas por secas. Isso não torna os habitantes de tais locais vulneráveis *per se*, porque eles podem ter capacidade de se adaptar aos impactos de eventos extremos.

A dimensão física da vulnerabilidade ambiental começa com o reconhecimento de uma ligação entre um fenômeno físico ou natural extremo e um grupo humano vulnerável (O'Keefe et al., 1976). A vulnerabilidade física compreende aspectos da geografia e localização (Wilbanks, 2003), padrões de assentamento e estruturas físicas (Shah, 1995; UNISDR, 2004).

Há uma diferença significativa na vulnerabilidade ambiental entre países com baixo e alto desenvolvimento humano, embora a taxa de exposição ao risco por ano por pessoa possa ser próxima entre países de desenvolvimento humano baixo e alto (11 e 15%, respectivamente), a taxa média de mortos é totalmente diferente (1,8 e 53%, respectivamente) (Peduzzi, 2006) (Figura 3).

No caso de países em desenvolvimento como o Brasil, com dimensões continentais e características geográficas distintas, a dimensão geográfica terá influência significativa nos estudos de vulnerabilidade ambiental.

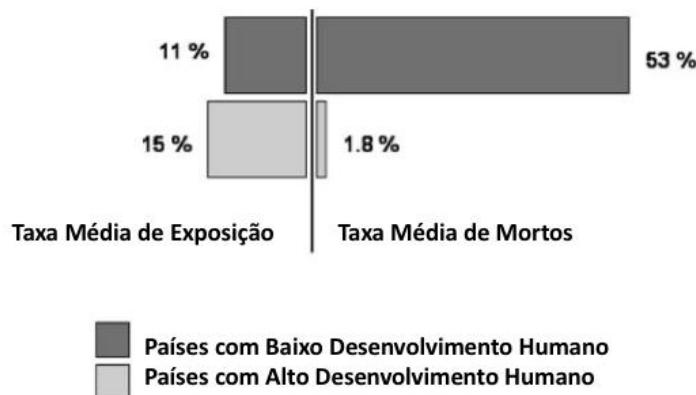


Figura 3. Comparação das taxas de exposição ao risco e mortalidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, por ano. Fonte: Peduzzi, 2006.

Há dimensões da vulnerabilidade ambiental especificamente associadas à urbanização (Hardoy & Pandiella, 2009) e outras à ruralidade (Scoones, 1998; Nelson *et al.*, 2010). O foco principal deste estudo é a questão urbana, devido à crescente tendência global para a urbanização e seu potencial para aumentar a vulnerabilidade de um grande número de pessoas.

A urbanização acelerada é uma tendência importante no assentamento humano, o que tem implicações na questão da vulnerabilidade ambiental. A população urbana global quintuplicou entre 1950 e 2011, sendo a maior parte desse aumento em regiões menos desenvolvidas (UN-HABITAT, 2011). O desenvolvimento de megacidades com densidades populacionais elevadas (Mitchell, 1999a, b, Guha-Sapir *et al.*, 2004) levou a um maior número de pessoas em situação de vulnerabilidade (Uitto, 1998).

O aumento de assentamentos informais ou favelas, tanto em número quanto em extensão, é uma questão importante no âmbito da vulnerabilidade ambiental, porque muitas vezes estão localizadas em terras marginais devido à falta de locais alternativos e, expandem-se principalmente por áreas próximas a sistemas fluviais e em encostas por serem, em sua maioria, terras estatais que podem ser mais facilmente acessíveis do que as terras privadas (UN-HABITAT, 2003; Utzinger & Keiser, 2006). Devido à sua localização, as favelas estão muitas vezes expostas a perigos relacionados com a hidrometeorologia, tais como deslizamentos de terra (Nathan, 2008) e inundações (Bertoni, 2006; Colten, 2006; Aragon-Durand, 2007).

A vulnerabilidade ambiental em assentamentos informais também pode ser elevada por causa da saúde precária (Sclar *et al.*, 2005), insegurança dos meios de subsistência (Kantor & Nair, 2005), falta de acesso à prestação de serviços e necessidades básicas e a redução da capacidade dos atores formais para orientar os desenvolvimentos e as iniciativas de adaptação de forma abrangente, preventiva e inclusiva (Birkmann *et al.*, 2010).

À medida que as áreas urbanas se expandiram, o aquecimento tornou-se uma questão de gestão e saúde. Para algumas cidades, há evidências claras de uma tendência recente de perda de espaço verde (Boentje & Blinnikov, 2007, Rafiee *et al.*, 2009) devido a uma variedade de razões, incluindo urbanização planejada e não planejada, impulsionado pela migração interna e externa, resultando na expansão dos assentamentos informais. Essas mudanças no espaço verde podem aumentar a exposição a eventos climáticos extremos nas áreas urbanas, diminuindo a melhora do escoamento superficial, os efeitos de mitigação das ilhas de calor urbano e as alterações na biodiversidade (Wilby & Perry, 2006).

A própria urbanização nem sempre é um fator de maior vulnerabilidade ambiental, entretanto, o tipo de urbanização e o contexto em que a urbanização está incorporada definem se esses processos contribuem para aumento ou diminuição da vulnerabilidade ambiental.

2.2.2. Vulnerabilidade Social e Econômica

Segundo a perspectiva das ciências sociais, a caracterização de situações de vulnerabilidade social e econômica envolve aspectos qualitativos, ou seja, qualidades

intrínsecas do lugar, das pessoas, da comunidade e dos grupos demográficos, além dos recursos disponíveis que podem ser demandados em situações de necessidade ou emergência (Marandola & Hogan, 2009).

Blaikie *et al.* (1994) argumentam que os grupos mais vulneráveis são aqueles que acham mais difícil reconstruir o seu modo de vida após um desastre. Sendo assim, como regra, os pobres sofrem mais riscos do que os ricos. Porém, a vulnerabilidade social também pode ser vista como um conjunto mais complexo de características que inclui o bem-estar inicial do indivíduo, o seu modo de vida e resiliência, autoproteção, proteção social e redes políticas e institucionais (Canon *et al.*, 2003).

Cutter *et al.* (2003) definem a vulnerabilidade social e econômica como “um conceito multidimensional que ajuda a identificar essas características e experiências nas comunidades e indivíduos, permitindo assim que consigam ter capacidade de resposta e de recuperação aos desastres naturais”. Essa capacidade de resposta é um dos principais elementos componentes da vulnerabilidade, pois a condição social, mesmo em termos de classes, age de diferentes maneiras na forma como pessoas e grupos específicos enfrentarão o risco (Kasperson *et al.*, 2005).

Sendo assim, em um conceito mais amplo, entende-se por vulnerabilidade econômica a suscetibilidade de um sistema econômico, incluindo os setores público e privado, aos danos e perdas potenciais diretos e refere-se à incapacidade dos indivíduos afetados, comunidades, empresas e governos para absorver ou amortecer os danos (Rose, 2004).

Em complemento, a vulnerabilidade social é conceituada, por alguns autores da área de demografia como um conjunto de características sociodemográficas de domicílios ou indivíduos que limitam a acumulação de recursos. Essa associação de características desfavoráveis possui relação com outras manifestações de desvantagem social e podem ser captadas por levantamentos censitários. As desvantagens sociais podem ser definidas como aquelas condições sociais que afetam negativamente o desempenho de comunidades, lugares e pessoas (Vignoli, 2000).

Essas desvantagens sociais podem ser causadas pela segmentação econômica; por exemplo, pelas diferenças de rendimento entre pessoas ou grupos sociais. Em particular, torna-se claro que a pobreza, em quaisquer de suas manifestações, como condições de vida precárias, necessidades básicas insatisfeitas ou renda insuficiente para

o consumo básico, constitui um fator de desvantagem social, pois, desde o início de sua vida, os pobres se veem limitados a ascender aos circuitos por onde estão os recursos culturais e de informação, não contam com recursos para alavancar um processo de acumulação e são constantemente submetidos a pressões de várias naturezas.

Como exemplo do processo citado anteriormente, temos várias cidades brasileiras, onde populações desfavorecidas economicamente moram em áreas de alto risco, por serem forçadas, de certa forma, a viverem em locais extremamente perigosos, porém próximos ao local de trabalho ou a outros atrativos que as façam permanecer lá a despeito dos riscos.

A dimensão social é multifacetada e transversal, ela inclui a demografia, a migração e os deslocamentos, os grupos sociais, a educação, a saúde e o bem-estar, a cultura, as instituições e os aspectos de governação (Adger & Kelly, 1999; O'Brien *et al.*, 2008).

A migração pode ser simultaneamente uma condição e uma resposta à vulnerabilidade, como por exemplo a vulnerabilidade política criada pelo conflito, que pode levar as pessoas a sair de suas terras. Ou como no caso de pessoas afetadas por secas e tempestades, indicador que dobrou nos últimos 30 anos (IOM, 2009). Essas situações cada vez mais se relacionam com pessoas deslocadas economicamente e ambientalmente (Myers *et al.*, 2008).

Cernea (1996) descreve os oito riscos básicos aos quais as pessoas são sujeitas por deslocamento: falta de terra, desemprego, falta de moradia, marginalização, insegurança alimentar, aumento da morbidade, perda de acesso a recursos de propriedade comum e desarticulação social. Quando as pessoas são forçadas a partir de seus ambientes conhecidos, elas se separam da base de recursos materiais e culturais de que dependiam para a vida como indivíduos e como comunidades (Altman & Low, 1992).

As evidências em pesquisas sobre vulnerabilidades diferenciadas de grupos sociais é extensa e levanta preocupações sobre os efeitos desproporcionais em populações identificáveis e marginalizadas (Bohle *et al.*, 1994; Kasperson & Kasperson, 2001).

Grupos e condições particulares foram identificados potencialmente mais vulneráveis, como por exemplo, raça/etnia (Fothergill *et al.*, 1999; Elliott & Pais, 2006; Cutter & Finch, 2008), classe socioeconômica (O'Keefe *et al.*, 1976; Peacock *et al.*, 1997; Ray-

Bennett, 2009), gênero (Sen, 1981), idade (Jabry, 2003; Wisner, 2006; Bartlett, 2008) e migrantes (Cutter e Finch, 2008).

Morrow (1999) estende e aperfeiçoa esta lista incluindo deficientes físicos ou mentais (Peek & Stough, 2010), grandes famílias, famílias pobres, sem-teto (Wisner, 1998) e famílias chefiadas por mulheres. Geralmente, o estado de vulnerabilidade é definido por uma população específica em uma escala particular, agregações e generalizações são muitas vezes menos significativas e requerem uma interpretação cuidadosa (Adger & Kelly, 1999).

Ainda sobre a constituição das dimensões, acerca de outro fator, o educacional, o uso do conhecimento, inovação e educação é recomendado para a construção de uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis (UNISDR, 2007b). Uma população bem informada e motivada pode levar à redução do risco de desastres, mas requer a coleta e disseminação de conhecimento e informações sobre perigos, vulnerabilidades e capacidades. No entanto, “Não é informação *per se* que determina a ação, mas como as pessoas interpretam no contexto de sua experiência, crenças e expectativas. As percepções de riscos e perigos são construídas cultural e socialmente e os grupos sociais constroem significados diferentes para situações potencialmente perigosa” (McIvor & Paton, 2007).

Além do conhecimento e da informação, os programas explícitos de educação ambiental entre crianças e adultos podem ter benefícios para a compreensão pública do risco e da vulnerabilidade (UNISDR, 2004; Kobori, 2009; Patterson *et al.*, 2009; Kuhar *et al.*, 2010), pois promovem a resiliência construindo em sistemas socioecológicos através de seu papel na administração da diversidade biológica e serviços ecossistêmicos, promovendo a oportunidade de integrar diversas formas de conhecimento e processos participativos na gestão de recursos (Krasny & Tidball, 2009), além de ajudar a promover ações em direção do desenvolvimento sustentável (Waktola, 2009; Breiting & Wikenberg, 2010).

Na sequência no delineamento dimensional, a questão da saúde inclui efeitos físicos, fisiológicos e de saúde mental em diferentes regiões e em diferentes grupos sociais (Haines *et al.*, 2006; Few, 2007). Nesta dimensão também está incluída, em uma ligação com a dimensão institucional, a prestação de serviços de saúde, como por exemplo, questões de saúde e saúde pública, infraestruturas e condições (Street *et al.*, 2005).

Além disso, os indivíduos, incluindo crianças, idosos e mulheres grávidas e aqueles que podem precisar de resposta adicional de assistência, incluindo as pessoas com deficiência, aqueles que vivem em contextos institucionalizados, os de culturas diversas, aqueles sem acesso a transportes, distúrbios médicos crônicos e dependência farmacológica também podem ser considerados vulneráveis em um contexto de saúde.

Os comportamentos ligados à tradição local e às práticas culturais podem aumentar a vulnerabilidade, como por exemplo, normas de gênero desiguais que colocam as mulheres e meninas em maior risco. Por outro lado, o conhecimento local ou indígena também pode reduzir as vulnerabilidades (Gaillard, 2007, 2010).

A vulnerabilidade à saúde é a soma de todos os fatores de risco e de proteção que determinam o grau em que indivíduos ou comunidades podem sofrer impactos adversos (Balbos & Malina, 2009). As vulnerabilidades podem surgir de uma ampla gama de sensibilidade institucional, geográfica, ambiental, socioeconômica, biológica e outros, que podem variar espacial e temporalmente.

Os serviços de saúde pública e de saúde necessários para prevenir impactos adversos à saúde incluem atividades de vigilância e controle de doenças infecciosas, acesso à água potável e saneamento melhorado, segurança alimentar, manutenção de gestão de resíduos sólidos e outras infraestruturas críticas, manutenção de hospitais e outras infraestruturas de cuidados de saúde, prestação de serviços de saúde mental, abrigo suficiente e seguro para prevenir ou atenuar o deslocamento e sistemas eficazes de alerta e informação (Keim, 2008).

Caminhando no sentido do agrupamento de políticas que englobem e atendam aos fatores anteriores, a dimensão institucional é determinante para a questão da vulnerabilidade social e econômica (Adger, 1999), tendo em vista que estas instituições foram definidas em um sentido amplo para incluir regras e normas que governam a sociedade (Adger, 2000). Esta visão permite uma discussão de estruturas institucionais como direitos de propriedade e questões de posse da terra (Toni & Holanda, 2008) que governam o uso e a gestão de recursos naturais, criando assim uma ponte entre as dimensões social e ambiental, podendo desta forma induzir exploração sustentável ou não (Adger, 2000).

Os fatores institucionais desempenham um papel crítico na adaptação (Adger, 2000), uma vez que influenciam a distribuição social da vulnerabilidade e moldam a capacidade de adaptação (Næss *et al.*, 2005).

A dimensão institucional inclui a relação entre definição de políticas e implementação dessas na gestão de riscos e desastres. As abordagens de cima para baixo assumem que as políticas são diretamente traduzidas em ações no terreno; as abordagens de baixo para cima reconhecem a importância de outros atores na formulação da implementação das políticas (Urwin & Jordan, 2008).

A categorização de Twigg das características da comunidade de resiliência ideal para desastres (Twigg, 2007) adota a abordagem de baixo para cima. Este documento de orientação, que foi testado em campo por ONGs, identifica relações importantes entre a comunidade e o ambiente propício de governança em várias escalas na criação de resiliência, e por inferência, reduzindo a vulnerabilidade.

Assim, o modelo institucional operacional (integrado ou desarticulado, mais ou menos participativo, deliberativo e democrático) em um determinado local e tempo poderia ser um fator importante tanto na criação quanto na redução da vulnerabilidade (Comfort *et al.*, 1999). No entanto, são necessários estudos mais aprofundados sobre a influência das instituições na vulnerabilidade (O'Brien *et al.*, 2004).

Nesta mesma linha de raciocínio, dentro de um mesmo contexto de instituições, a governança é também um tema-chave para a vulnerabilidade social e econômica, podendo ser entendida como as estruturas comuns de gestão e processos de direção e coordenação; incluindo mercados, hierarquias, redes e comunidades (Pierre & Peters, 2000).

Sendo assim, tais estruturas representariam sistemas de regras institucionalizadas e normas habituais que governam a sociedade e orientam os atores (Adger, 2000; Biermann *et al.*, 2009). Essas estruturas de governança formais e informais também determinam a vulnerabilidade, pois influenciam nas relações de poder, nas percepções de risco e constituem o contexto em que a vulnerabilidade, a redução de riscos e a adaptação são gerenciadas.

Em alguns países desenvolvidos, os últimos 30 anos testemunharam uma mudança nas práticas de governança ambiental para abordagens mais integradas. Com a virada do século, houve o reconhecimento da necessidade de ir além das soluções técnicas e de lidar

com os padrões e os impulsionadores da demanda e consumo insustentáveis. Isso resultou no surgimento de uma abordagem mais integrada da gestão ambiental, com enfoque na prevenção (UNEP, 2007), na incorporação do conhecimento das políticas locais às políticas ambientais globais (Karlsson, 2007), e na cogestão e envolvimento de partes interessadas de todos os setores na gestão dos recursos naturais (Plummer, 2006; McConnell, 2008), embora alguns tenham também questionado a eficácia deste novo paradigma (Armitage *et al*, 2007; Sandstrom, 2009).

A vulnerabilidade econômica pode ser entendida como a suscetibilidade de um sistema econômico, incluindo os setores público e privado, aos danos e perdas potenciais diretos e refere-se à incapacidade dos indivíduos afetados, comunidades, empresas e governos para absorver ou amortecer os danos (Rose, 2004).

As dimensões discutidas acima geram efeitos diferenciais, mas é importante considerar não apenas diferenças entre categorias únicas, mas diferenças dentro de uma dada categoria. Refere-se à interseccionalidade, onde, por exemplo, o gênero pode ser uma variável significativa, mas somente quando aliado à raça ou a alguma outra variável (Cutter *et al* 2006; Elliott & Pais, 2006).

Consequentemente, as escalas temporais e as mudanças dinâmicas ao longo do tempo têm de ser cuidadosamente ponderadas na condução de avaliações de vulnerabilidade. Além disso, as alterações na frequência de perigo e no momento da ocorrência do perigo durante o ano terão um forte impacto na capacidade das sociedades e dos ecossistemas lidarem e se adaptarem a estas mudanças.

A dimensão do tempo é relevante uma vez que a reconstrução em áreas mais pobres pode levar um longo tempo, o que afeta a economia e subsistência da área afetada. Além disso, a população mais pobre nem sempre tem escolha do local onde morará, podendo ter como única opção viver em áreas de risco. Cross (2001) argumenta que as pessoas em pequenas cidades e comunidades rurais são mais vulneráveis do que as pessoas nas grandes cidades devido à falta de preparo para enfrentar situações de risco.

A dimensão temporal também é muito importante no estudo da vulnerabilidade socioambiental. A vulnerabilidade é extremamente dinâmica, além de poder apresentar sazonalidades, mesmo em pequena escala temporal. Isto ocorre pois para qualquer avaliação de vulnerabilidade é necessária a compreensão do perigo envolvido, do contexto

geográfico e das relações sociais, culturais, políticas, econômicas e institucionais, que revelarão os elementos constituintes da capacidade de resposta, absorção e ajustamento que aquela sociedade ou lugar possuem para enfrentar o perigo. Qualquer alteração em um dos termos envolvidos pode aumentar ou diminuir a vulnerabilidade (Marandola & Hogan, 2006).

2.2.3. Vulnerabilidade Socioambiental

Muitos estudos sobre risco estão focados somente na dinâmica ambiental; entende-se que tais fenômenos dificilmente estão restritos a uma esfera puramente biofísica. Por definição, os perigos ocorrem na relação sociedade-natureza (White, 1974); não incorporar o contexto socioeconômico e geográfico pode limitar as análises e relações causais (Marandola & Hogan, 2006).

Nas áreas da Sociologia Ambiental e de População e Ambiente, podemos identificar esforços conscientes para a abordagem da dimensão socioeconômica em conjunto com a ambiental. Nestes campos, tem sido fundamental a compreensão de que a tensão ambiental vivida na sociedade contemporânea não pode ser entendida apenas em sua dimensão técnica.

O conceito de “populações em situação de risco” ajudou muito neste sentido, consolidando uma percepção dos pesquisadores de que perigos e riscos ambientais atingem populações vulneráveis de forma mais intensa (Torres, 2000; Marandola Jr. & Hogan, 2005).

As populações do Brasil, América Latina e Caribe possuem os níveis mais altos de disparidade do mundo, em termos de riqueza e renda, apontando a necessidade de políticas públicas que abordem o problema das desigualdades nessas regiões (PNUD, 2010). Essa desigualdade é persistente, e tende a eternizar-se nos países e suas regiões e cidades, onde a mobilidade social é baixa, além de representar um obstáculo ao progresso no desenvolvimento humano (PNUD, 2010). Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano Regional para a América Latina e o Caribe, publicado em 2010 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a igualdade é essencial para garantir as liberdades substantivas, isto é, dar às pessoas opções de vida dignas, para que elas possam fazer escolhas autônomas (Sen, 2000). Sendo assim, a

urbanização desordenada e a pouca redução das desigualdades acabam tendo como consequência um aumento de pessoas vivendo em situação de vulnerabilidade, como por exemplo a verificada nas favelas.

Neste contexto, Taschner (2000) desenvolveu reflexões sistemáticas a respeito do que foi identificado como sendo “favelas em situação de risco ambiental”. Favela é o nome popular dos “aglomerados subnormais”, nome técnico dado pelo IBGE para designar locais com habitações informais construídas com materiais frágeis, invasões ou comunidades com, no mínimo, 51 domicílios. Além do número mínimo de moradias, outro critério-chave para classificar essas áreas como aglomerados subnormais é a carência ou a inadequação de serviços públicos de qualidade, além de, em geral, estarem dispostas de forma densa e desordenada.

A vulnerabilidade socioambiental, objeto desta pesquisa, refere-se a determinados grupos populacionais particularmente marginalizados, que são adicionalmente afetados pelo risco ambiental. Nesse sentido, cabe destacar que, nas últimas décadas, tem ocorrido um forte processo de expansão das favelas no município do Rio de Janeiro, que em geral, ocupam áreas públicas, muitas vezes localizadas em regiões com risco de enchentes, ou em encostas com declividades acentuadas, com alta propensão à erosão, configurando situações de vulnerabilidade socioambiental.

Como discutido anteriormente, a lógica do industrialismo e do consumo produz, simultaneamente, estresse ambiental e padrões socioespaciais que localizam a vulnerabilidade em grupos sociais específicos. Examinando a intersecção entre os processos socioeconômicos e demográficos com a espacialização da infraestrutura urbana, percebemos que a distribuição desigual dos serviços urbanos é um componente importante da vulnerabilidade socioambiental (Hogan *et al*, 2001).

Além disso, a situação cada vez mais deteriorada de ambientes, especialmente nas áreas urbanas, expressa de forma exemplar essas desigualdades. As áreas de degradação ambiental muitas vezes se sobrepõem às de degradação social, sobrepondo perigos, muitas vezes potencializando outros riscos ou amplificando seus efeitos e danos (Torres, 2000).

Dessa forma, a busca por pontos convergentes é imprescindível para se realizar uma análise integrada da vulnerabilidade. O próximo capítulo apresentará um levantamento

do estado da arte dos indicadores relacionados ao tema para fundamentação teórica deste trabalho, os modelos de estruturação de modelos de indicadores mais utilizados, além de exemplos de índices relacionados a questão da vulnerabilidade socioambiental.

3. Indicadores e índices: um breve quadro do estado da arte

3.1. Um histórico

Indicadores podem ser definidos como uma medida, na maioria das vezes quantitativa, utilizada para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito abstrato (Jannuzzi, 2012). Os indicadores apontam, indicam, aproximam, traduzem em termos operacionais as dimensões sociais, econômicas ou ambientais definidas a partir de escolhas teóricas ou políticas anteriormente realizadas. São ferramentas bastante eficazes para subsidiar as atividades de planejamento e formulação de políticas, alocação de recursos e definições de prioridades nas diferentes esferas de governo. Indicadores permitem por exemplo, o monitoramento das condições de vida de uma população e também da conjuntura econômica de um país (Carley, 1985; Nações Unidas, 1988).

Além disso, indicadores são ferramentas que podem fornecer orientações para a tomada de decisões em uma variedade de maneiras. Possuem a capacidade de traduzir o conhecimento da ciência física e social em unidades manejáveis de informações que podem facilitar o processo de tomada de decisão. Também ajudam a medir e calibrar o progresso em direção às metas de desenvolvimento sustentável. Além disso, indicadores podem fornecer um aviso antecipado, soar o alarme a tempo de evitar danos econômicos, sociais e ambientais. E por fim, também são ferramentas importantes para comunicar ideias, pensamentos e valores (Nações Unidas, 2001).

Instrumentos de apoio à decisão, os indicadores têm contribuído muito no sentido de instrumentalizar processos de diagnóstico, monitoramento e avaliação. Desta forma, auxiliam no estudo de viabilidade, permitindo, caso seja necessário, o redirecionamento de objetivos ou até mesmo a reformulação de propostas (Januzzi & Patarra, 2006).

No Brasil, o surgimento e desenvolvimento dos indicadores estão diretamente ligados às atividades de planejamento do setor público ao longo do século XX. Em 1973 foi criado no IBGE o Grupo Projeto de Indicadores Sociais, com o objetivo de adequar as estatísticas sociais do Brasil ao contexto internacional, que era marcado por crescentes críticas ao determinismo econômico na explicação de fenômenos sociais (IBGE, 1979).

Após a institucionalização do processo de planejamento público em âmbito local pela Constituição de 1988, as informações sociais, econômicas e ambientais para fins de

formulação de políticas públicas municipais, têm apresentado maior demanda e interesse dos municípios devido a questões administrativas e tributárias. Os próprios municípios passaram a desenvolver os indicadores de que precisavam através de agências estatísticas ou empresas de consultorias para poderem subsidiar as suas políticas, planos diretores, além de avaliar impactos ambientais devido a implantação de projetos de grande porte, e também justificar o repasse de verbas federais para programas sociais. Os indicadores são ferramentas importantes na definição de prioridades e identificação de áreas de intervenção (Jannuzzi & Pasquali, 1999).

Indicadores voltados para o planejamento e controle de políticas públicas podem ser classificados segundo as diversas aplicações a que se destinam. A classificação mais comum é a divisão dos indicadores segundo a área temática da realidade a que se referem. Há, assim, os indicadores de saúde, os indicadores educacionais, os indicadores de mercado de trabalho, os indicadores demográficos, os indicadores habitacionais, os indicadores de segurança pública e justiça, os indicadores de infraestrutura urbana, os indicadores de renda e desigualdade, além dos indicadores ambientais. Há classificações temáticas ainda mais agregadas, usadas na denominação dos Sistemas de Indicadores Sociais, como os Indicadores Socioeconômicos, de Condições de Vida, de Qualidade de Vida, Desenvolvimento Humano ou Indicadores Ambientais (Nações Unidas, 1988).

Dentro deste contexto, medidas de desigualdade, de um modo geral, são construídas mediante a aplicação de um dos procedimentos técnicos: a computação da média, simples ou ponderada, de um conjunto de indicadores, ou a aplicação da técnica de componentes principais no conjunto de indicadores previamente selecionados (Scandar Neto, 2006).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um exemplo desta aplicação, em que indicadores como a renda per capita, esperança de vida são transformados, através de uma função linear, em medidas na escala 0 a 1 e, em seguida, somadas à medida-resumo entre a taxa de alfabetização e taxa de frequência escolar combinada, na forma de média simples. O Índice Paulista de Responsabilidade Municipal, da Fundação Seade, é um outro exemplo de medida computada através da aplicação da análise de componentes principais em subconjuntos temáticos de dez indicadores sociais. Por suas características e finalidades, as técnicas de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) podem se constituir em alternativas interessantes, e com propriedades metodológicas e operacionais mais consistentes do que os procedimentos supracitados (Da Silva & Jannuzzi, 2009).

Segundo Barcellos (2002), um bom indicador deve ser sensível à mudança de condições do ambiente e da sociedade, deve ser específico em relação ao problema analisado, deve ser reproduzível segundo padrões metodológicos estabelecidos, proporcionar uma pronta resposta, ser entendido pela população leiga, ser robusto para mudanças de metodologia e estar disponível ou ser de baixo custo. Além disso, um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, devendo ter como principal característica a capacidade de sintetizar um conjunto complexo de informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (Mitchell, 1996).

No processo de seleção dos indicadores é necessário observar a capacidade em cumprir suas funções. Segundo Royuela (2001), as funções de um indicador são: prover informações sobre os problemas enfocados; subsidiar o desenvolvimento de políticas e estabelecimento de prioridades, identificando fatores-chave; contribuir para o acompanhamento das ações definidas; e, ser uma ferramenta de difusão de informações em todos os níveis.

Segnestam (2002) chama a atenção para o fato de não existir um conjunto universal de indicadores, mas sim, diversos conjuntos, cada um correspondendo a propósitos e públicos-alvo específicos. Cabe, portanto, ao especialista definir o conjunto mais apropriado à abordagem do tema específico, à escala de análise, às necessidades do público-alvo e compatível com a disponibilidade e qualidade dos dados existentes.

3.2. Indicadores Ambientais, Sociais e Econômicos

A ciência da vulnerabilidade consiste na integração multidisciplinar das ciências ambientais, sociais e econômicas para a compreensão das circunstâncias que colocam as populações e os locais em risco devido aos perigos, e dos fatores que aumentam ou reduzem a capacidade de resposta e de recuperação das populações, dos sistemas físicos ou das infraestruturas em relação a ameaças ambientais (Cutter, 2011). Para obter esta integração é necessário conhecer os indicadores ambientais, sociais e econômicos que possuem influência nas questões de vulnerabilidade.

Os indicadores utilizados com maior frequência para avaliar vulnerabilidade em países em desenvolvimento são os educacionais, de saúde, de trabalho e rendimento, demográficos, habitacionais, de segurança, de infraestrutura urbana e ambientais

(FIOCRUZ, 2014; FJP, 2015; IBGE, 2013a; IPEA, 2015; MMA, 2007; Nações Unidas, 2015b; NOAA, 1999; OCDE, 2015; PNUD, 2010; Sen, 1981; Stiglitz *et al.*, 2009; UN-HABITAT, 2003; UNISDR, 2004).

Os indicadores educacionais retratam o nível de desenvolvimento socioeconômico de um país, pois a educação influencia nas características socioeconômicas e demográficas da população. Diferentes níveis educacionais estão relacionados a diferentes hábitos de saúde, comportamentos reprodutivos, salários, escolhas religiosas, mobilidade social, entre outros. Os retornos salariais provenientes da escolaridade no Brasil são altos se comparados aos demais países, intensificando a importância da educação para explicar a renda futura dos brasileiros (Menezes-Filho, 2001).

Indicadores de saúde são parâmetros utilizados com o objetivo de avaliar, sob o ponto de vista sanitário, a higidez de agregados humanos, assim como fornecer subsídios ao planejamento de saúde (Rouquayrol, 1993). Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), esses indicadores podem ser subdivididos em três grupos: saúde ou a sua ausência em um grupo populacional, por exemplo, a mortalidade infantil; condições do meio que têm influência sobre a saúde, por exemplo, saneamento básico e por último medir os recursos materiais e humanos relacionados às atividades de saúde, por exemplo, o número de leitos hospitalares (Laurenti *et al.*, 1987).

As estatísticas de trabalho ocupam importante papel no âmbito dos sistemas de informações estatísticas dos países. Sua amplitude se deve ao fato de abranger tanto a análise do mercado de trabalho, onde os indicadores produzidos são reflexos do comportamento conjuntural e estrutural da economia, quanto à análise das condições de vida dos trabalhadores. Sua complexidade, por sua vez, reside na possibilidade de articulação entre as dimensões econômica e social, viabilizando, desta forma, uma apropriação multitemática das questões referentes ao trabalho (Simões & Fresneda, 2016).

Complementarmente as estatísticas de trabalho, medidas de distribuição de renda compõem estudos direcionados a abordar a desigualdade de renda, geralmente ligados à criação de políticas para sua redução, já que níveis altos ou crescentes costumam ser vistos como perversos e prejudiciais à mobilidade social, levando ao que se denomina de “armadilhas de pobreza” (Sachs, 2006). Além disso, tais níveis elevados poderiam até mesmo estar relacionados a crimes violentos e ao baixo crescimento econômico de médio e longo prazo (Fajnzylber *et al.*, 2002; OECD, 2015).

Indicadores demográficos são essenciais para realizar estudos das populações e suas dinâmicas. São utilizados para avaliar as condições de vida das populações, avaliar a estrutura etária, perspectivas de crescimento, migração, questões de gênero, expectativa de vida, entre outros (IBGE, 2013a).

Em relação aos indicadores habitacionais, em 1995, a Fundação João Pinheiro (FJP), órgão de pesquisa do governo estadual de Minas Gerais, desenvolveu uma metodologia de aferição do déficit habitacional e das inadequações de domicílios no Brasil, que foi adotada oficialmente pelo governo federal. Na compreensão da FJP, o déficit e a inadequação são duas dimensões das necessidades habitacionais. O déficit diz respeito aos problemas de habitação que necessitam da construção de novos domicílios para sua solução. Já a inadequação reflete problemas que podem ser solucionados com melhorias na moradia, inclusive em elementos externos à habitação, como a infraestrutura de serviços (Fundação João Pinheiro, 2015).

Desde sua criação, a metodologia do déficit habitacional passou por algumas alterações, chegando a sua versão atual em 2007. No formato em vigor, o déficit habitacional é composto por quatro componentes:

- a) Habitações precárias, consideradas aqui domicílios particulares improvisados e os domicílios onde as paredes externas foram construídas predominantemente por materiais não duráveis;
- b) Coabitação familiar, que ocorre quando o domicílio é do tipo casa de cômodos ou cortiço e também quando, além da família principal, há uma família convivente no domicílio que manifestou intenção de constituir um domicílio exclusivo;
- c) Ônus excessivo com aluguel, que fica configurado nos domicílios alugados onde o valor do aluguel mensal iguala ou excede 30,0% do rendimento familiar mensal – esse critério, porém é aplicado apenas aos domicílios urbanos com renda familiar mensal de até três salários mínimos. Este limite é adotado por ser o mesmo utilizado em programas habitacionais do governo; e
- d) Adensamento excessivo em domicílios alugados, que ocorre quando o domicílio apresenta um número médio de moradores superior a três por dormitório. Esse critério é aplicado apenas aos domicílios alugados porque, segundo argumentação da FJP, no caso dos domicílios próprios, o adensamento excessivo pode, em alguns casos, ser resolvido pela ampliação do domicílio, com

a construção de novos dormitórios – situação que corresponde, portanto, à inadequação, não ao déficit.

Os quatro critérios do déficit são aplicados de forma hierárquica, na ordem apresentada e, com exceção do critério de famílias conviventes, não se acumulam, ou seja, um domicílio não é contado duas vezes como déficit, se incorrer em dois critérios (Fundação João Pinheiro, 2015).

Os indicadores de segurança pública estão em constante discussão pois não existe um consenso sobre conceitos, além de existirem diferentes fontes de informações. Uma publicação do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2007) afirma que não existe no Brasil um canal de disseminação que consiga dar um retrato nacional das políticas de segurança pública e das polícias e, de igual modo, fazer um balanço do impacto que cada um dos atores institucionais, aqui incluídas as universidades e centros de pesquisa, na geração de conhecimento sobre a área (Fórum Brasileiro de Segurança, 2007).

Com o objetivo de distinguir polícia e política de segurança pública, alguns conceitos passaram a ser utilizados na literatura brasileira sobre polícia e segurança pública nos últimos anos. Todos sugerem que as políticas de segurança pública são mais abrangentes e tem objetivos mais amplos que as organizações e práticas policiais. (Lima, 2008).

Indicadores de infraestrutura urbana expressam as condições de infraestrutura na cidade que podem possibilitar melhor qualidade de vida para pessoas, estando relacionados com a acessibilidade, saúde e outras dimensões do bem-estar urbano. A infraestrutura urbana engloba informações como por exemplo: características do entorno do domicílio (iluminação pública, pavimentação, calçada, meio-fio/guia, bueiro ou boca de lobo, rampa para cadeirantes e logradouros); mobilidade; redes de abastecimento de água; saneamento básico, coleta de lixo; acesso à rede de serviços públicos (escolas, postos de saúde, parques e praças).

Indicadores ambientais, no âmbito da vulnerabilidade, procuram enfatizar a relação homem-natureza, ou seja, como a natureza responde ao impacto humano e como essa resposta afeta a vida humana. Como exemplo desta relação é possível citar as ocupações irregulares em regiões próximas a rios, que estarão sujeitas a inundações ou em regiões suscetíveis a escorregamentos. Outros usos dos indicadores ambientais são em relação a qualidade de vida, como por exemplo indicadores de poluição, cobertura vegetal.

Atualmente a questão das mudanças climáticas é um dos temas mais desafiadores em relação a interação o homem e o meio ambiente.

No Brasil, ao contrário de outros países em desenvolvimento, as estatísticas sociais, econômicas, demográficas e ambientais usadas para construção dos indicadores acima descritos, são produzidas, compiladas e disseminadas por diferentes agências, situadas em âmbito federal, estadual ou municipal. O IBGE atua como coordenador do Sistema de Produção e Disseminação de Estatísticas Públicas, como produtor de dados primários, compilador de informação proveniente de Ministérios e como agente disseminador de estatísticas. Alguns Ministérios, secretarias estaduais e municipais também possuem órgãos encarregados da produção ou organização de seus dados administrativos (Jannuzzi, 2012).

Pela abrangência temática e possibilidades de disagregação espacial, a principal fonte de informação para construção de indicadores municipais no país é o Censo Demográfico, realizado a cada dez anos pelo IBGE (Hakkert, 1996). A finalidade original dos Censos Demográficos nos séculos passados era o de contabilizar o tamanho da população de um país e suas regiões para fins militares e fiscais. Atualmente, além de quantificar a demanda potencial de bens e serviços públicos e privados, os Censos também realizam o levantamento de uma gama variada de informações.

No Censo Demográfico de 2010, o escopo temático foi ainda mais ampliado, com outras informações sobre migração e características pessoais e familiares, além da possibilidade de dispor do registro da posição geográfica do setor censitário ou quadra do domicílio. Os setores censitários são pequenas divisões territoriais criadas pelo IBGE por ocasião dos Censos e constituem-se em uma área geográfica contígua de cerca de 300 domicílios na zona urbana e, por questões de sigilo estatístico, isto é, para não expor publicamente as características específicas de cada domicílio recenseado, eles representam a menor unidade de divulgação dos resultados do Censo. As informações estatísticas disponíveis nessa escala geográfica são apenas aquelas levantadas no questionário básico do Censo. As informações coletadas por meio do questionário da amostra do Censo, mais ricas do ponto de vista analítico, são divulgadas em unidades agregadas de 10 ou mais setores, as chamadas Áreas de Ponderação, para garantir que as estatísticas e indicadores computados não sejam apresentados com erro amostral muito elevado (IBGE, 2016).

Além disso, o Censo 2010 contou com a informatização da coleta de dados, com realização das entrevistas através de computadores de mão equipados com receptores GPS e mapas digitalizados. O questionário básico introduziu itens como novas relações de parentesco, corresponsabilidade pelo domicílio, existência de medidor de energia elétrica, emigração internacional, mortalidade, posse de registro de nascimento, etnia e língua indígena. O questionário da amostra, além das perguntas do questionário básico, continha perguntas mais abrangentes e detalhadas sobre características dos domicílios e dos moradores (religião, deficiência física ou mental/intelectual permanente, migração, estado civil, fecundidade, educação, trabalho e rendimento, entre outras). O Censo 2010 também contou com um levantamento inédito das características urbanísticas do entorno dos domicílios. São características associadas à infraestrutura urbana, com destaque para aspectos relacionados à circulação e ao meio ambiente, especificamente: identificação do logradouro, iluminação pública, pavimentação, calçada, meio-fio/guia, bueiro/ boca de lobo, rampa para cadeirante, arborização, esgoto a céu aberto e lixo acumulado nos logradouros (IBGE, 2010a).

Para além dos Censos, destaca-se a relevância de outras pesquisas institucionais, de grande utilidade na construção de indicadores, tanto no IBGE, quanto nos Ministérios – da Saúde, da Educação, do Trabalho e do Meio Ambiente, entre outros – onde se nota o esforço em disponibilizar informações de seus cadastros e registros de forma mais periódica, fato que se deve à necessidade não só de monitoramento da ação governamental, mas também de facilidades que as novas tecnologias de informação e comunicações têm proporcionado.

Como exemplos deste esforço, cita-se os órgãos estaduais de estatística, os Ministérios da Saúde, da Educação, do Trabalho, do Desenvolvimento Social, da Justiça, da Previdência Social, das Cidades, do Meio Ambiente, que disponibilizam, pela Internet, informações bastante específicas a partir de seus registros e sistemas de controle internos, de bastante relevância na construção de indicadores.

Por outro lado, apesar de todas essas fontes de dados, uma das maiores dificuldades enfrentadas por pesquisadores é a limitação de indicadores encontrados nas bases censitárias, que serve de fonte para a construção de diversos índices. Este fato restringe ou inviabiliza a divulgação de informações, seja para determinado período ou para as regiões geográficas estudadas.

3.3. Modelos de estruturação de sistemas de indicadores

Existem diversos modelos que tentam agregar os indicadores descritos no item anterior para propor diagnósticos em diferentes situações. Os modelos servem como meio para a estruturação de sistemas de indicadores, facilitando sua interpretação e garantindo que os indicadores selecionados consigam traduzir de forma mais fidedigna o problema abordado. Diferentes níveis de análise e detalhamento, bem como estrutura e propósito do monitoramento exigem diferentes modelos de indicadores. Muitos deles são refinamentos de modelos pré-existentes, adaptados às especificidades do objeto de interesse e do nível de análise. Diferentes níveis de análise demandam diferentes modelos. A seguir são descritos alguns dos modelos mais utilizados.

O Modelo PSR (*Pressure-State-Response*) e suas variantes, o DSR (*Drivers-State-Response*) e o DPSIR (*Driver-Pressure-State-Impact-Response*) foram desenvolvidos pela OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*) e EEA (*European Environment Agency*), são adequados e amplamente aplicados para análises em níveis tático e estratégico de planejamento.

Como a semelhança nos nomes já sugere, estes modelos têm muito em comum. Eles possuem raízes compartilhadas no quadro de resposta ao estresse originalmente introduzido em uma publicação de 1979 de Friend e Rapport para estatísticas do Canadá (Bakkes *et al.*, 1994). Em cada quadro, uma sequência causal é reconhecida pela qual é feita uma distinção entre forças que atuam sobre o meio ambiente; mudanças que, como consequência, ocorrem no ambiente e a reação social a essas mudanças. A principal diferença dos modelos consiste no grau em que eles subdividem os passos na sequencia causal (Niemeijer & Groot, 2008).

O primeiro modelo, PSR (Figura 4), é baseado no trabalho da OECD, do governo canadense e do PNUMA (Hammond *et al.*, 1995). Este modelo se baseia principalmente no conceito de fenômenos de causa e efeito e divide indicadores em pressão, estado e resposta através da seguinte lógica: "pressão" sobre o meio ambiente de atividades humanas e econômicas, resulta em mudanças na qualidade e na quantidade de condições ambientais ("estado"). Consequentemente, a sociedade responde a essas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais ("resposta social") para sua adaptação (OECD, 1999a). A resposta da sociedade atua como um feedback para o

segmento de "pressão" através das atividades humanas (OCDE, 1998). Este modelo ainda é amplamente utilizado, entre outros, pela OECD para o seu conjunto central de indicadores ambientais (OECD, 1993, 1998).

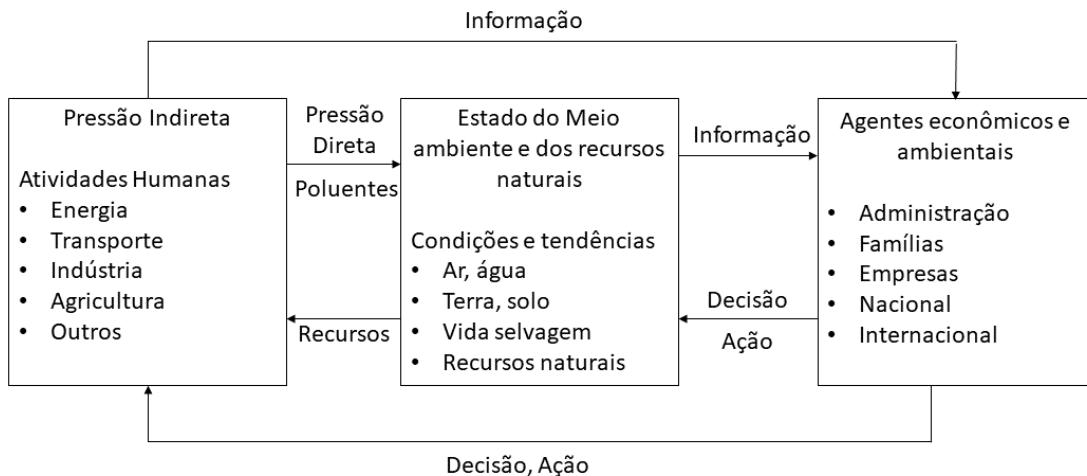


Figura 4. Modelo PSR. Fonte: Elaboração própria, baseada em OECD, 1998.

O segundo modelo, também utilizado pela OECD, é a Força Motriz-Estado-Resposta (DSR) (Figura 5). Este modelo é utilizado para o trabalho da OECD sobre indicadores ambientais para a agricultura (OECD, 1999a, 1999b, 2001). Neste caso, a componente "pressão" é substituída pelo conceito de "forças motrizes". Este conceito, nas palavras de OECD (1999a), reconhece que as atividades agrícolas podem produzir impactos benéficos para melhorar a qualidade ambiental, por exemplo, aumentando a capacidade de armazenamento de água de certos sistemas agrícolas que podem melhorar os problemas de erosão do solo, deslizamentos de terra e inundações e também têm impactos nocivos sobre o meio ambiente, como o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas e práticas inadequadas de gerenciamento. O conceito de força motriz também acomoda "uma cobertura mais ampla das influências que afetam o meio ambiente na agricultura e agricultura sustentável, incluindo o comportamento dos agricultores, políticas governamentais, fatores econômicos, sociais e culturais" (OECD, 1999a).

O terceiro modelo, DPSIR (Figura 6), segue essencialmente o mesmo padrão geral que os outras dois, mas especifica mais etapas ao longo do caminho. De acordo com a estrutura do DPSIR, os desenvolvimentos sociais e econômicos geram forças que exercem

pressão sobre o meio ambiente, o que leva a mudanças no estado do meio ambiente. Por sua vez, essas mudanças levam a impactos na saúde humana, ecossistemas e materiais que possam provocar uma resposta social que alimentam as forças motrizes, pressões, ou no estado ou impactos diretamente (Smeets & Weterings, 1999). Este modelo foi adotado pela Agência Européia do Meio Ambiente (EEA) e pelo Serviço Europeu de Estatística em 1997.

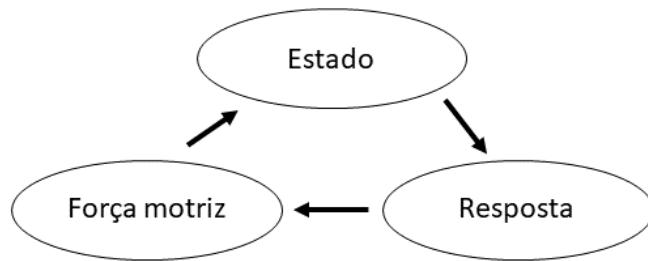


Figura 5. Modelo DSR. Fonte: Elaboração própria, baseada em Niemeijer & Groot, 2008.

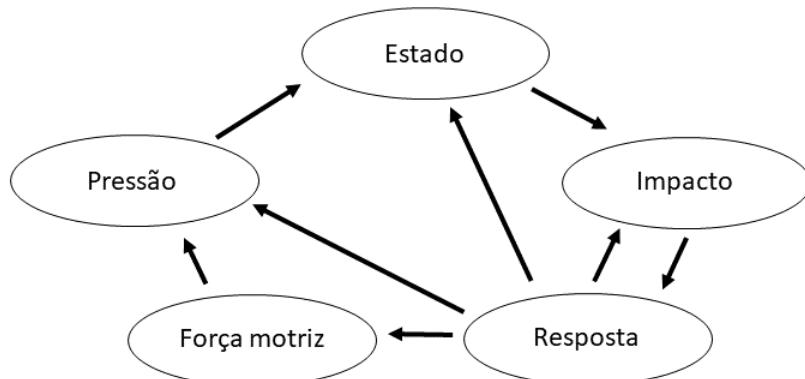


Figura 6. Modelo DPSIR. Fonte: Elaboração própria, baseada em Niemeijer & Groot, 2008.

Além dos modelos acima descritos, para medir a sustentabilidade com foco na integração de aspectos ambientais e sociais, um barômetro de sustentabilidade foi desenvolvido (Prescott-Allen, 1995). Este barômetro é composto por duas partes, nomeadamente o bem-estar do ecossistema para os aspectos ambientais e o bem-estar humano para os aspectos sociais, o que mostra claramente que a melhoria em ambas as

dimensões é igualmente necessária para alcançar o desenvolvimento sustentável. Outra conquista histórica na avaliação da sustentabilidade foi alcançada através do desenvolvimento da pegada ecológica (Wackernagel & Rees, 1996), modelo este que mede a área total da terra necessária para manter as demandas de alimentos, água, energia e eliminação de resíduos por pessoa, por produto ou por cidade.

Existem diversos modelos para a estruturação de indicadores. Para optar por um ou outro são indicados alguns critérios, como por exemplo, adequação à metodologia de análise do problema proposto; facilidade na identificação das causas, pressões, estado, impactos e resposta; nível de detalhamento necessário; e estrutura e propósito do monitoramento.

Para construir um índice composto, o objetivo político deve ser claramente definido. As componentes e subcomponentes precisam ser determinadas com base em teoria, análise empírica, pragmatismo ou apelo intuitivo, ou alguma combinação desses métodos (Booyesen, 2002). Após a definição das componentes, as mesmas devem ser normalizadas e ponderadas.

A construção de indicadores compostos envolve a seleção de vários métodos, ferramentas, técnicas em diferentes estágios do processo de desenvolvimento. No entanto, isso pode resultar em várias questões de incerteza devido à seleção de dados, dados errados, métodos de imputação de dados, normalização de dados, padronização, métodos de ponderação, valores de pesos e métodos de agregação (Singh *et al.*, 2012)

O desenvolvimento de indicadores compostos é considerado uma abordagem bastante eficiente para avaliar o desenvolvimento sustentável. A computação de valores agregados é um dos métodos comuns para a construção de índices. Os índices de compostos podem ser construídos com ou sem pesos, dependendo da sua aplicação. Os índices são muito úteis para focar a atenção e, muitas vezes, simplificar o problema (Atkinson *et al.*, 1997).

Alguns exemplos de indicadores compostos na área socioambiental são o índice de sustentabilidade urbana (USI) e o Índice de Qualidade Ambiental (EQI). O USI foi desenvolvido por Zhang (2002) com base em 22 indicadores individuais no contexto da China urbana. Esses indicadores foram selecionados em uma base de dados de indicadores de sustentabilidade (com 387 indicadores) através de três rodadas de extensa consulta de especialistas utilizando questionários pré-codificados. Todos os indicadores

forneceram pesos utilizando o método do processo de hierarquia analítica (AHP) e a consulta de especialistas. Os indicadores são agrupados em três dimensões: estado urbano, coordenação urbana e potencial urbano. A pontuação do USI é a soma ponderada das pontuações dos três componentes do índice de sustentabilidade urbana. A pontuação de cada um dos três componentes do índice de sustentabilidade urbana é a soma ponderada das pontuações dos subcomponentes relevantes da sustentabilidade urbana. A pontuação no índice de sustentabilidade urbana foi dimensionada de 0 para 1.

O EQI foi desenvolvido para avaliar os impactos ambientais de várias alternativas. Os indicadores ambientais fundamentais são definidos e selecionados com base na teoria da utilidade multiatributária e os pesos são determinados utilizando a metodologia do Processo de Hierarquia Analítica (AHP) (Saaty, 1980). O EQI é avaliado pela soma ponderada de todos os indicadores ambientais, que fornece o impacto ambiental geral de cada alternativa (Bisset, 1988). Cada indicador ambiental é dimensionado no intervalo 0-10 e avaliado usando função de utilidade linear, as funções de utilidade são atribuídas os pesos de acordo com a importância de cada fator ambiental, e a soma ponderada dá o índice de qualidade ambiental.

No caso da vulnerabilidade socioambiental, existem diversas formas de calcular a intersecção da vulnerabilidade ambiental com a social e a econômica, sendo o geoprocessamento uma das mais eficientes (Cutter *et al.*, 2000; O'Brien *et al.*, 2004; Zahran *et al.*, 2008). O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de ferramentas necessárias para manipular informações espacialmente referenciadas, sendo um recurso que pode auxiliar bastante nas questões levantadas anteriormente. Sua aplicação às questões sociais, econômicas e ambientais permite o mapeamento e a manipulação dessas informações de forma integrada através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). A principal vantagem deste tipo de procedimento consiste em permitir identificar espacialmente os principais fatores que determinam a vulnerabilidade.

3.4. Índices relacionados à questão da vulnerabilidade no Brasil

A construção de índices para avaliar as condições de vida e monitorar políticas públicas ganhou força na década de 1990 com a apresentação pelas Nações Unidas do índice de Desenvolvimento Humano (IDH), idealizado pelo economista Mahbub ul Haq, com a colaboração do economista Amartya Sen, ganhador do Prêmio Nobel de Economia de

1998 (Nações Unidas, 1990). O IDH é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. Este índice obteve grande repercussão mundial devido principalmente à sua simplicidade, fácil compreensão e pela forma mais holística e abrangente de mensurar o desenvolvimento. Apesar de o IDH ampliar a perspectiva sobre o desenvolvimento humano, ele não abrange nem esgota todos os aspectos de desenvolvimento, dentre eles a questão da vulnerabilidade. Desta forma, novos índices foram desenvolvidos para mensurar uma diversidade de temas não abrangidos pelo IDH.

No Brasil, nas décadas de 1990 e 2000, foram produzidas diversas ações para a elaboração de índices que pudessem retratar a realidade socioeconômica de diferentes grupos populacionais. Entre eles destacam-se o Índice de Exclusão/Inclusão Social (Spositi, 1996), Índice de Desenvolvimento da Família (Barros et al., 2003), Índice Paulista de Responsabilidade Social (Fundação Seade, 2014), Índice de Vulnerabilidade Juvenil (Fundação Seade, 2000), Índice de Qualidade de Vida Urbana (Prefeitura de Belo Horizonte, 2008) e Índice de Qualidade Municipal (Fundação CIDE, 2001).

A partir de 2010 outros índices foram desenvolvidos para embasar o desenvolvimento de políticas públicas especificamente voltadas para grupos populacionais considerados mais vulneráveis. Alguns exemplos são o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da Fundação Seade de São Paulo, o Índice do Bem-Estar Urbano do Observatório das Metrópoles, o Índice de Vulnerabilidade da Saúde da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, o Índice de Desenvolvimento Social da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, o Índice de Vulnerabilidade Social do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e o Índice de Vulnerabilidade Municipal da Fundação Oswaldo Cruz.

A questão da vulnerabilidade é complexa e cada situação, população vulnerável e região, possui a necessidade de uma informação específica e, por este motivo, existem diversos índices, cada um desenvolvido para uma determinada realidade, com objetivos e utilizações diversas (Snowden & Boone, 2007).

Por outro lado, a eficácia das ações a serem efetuadas tem relação direta com a atualização dos conhecimentos a respeito dos problemas imediatos, cuja dinâmica se processa na velocidade dos tempos modernos, exigindo a cada dia maior rapidez, seja no levantamento, seja na análise e interpretação das informações. Dessa forma, a criação e/ou adequação dos índices obtidos mediante indicadores censitários através de metodologias

amostrais pode enriquecer a gama de informações, bem como contornar problemas temporais (Frei, 2008).

No próximo capítulo serão apresentadas as ferramentas metodológicas selecionadas para analisar a complexidade da vulnerabilidade através da construção de um índice composto.

4. Ferramentas metodológicas para a construção de um índice de vulnerabilidade

O objetivo deste capítulo é apresentar as principais ferramentas metodológicas para construção de índices compostos de vulnerabilidade.

4.1. Geoprocessamento e Estatística espacial

“Os mapas não são imprescindíveis para elaborar planejamento, mas são um bom instrumento de comunicação entre planejadores e atores sociais, pois permitem observar as localizações, as extensões territoriais de cada elemento que compõe a paisagem, os padrões de distribuição, as relações entre os componentes, e, principalmente, favorecem a síntese” (MMA, 2007).

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de técnicas computacionais necessárias para manipular informações espacialmente referidas. O termo geoprocessamento pode ser entendido como conjunto de técnicas de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de dados espaciais. Pode-se considerar uma área do conhecimento que envolve diversas disciplinas, como por exemplo, a Cartografia, Computação, Geografia e Estatística. Algumas das técnicas de geoprocessamento são o sensoriamento remoto, a cartografia digital, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), a estatística espacial e os SIGs (Figura 7). Desta forma, percebe-se que o SIG, entre todas as ferramentas do geoprocessamento, é a mais ampla delas, uma vez que pode englobar todas as demais (Carvalho *et al.*, 2000).

O SIG possui capacidade de atualização, compartilhamento, divulgação e especialmente de armazenamento e gerenciamento de dados geográficos e tabulares.

Antes da utilização dos computadores, a cartografia apresentava grande limitação em relação a essas capacidades, uma vez que os registros eram realizados manualmente e, em sua maioria, em papel. Com o desenvolvimento da informática, duas grandes linhas de trabalho que, em conjunto, fundamentam os SIGs, começaram a se desenvolver. São eles a Cartografia Digital e o Gerenciamento de Bancos de Dados.

A Cartografia Digital e os programas de Desenhos Assistidos por Computador foram concebidos com o propósito de desenhar objetos, especialmente mapas, respeitando todas as regras cartográficas. Assim foi possível automatizar a sua elaboração e melhorar o seu

armazenamento, simplificando processos de atualização e disposição dos elementos que representam os objetos cartográficos (Santos & Souza-Santos, 2007).



Figura 7. Conjunto de ferramentas do Geoprocessamento. Fonte: Elaboração própria, baseada em Santos & Souza-Santos (2007).

Já os Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados são programas direcionados para o armazenamento e recuperação de dados tabulares, com foco no processamento de informações numéricas e textuais, embora possam também armazenar gráficos, sons e imagens.

Além desses sistemas, também se desenvolveu o Sensoriamento Remoto, que é realizado por um conjunto de técnicas que possuem como objetivo medir características físicas de um objeto remotamente. Isto ocorre através de dispositivos sensores para a recuperação de forma passiva ou ativa de imagens, e os Modelos Digitais de Terreno, que têm por finalidade armazenar a forma da superfície da terra representada de maneira contínua (Campara, 2013).

Portanto, os SIGs são sistemas computacionais, com módulos internos que possibilitam a integração de dados cartográficos de diversos formatos com os bancos de dados tabulares. Sua capacidade de reunir grandes quantidades de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente, torna-os ferramenta essencial para a manipulação das informações geográficas.

As integrações entre dados gráficos e não-gráficos em ambiente SIG, por meio de um código de ligação, proporcionam a organização interna para que todos os dados estejam indexados, e sejam acessados de forma fácil e ágil. Esse mecanismo permite a análise dos dados utilizando diversos métodos, como operações que envolvem apenas o espaço, além das relacionadas à modelagem estatística do espaço com seus dados tabulares.

A utilização de SIGs possibilita a realização de análises espaciais complexas, pois permite integração de dados de diversas fontes, manipulação de grande volume de dados e recuperação rápida de informações armazenadas.

Para atender toda essa expectativa, os SIGs são compostos por procedimentos para obtenção e manipulação de dados gráficos e tabulares; sistemas de gerenciamento de banco de dados; técnicas de análise de dados espaciais; procedimentos para armazenamento e recuperação dos dados e procedimentos para disponibilização dos resultados (Santos & Souza-Santos, 2007).

Os SIGs permitem realizar diversas funções, que serão utilizadas conforme os objetivos de análise. De acordo com esses objetivos, deverão ser definidas a unidade espacial, a escala e as variáveis a serem analisadas.

Segundo Santos & Barcellos (2006), um SIG possui quatro funções básicas, descritas a seguir:

- a) Aquisição de dados: captura, importação, validação e edição são procedimentos que envolvem as etapas necessárias à alimentação do sistema. Esses podem ser adquiridos através da importação de dados já existentes em outros formatos. Os dados podem também ser confeccionados especificamente para introdução no sistema através de técnicas como sensoriamento remoto, restituição aerofotogramétrica, digitalização de levantamentos topográficos e digitação de dados em tabela. Entretanto, existe uma série de condições às quais esses dados devem obedecer, no que diz respeito à sua estrutura, para que possam ser

utilizados. Por isso, eles precisam ser analisados, para que sejam corrigidas eventuais incoerências e imperfeições.

- b) Gerenciamento de banco de dados: envolve o armazenamento dos dados de forma estruturada, de modo a possibilitar e facilitar a realização de análises. A maneira com que os dados são estruturados é crucial para o sistema, pois dela dependem os tipos de análises que poderão ser realizados. Novas informações sempre podem ser associadas a um mapa armazenado no SIG. Estas informações podem ser provenientes de diversas fontes, permitindo que se incorpore o trabalho de diferentes órgãos e instituições. Um SIG permite combinar vários tipos de informações, como, por exemplo, dados obtidos em campo por GPS ou por topografia convencional, tabelas, mapas, imagens, entre outros.
- c) Visualização e apresentação cartográfica: um SIG necessita ter agilidade para utilizar as diversas camadas de dados e exibir este resultado através de mapas de síntese com boa qualidade gráfica. Os mapas anteriormente feitos a mão, transformam-se agora em um produto de todas as operações desenvolvidas dentro do SIG, com inúmeras possibilidades de atualização mais constante.
- d) Consulta e análise: uma função que pode ser considerada como a principal de um SIG é a de análise, pois possibilita operações de extração e geração de novas informações sobre o espaço geográfico, a partir de critérios especificados pelo próprio usuário. As operações mais comuns são a pesquisa de dados, a busca de informações de acordo com algum critério de seleção (por exemplo, pela localização, proximidade, tamanho, valor) e a análise espacial que envolve modelagem e análise de padrões espaciais.

Alguns dos benefícios do uso de SIG são o melhor armazenamento e atualização dos dados; a recuperação de informações de forma mais eficiente; a produção de informações mais precisas; a rapidez na análise de alternativas e a possibilidade de decisões mais embasadas.

Em geral, os produtos gerados por um SIG vinculam-se a um espaço físico específico, podendo, entretanto, serem incluídos fenômenos climáticos, humanos, sociais, econômicos, ambientais e qualquer outro aspecto que seja de interesse do usuário. A partir desses espaços devidamente mapeados e analisados no SIG, é possível conhecer melhor uma região, sendo esses resultados suporte para uma futura tomada de decisões.

A utilização da estatística espacial permite analisar a localização espacial dos eventos. Ou seja, além de identificar, localizar e visualizar a ocorrência de fenômenos que se materializam no espaço, tarefas que se tornam possíveis através dos SIG, utilizando-se a estatística espacial, é possível modelar a ocorrência destes fenômenos, incorporando, por exemplo, os fatores determinantes, a estrutura de distribuição espacial ou a identificação de padrões (Santos & Souza, 2007).

Um dos primeiros estudos de que se tem registro da utilização de estatística espacial é a investigação feita pelo médico inglês John Snow em 1854. Snow, reconhecendo que os casos de cólera ocorriam em determinadas localizações, fez uso direto dos mapas de Londres (Figura 8). Ele localizou os casos encontrados no registro de óbitos, utilizando o endereço das residências e os poços de provisão de água existentes naquelas ruas, verificando onde havia maior concentração de casos de mortes por cólera, e qual bomba era responsável pela propagação da epidemia de cólera (Barcellos, 2011).

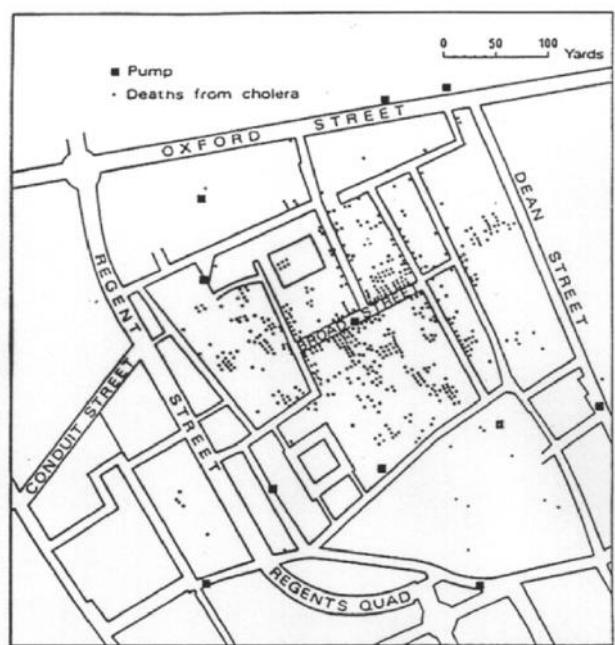


Figura 8. Mapa de Londres com óbitos, por cólera, identificados por pontos e poços de água representados por quadrados. Fonte: Barcellos (2002).

As principais áreas de aplicação da estatística espacial são o mapeamento de doenças, os estudos ecológicos, o monitoramento de problemas sociais e ambientais, dados eleitorais e de criminalidade (Santos & Souza, 2007).

Os tipos de dados espaciais são basicamente dois: eventos ou padrões pontuais e áreas com contagens ou taxas agregadas. No caso da análise de padrões de pontos, o objeto de interesse é a própria localização dos eventos e o objetivo é estudar a distribuição espacial desses pontos testando hipóteses sobre o padrão observado, ou seja, se contém aglomerados, se possui comportamento regular ou é aleatório (Figura 9).

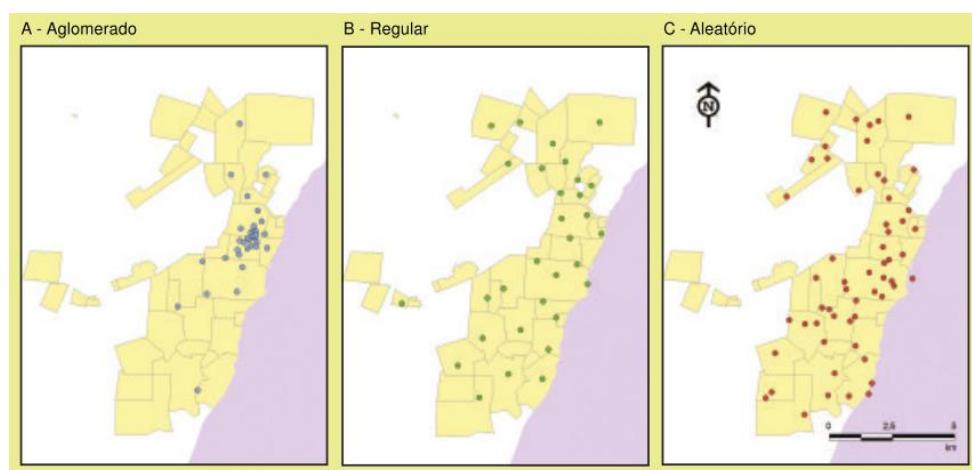


Figura 9. Tipologia de distribuição do padrão de pontos. Fonte: Santos & Souza, 2007.

Existem diversas técnicas disponíveis de análise exploratória espacial para detectar e mapear “áreas quentes” ou aglomerados. A que mais se destaca é a técnica de Kernel, que consiste em uma técnica de interpolação exploratória que gera uma superfície de densidade para a identificação visual de “áreas quentes”. Entende-se a ocorrência de áreas quentes quando ocorre uma concentração de eventos que indicam de alguma forma a aglomeração em uma distribuição espacial (Figura 10).

No caso da análise de áreas pode-se fazer uma análise exploratória do espalhamento das informações das áreas estudadas através de mapas temáticos utilizando distribuições estatísticas básicas como o desvio padrão, e também fazer estudos mais aprofundados através de análise da autocorrelação espacial e mapas de clusters.

A dependência espacial foi enunciada por Tobler (1970) e ficou conhecida como a Primeira Lei da Geografia. Segundo Tobler, todas as coisas são relacionadas, mas as mais próximas interagem mais do que as mais distantes. A magnitude dessa relação pode ser medida usando estatísticas de autocorrelação espacial.

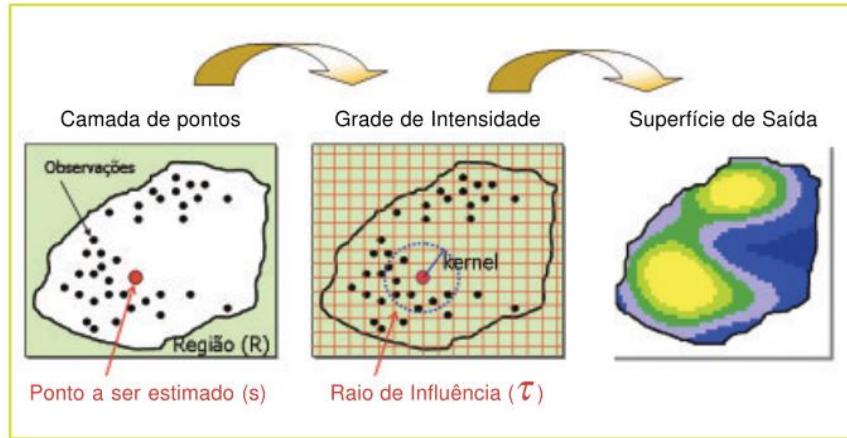


Figura 10. Passos para o cálculo de densidade de pontos segundo a técnica de Kernel.

Fonte: Druck *et al.*, 2004.

Uma das estatísticas de autocorrelação mais usual é o indicador global de Moran, que é um coeficiente ponderado, utilizado para determinar se áreas próximas são mais similares do que seria esperado por uma distribuição aleatória (Cliff & Ord, 1981). Ele apresenta a forma clássica de qualquer coeficiente de autocorrelação, no numerador uma medida de covariância e no denominador uma medida de variância (Equação 1).

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^N z_i^2}, \quad (1)$$

sendo:

N = número de áreas;

z_i = diferença entre indicador na área i e média geral $z_i = x_i - \bar{x}$;

w_{ij} = matriz de conexão entre as áreas i e j , onde $w_{ij} = 1$, se i e j eram vizinhos e $w_{ij} = 0$, caso contrário,

S_0 = somatório dos pesos,

$$S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}, \quad i \neq j.$$

Druck *et al.* (2004) afirmam que indicadores globais de autocorrelação espacial, como o Índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, o que é útil na caracterização da região de estudo como um todo. Mas quando lidamos com grande número de áreas, é muito provável que ocorram diferentes regimes de associação espacial e que apareçam máximos locais de autocorrelação espacial, onde a dependência espacial é ainda mais pronunciada.

Com o objetivo de identificar esses agrupamentos e quantificar a associação espacial em função de uma vizinhança preestabelecida, utiliza-se o Índice Local de Autocorrelação Espacial (LISA).

Entre os LISAs mais utilizados e difundidos está o Índice Local de Moran (I_i), que pode ser descrito na Equação 2:

$$I_i(d) = (x_i - \bar{x}_m) \sum_j \frac{w_{ij}(d)(x_j - \bar{x}_m)}{s^2} \quad \text{para } j \neq i \quad (2)$$

onde,

$w_{ij}(d)$ é o ponderador na matriz de vizinhança W para as localizações i e j ;

d é a medida de distância estabelecida pelo modelo de vizinhança;

x_i e x_j são os valores encontrados na posição i e suas vizinhanças js ;

\bar{x}_m é a média amostral global;

s^2 é a variância amostral global.

O teste de Moran Local classifica a unidade espacial em quatro categorias: alto-alto, alto-baixo, baixo-alto e baixo-baixo. Essa classificação ocorre de acordo com o intervalo de confiança especificado, sendo uma quinta categoria a das unidades não significativas para o teste. As quatro categorias significativas equivalem ao posicionamento da unidade espacial no diagrama de espalhamento de Moran, e são representadas através de mapas de cluster. A primeira referência de alto ou baixo é a dos valores da variável em estudo, na unidade espacial de análise, e a segunda referência de alto e baixo é relativa à média ponderada dessa mesma variável nas unidades espaciais vizinhas.

As estatísticas de autocorrelação espacial dependem de uma definição de proximidade para que possam ser calculadas. A tradução entre o conceito de proximidade e a definição da proximidade para o cálculo da autocorrelação é intermediada por uma matriz de vizinhança. Tal como no estudo de Terron (2009), nesse trabalho utilizou-se o critério de adjacência, ou o critério de contiguidade de primeira ordem na construção da matriz de vizinhança¹.

4.2. Apoio Multicritério à Decisão

O processo de tomada ou apoio à decisão envolve um conjunto de etapas e procedimentos que devem ser considerados e analisados, pois é necessário ter uma definição clara e objetiva do problema em questão. Para isso é preciso listar todas as alternativas possíveis de solução e, assim, avaliar as mais adequadas ao cenário desejado e determinar uma linha a seguir (Ensslin *et al.*, 2001). Dessa forma, ferramentas como Apoio Multicritério à Decisão (AMD) têm sido cada vez mais utilizadas como auxílio à tomada de decisão.

O AMD tem como proposta o enfrentamento de situações específicas, apresentando caráter científico e subjetivo, capacidade de agregar características consideradas importantes, inclusive não quantitativas, onde uma decisão deve atuar com racionalidade para solucionar problemas onde vários objetivos precisam ser alcançados simultaneamente (Magrini, 1992). Não é intenção desta ferramenta solucionar o problema através de uma única verdade.

Uma das finalidades do AMD é permitir a transparência e a sistematização no que diz respeito aos problemas envolvidos no processo decisório, dando um enfoque diferenciado a esses problemas de acordo com as especificidades de cada um, respeitando individualidades, sem ter como propósito a solução do problema. Ao contrário, visa identificar as informações e/ou regiões críticas, possibilitando a tomada de decisão como uma ação, sobretudo, humana (Gomes *et al.*, 2002). Ou seja, trata-se de um processo

¹ Sobre autocorrelação espacial, Índice de Moran global e local, e matriz de vizinhança, conferir Smith *et al.* (2007) e Terron (2009). As estatísticas de Moran são amplamente empregadas na epidemiologia, na criminologia, e mais recentemente na sociologia e geografia urbanas, em especial nos estudos de segregação urbana e desigualdades sociais. Há diversos outros métodos de análise espacial que podem ser conferidos em Anselin (1999, 2003, 2005), Druck *et al* (2004), O'Loughlin (2002), Smith, *et al.* (2007).

metodológico que não se condiciona apenas à busca de uma única função ótima e, sim, satisfazer vários objetivos.

O enfoque multicriterial no auxílio à decisão está potencialmente ligado a uma visão mais abrangente do problema, mais imparcial e mais participativo em relação a outros métodos que buscam sintetizar a informação, sem deixar de considerar a especificidade e essência de cada realidade em questão, o que geralmente ocorre quando utilizamos métodos de aglutinação para padronizar e classificar realidades complexas e dinâmicas (Gomes et al., 2004).

O procedimento multicritério de apoio à decisão considera mais de um aspecto no que diz respeito à avaliação de uma alternativa. Com base em um conjunto de indicadores-critérios, busca-se medir o desempenho das ações potenciais no que se diz respeito a um determinado aspecto, objetivando otimizar os critérios simultaneamente. Trata-se de uma abordagem que possui como objetivo o apoio à decisão e não a tomada de decisão em si.

O processo de otimização na perspectiva da análise multicriterial é um pouco diferente da otimização clássica, uma vez que no processo multicritério pode haver a necessidade de tanto maximizar quanto minimizar dois indicadores-critérios ao mesmo tempo, sem que necessariamente tenha que desconsiderar um deles para realizar a avaliação, embora possam ser conflitantes.

O processo decisório através da análise baseada em métodos multicritério aponta questões relevantes e parâmetros operacionais a serem considerados. Destaca-se os atores envolvidos no processo: definição clara e objetiva da questão a ser resolvida; alternativas possíveis e como estas podem ser analisadas; objetivos que influenciarão as análises das ações; modo de medir o desempenho das ações potenciais segundo cada um dos objetivos e como considerar este desempenho para cada um dos objetivos; análise de sensibilidade dos resultados; e por fim as considerações e orientações finais através da geração de estratégias que visem o melhoramento das ações potenciais (Figura 11).

Ao se discutir as etapas que envolvem o processo de apoio multicritério à tomada de decisão, torna-se imprescindível considerar a importância da participação dos agentes tomadores de decisão e ainda de outros atores envolvidos direta ou indiretamente no processo decisório.

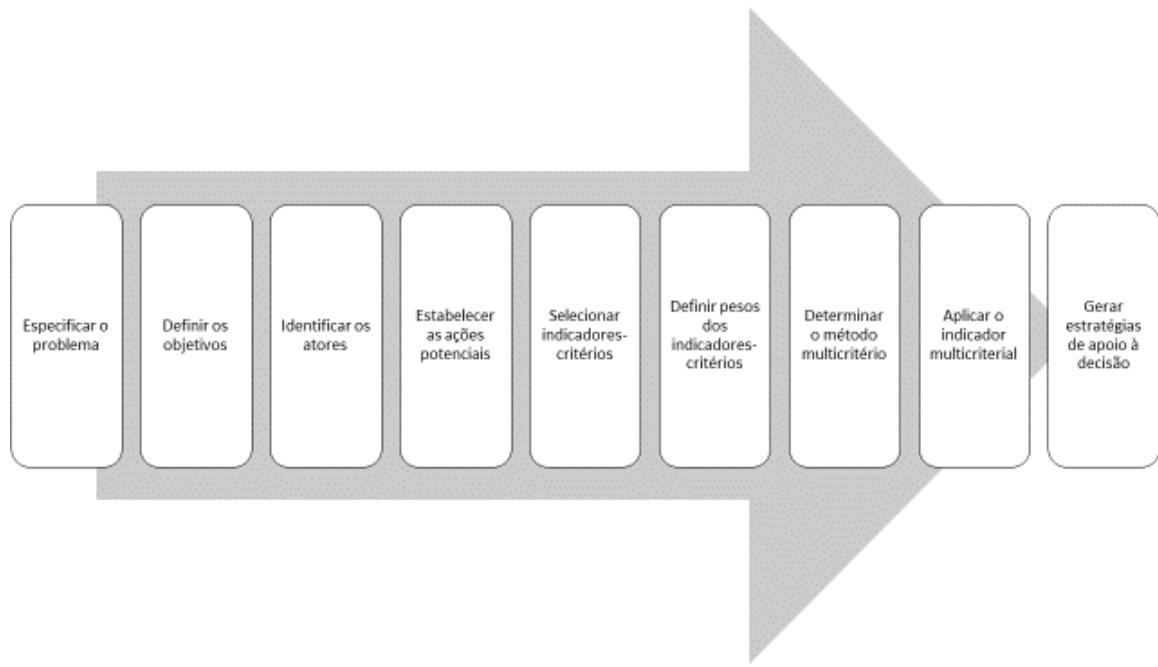


Figura 11. Organização da estrutura multicritério. Fonte: Elaboração própria, baseada em Ensslin (2001).

O Apoio Multicritério à Decisão pode ser compreendido como uma situação onde objetiva-se encontrar uma função que permita a comparação de um par de alternativas e que esta função possa refletir a preferência do agente de decisão no que se refere às alternativas quanto a um determinado atributo (Magrini, 1992). O que pode ser representado pelo seguinte problema de otimização multiobjetivo:

$$\text{Min}(\text{ou Max}) Z = F(x)$$

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X$$

$$z = (z_1, z_2, \dots, z_n) \in Z$$

onde x é o vetor das n variáveis de decisão, z é o vetor dos r objetivos, X representa o espaço de decisões, Z representa o espaço dos objetivos e $F(x)$ é o vetor $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$ de p funções objetivo que representam os objetivos simultâneos do problema.

Desta forma, as técnicas de apoio multicritério à decisão podem ser apresentadas como um problema de otimização que tem em si, de modo concomitante, diferentes funções-objetivo. Ou seja, em uma situação como a descrita anteriormente, é muito difícil que ocorra uma única solução ótima para o problema, ao passo que, todas as funções-objetivo alcancem simultaneamente seu valor ótimo. Ao contrário, é bastante provável que dependendo do objetivo uma solução ótima se apresente melhor em determinados objetivos ou pior em outros, superando ou sendo superada por outra solução ótima, principalmente devido ao nível de conflito existente entre os objetivos. Fica a critério do decisor escolher dentre o conjunto de alternativas satisfatórias, a mais adequada (Magrini, 1992).

Dentre os conceitos e princípios básicos da decisão com apoio multicritério, tem-se os seguintes elementos (Gomes et al., 2004):

- Conjunto de Escolhas ou Conjunto de Alternativas (*A*): trata-se de um conjunto de opções que um decisor terá à disposição para realizar sua escolha; este conjunto é chamado de *conjunto A*.
- As alternativas devem ser diferentes, exaustivas e excludentes. A exaustividade é dada no sentido de que, a cada alternativa inserida ao *conjunto A*, o modelo seja reformulado com um novo *conjunto A*, sendo garantida a não entrada de “alternativas intermediárias” no conjunto que se apresenta constituído. As alternativas são excludentes quando existe a garantia de não haver possibilidade de se optar por uma solução mista.
- Atributos: são características que representam propriedades ou capacidades das alternativas em satisfazer as necessidades e/ou desejos do agente decisor, embora em diferentes “quantidades” ou “intensidades”. No caso da compra de um carro, por exemplo, pode-se destacar preço, segurança, conforto, tamanho etc. como atributos a serem considerados entre os diferentes modelos/alternativas.
- Indicadores-Critérios: referem-se ao conjunto de regras onde é possível afirmar algo sobre as preferências do decisor entre um par de alternativas qualquer em relação ao atributo em questão, tendo assim um “critério de decisão”. No exemplo do carro esse critério de decisão pode ser o menor preço possível.

- Peso ou Ponderação (w_j): corresponde à medida da importância relativa (maior ou menor) que o decisor dá a alguns atributos.

O conceito de critério pode ser interpretado como uma função que, em relação a um atributo, faz corresponder o conjunto de todos os pares ordenados de alternativas, em uma partição desse mesmo conjunto, como é possível perceber na Figura 12.

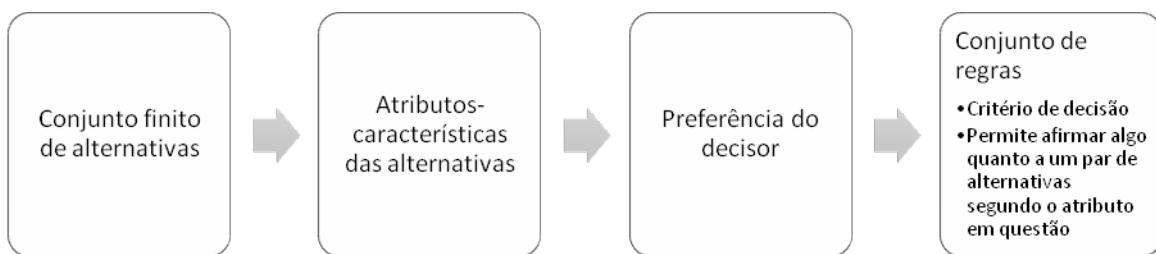


Figura 12. Procedimentos para construção de um critério de decisão. Fonte: Elaboração própria, baseada em Gomes *et al.* (2004).

No processo de auxílio à tomada de decisão baseado em técnicas multicriteriais, existem duas grandes linhas de atuação que desenvolveram um conjunto de métodos de aplicação multicritério; essas linhas de atuação se dividem em escola americana e escola francesa de apoio multicritério à tomada de decisão. As duas linhas são bastante utilizadas, sendo que cada uma é mais adequada para determinado tipo de situação. Os principais métodos da escola americana são a Teoria de Utilidade Multiatributo e os Métodos de Análise Hierárquica. Já a escola francesa possui como principais métodos: a família de métodos Electre (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) e Prométhée (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) (Magrini, 1992).

O Método de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process – AHP) é um dos principais métodos da escola americana, criado na década de 70 por Thomas L. Saaty. Esse método busca otimizar uma única função objetivo construída a partir das preferências do agente de decisão agregando todos os diferentes pontos de vista considerados. O método consiste em decompor o problema em níveis hierárquicos definindo uma medida global para cada alternativa, a partir da sintetização dos valores atribuídos pelos decisores, e assim classifica e prioriza as alternativas. Outro importante método dessa escola é a

Teoria da Utilidade Multiatributo (Multiattribute Utility Theory – MAUT), que admite a preexistência de um sistema de preferências, transitividade e independência das preferências do decisor. Os métodos da escola americana possuem uma abordagem racionalista do processo (Magrini, 1992).

Os métodos da escola francesa admitem um modelo mais flexível do problema já que não pressupõe, necessariamente, a comparação de alternativas e não impõe ao analista de decisão uma estrutura hierárquica dos critérios. Este grupo baseia-se em relações que representam as preferências que foram colocadas pelo decisor, a fim de propiciar ao tomador de decisão subsídios necessários ao processo de tomada de decisão. O grupo de métodos da escola francesa surge da necessidade de incorporar a incomparabilidade entre ações em que não eram consideradas, em uma contraposição aos métodos da escola americana. A escola francesa possui uma abordagem construtivista; parte do princípio de que a preferência do decisor pode ser construída ao longo do processo (Gomes *et al.*, 2004).

Os principais métodos da abordagem francesa são a família Electre, criada em 1968. O método utiliza critérios de peso para a construção de matrizes de concordância e de discordância. Faz a comparação com pseudocritérios através de relações hierárquicas nebulosas, considerando aspectos de aceitação, de rejeição e/ou estimando a credibilidade da informação. Uma outra família da escola francesa é a família Prométhée, proposta em meados dos anos 1980 (Da Silva & Jannuzzi, 2009).

No caso específico desse estudo, por opção metodológica e simplicidade analítica, selecionou-se o método AHP, que possui como fundamento a estrutura hierárquica de um problema complexo, adequado à análise proposta por este estudo, relacionada à vulnerabilidade socioambiental. Esta estrutura consiste na definição do objetivo global e decomposição do sistema em vários níveis de hierarquia, o que possibilita a visualização do sistema como um todo e também de seus componentes. Além disso, é possível, analisar as interações das componentes da decomposição e verificar os impactos que as mesmas exercem sobre o sistema. Tomou-se também como referência a metodologia SAMAMBAIA (Sistema de Análise Multicritério Aplicado como Método Base à Avaliação de Impacto Ambiental), desenvolvida por Magrini, 1992.

Os elementos que formam a hierarquia, devem ser organizados de maneira descendente, onde o objetivo principal deve estar no primeiro nível da hierarquia; os sub-

objetivos, num nível abaixo; em seguida, os critérios e, finalmente, as alternativas (Figura 13).

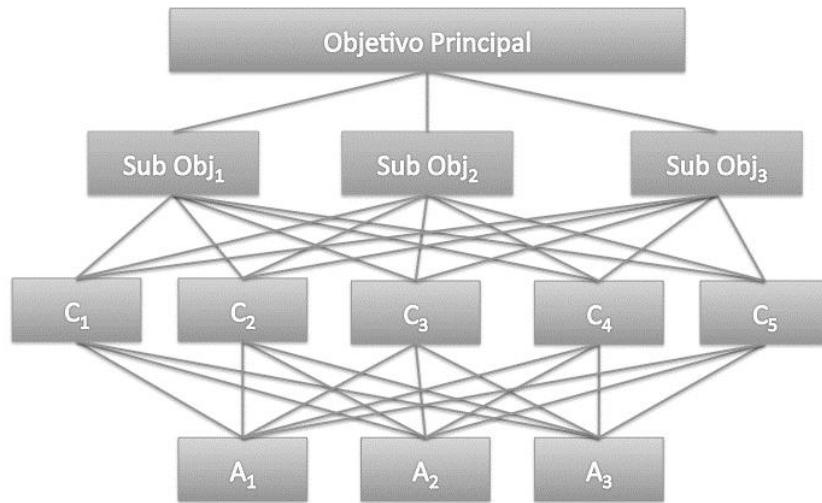


Figura 13: Estrutura da AHP. Fonte: Elaboração própria, baseada em Ferretti (2016).

Para medir os impactos que os elementos do nível mais baixo exercem sobre o objetivo geral, comparam-se os pares de alternativas disponíveis, com relação a cada critério utilizado. Os critérios são também comparados par a par, de acordo com sua importância para atingir o objetivo geral. Tal comparação pode ser fundamentada em uma escala de intensidade de importância, com valores variando entre 1 e 9, segundo Saaty (1980), conforme apresentado na Tabela 1.

O AHP converte os julgamentos em valores numéricos que podem ser processados e comparados sobre toda a extensão do problema. Um peso numérico, ou prioridade, é derivado para cada elemento da hierarquia, permitindo que elementos distintos e frequentemente incomensuráveis sejam comparados entre si (Shahabi *et al.*, 2014).

O AHP permite fazer uma abordagem de tomada de decisão estruturada utilizando o julgamento de especialistas e inclui cinco etapas:

- (a) definição do problema;

- (b) construção hierárquica e desenvolvimento do problema em fatores componentes relacionados aos objetivos do problema;
- (c) construção da matriz de comparação;
- (d) cálculo do vetor Eigen, número principal de Eigen, índice de consistência e razão de consistência; e
- (e) se houver inconsistências no processo de decisão, revisão da matriz de comparação até chegar a um consenso. O fluxograma conceitual do AHP é apresentado na Figura 14.

Tabela 1. Escala de julgamentos comparativos do AHP.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Fraca	O julgamento favorece levemente um dos elementos.
5	Importância Forte	O julgamento favorece fortemente um dos elementos.
7	Importância Muito Forte	A dominância de um elemento pode ser demonstrada.
9	Importância Absoluta	A evidência que favorece um dos elementos é da maior ordem possível da afirmação.

Fonte: Elaboração própria, baseada em Saaty (1980).

A partir da construção da hierarquia, os critérios devem ser comparados par-a-par, de acordo com sua importância para atingir o objetivo principal, para construir a matriz de comparação.

Após a normalização da matriz de comparação original é possível calcular o peso de cada indicador (vetor de Eigen) e o número principal de Eigen (λ_{\max}), que é obtido através do somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original.

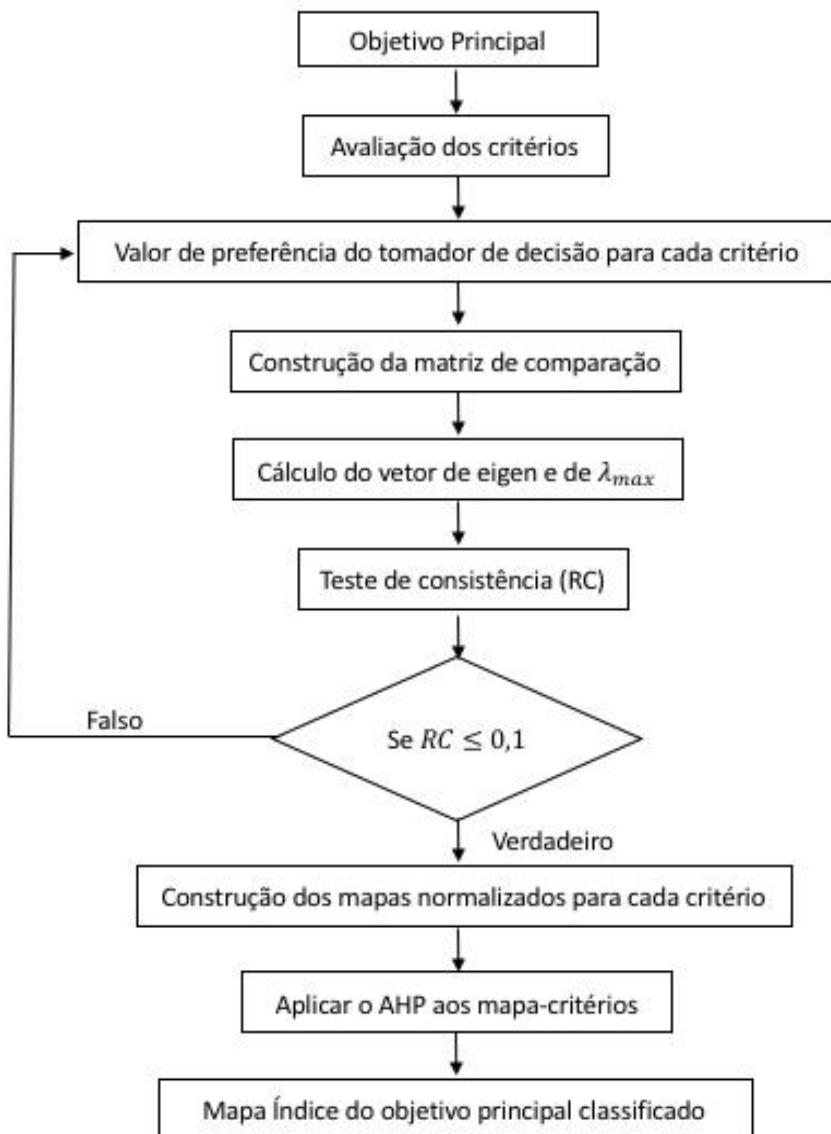


Figura 14. Fluxograma conceitual do AHP-SIG. Fonte: Elaboração própria, baseada em Chaudhary *et al*, 2016.

Com a obtenção de λ_{max} é possível calcular o valor do Índice de Consistência (IC)

da matriz de comparação através da fórmula: $IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)}$, onde n é a ordem da matriz.

Saaty (1980) propõe o cálculo da Razão de Consistência (RC), obtida pela fórmula:

$RC = \frac{IC}{IR}$, onde IC corresponde ao Índice de Consistência, e IR ao Índice de Consistência Aleatório calculado para matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de Oak

Ridge, nos Estados Unidos (Tabela 2). Se RC for maior que 0,1, a matriz de comparação é inconsistente e deve ser revisada

Tabela 2. Índices de Consistência Aleatórios.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1980).

Após esta etapa é possível construir os mapas normalizados para cada indicador-critério, aplicar o AHP aos mapas-critérios e, por fim, obter o mapa índice do objetivo principal classificado.

Alguns softwares de geoprocessamento já possuem o AHP implementado, como por exemplo, o QGIS (QGIS, 2017), IDRISI GIS (IDRISI GIS, 2018), ARCGIS (ARCGIS, 2018) e SPRING (INPE, 2017).

4.3. Integrando a Avaliação Multicritério e o Sistema de Informação Geográfica: proposta de um índice de vulnerabilidade

Tanto para a Avaliação Multicritério quanto para o Sistema de Informação Geográfica é imprescindível que seja feita uma padronização dos dados a serem utilizados. A entrada de dados é uma das principais etapas e requer cuidados especiais. Os indicadores utilizados na construção de índices compostos precisam ser padronizados, tornando-se adimensionais, uma proposta de padronização é variar entre 0 (zero) e 1 (um), sendo maior a vulnerabilidade quanto mais próxima de 1. É necessário ressaltar que zero não representa ausência de vulnerabilidade, mas o menor valor relativo, e vice-versa para o valor 1.

Segundo Malczewski & Ogryczak (1996, apud Ferretti & Montibeller, 2016), desde a década de 1990, tem ocorrido um uso crescente da análise multicritério no planejamento do território. Atualmente, esta análise vem sendo integrada aos SIGs, criando assim uma ferramenta robusta para apoiar processos de análise espacial através da modelagem e dar suporte e apoio à decisão em questões com distribuição e consequências espaciais (Ferretti & Pomarico, 2013; Rinner, 2007; Wang *et al.*, 2015; Beiler & Treat, 2015). Os esforços para

integrar o SIG e o AMD no final dos anos 80 e início dos anos 90 podem estar associados ao aumento do desenvolvimento dos SIGs (Malczewski, 2006). Sharifi *et al.* (2002) afirmam ainda que a integração de SIG e AMD fornece uma metodologia importante no desenvolvimento de opções para reduzir os impactos ambientais e socioeconômicos, assim como para avaliação e solução desses impactos. No caso específico desta tese, a integração das metodologias vem auxiliar os processos de planejamento urbano, regional e de ordenação do território.

Aplicações de AMD integradas ao SIG podem ser encontradas nas mais diversas áreas, como por exemplo: Joerin *et al.* (2001), no suporte a conflitos de uso da terra; Rinner (2007) estudou a qualidade de vida urbana através da análise multicritério, o artigo propõe o uso dos princípios de visualização geográfica em conjunto com métodos de avaliação multicritérios para apoiar decisões espaciais. Em um estudo de caso, o AHP é usado para calcular medidas compostas de qualidade de vida urbana para bairros em Toronto. Hossaina *et al.* (2009) aplicou a integração de SIG e análise de decisão multicritério para o desenvolvimento da aquicultura urbana em Bangladesh porque, de acordo com os autores, a seleção do local é um fator chave em qualquer operação de aquicultura, bem como a resolução de conflitos de terra ou uso de água. Santos *et al.* (2011), na análise da fragilidade social da área urbanizada do município de Viçosa; Oliveira *et al.* (2012) para determinar o Índice de Sustentabilidade de Expansão do Setor Sucroalcooleiro; Xu *et al.* (2012) usaram a metodologia integrada para desenvolver um índice de qualidade de vida urbana das principais cidades da China. Ferreti *et al.* (2014) utilizaram esta metodologia na análise espacial de oportunidades e vulnerabilidades associadas ao contexto territorial, assunto que desempenha um papel crítico no apoio ao planejamento e gerenciamento do uso da terra. Wanyonyi *et al.* (2016) na localização de potenciais sítios para ecoturismo no Quênia; Myagmartseren *et al.* (2017) na localização de locais adequados para o desenvolvimento urbano em Ulaanbaatar, Mongólia.

A metodologia AHP-SIG é amplamente utilizada em estudos para selecionar locais para implantação de aterros sanitários como em Wang *et al.* (2009), Sener *et al.* (2006) e Nas *et al.* (2010), e também na avaliação do impacto ambiental das usinas hidrelétricas como em Magrini (1992).

Na ecologia urbana Hou *et al.* (2016) propôs um índice de vulnerabilidade ecológica, avaliando quantitativamente as condições ambientais ecológicas para avaliar o impacto no desenvolvimento sustentável regional. Zhang *et al.* (2015) realizaram um estudo para definir

diferentes níveis de vulnerabilidade em áreas de ecologia urbana. Esta metodologia também é amplamente utilizada na avaliação do risco de inundação, como em Panhalkar & Jarag (2017), Scheuer *et al.* (2011), Elsheikh *et al.* (2015) e Ouma & Tateishi (2014). Beiler & Treat (2015) estudaram sistemas de transporte, mais especificamente instalações de trânsito, que desempenham um papel essencial no futuro da mobilidade pública, para identificar métricas de sustentabilidade. Bethel *et al.* (2014) realizaram estudos sobre restauração costeira na Louisiana. Asmin *et al.* (2014) abordaram uma das questões mais importantes nos programas de planejamento urbano, alocação eficiente de instituições educacionais, pois de acordo com os autores, é necessário selecionar lugares apropriados para centros de treinamento, pois desta forma é possível aumentar a capacidade mental dos alunos.

No próximo capítulo as ferramentas apresentadas serão aplicadas em um estudo de caso no município do Rio de Janeiro.

5. Estudo de Caso: o Município do Rio Janeiro

5.1. Caracterização da área de estudo

O Brasil é um país de dimensões continentais; seus 8.500.000 km² o tornam o quinto maior país do mundo, ocupando quase metade do continente sul-americano. A densidade demográfica é baixa, mas as desigualdades sociais, econômicas e riscos ambientais são elevados (Stephens *et al.*, 1997, Goldani *et al.*, 2001, Channon *et al.*, 2012, Belon *et al.*, 2011). Segundo dados do Censo 2010, são aproximadamente 191 milhões de habitantes, com uma densidade de 22 pessoas por km² (IBGE, 2013b). Se o contingente atual da população não é um problema por si só, em termos relativos passa a ser. Desde os anos 70 esse contingente mais do que duplicou, aumentando de 70 para 192 milhões de pessoas.

Além disso, os padrões de habitação e de vida vêm mudando completamente ao longo das últimas décadas. Enquanto na década de 1950, 63,5% dos brasileiros vivia na zona rural, hoje apenas 15,6% se mantêm nessas regiões. Essa inversão pode ser observada na Figura 15.

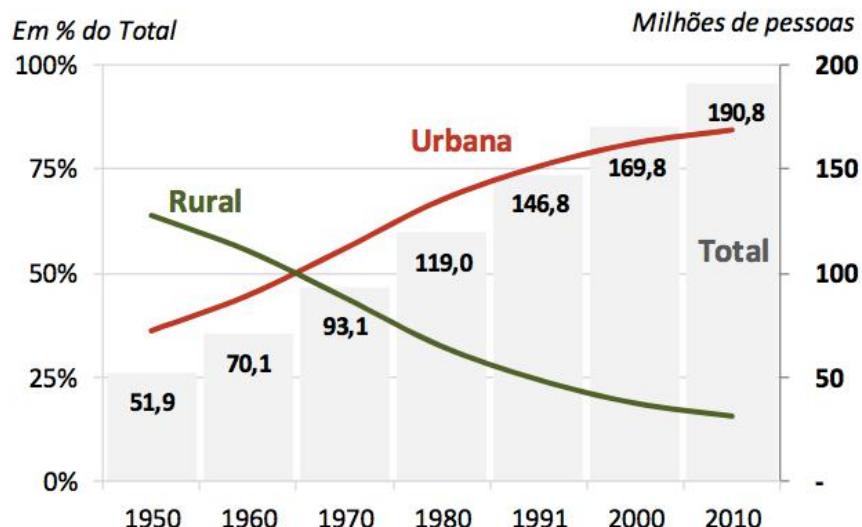


Figura 15. Evolução da população brasileira rural e urbana. Fonte: IBGE, 2011.

O Brasil é um país de alta desigualdade de renda, inclusive quando comparado a outros países da América Latina, região do planeta onde a desigualdade é mais pronunciada (UNDP, 2016). Esses altos níveis são preocupantes por si só, numa perspectiva de equidade, mas também podem trazer ineficiência econômica (BARR, 2012). Em comparações internacionais, altos níveis de desigualdade estão relacionados a comportamentos não cooperativos, à criminalidade e baixo crescimento econômico no médio e longo prazo (OECD, 2015, Sachs, 2006, Nações Unidas, 2017).

Apesar da melhora em índices que ajudam a medir a desigualdade, como o Índice de Gini², o Brasil continua muito distante dos países desenvolvidos, como por exemplo, Portugal que possuía, em 2010, índice de Gini 0,34. No gráfico da Figura 16 percebe-se que a desigualdade no município do Rio de Janeiro aumentou entre 2000 e 2010, ao contrário do que houve no estado, na região metropolitana e no Brasil.

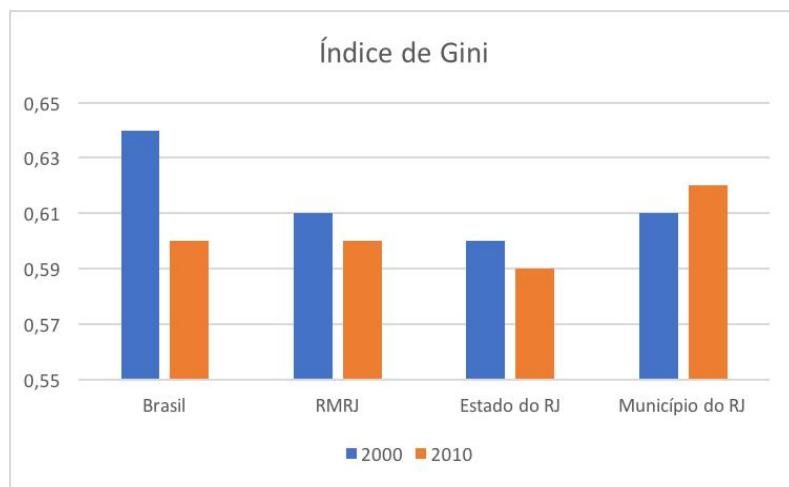


Figura 16. Distribuição de renda (Índice de Gini). Fonte: Elaboração própria, baseada em IPEA, 2015.

O aumento da urbanização e a pouca redução das desigualdades acabam tendo como consequência o crescimento de pessoas vivendo em situação de vulnerabilidade,

² O Índice de Gini é um instrumento usado para medir o grau de concentração de renda. Ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de 0 a 1, onde 0 representa a situação de total igualdade, e 1 a completa desigualdade de renda.

como, por exemplo, nas favelas. De acordo com os resultados do Censo 2010, no Brasil, são mais de 11 milhões de pessoas vivendo nessas condições, sendo a sua maioria na região sudeste, com destaque para os estados de São Paulo (2,7 milhões) e Rio de Janeiro (2,0 milhões). Esse é o total de pessoas que viviam, em 2010, em aglomerados subnormais (AGS), nome técnico utilizado pelo IBGE para designar locais como habitações informais, construídas com materiais frágeis, invasões e comunidades com, no mínimo, 51 domicílios. Outro critério-chave para classificar essas áreas como aglomerados subnormais é a carência ou a inequação de serviços públicos básicos, como por exemplo, abastecimento de água, esgotamento sanitário e serviço de coleta de lixo, além de, em geral, serem locais dispostos de forma densa e desordenada (IBGE, 2010c).

Segundo o Censo Demográfico de 2010, 23,0% da população do Rio de Janeiro vivia em aglomerados subnormais, mais popularmente denominados de favelas. A proporção de pessoas vivendo nesses locais varia significativamente no município, com amplo predomínio na região Central, na qual, embora em termos absolutos, a população residente em favelas seja a menor do município; sua proporção em relação à população total é a maior, representando 35% dos habitantes da região.

A região metropolitana do Rio de Janeiro é formada por 21 municípios (Figura 17), onde vivem 12,3 milhões de pessoas, com a maior taxa de urbanização do país (99,3%). O destaque desta região fica para a capital do estado, o município do Rio de Janeiro, 100% urbanizado, onde vivem aproximadamente 40% da população de todo o estado. Além da maior concentração populacional do estado, o município do Rio de Janeiro é uma região reconhecida de longa data pela sua desigualdade social e econômica, além dos problemas de infraestrutura urbana, riscos ambientais, carências no sistema de saúde e na segurança pública (Abreu, 1987; Carvalho, 1987; Ferreira, 2009).

O município do Rio de Janeiro possui atualmente cerca de 6,5 milhões de habitantes (IBGE, 2016), fazendo deste município a maior aglomeração urbana da costa brasileira, com densidade demográfica de 5.266 hab/km². O Rio de Janeiro é o segundo maior centro econômico, além do mais importante polo turístico do País (PCRJ, 2016).

O município está dividido em Áreas de Planejamento (APs), divisão feita pela Prefeitura do Rio de Janeiro para atender administrativamente a todo o município, e por este motivo é o recorte geográfico escolhido para análise dos resultados (Figura 18).

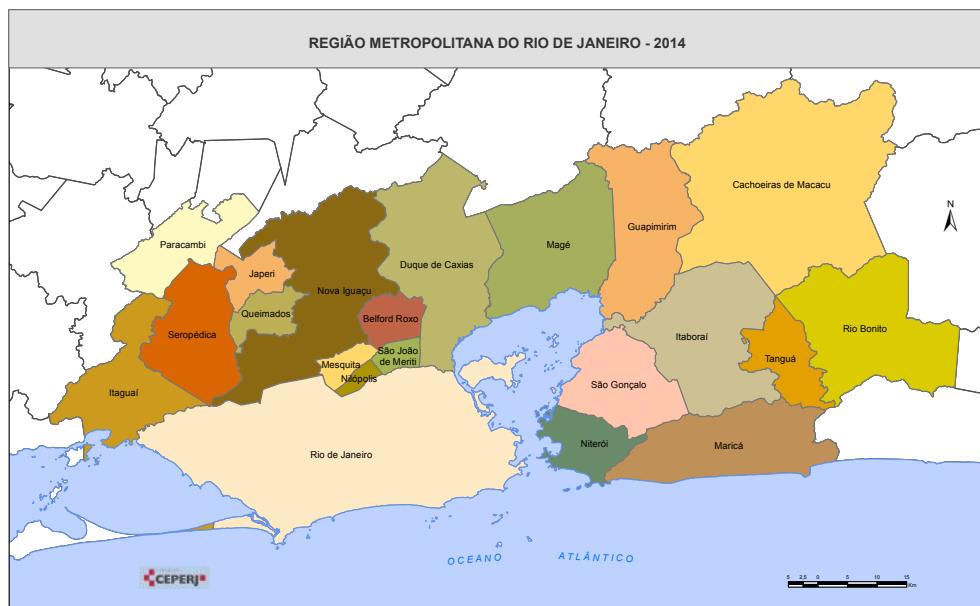


Figura 17. Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: Fundação CEPERJ, 2014.

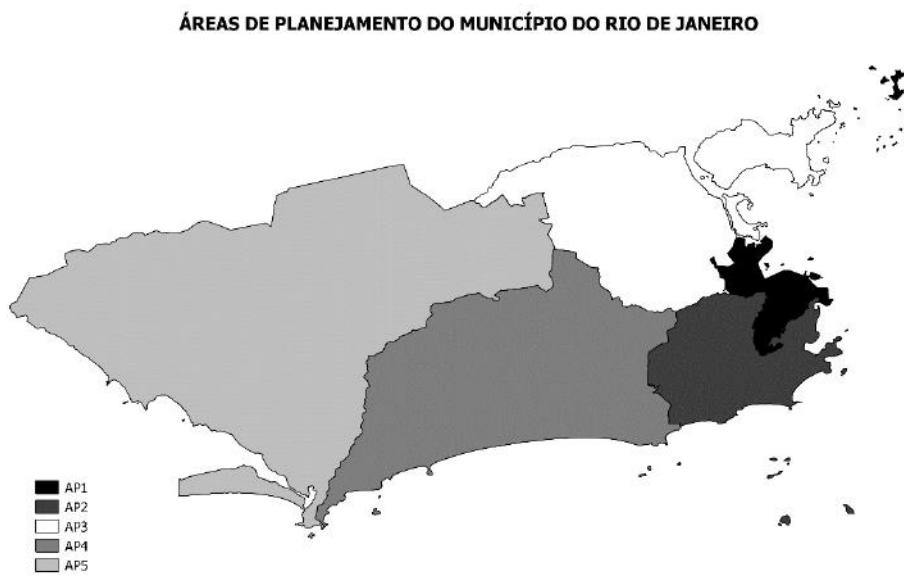


Figura 18. Município do Rio de Janeiro por Áreas de Planejamento. Fonte: Elaboração própria, baseada em PCRJ, 2000.

A Área de Planejamento 1 é formada por 15 bairros. Nesta região vivem 4,7% da população do município o que representa 2,8% do território municipal. A AP 1 engloba o espaço urbano mais antigo da cidade, correspondendo ao centro histórico e ao conjunto de bairros que foram urbanizados na primeira metade do século XIX, como resposta ao processo de crescimento e transformações decorrentes da chegada da corte portuguesa em 1808 (PCRJ, 2000). Nesta área de planejamento estão incluídas as ilhas da Baía de Guanabara, sendo a principal a ilha de Paquetá.

A Área de Planejamento 2 é formada por 25 bairros. Representa 8,2% do território, onde vivem 16,0% da população do município. A AP 2 corresponde à área de expansão da cidade promovida pela implantação do sistema de bondes, na segunda metade do século XIX (PCRJ, 2000). Com sua configuração geográfica entre o mar e o Maciço da Tijuca, é a região que simboliza a imagem da cidade do Rio de Janeiro, pois é nessa região que estão localizados grande parte dos pontos turísticos do município.

A Área de Planejamento 3 é formada por 80 bairros. Esta região ocupa 16,6% do território e possui a maior concentração populacional do município (37,9%). A ocupação dessa região teve origem nas atividades agrícolas, mas as transformações de uso e a consequente incorporação das terras da AP 3 à malha urbana começaram a acontecer com a implantação da ferrovia, na segunda metade do século XIX (PCRJ, 2000). Nesta área de planejamento também estão incluídas as ilhas do Governador e do Fundão.

A Área de Planejamento 4 é formada por 19 bairros. Nesta região vivem 14,4% da população, ocupando 24,0% da área do município. A AP 4 possui uma extensa área de baixada, limitada pelos maciços da Tijuca e da Pedra Branca e pelo Oceano Atlântico. Foi uma região que se manteve preservada por muito tempo, sem inserção na malha urbana, em função das próprias características geográficas que dificultavam o acesso. Em meados do século XX ocorreu a inserção definitiva da área ao território da cidade, em função da implantação de novas conexões rodoviárias. A ocupação, que passava a ser irreversível e enormemente facilitada, foi conduzida pela continuação do eixo litorâneo, vindo da zona sul, expandindo a ação do vetor residencial mais valorizado da cidade. Dois vetores residenciais passaram então a conduzir a urbanização da área: um mais antigo por Jacarepaguá e um novo, pela Barra da Tijuca. Esta última direção, por extensão, valores ambientais e potencial de crescimento, foi objeto de um plano de ocupação realizado em 1969 por Lucio Costa (PCRJ, 2000). Desde então, a AP 4 registra um enorme crescimento, verificado, sobretudo, na região administrativa da Barra da Tijuca que passou de 43.345

residentes em 1980 para 300.823 em 2010, tendo sua população multiplicada por 7 nos últimos 30 anos.

A Área de Planejamento 5 é formada por 21 bairros. O mais recente bairro acrescentado foi o de Gericinó, cujo território antes de 2004 pertencia ao Bairro de Bangu. Esta região está localizada no extremo oeste no município do Rio de Janeiro e corresponde a quase metade de todo o território municipal (48,4%). A Zona Oeste, como é conhecida a AP 5, foi tratada como última fronteira da urbanização do Rio de Janeiro, onde residem 27,0% da população. Nela foram mantidos, durante muito tempo, os usos agrícolas e as extensas propriedades, que foram se extinguindo com a pressão da urbanização, a partir da década de 1960 (PCRJ, 2000). Neste amplo espaço de planícies e morros, os núcleos urbanos se adensaram em torno de estações ferroviárias, alguns tão distantes do Centro da Cidade, como Campo Grande e Santa Cruz, que chegam a 70 km de distância e que se apresentam como se fossem “outras cidades” ou cidades satélites.

O Rio de Janeiro é a cidade brasileira com os maiores contingentes de pessoas vivendo em aglomerados subnormais. Segundo resultados do Censo 2010, 23,0% da população do Rio de Janeiro viviam em favelas (Figura 19).



Figura 19. Favela da Rocinha, o maior aglomerado subnormal do Brasil. Fonte: Agência Estado, 2012.

A existência dessa quantidade de aglomerados subnormais aponta para um grave problema relacionado à incongruência entre políticas habitacionais do município e à demanda por moradias. O crescimento da população nessas regiões, entre 2000 e 2010, foi de 27,65%, enquanto a cidade regular, excetuando os moradores das favelas, cresceu a um ritmo oito vezes menor, apenas 3,4%.

A presença dessas favelas torna-se um indicador trágico da dinâmica social e econômica, e revela o resultado da falta de políticas sociais eficazes ao longo das últimas décadas. Na cidade do Rio de Janeiro, centenas de favelas, a maioria delas em encostas ou nas margens dos rios, criam condições de vida arriscadas, devido a deslizamentos de terra e inundações (Alves & Torres, 2006).

A Figura 20, mostra o espalhamento dos 763 aglomerados subnormais no município do Rio de Janeiro.

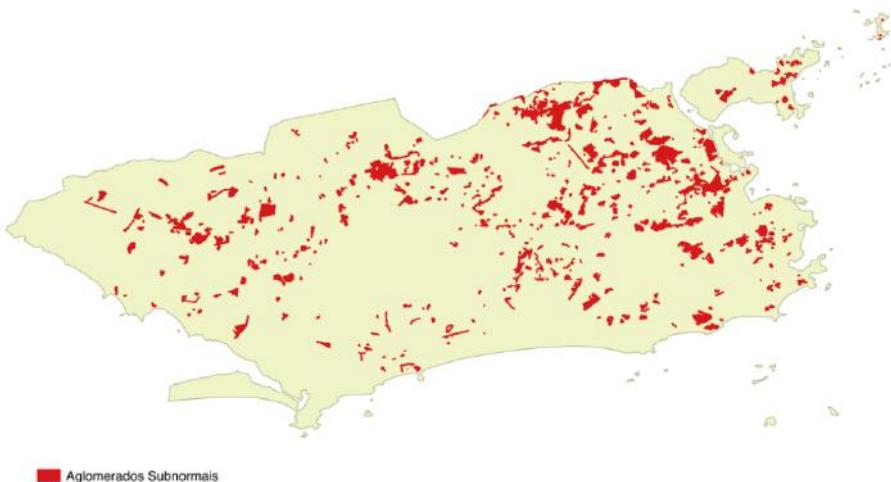


Figura 20. Aglomerados Subnormais em 2010 – Rio de Janeiro. Fonte: Elaboração Própria, baseada em IBGE, 2010c.

A proporção de pessoas vivendo em favelas varia significativamente entre as áreas de planejamento, com amplo predomínio da AP 1, na qual, embora em termos absolutos a população residente em favelas seja a menor do município, sua proporção em relação à população total é a maior. Em seguida aparece a região Norte (AP 3) com 27% da sua

população vivendo em favelas; depois, a região da Barra da Tijuca e Jacarepaguá (AP 4) com 26%, Zona Sul (AP 2) com 17% e, por último, a Zona Oeste (AP 5) com 16% (Tabela 3).

A amplitude desses problemas urbanos e seus impactos em diferentes escalas territoriais fundamentam o interesse em compreender e analisar a questão das pessoas vivendo em situações de vulnerabilidade no Brasil e, em particular, no município do Rio de Janeiro, onde o problema das favelas se tornou crônico.

Tabela 3. População vivendo em Favelas por Áreas de Planejamento – Município do Rio de Janeiro.

Área de Planejamento	Cidade (A)	Favela (B)	(B)/(A)
Total	6.320.446	1.443.773	23%
AP1 - Central	297.976	103.296	35%
AP2 - Zona Sul	1.009.170	174.149	17%
AP3 - Zona Norte	2.399.159	654.755	27%
AP4 - Barra/Jacarepaguá	909.368	236.834	26%
AP5 - Zona Oeste	1.704.773	274.739	16%

Fonte: IBGE, 2010c.

5.2. Metodologia

Tomando como base o Capítulo 4, a utilização de AMD integrada ao um SIG permite ao presente estudo a realização de análises mais consistentes acerca da vulnerabilidade socioambiental, possibilitando a utilização dos resultados da pesquisa para embasar a tomada de decisões de órgãos públicos, a reivindicação de soluções por parte dos movimentos sociais e a disseminação de informações importantes para a população em geral.

5.2.1. Definição das componentes do índice de vulnerabilidade socioambiental

O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) é construído através da integração da metodologia de análise multicritério de apoio à decisão (MCDA), mais

especificamente do processo de hierarquia analítica (AHP), a um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O IVSA proposto é composto por quinze indicadores formulados com base em revisão bibliográfica e discussões com 12 especialistas das áreas de Sociologia, Economia, Planejamento Urbano, Meio Ambiente, Saúde e Segurança. Foi apresentada uma proposta de indicadores para construção do índice composto, e a mesma validada pelos especialistas. A memória de cálculo dos indicadores está disponível no Anexo I.

Esses indicadores foram agrupados em três componentes: Socioeconômica, Infraestrutura Urbana, e Ambiental, de Saúde e de Segurança.

a) Componente Socioeconômica

Para construção da componente socioeconômica foram selecionados alguns indicadores socioeconômicos do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil³. Esta seleção foi realizada através da análise de componentes principais (ACP), que consiste em uma técnica estatística que visa a transformação mais representativa e mais densa das observações. Seu principal objetivo é verificar a existência de um número reduzido das primeiras componentes principais que seja capaz de explicar uma grande proporção da variação integral do conjunto original. Esta técnica permite, portanto, realizar a síntese de um grande conjunto de dados sem perder sua essência. Matematicamente, a ACP transforma um vetor aleatório $a \in R_m$ em outro vetor $b \in R_n$ (para $n \leq m$) projetando a nas n direções ortogonais de maior variância, chamadas componentes principais (Mingote, 2005).

Os indicadores utilizados na componente socioeconômica do IVSA são apresentados a seguir:

Indicador-1: Percentual de mães chefes de família, sem ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade (Fonte: Censo 2010);

³ Atlas do desenvolvimento humano (ADH) no Brasil é uma plataforma de consulta ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), de 5.565 municípios brasileiros, aplicados às 27 Unidades da Federação, vinte regiões metropolitanas e suas respectivas Unidades de Desenvolvimento Humano. O ADH engloba o Atlas do desenvolvimento humano nos municípios e o Atlas do desenvolvimento humano nas Regiões Metropolitanas e traz, além do IDHM, mais de duzentos indicadores de demografia, educação, renda, trabalho, habitação e vulnerabilidade (IPEA, 2015).

Indicador-2: Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo (Fonte: Censo 2010);

Indicador-3: Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a meio salário mínimo⁴ (Fonte: Censo 2010);

Indicador-4: Proporção de pessoas com renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a meio salário mínimo (Fonte: Censo 2010);

Indicador-5: Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal (Fonte: Censo 2010).

b) Componente de Infraestrutura Urbana

Para a construção da componente de infraestrutura urbana foram utilizados um indicador de mobilidade urbana, o indicador de quantidade de moradores por domicílio que o IBGE utiliza para identificar domicílios de moradia inadequada, o percentual de domicílios sem bueiro ou boca de lobo, indicador coletado pela primeira vez no Censo 2010 para avaliação de drenagem urbana. Além de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário e serviço de coleta de lixo, também retirados da base de dados do Censo 2010.

Os indicadores utilizados na componente de infraestrutura urbana do IVSA são apresentados a seguir:

Indicador-6: Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda *per capita* inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho (Fonte: Censo 2010);

Indicador-7: Razão de morador por domicílio (Fonte: Censo 2010);

Indicador-8: Percentual de domicílios sem bueiro ou boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoa a água proveniente de chuvas) (Fonte: Censo 2010);

⁴ Salário Mínimo em 2010: R\$ 510,00.

Indicador-9: Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados (Fonte: Censo 2010);

Indicador-10: Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo (Fonte: Censo 2010).

c) Componente Ambiental, de Saúde e de Segurança

Para a construção da componente ambiental, de saúde e de segurança foram utilizados: o indicador de suscetibilidade ao escorregamento, da Fundação Instituto de Geotécnica (Geo-Rio), órgão da Secretaria Municipal de Obras responsável pela contenção de encostas, em 2010; o Índice de Susceptibilidade do Meio Físico à Inundação (ISMFI) desenvolvido pelo pesquisador Francis Miranda (COPPE/UFRJ), utilizado em diversos estudos da COPPE e também no suporte à elaboração do Plano de Adaptação da Cidade do Rio de Janeiro. Este índice foi construído a partir da avaliação dos seguintes fatores físicos: declividade, cota altimétrica, impermeabilização do solo e proximidade do curso d'água (Miranda, 2016); o indicador de mortalidade infantil do IBGE; o indicador de arborização do logradouro, coletado pela primeira vez no Censo 2010, utilizado na avaliação do conforto térmico, desempenhando um importante papel na melhoria das condições ambientais das cidades e qualidade de vida de seus habitantes (Martelli & Santos Jr, 2015); além do indicador de letalidade violenta do Instituto de Segurança Pública, incluindo homicídio doloso, latrocínio, lesão corporal dolosa e homicídio por intervenção policial.

Os indicadores utilizados na componente ambiental, de saúde e de segurança do IVSA são apresentados a seguir:

Indicador-11: Suscetibilidade ao escorregamento (Fonte: Fundação Geo-Rio, 2013);

Indicador-12: Risco de inundações e enchentes (Fonte: ISMFI, 2010);

Indicador-13: Mortalidade até um ano de idade (Fonte: Censo 2010);

Indicador-14: Percentual de domicílios sem arborização no logradouro (Fonte: Censo 2010);

Indicador-15: Letalidade Violenta (Fonte: ISP-RJ, 2013).

Os indicadores utilizados na construção do IVSA procuram destacar diferentes situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade no território brasileiro, em uma perspectiva que vai além da identificação da pobreza entendida, apenas como insuficiência de recursos monetários. Estes quinze indicadores correspondem a conjuntos de ativos, recursos ou estruturas, cujo acesso, ausência ou insuficiência, indicam que o padrão de vida se encontra baixo, sugerindo, no limite, o não acesso e a não observância dos direitos sociais.

5.2.2. Construção do Sistema de Informação Geográfica

- a) Aquisição de dados: captura, importação, validação e edição são procedimentos que envolvem as etapas necessárias à alimentação do sistema. O processamento estatístico dos dados foi feito através do software SAS (SAS, 2018).
- b) Gerenciamento de banco de dados: envolvem o armazenamento dos dados de forma estruturada, de modo a possibilitar e facilitar a realização de análises. O gerenciamento dos dados foi realizado no software QGIS, um Sistema de Informação Geográfica com código aberto e licenciado sob a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (QGIS, 2017). Este software pode ser utilizado tanto para dados vetoriais quanto formatos matriciais e apresenta diversas funcionalidade. O QGIS disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções básicas e de complementos. Um destes complementos, Easy AHP, descrito no Anexo I, implementa a análise multicritério no QGIS, onde os parâmetros de entrada são mapas em formato matricial e os cálculos são feitos pixel a pixel. O público-alvo é o tomador de decisão que trabalha na análise de adequação para uso do solo, agricultura, gerenciamento de desastres, recursos ambientais, etc. A interface é amigável e facilita a análise dividindo as operações em etapas. As manipulações cartográficas, edições, análises e composições espaciais também foram realizadas no QGIS.

- c) Visualização e apresentação cartográfica: um SIG necessita ter agilidade para utilizar as diversas camadas de dados e exibir este resultado através de mapas de síntese com boa qualidade gráfica (Figura 21).
- d) Consulta e análise: considerada a principal função de um SIG, pois possibilita operações de extração e geração de novas informações sobre o espaço geográfico, a partir de critérios especificados pelo próprio usuário.

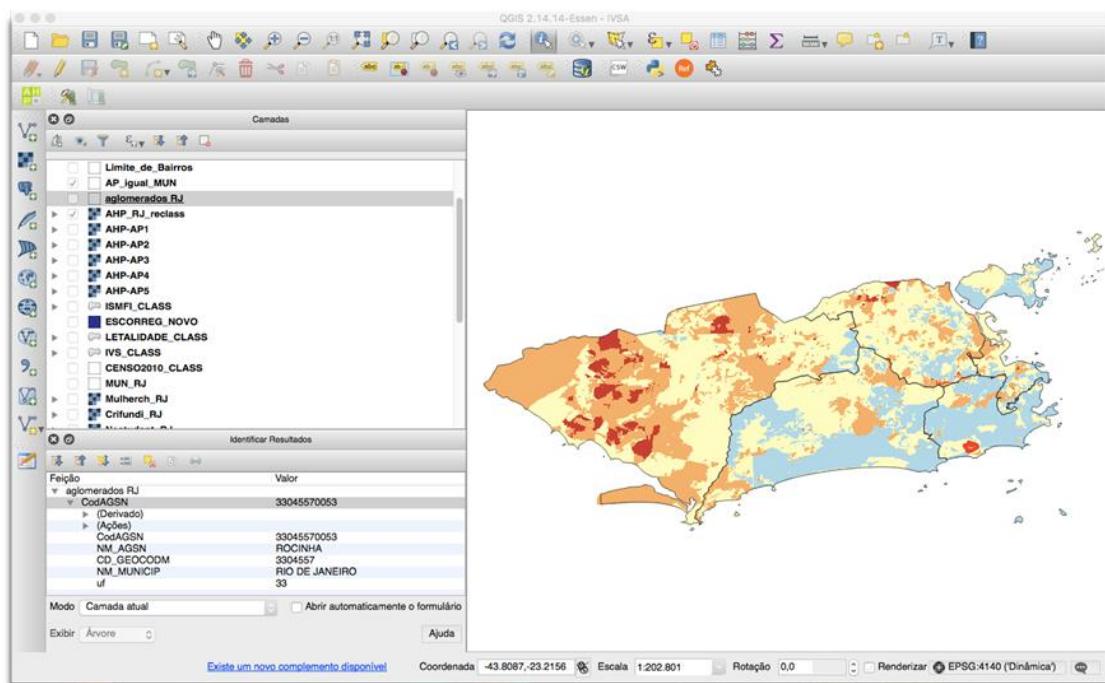


Figura 21. SIG da construção do IVSA (QGIS).

5.2.3. Aplicação da Análise Multicritério – *Analytic Hierarchy Process*

As próximas etapas são baseadas na metodologia descrita no capítulo anterior, de acordo com o fluxograma de decisão do processo AHP-SIG descrito na Figura 14.

A partir da montagem da hierarquia, os critérios, ou seja, os 15 indicadores das três componentes do IVSA (Figura 22) devem ser comparados par a par, de acordo com sua importância para atingir o objetivo principal, a minimização da Vulnerabilidade Socioambiental.

A partir da montagem da hierarquia, os critérios, ou seja, os 15 indicadores das três componentes do IVSA (Figura 22) devem ser comparados par a par, de acordo com sua importância para atingir o objetivo principal, a minimização da Vulnerabilidade Socioambiental.

Tal comparação foi fundamentada em uma escala de intensidade de importância, com valores variando entre 1 e 9, segundo Saaty (1980), apresentada na Tabela 1 do Capítulo 4.

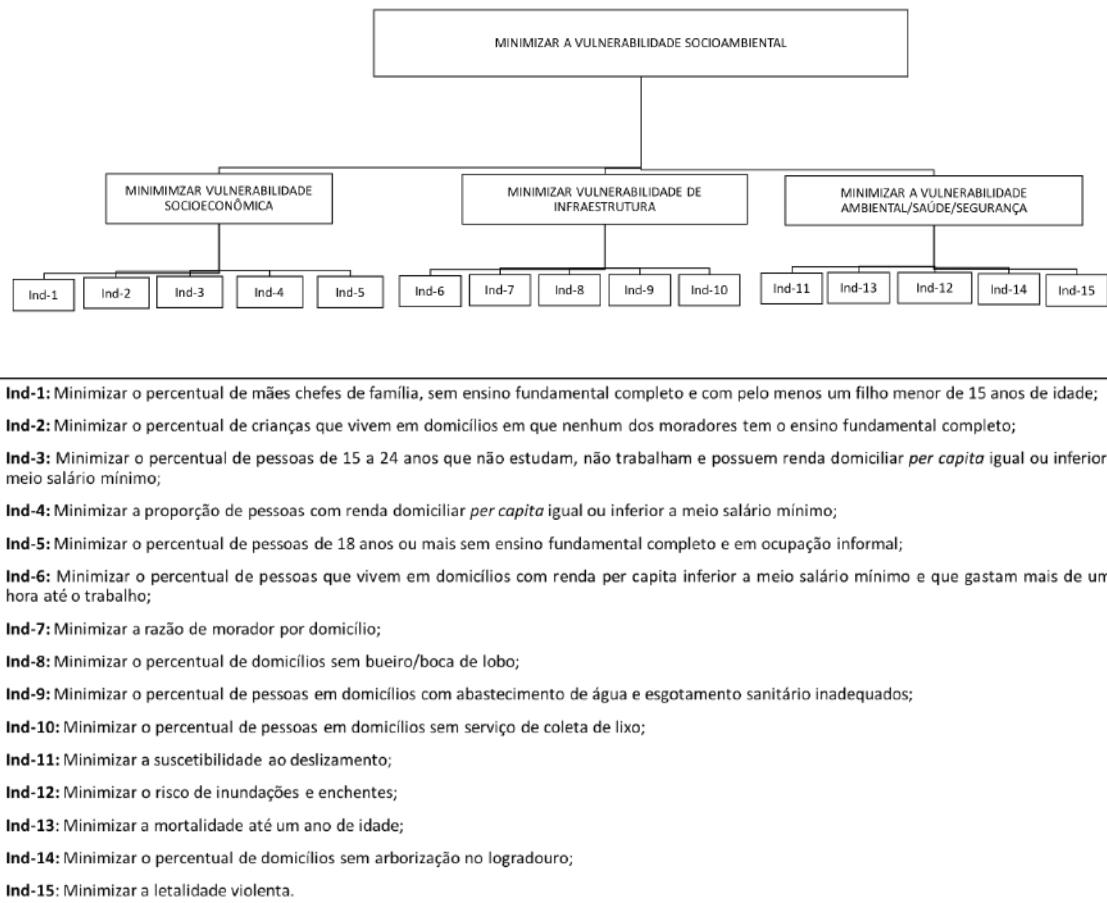


Figura 22. Hierarquia de objetivos.

Para obter uma matriz de comparação de critérios com maior confiabilidade, foram construídos questionários para avaliar a importância dos indicadores par-a-par e os mesmos enviados a 12 especialistas das áreas de Sociologia, Economia, Geografia, Planejamento Urbano, Meio Ambiente, Saúde e Segurança. Para facilitar essa identificação, foi construído um questionário em Excel, com 15 planilhas, uma para cada

indicador. Em cada uma delas o especialista deveria preencher o campo **sua percepção**, selecionando o grau de importância do indicador principal (em destaque no topo da planilha) em relação a cada um dos demais (indicador comparativo). Foram dadas 5 opções para o grau de importância (escala de Saaty): importância equiparada (contribuição equiparada para o objetivo), importância Moderada (um indicador ligeiramente favorável em detrimento de outro), importância forte (um indicador fortemente favorável em detrimento do outro), importância muito forte (um indicador muito fortemente favorável em detrimento do outro) e importância absoluta (É a maior ordem de afirmação possível de um indicador em detrimento de outro). No período do preenchimento do questionário foram realizados encontros presenciais com os especialistas para sanar possíveis dúvidas. Os questionários estão disponíveis no Anexo I.

A partir dos questionários foram construídas matrizes de comparação 15x15 para cada especialista. Estas matrizes foram consolidadas em apenas uma através da comparação entre as respostas dos especialistas, sendo selecionada para cada comparação de indicador par a par a mais frequente, ou seja, a resposta modal (Tabela 4). Em seguida esta matriz foi normalizada, os cálculos encontram-se na Tabela A do Anexo I.

Tabela 4. Matriz de Comparação Pareada dos 15 Indicadores (soma).

Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	5,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	7,0	1,0
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	7,0	1,0
4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	7,0	1,0
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0
6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	3,0
7	1,0	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	1,0	5,0	3,0
8	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0
9	1,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0	5,0	1,0
10	1,0	0,3	1,0	0,3	0,2	0,3	0,3	1,0	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0
11	1,0	1,0	1,0	0,3	0,2	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	7,0	5,0
12	1,0	1,0	1,0	0,3	0,2	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	7,0	3,0
13	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,2	1,0	1,0	0,3	1,0	0,3	0,3	1,0	3,0	1,0
14	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	1,0	1,0
15	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	0,2	0,3	1,0	1,0	1,0
Soma	13,4	12,0	12,7	10,1	8,2	9,3	22,9	36,2	20,9	28,2	20,7	22,8	26,3	75,0	27,0

A determinação da contribuição de cada critério na meta global é calculada a partir do vetor de prioridade ou vetor de Eigen. Este vetor apresenta os pesos relativos entre os critérios e é obtido através da média aritmética dos valores da cada um dos critérios, após a normalização da matriz de comparação original, os cálculos encontram-se na Tabela B do Anexo I.

O resultado do vetor de Eigen é apresentado na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5. Vetor de Eigen (resultado).

Indicadores	Vetor de Eigen (resultado)
1	0,07
2	0,08
3	0,08
4	0,10
5	0,13
6	0,11
7	0,07
8	0,03
9	0,06
10	0,04
11	0,06
12	0,06
13	0,01
14	0,04
15	0,01

O índice de consistência (IC) tem como base o número principal de Eigen (λ_{\max}). Este número é calculado através do somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen (Tabela 5) pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original (Tabela 4). A Tabela 6 apresenta o cálculo do número principal de Eigen (λ_{\max}).

Tabela 6. Cálculo do λ_{\max}

Vetor de Eigen	0,07 0,08 0,08 0,1 0,13 0,11 0,07 0,03 0,06 0,04 0,06 0,06 0,04 0,01 0,04
Total (Soma)	13,40 12,01 12,68 10,14 8,20 9,27 22,87 36,20 20,87 28,20 20,68 22,81 26,33 75,00 27,00
λ_{\max}	$(0,07*13,40)+(0,08*12,01)+(0,08*12,68)+(0,1*10,14)+(0,13*8,20)+(0,11*9,27)+(0,07*22,87)+(0,03*36,20)+(0,06*20,87)+(0,04*28,20)+(0,06*20,68)+(0,06*22,81)+(0,04*26,33)+(0,01*75,00)+(0,04*27,00) = 17,22$

Com a obtenção de λ_{\max} é possível calcular o valor do Índice de Consistência (IC) da matriz de comparação através da fórmula:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \text{ onde } n \text{ é a ordem da matriz} \quad (5.1)$$

$$IC = 0,16$$

Saaty (1980) propõe o cálculo da Razão de Consistência (RC), obtida pela fórmula:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (5.2)$$

Onde IC corresponde ao Índice de Consistência calculado a partir da fórmula (5.2) e IR um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge. Para $n = 15$, $IR = 1,59$ e se obtém o valor a seguir para RC:

$$RC = \frac{0,16}{1,59} = 0,0997$$

Como $RC < 0,1$ a matriz de comparação é consistente.

5.3. Análise dos resultados

5.3.1. Indicadores

A partir do vetor de Eigen é possível calcular a contribuição de cada componente no Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA). A componente Socioeconômica contribui com a soma dos pesos dos indicadores 1 a 5 (46,6%). A componente de Infraestrutura urbana contribui com a soma dos pesos dos indicadores 6 a 10 (31,0%) e a componente Ambiental, de Saúde e de Segurança contribui com a soma dos indicadores 11 a 15 (22,4%). Nota-se, portanto, uma maior contribuição para o IVSA da componente Socioeconômica, seguida pela de Infraestrutura Urbana e a menor contribuição da componente Ambiental, de Saúde e de Segurança.

Como mencionado no capítulo anterior, os indicadores foram todos padronizados e variam entre 0 e 1, sendo que, quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade ao indicador, e inversamente, quanto mais próximo de 0, menor. Para as regiões que apresentam valores entre 0 e 0,200, considera-se que possuem muito baixa vulnerabilidade. Valores entre 0,201 e 0,400 indicam baixa vulnerabilidade. Aquelas que apresentam valores entre 0,401 e 0,600 são de média vulnerabilidade, ao passo que, entre 0,601 e 0,800 são consideradas de alta vulnerabilidade. E por último, qualquer valor entre 0,801 e 1 indica que a região possui muito alta vulnerabilidade. Além da padronização, os mapas foram transformados para formato matricial (raster), que é a extensão de aquivo suportada pelo complemento Easy AHP, que a será utilizado no QGIS.

A componente Socioeconômica pode ser analisada através da Figura 23, onde estão classificados os seus cinco indicadores. Todos os indicadores apresentam muito baixa vulnerabilidade nas APs 1 (Centro), AP 2 (Zona Sul) e na região da Barra da Tijuca da AP 4 (Barra/Jacarepaguá).

O indicador 1 (percentual de mães chefes de família, sem ensino fundamental completo e com, pelo menos, um filho menor de 15 anos de idade), não possui concentração em nenhuma das 5 classes. Sua distribuição no município é muito próxima nas seguintes classes: 27,3% muito baixa, 22,5% baixa, 23,9% média e 21,9% alta vulnerabilidade. Os casos de muito alta vulnerabilidade (4,4%), apesar de poucos, ocorrem, sem concentração, em todas as APs.

O indicador 2 (percentual de crianças que vivem em domicílios onde que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo), possui maior concentração nas classes: muito baixa (43,7%) e baixa (26,5%) vulnerabilidade. Os pouquíssimos casos de muito alta vulnerabilidade (0,2%) ocorrem nos aglomerados subnormais: Rocinha (AP 2), Fazenda Botafogo, Bairro da Pedreira (AP 3) e Rio das Pedras (AP 4). Regiões de média (19,8%) e alta (9,8%) vulnerabilidade encontram-se espalhadas, sem concentração, por todo o município.

O indicador 3 (percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo), concentra os piores casos, de alta (5,7%) e muito alta (6,7%) vulnerabilidade nas APs 2 e 5, sendo Paciência e Santa Cruz os bairros com as piores classificações. Regiões de muito baixa vulnerabilidade (38,3%) predominam nas APs 1, 2 e 4. Regiões de baixa (34,1%) e

média (15,2%) vulnerabilidade encontram-se espalhadas, sem concentração, por todo o município.

O indicador 4 (proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo), apesar de ter a maior concentração na classe de muito baixa vulnerabilidade (35,6%), revela uma situação muito crítica para a AP 5, onde poucas são as regiões nesta classificação. Regiões de muito alta (3,6%), alta (12,8%) e média (22,9%) se concentram na AP 5 e as regiões de baixa vulnerabilidade (25,1%) encontram-se espalhadas, sem concentração, por todo o município.

O indicador 5 (percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal), é o que possui maior percentual de regiões com classificação muito alta vulnerabilidade (11,3%), novamente concentradas nas APs 3 e 5. A AP 5 concentra também a maior região de alta vulnerabilidade (29,2%). Regiões de muito baixa vulnerabilidade (18,5%) concentram-se nas APs 2 e 4. Regiões de baixa (17,0%) e média (24,0%) vulnerabilidade encontram-se espalhadas, sem concentração, por todo o município.

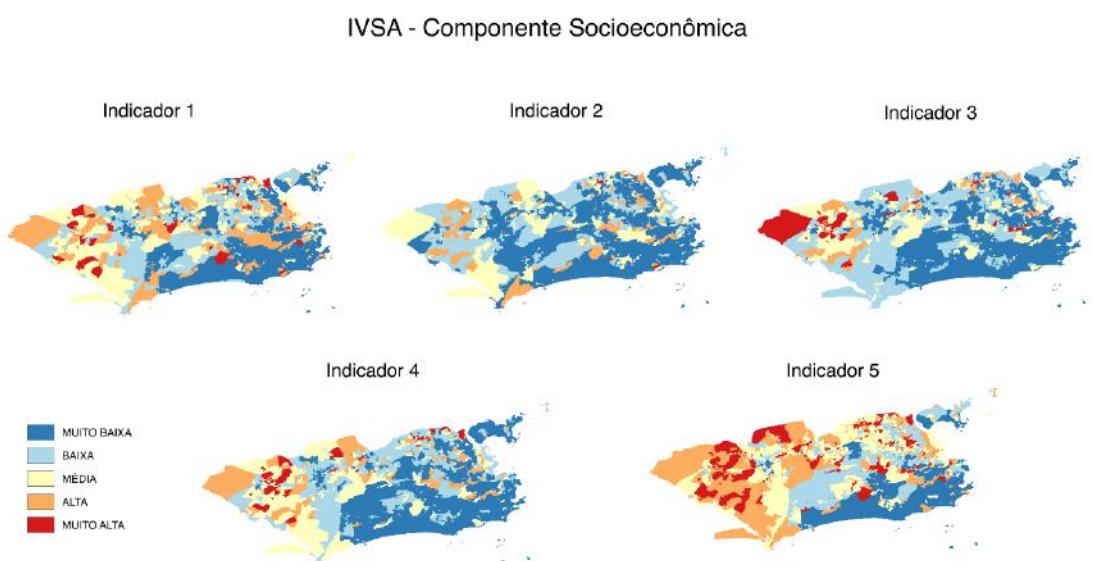


Figura 23. Indicadores da Componente Socioeconômica do IVSA.

A componente de Infraestrutura Urbana pode ser analisada na Figura 24, a partir dos seus indicadores. Os cinco indicadores apresentam comportamentos distintos.

O indicador 6 (percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho), está classificado como baixa vulnerabilidade em mais da metade do município (51,3%), seguido por muito baixa vulnerabilidade (35,1%). As pouquíssimas situações de muito alta vulnerabilidade ocorrem apenas na AP 2 (0,8%). Regiões de média vulnerabilidade (12,2%) predominam na AP 5 e de alta (0,6%) no bairro da Barra da Tijuca, na AP 4.

O indicador 7 (razão de morador por domicílio), está classificado como média vulnerabilidade em praticamente todo o território (88,7%). Apresentando apenas uma pequena região da AP 5 como muito alta vulnerabilidade (0,5%). Regiões de muito baixa (0,2%), baixa (10,0%) e alta (0,6%) vulnerabilidade encontram-se espalhadas, sem concentração, por todo o município.

O indicador 8 (percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo), divide o município, a oeste, na AP 5 predominando regiões de muito alta vulnerabilidade (26,0%) e, a leste, nas APs 1, 2, 3 e 4 predominando regiões de muito baixa vulnerabilidade (56,2%). Regiões de baixa (6,1%), média (5,5%) e alta (6,2%) vulnerabilidade encontram-se espalhadas, sem concentração, por todo o município.

O indicador 9 (percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados), é classificado em quase todo o município como muito baixa vulnerabilidade (73,3%). Regiões de muito alta (0,7%), alta vulnerabilidade (4,2%), média (13,8%) e baixa (7,9%) vulnerabilidade encontram-se espalhados, sem concentração, pelas APs 1, 3, 4 e 5.

O indicador 10, percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo, também é classificado em quase todo o município como muito baixa vulnerabilidade (89,3%). As poucas regiões de alta (0,5%) e muito alta vulnerabilidade (0,1%) encontram-se nas APs 1 e 3. Regiões de baixa (6,0%) e média (4,1%) vulnerabilidade encontram-se espalhadas, sem concentração, por todas as APs.

A componente Ambiental, de Saúde e de Segurança pode ser analisada na Figura 25 a partir dos seus indicadores.

O indicador 11 (suscetibilidade ao escorregamento), está classificado em muito baixa (57,9%), média (29,7%) e muito alta vulnerabilidade (12,4%). As principais regiões de maior vulnerabilidade estão concentradas próximas aos grandes maciços da cidade, da Tijuca,

que delimita as APs 2 e 4; da Pedra Branca, que delimita as APs 4 e 5; e de Gericinó-Mandanha, na AP 5, fronteira com os municípios de Nova Iguaçu e Mesquita.

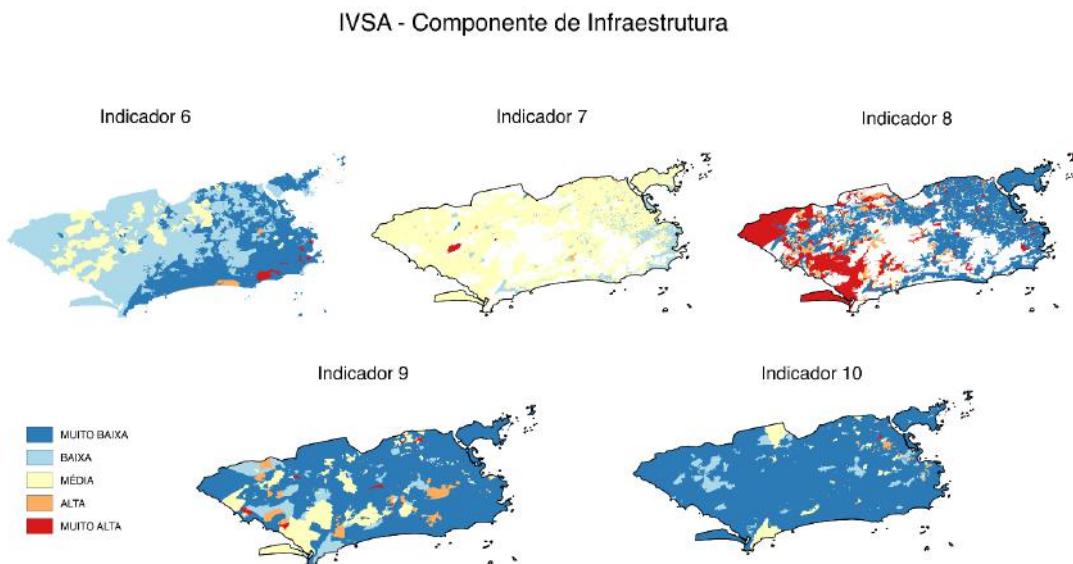


Figura 24. Indicadores da Componente de Infraestrutura Urbana do IVSA.

O indicador 12 (risco de inundações e enchentes), está classificado como 43,6% muito baixa, 16,1% baixa, 14,8% média, 15,3% alta e 10,2% muito alta vulnerabilidade. As regiões de muito alta e alta vulnerabilidade encontram-se concentradas nas regiões de lagoas e baías, como a região da Lagoa Rodrigo de Freitas na AP 2, o complexo lagunar de Jacarepaguá na AP 4, a baía de Sepetiba, na AP 5 e baía de Guanabara na AP 3.

O indicador 13 (mortalidade até um ano de idade), está classificado como 33,6% muito baixa, 20,5% baixa, 22,5% média, 12,1% alta e 11,3% muito alta vulnerabilidade. Nas APs 1, 2 e 4 predominam regiões de muito baixa vulnerabilidade, na AP 3 predominam regiões de baixa vulnerabilidade e na AP 5 predominam regiões de média, alta e muito alta vulnerabilidade.

O indicador 14 (percentual de domicílios sem arborização no logradouro), está classificado na maior parte do município como muito baixa (59,5%) ou baixa (10,0%) vulnerabilidade. As regiões de média (7,6%), alta (6,9%) e muito alta (16,0%) vulnerabilidade encontram-se na AP 1, por ser a região central, fortemente urbanizada, além de muitas regiões da AP 5, para onde a cidade está crescendo, sem o mesmo

acompanhamento da arborização urbana. A falta de vegetação em áreas urbanas reduz o efeito de arrefecimento que as plantas fornecem, através da sombra e da evapotranspiração, favorecendo ao surgimento de “ilhas de calor” (Shams et al., 2009).

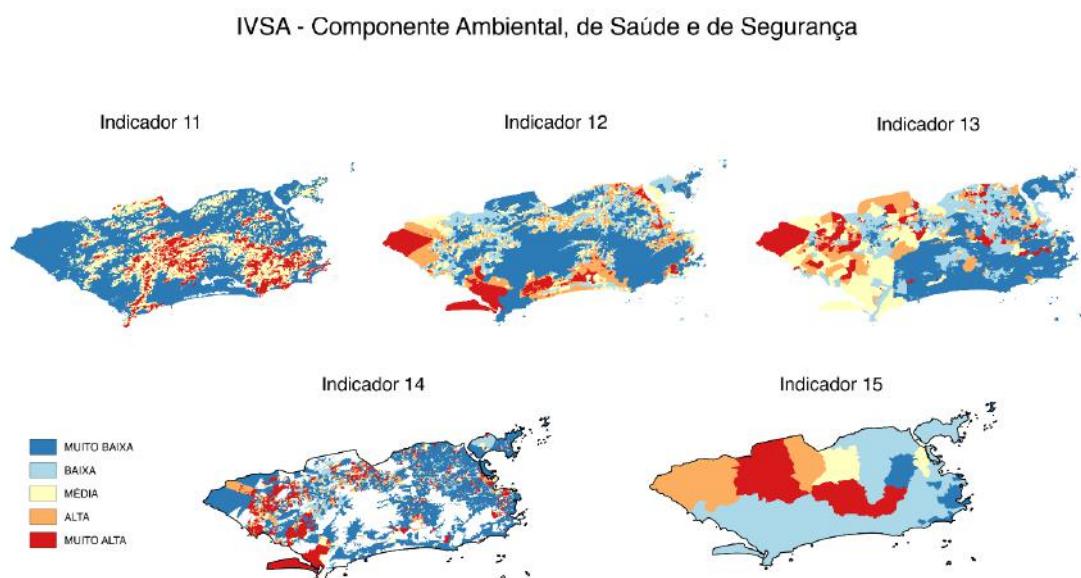


Figura 25. Indicadores da Componente Ambiental, de Saúde e de Segurança do IVSA.

O indicador 15 (letalidade violenta), está classificado como 5,9% muito baixa, 50,8% baixa, 5,8% média, 17,6% alta e 19,9% muito alta vulnerabilidade. Os bairros com piores situações de segurança são: Jacarepaguá, Taquara, Curicica, Cidade de Deus, Anil e Gardênia Azul na AP 4 e Cosmos, Inhoaíba, Campo Grande, Senador Vasconcelos e Santíssimo na AP 5.

Todos os mapas estão disponíveis no Anexo II.

5.3.2. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

O IVSA varia entre 0 e 1, sendo que, quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade socioambiental e, inversamente, quanto mais próximo de 0, menor. Para melhor aplicabilidade, este índice foi dividido em cinco faixas de vulnerabilidade conforme a tabela 7 a seguir.

Tabela 7. Faixas de valores do IVSA.

0,000 - 0,200	Muito baixa
0,201 - 0,300	Baixa
0,301 - 0,400	Média
0,401 - 0,500	Alta
0,501 – 1,000	Muito alta

Os resultados são apresentados por Áreas de Planejamento (APs), em conformidade com a abordagem territorial do macroplanejamento existente na prefeitura do Rio de Janeiro.

Aproximadamente metade da área da AP 1 está classificada como média vulnerabilidade socioambiental (48,3%), 27,4% como baixa vulnerabilidade socioambiental, 23,6% como alta vulnerabilidade socioambiental e 0,7% como vulnerabilidade socioambiental muito alta (Figura 26). O destaque da região de muito alta fica para a favela do Morro da Providência, que possui mais da metade dos indicadores que compõem o IVSA classificados como vulnerabilidade alta ou muito alta. Não há casos de muito baixa vulnerabilidade socioambiental nesta área de planejamento. A população desta região tem sido alvo de diversos estudos acerca de sua vulnerabilidade social acrescida (Gutterres, 2016).

A AP 2 (Figura 27), possui comportamento bem diferente da AP 1. 71,2% da região está classificada como baixa vulnerabilidade socioambiental, 21,0% como média vulnerabilidade e 7,8% como alta vulnerabilidade. Não há casos de muito baixa ou muito alta vulnerabilidade socioambiental. O destaque da região de alta vulnerabilidade fica para a favela da Rocinha, onde residiam 69.161 habitantes, segundo o Censo 2010, sendo a maior favela do Brasil. A Rocinha apresenta indicadores altos ou muito altos da componente socioeconômica, baixos de infraestrutura urbana, de suscetibilidade ao escorregamento muito alto e de mortalidade infantil alto. Apesar de terem ocorrido investimentos em infraestrutura, como abastecimento de água, esgotamento e coleta de lixo, outros problemas socioeconômicos, de saúde e risco ambiental ainda estão muito presentes desta

região.

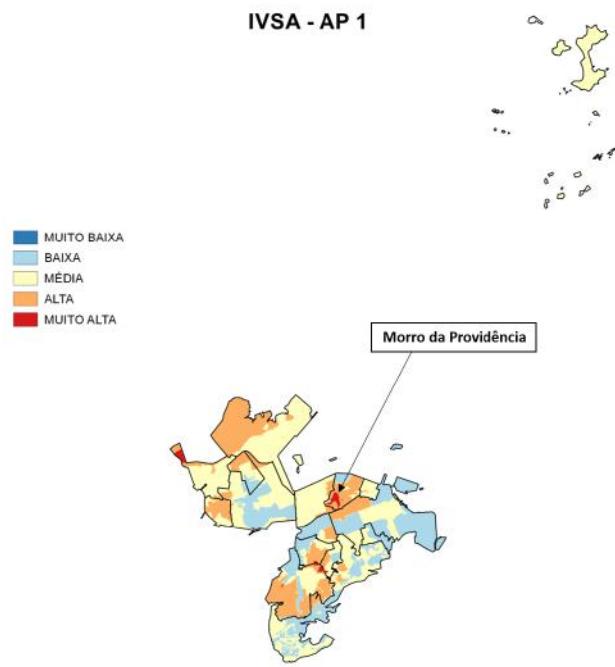


Figura 26. IVSA da Área de Planejamento 1.

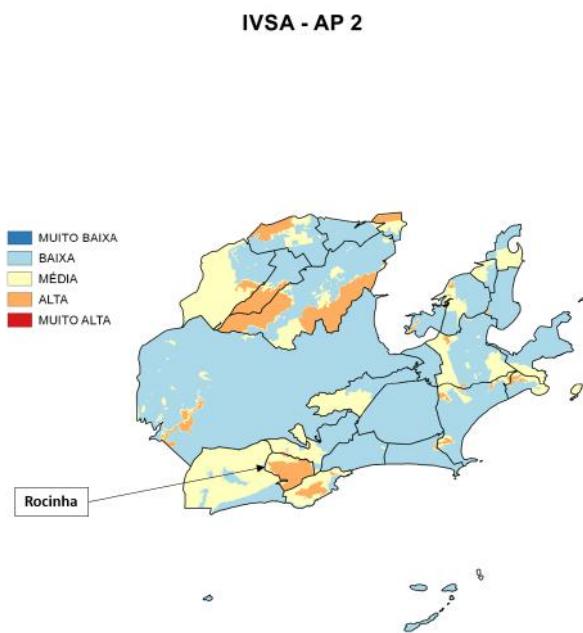


Figura 27. IVSA da Área de Planejamento 2.

A AP 3 possui mais da metade da sua região caracterizada como média vulnerabilidade socioambiental (59,8%), 20,7% como baixa vulnerabilidade, 18% como alta e 1,5% como muito alta vulnerabilidade socioambiental. Da região de muito alta vulnerabilidade destacam-se as favelas do Morro do Chapadão e do Bairro da Pedreira, nos bairros de Costa Barros e Pavuna respectivamente (Figura 28). Nestas duas regiões todos os indicadores socioeconômicos, além do indicador de mortalidade infantil são classificados como muito altos.

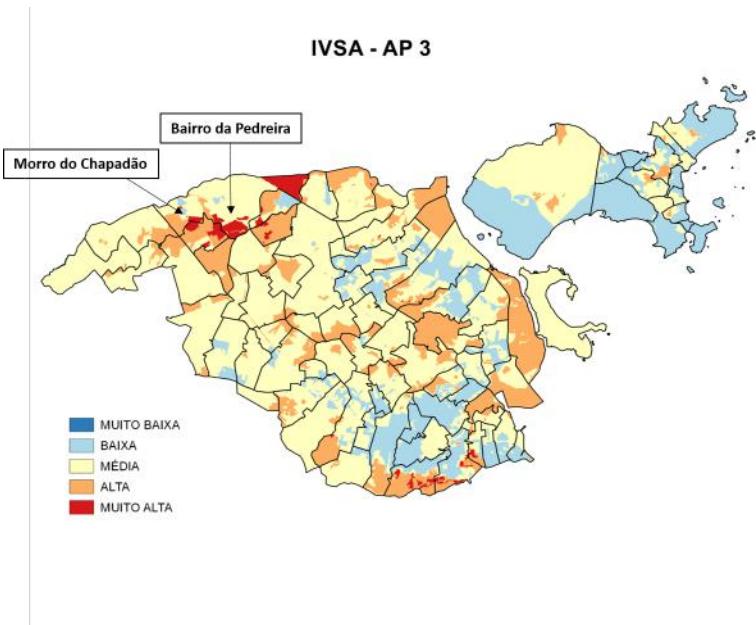


Figura 28. IVSA da ÁREA de Planejamento 3.

A AP 4 encontra-se dividida em baixa vulnerabilidade (43,3%) e média vulnerabilidade socioambiental (43,5%). As áreas de alta vulnerabilidade ocupam 13,2% desta região. O destaque das áreas de alta vulnerabilidade fica para a favela do Rio das Pedras, onde segundo o Censo 2010, residem 54.793 habitantes, sendo a terceira maior do Brasil, e segunda maior do Rio de Janeiro (Figura 29). Esta região possui praticamente todos os indicadores da componente socioeconômica classificados como alta ou muito alta vulnerabilidade, muito alto risco de inundação e enchente, além de muito alta letalidade violenta.

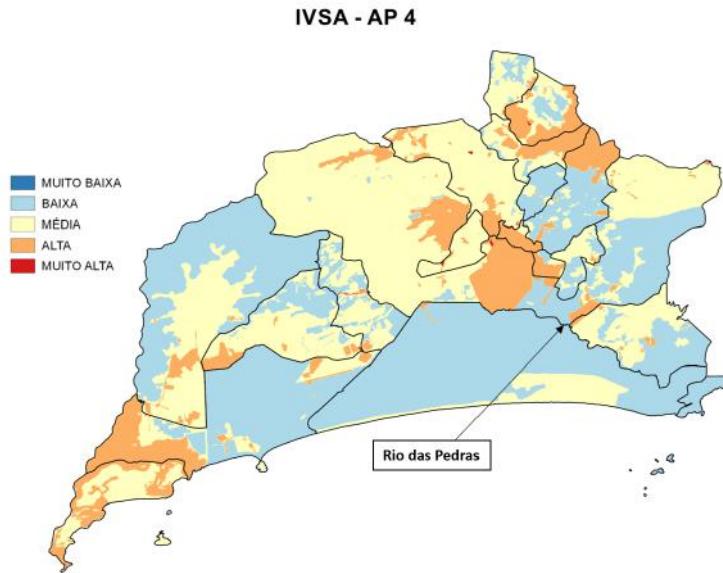


Figura 29. IVSA da Área de Planejamento 4.

A região da AP 5 está dividida em áreas de média (42,6%) e alta (48,5%) vulnerabilidade socioambiental. Desta região apenas 2,0% é classificada como baixa vulnerabilidade. A AP 5 possui o maior percentual de muito alta vulnerabilidade socioambiental em relação às outras áreas de planejamento (6,9%), concentrado principalmente nos bairros de Guaratiba, Paciência e Santa Cruz, regiões estas que não são necessariamente áreas de favelas (Figura 30).

A AP 5 possui os maiores índices de expansão urbana da cidade e é a segunda mais populosa, o que torna preocupante a forma de urbanização em processo. Além de descontínua com uma concentração nos antigos núcleos suburbanos, separados entre si por extensas periferias de baixos casarios e vazios, apresenta, também, sérios problemas de desordem urbana. A ocupação frequente de áreas irregulares, inclusive em encostas, acarreta, além dos problemas de infraestrutura e segurança, o desmatamento e o comprometimento da qualidade ambiental local. A AP5, ao lado da AP4, é a que mais cresce em população. Este crescimento está ligado à alta natalidade, uma característica das camadas pobres e de classe média baixa que compõem, em sua maioria, a população. Pela mesma lógica, se tem o mais elevado número de pessoas por domicílio da cidade (PCRJ, 2000).

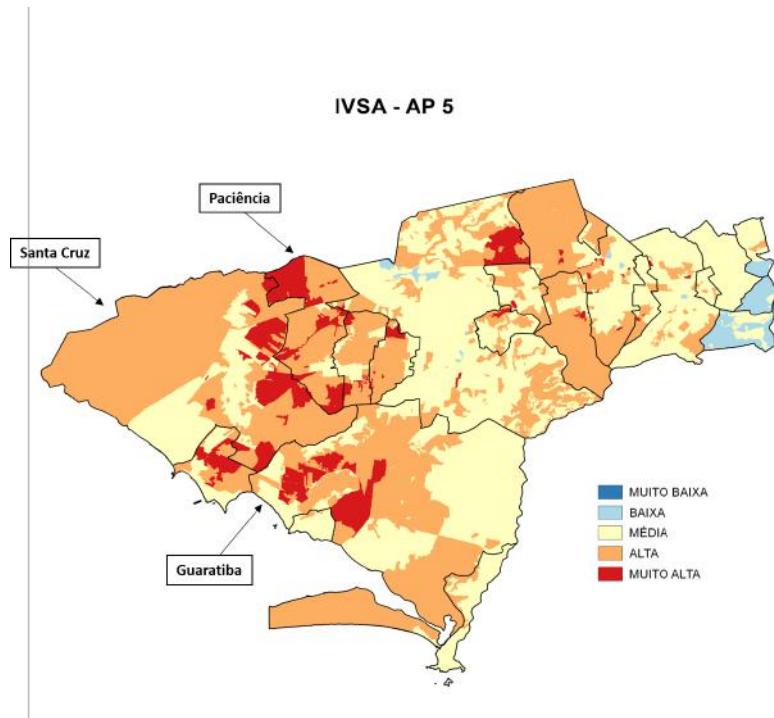


Figura 30. IVSA da Área de Planejamento 5.

Ao analisarmos o resultado final do IVSA para todo o município do Rio de Janeiro, percebe-se que a maioria da região está classificada como média vulnerabilidade socioambiental (44,0%). A seguir, 30,5% do território está classificado como alta vulnerabilidade socioambiental, situação mais presente na AP 5. 21,9% do território foi classificado como baixa vulnerabilidade socioambiental, situação predominante nas APs 1, 2 e 4. 3,6% foi classificado com muito alta vulnerabilidade socioambiental, com maior concentração na AP 5. Não ocorreram casos de muito baixa vulnerabilidade socioambiental (Figura 31).

Através dos resultados encontrados, percebeu-se que os maiores valores para o IVSA se encontram em regiões de favelas, confirmando que é sobre as populações mais carentes que recai a maior parte dos efeitos negativos da urbanização, confirmando estudos iniciais de Cutter *et al.*, 2003, onde os autores discutem a variação da vulnerabilidade no tempo e espaço, entre diferentes grupos sociais; além de ratificar as observações de Rodrigues (2007) em relação à luta pelo direito à cidade.

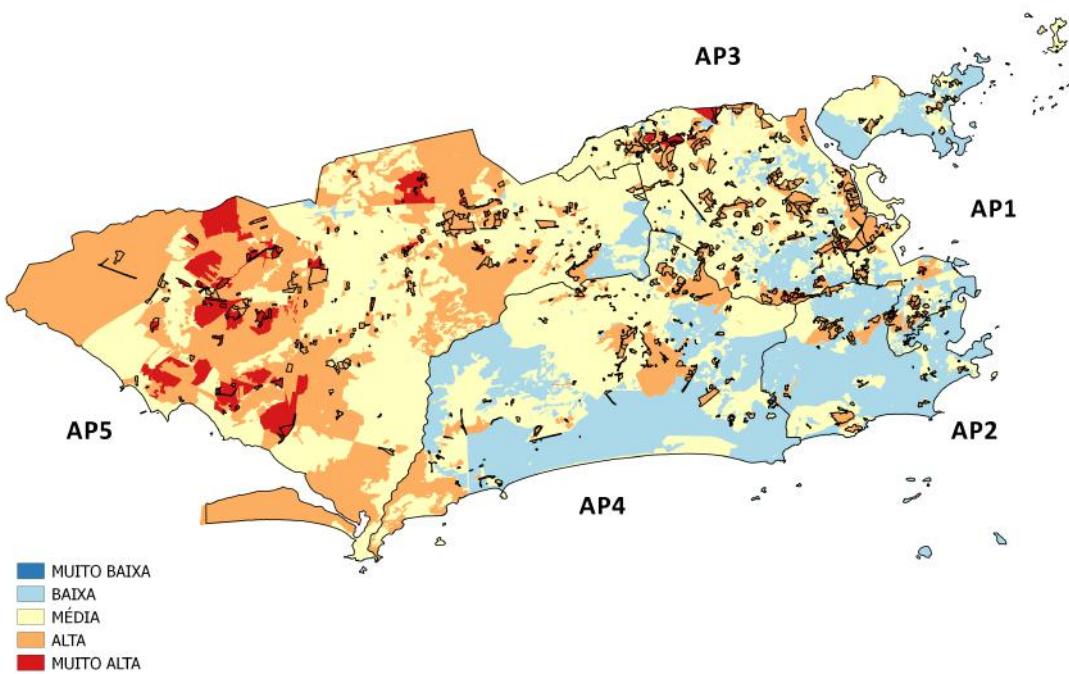


Figura 31. Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental e Aglomerados Subnormais em 2010.

Desde a década de 1990, tem ocorrido uso crescente da metodologia de análise multicritério no planejamento territorial e urbano. Atualmente, a análise multicritério vem sendo integrada aos SIGs, criando uma ferramenta robusta para apoiar processos de análise espacial através da modelagem e dar suporte e apoio à decisão em questões com distribuição e consequências espaciais. Os esforços para integrar o SIG e análise multicritério no final dos anos 80 e início dos anos 90 podem estar associados ao aumento do desenvolvimento dos SIGs. Além disso, a integração de SIG e análise multicritério fornecem uma metodologia importante no desenvolvimento de opções para reduzir os impactos ambientais e socioeconômicos, assim como para avaliação e solução destes impactos no território.

A metodologia de integração entre SIG e análise multicritério utilizada no cálculo do IVSA corrobora os estudos de Malczewski (2004, 2006), onde o autor afirma que a integração entre as técnicas de tomada de decisão multicritérios e SIGs representa um avanço considerável nas análises espaciais envolvendo planejamento urbano, comparado às abordagens convencionais de sobreposição de mapas. Esta estrutura de modelo

mostrou-se robusta e conseguiu abranger da melhor forma as questões mais representativas para o tema.

A importância desta metodologia pode ser verificada com o aumento de publicações nas mais diversas áreas e regiões do mundo, como os exemplos citados no final do Capítulo 4. Desta forma, a metodologia de análise multicritério integrada ao SIG vem se consolidando como um recurso extremamente útil na gestão pública e privada. Para tanto é preciso que se entenda a ferramenta como recurso para reflexão das práticas e auxílio à tomada de decisão, garantindo a transparência e a possibilidade de incorporação de juízos de valor subjetivos no processo. No caso específico desta tese, a integração das metodologias visa auxiliar os processos de planejamento urbano e de ordenação do território.

6. Conclusões e Recomendações

A vulnerabilidade socioambiental está diretamente relacionada à urbanização do Brasil, onde em 2010, mais de 80% da população brasileira vivia em áreas urbanas. Além da urbanização concentrada, essa mudança ocorreu em apenas algumas décadas, de forma que as infraestruturas das cidades não acompanharam tal crescimento. Esse rápido e desordenado processo de urbanização trouxe uma série de consequências, em sua maioria negativas. A falta de planejamento urbano e de uma política econômica menos concentradora contribuiu para a ocorrência de problemas, que persistem até hoje. Um dos principais, decorrente da acelerada urbanização brasileira, foi a concentração da riqueza e, como consequência, o aumento das desigualdades.

Essa formação desigual da estrutura social se expressa na estrutura urbana, ou seja, o direito à cidade não é justo e igual para todos os seus moradores. Desta forma, os grupos mais vulneráveis sofrem uma segregação socioespacial.

A luta pelo direito à cidade e pelo direito à moradia, um de seus componentes centrais, emergiu como contraposição a um modelo de urbanização excludente, que ao longo de décadas de urbanização acelerada absorveu, em poucas cidades, grandes contingentes de pessoas mais carentes, sem jamais integrá-las efetivamente às cidades. As cidades são desafiadas pelas dinâmicas econômicas do território. O crescimento urbano baseado no discurso econômico gera disparidades sócio espaciais, degradação do ambiente e ineficiência. Além da expansão da infraestrutura urbana, é necessário discutir as relações entre a dinâmica econômica e as condições de urbanização. Além dos problemas socioeconômicos, uma das dimensões da luta pelo direito à cidade passa pelo direito a um ambiente saudável, o que demanda o acesso a políticas de saneamento, habitação, segurança, infraestrutura, de saúde, entre outros. A metodologia e os resultados obtidos para o IVSA podem servir como suporte para estas políticas, contribuindo na minimização da segregação socioespacial e consequentemente uma mudança no modelo de urbanização atual, de maneira que todos os moradores tenham o mesmo direito à cidade.

Os resultados obtidos devem ser levados em consideração pelo poder público e por outros organismos que lidam com esse contexto problemático no intuito de diminuírem as situações de vulnerabilidade e democratizarem o direito à cidade. Considerando o espaço

urbano do Rio de Janeiro, a apresentação dos resultados por Área de Planejamento pretende identificar áreas prioritárias carentes de políticas específicas e também favorecer o seu monitoramento.

Além disso, para inspirar futuras gerações, a governança urbana deverá utilizar instrumentos participativos, fóruns e redes virtuais com comitês intersetoriais, organizações da sociedade civil e grupos excluídos, para canalizar processos de criação de políticas e programas que produzam cidades mais justas, ambientes saudáveis e sustentáveis.

A metodologia de integração de diferentes componentes que compõem o quadro de vulnerabilidade socioambiental da presente proposta foi possibilitada pelo uso do Sistema de Informação Geográfica que, como ferramenta, permitiu tratar e operacionalizar dados de natureza diversa sob um arcabouço espacial vinculado a avaliação integrada da vulnerabilidade.

A construção do IVSA através desta metodologia de integração entre análise multicritério e SIG apresenta uma importante ferramenta para definir e validar políticas para grupos em situação de vulnerabilidade. A elaboração de um mapa-índice para o IVSA favorece a visualização de aspectos importantes dos processos de vulnerabilidade, sendo possível a desagregação em mapas das suas componentes e também mapas dos indicadores utilizados na sua construção.

A escolha dos indicadores que compõe o IVSA procurou seguir as principais agendas internacionais, como os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Desta forma, foi possível incluir no IVSA boa parte das metas dos objetivos do desenvolvimento sustentável como, por exemplo, a redução da pobreza, fome, saúde e bem-estar, educação, igualdade de gênero, água potável e saneamento, trabalho decente, infraestrutura, redução das desigualdades, habitação segura e adequada, vida terrestre e segurança. Assim, o IVSA conseguiu consolidar os principais aspectos envolvidos na questão da vulnerabilidade socioambiental.

A utilização de componentes socioeconômicas, de infraestrutura urbana, ambientais, de saúde e de segurança na construção do IVSA constituiu uma combinação bastante representativa dos principais aspectos envolvidos na questão da vulnerabilidade socioambiental e, no caso específico deste estudo, a realidade dos grupos mais vulneráveis do município do Rio de Janeiro. Entretanto, verificou-se que as três componentes não contribuem da mesma forma na construção do IVSA. A componente Socioeconômica

contribui 46,6%; a componente de Infraestrutura Urbana contribui com 31,0% e a componente Ambiental, de Saúde e de Segurança contribui com 22,4%. Nota-se, portanto, uma maior contribuição para o IVSA da componente Socioeconômica, seguida pela de Infraestrutura Urbana e a menor contribuição da componente Ambiental, de Saúde e de Segurança. Esta contribuição desigual ocorre devido a subjetividade dos especialistas escolhidos na hora da definição dos pesos de cada indicador.

Como em qualquer modelo existem as limitações. No caso do modelo proposto, as limitações estão principalmente associadas à capacidade de captação de processos que induzem a vulnerabilidade para o recorte espacial utilizado. Muitas vezes a unidade de captação da informação utilizada não é totalmente compatível com a representação que se deseja ter. Apesar das limitações, a necessidade de analisar problemas complexos do ambiente urbano por meio de indicadores integrados facilita o processo decisório, pois, através da combinação dos diversos indicadores, foi possível obter um índice que permitiu obter uma visão geral da vulnerabilidade socioambiental.

O modelo metodológico proposto mostrou-se robusto, podendo ser aplicado a outros casos. Para isto, sugere-se a inclusão e/ou substituição de indicadores de acordo com a questão ou região a ser analisada. O modelo pode e deve ser melhorado, como por exemplo com a inclusão de dados mais atualizados. Desta forma, através do conhecimento espacial das áreas mais vulneráveis torna-se possível subsidiar a elaboração de planos de preparação e resposta para o enfrentamento a estes problemas e, consequentemente, a sua mitigação.

Recomenda-se que o modelo seja aplicado aos dados do Censo 2020, assim que divulgados, para que possa ser feita uma comparação temporal da vulnerabilidade socioambiental.

7. Referências Bibliográficas

- ABREU, M.A., 1987, *Evolução Urbana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, IPLANRIO/Jorge Zahar Editor.
- ADGER, W.N., 1999, "Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam", *World Development*, v. 27, n. 3, pp. 249-269.
- ADGER, W.N., 2000, "Social and ecological resilience: are they related?", *Progress in Human Geography*, v. 24, n. 3, pp. 347-364.
- ADGER, W.N., 2006, "Vulnerability", *Global Environmental Change*, v. 16, pp. 268–281.
- ADGER, W.N. & KELLY, P.M., 1999, "Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 4, pp. 253-266.
- AGÊNCIA ESTADO, 2012, *Fotografia de Fábio Motta*. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/noticias/franquias-ja-faturam-mais-em-favelas-do-que-no-asfalto-20121030.html>>. Acesso em: 05.jun.2015.
- ALTMAN, I. & LOW, S., 1992, *Place Attachment*. New York, Plenum Press.
- ALVES, H.P.F. & TORRES, H.G., 2006, "Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental", *Revista São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 1, pp. 44-60.
- ANSELIN, L., 1999, *Spatial Econometrics (Working Paper)*. Disponível em: <<http://www.csiss.org/aboutus/presentations/>>. Acesso em: 05 jun. 2015.
- ANSELIN, L., 2003, *GeoDa 0.9 User's Guide*, Urbana-Champaign, University of Illinois. Disponível em: <<http://geodacenter.org/downloads/pdfs/geoda093.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2015.
- ANSELIN, L., 2005, *Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook*. Disponível em: <<http://geodacenter.asu.edu/system/files/geodaworkbook.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2015.
- ARAGON-DURAND, F., 2007, "Urbanisation and flood vulnerability in the peri-urban

interface of Mexico City”, *Disasters*, v. 31, n. 4, pp. 477-494.

ARCGIS, 2018, Software ARCGIS. Disponível em:
<https://www.arcgis.com/features/index.html>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ARMITAGE, D., FIKRET, B., DOUBLEDAY, N. (EDS.), 2007, *Adaptive Co-Management: Collaboration, Learning, and Multi-Level Governance*. Vancouver, UBC Press.

ASMIN, H.E., et al., 2014, “Facility layout planning for educational systems: An application of fuzzy GIS and AHP”, *Management Science Letters*, v. 4, n. 1, pp. 1289-1292.

ATKINSON, G.D., DUBOURG, R., HAMILTON, K., et al., 1997, *Measuring Sustainable Development: Macroeconomics and the Environment*. Cheltenham, Edward Elgar.

AZEVEDO, S., 2007, “Desafios da Habitação Popular no Brasil: políticas recentes e tendências”. In: Cardoso, A.L. (org.), *Coleção Habitare - Habitação Social nas Metrópoles Brasileiras: Uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo no final do século XX*, Porto Alegre, ANTAC, pp. 12-41.

BAKKES, J.A., VAN DEN BORN, G.J., HELDER, J.C., et al., 1994, “An overview of environmental indicators: State of the art and perspectives”, Report nr UNEP/EATR.94-01;RIVM/.402001001. Nairobi/Bilthoven, UNEP/RIVM.

BALBUS, J.M. & MALINA, C., 2009, “Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States”, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v. 51, pp. 33-37.

BARCELLOS C., “Constituição de um sistema de indicadores sócio-ambientais”, In: Minayo, M.C. (Org.), *Saúde e Ambiente Sustentável: Estreitando Nós*, v. 1, 1 ed., Rio de Janeiro, Ed. Fiocruz, pp. 313-329, 2002.

BARR, N., 2012, *The economics of the welfare state*. 5th ed. Oxford: Oxford University Press.

BARTELMUS, P., 2013, “The future we want: Green growth or sustainable development?”, *Environmental Development*, v. 7, pp. 165-170.

BARTLETT, S., 2008, “Climate change and urban children: impacts and implications for

adaptation in low and middle income countries”, *Environment & Urbanization*, v. 20, n. 2, pp. 501-519.

BARROS, R.P., CARVALHO, M., FRANCO, S., 2003, *O índice de desenvolvimento da família (IDF)*, IPEA, Texto para discussão n. 986.

BEILER, M.R.O. & TREAT, C., 2015, “Integrating GIS and AHP to Prioritize Transportation Infrastructure Using Sustainability Metrics”, *Journal of infrastructure systems*, v. 21, n. 3, 04014053.

BELON, A.P., DE AZEVEDO BARROS, M.B., MARIN-LEON, L., 2011, “Social inequalities in adult mortality in Brazil”, *Journal of Epidemiology & Community Health*, v. 65, Suppl 1, A461.

BERNARDES, J.A. & FERREIRA, F.P.M., “Sociedade e natureza”, In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (Orgs.), *A questão ambiental: diferentes abordagens*, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2003.

BERTONI, J.C., “Urban floods in Latin America: reflections on the role of risk factors”, In: Tchiguirinskaia, I., Thein, K., Hubert, P. (eds.), *Frontiers in Flood Research*, IAHS publication 305, International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, UK, pp. 123-141, 2006.

BETHEL, M.B., et al., 2014, “Sci-TEK: A GIS-Based Multidisciplinary Method for Incorporating Traditional Ecological Knowledge into Louisiana’s Coastal Restoration Decision-Making Processes”, *Journal of Coastal Research*, v. 30, n. 5, pp. 1081-1099.

BIERMANN, F., BETSILL, M., GUPTA, J., et al., 2009, *Earth System Governance – People, Places, and the Planet*. Report No. 1, Science and Implementation Plan of the Earth System Governance Project, Bonn, Germany.

BIRKMANN, J., GARSCHAGEN, M., KRAAS, F., et al., 2010, “Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change”, *Sustainability Science*, v. 5, n. 2, pp. 185-206.

BISSET, R., 1988, “Developments in EIA methods”. In: Wathern, P. (ed.), *Environmental Impact Assessment*. London, Routledge, pp. 47–60.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., et al., 1994, *At risk. Natural hazards, people's*

vulnerability and disasters, London, Routledge.

BOENTJE, J.P. & BLINNIKOV, M.S., 2007, "Post-Soviet forest fragmentation and loss in the Green Belt around Moscow, Russia (1991-2001): a remote sensing perspective", *Landscape and Urban Planning*, v. 82, n. 4, pp. 208-221.

BOHLE, H.G., DOWNING, T.E., WATTS, M.J., 1994, "Climate change and social vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity", *Global Environmental Change*, v. 4, n. 1, pp. 37-48.

BORTZ, M. et al., 2015, "Disaggregatin health inequalities within Rio de Janeiro, Brazil, 2002-2010, by applying an urban health inequality index", *Cadernos de Saúde Pública*, v. 31, Suppl, pp. 107-119.

BOOYSEN, F., 2002, "An overview and evaluation of composite indices of development", *Social Indicators Research*, v. 59, n.1, pp. 115–151.

BREITING, S. & WICKENBERG, P., 2010, "The progressive development of environmental education in Sweden and Denmark", *Environmental Education Research*, v. 16, n. 1, pp. 9-37.

BRITO, F., 2012, *A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010*. Belo Horizonte, UFMG/CEDEPLAR.

BRITO, F. & SOUZA, J., 2005, "Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza", *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 4, pp. 48-63.

CAMPARA, M.J., 2013, *Sistemas de geoprocessamento como ferramenta de apoio à tomada de decisão: uma avaliação sobre o sistema SUS Fala no município de Timóteo*, Dissertação de M.Sc., Universidade FUMEC, Belo Horizonte, MG, Brasil.

CANNON, T., TWIGG, J., ROWELL, J., 2003, *Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters*, Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department and Sustainable Livelihood Support Office.

CARLEY, M., 1985, *Indicadores sociais: teoria e prática*, Rio de Janeiro, Zahar.

CARSON, R., 1964, *Primavera Silenciosa*, São Paulo, Melhoramentos.

CARVALHO, E., 2003, "Exclusão social e crescimento das cidades médias brasileiras", *Scripta Nova - Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. VII, n. 146(128).

CARVALHO, J.M., 1987, *Os bestializados: o Rio de Janeiro e a República que não foi*, São Paulo, Companhia das Letras.

CARVALHO, M.G., 1997, "Tecnologia, Desenvolvimento Social e Educação Tecnológica", *Revista Educação & Tecnologia*, v.1, n.1, pp. 70-87.

CARVALHO M.S., PINA M.F., SANTOS S.M., 2000, *Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartográfica Aplicados à Saúde*, Brasília, Ed. OPAS-RIPSA.

CASTELLS, M., 1999, *O Poder da Identidade*, São Paulo, Paz e Terra.

CERNEA, M., 1996, *Eight Main Risks: Impoverishment and Social Justice in Resettlement*, Washington, World Bank Environment Department.

CHANNON, A.A. et al., 2012, "Inpatient care of the elderly in Brazil and India: Assessing social inequalities", *Social Science & Medicine*, v. 75, n. 1, pp. 2394-2402.

CHAUDHARY, P., CHHETRI, S.K., JOSHI, K.M., et al., 2016, "Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal", *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 53, pp. 60-71.

CHRISTOFOLLETTI, A., 2002, *Modelagem de Sistemas Ambientais*, São Paulo, Edgard Blucher.

CLIFF, A.D. & ORD, J.D., 1981, *Spatial Processes, Model and Application*, London, Pion.

CLUBE DE ROMA, 1972, *Os Limites do Crescimento*. Disponível em: <<http://www.clubofrome.org>>. Acesso em: 15 mar. 2016

COALE, A.J., 1989, "Demographic Transition". In: Eatwell, J., Milgate M., Newman P. (eds.), *Social Economics*, London, The New Palgrave, Palgrave Macmillan.

COMFORT, L., WISNER, B., CUTTER, S., et al., 1999, "Reframing disaster policy: the global evolution of vulnerable communities", *Environmental Hazards*, v. 1, pp. 39-44.

COLTEN, C.E., 2006, "Vulnerability and place: Flat land and uneven risk in New Orleans", *American Anthropologist*, v. 108, n. 4, pp.731-734.

CORRÊA, R.L., 1995, *O Espaço Urbano*. Rio de Janeiro, Editora Ática.

COSTA, H.S.M. & MONTE-MÓR, R.L.M., 2002, "Urbanization & Environment: trends and patterns in contemporary Brazil". In: Hogan, D.J., Berquó, E., Costa, H.S.M. (eds), *Population and environment in Brazil: Rio + 10*, Campinas, CNPD, ABEP, NEPO, pp. 127-146.

CROSS, J.A., 2001, "Megacities and small towns: different perspectives on hazard vulnerability", *Environmental Hazards*, v. 3, pp. 63–80.

CUTTER, S.L., 1994, *Environmental risks and hazards*, London, Prentice-Hall.

CUTTER, S.L., 1996, "Vulnerability to environmental hazards", *Progress in Human Geography*, v. 20, n. 4, pp. 529-539.

CUTTER, S.L., 2011, "A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores", *Revista Crítica de Ciências Sociais*, v. 93, n. 1, pp. 59-70.

CUTTER, S.L. & FINCH, C., 2008, "Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 7, pp. 2301-2306.

CUTTER, S., MITCHELL, J., SCOTT, M., 2000, "Revealing the Vulnerability of People and Places: A case study of Georgetown County, South Carolina", *Annals of the Association of American Geographers*, v. 90, n. 4, pp. 713-737.

CUTTER, S. L., BORUFF, B. J., SHIRLEY, W. L., 2003, "Social Vulnerability to Environmental Hazards", *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, pp. 242–261.

CUTTER, S.L., EMRICH, C.T., MITCHELL, J.T., et al., 2006, "The long road home: Race, class, and recovery from Hurricane Katrina", *Environment*, v. 48, n. 2, pp. 8-20.

DA SILVA, D. & JANNUZZI, P., 2009, "O uso da Análise Multicritério na construção de um indicador de condições de Vida: Estudo para a Baixada Fluminense", *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v. 4, n. 2, pp. 122-135.

DRUCK, S., CARVALHO, M.S., CÂMARA, G., et al., 2004, *Análise Espacial de Dados*

Geográficos, Brasília, EMBRAPA. Disponível em:
<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 10 mar. 2017.

DUXBURY, N., 2013, *Rethinking Urban Inclusion Spaces, Mobilizations*. Centro de Estudos Sociais, Universidade de Coimbra.

EISENMAN, D.P., WILHALME, H., TSENG, C.H., et al., 2016, "Heat Death Associations with the built environment, social vulnerability and their interactions with rising temperature", *Health Place*, v. 41, n. 1, pp. 89-99.

ELLIOTT, J.R. & PAIS, J., 2006, "Race, class, and Hurricane Katrina: Social differences in human responses to disaster", *Social Science Research*, v. 35, pp. 295-321.

ELSHEIKH, R.F.A., OUERGHI, S., ELHAG, A.R., 2015, "Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia)", *Journal of Geographic Information System*, v. 7, pp. 348-357.

ENSSLIN, L., MONTIBELLER NETO, G., NORONHA, S., 2001, *Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. 1a ed. Florianópolis, SC, Insular.

FAJNZYLBER, P., LEDERMAN, D., LOYAZA, N., 2002, "Inequality and violent crime", *Journal of Law and Economics, Chicago: The University of Chicago*, v. 45.

FERNANDES, E., 2007, "Constructing the 'Right to the City' in Brazil", *Social & legal studies*, v. 16, n. 2, pp. 201-219.

FERREIRA, A., 2009, "Favelas no Rio de Janeiro: Nascimento, Expansão, Remoção e, agora, Exclusão através de Muros", *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. 14, n. 1, nº 828.

FERRETTI, V., 2016, *Overview of MCDA techniques, Spatial Multicriteria Analysis for Environmental Decision Making Course*, University of Trento, Trento, Italy.

FERRETTI, V. & MONTIBELLER, G., 2016, "Key challenges and meta-choices in designing and applying multi-criteria spatial decision support systems", *Decision Support Systems*, v. 84, pp. 41-52.

FERRETTI, V. & POMARICO, S., 2013, "An integrated approach for studying the land suitability for ecological corridors through spatial multicriteria evaluations", *Environment, Development and Sustainability*, v. 15, n. 3, pp. 859-885.

FERRETTI, V., BOTTERO, M., MONDINI, G., "An integrated approach for exploring opportunities and vulnerabilities of complex territorial systems". In: Murgante, B. et al. (eds), *ICCSA 2014, Part III, LNCS 8581*. Switzerland, Springer International Publishing, pp. 667-681, 2014.

FEW, R., 2007, "Health and climatic hazards: framing social research on vulnerability, response and adaptation", *Global Environmental Change*, v. 17, pp. 281-295.

FJP (Fundação João Pinheiro), 2015, *Déficit habitacional no Brasil: 2011-2012*. Belo Horizonte, FJP. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cel/559-deficit-habitacional-2011-2012/file>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz), 2014, *Mapa da Vulnerabilidade da População dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro Frente às Mudanças Climáticas*. Rio de Janeiro, FIOCRUZ.

FOLKE, C., CARPENTER, S., ELMQVIST, T., et al., 2002, "Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations", *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 31, n. 5, pp. 437-440.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA, 2007, *Anuário do Fórum Brasileiro de Segurança Pública*. Disponível em: <http://www.bibliotecadeseguranca.com.br/wp-content/uploads/2016/04/anuario_2007.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.

FOSSATI, D., 2014, "Economic vulnerability and economic voting in 14 OECD countries", *European Journal of Political*, v. 53, n. 1, pp. 116-135.

FOTHERGILL, A., MAESTAS, E.G.M., DARLINGTON, J.D., 1999, "Race, ethnicity and disasters in the United States: A review of the literature", *Disasters*, v. 23, n. 2, pp. 156-173.

FREI, F., 2008, *Índice de Vulnerabilidade Familiar - IFV: Mensuração de fatores de risco para a violência*. Revista do Laboratório de Estudos de Violência e Segurança. n. 1. Universidade Estadual de São Paulo.

FREITAS, C.M. & XIMENES, E.F., 2012, "Enchentes e saúde pública – uma questão na

literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação”, *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, pp. 1601-1616.

FRIENDLY, A., 2013, “The right to the city: theory and practice in Brazil”, *Planning Theory & Practice*, v. 14, n. 2, pp. 158-179.

FUNDAÇÃO CEPERJ, 2014, *Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Disponível em: <http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info_territorios/RMRJ2013.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2015.

FUNDAÇÃO CIDE, 2001, *IQM: índice de qualidade dos municípios*. Rio de Janeiro.

FUNDAÇÃO GEO-RIO, 2013, *Painel 2013: Estamos preparados para as chuvas?* Rio de Janeiro, FUNDAÇÃO GEO-RIO.

FUNDAÇÃO SEADE, 2014, *Metodologia - Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS)*. São Paulo.

_____. *Índice de Vulnerabilidade Juvenil (IVJ-2000)*. Disponível em: <<http://produtos.seade.gov.br/produtos/ivj/index.php?tip=pri>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

FUSSEL, H.M. & KLEIN, R., 2006, “Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking”, *Climatic Change*, v. 75, n. 3, pp. 301-329.

GAILLARD, J.C., 2007, “Resilience of traditional societies in facing natural hazard”, *Disaster Prevention and Management*, v. 16, pp. 522-544.

GAILLARD, J.C., 2010, “Vulnerability, capacity and resilience: Perspectives for climate and development policy”, *Journal of International Development*, v. 22, pp. 218-232.

GALLOPÍN, G.C., 2006, “Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity”, *Global Environmental Change*, v.16, n. 3, pp. 293-303.

GALLOPIN, G.C., FUNTOWICZ, S., O'CONNOR, V., et al., 2001, “Science for the twenty-first century: from social contract to the scientific core”, *International Social Science Journal*, v. 53, n. 168, pp. 219-229.

GOLDANI, M.Z. et al., 2001, “Infant mortality rates according to socioeconomic status in a Brazilian city”, *Revista de Saúde Pública*, v. 35, n. 3, pp. 256-261.

GOMES, L.F.M.A., GOMES, C.F.S., ALMEIDA, A.T., 2002, *Tomada de decisão Gerencial: Enfoque Multicritério*. Rio de Janeiro, Atlas.

GOMES, L.F.M.A., ARAYA, M.C.G., CARIGNANO, C., 2004, *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo, Pioneira.

GOUVEIA, N., 1999, "Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental", *Saúde e Sociedade*, v. 8, n. 1, pp. 49-61.

GROSTEIN, M.D., 2001, "Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis""", *São Paulo em Perspectiva*, v. 15, n. 1, pp. 13-19.

GUHA-SAPIR, D., HARGITT, D., HOYOIS, P., 2004, *Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers*. Center for Research on the Epidemiology of Disasters, Presses Universitaires de Louvain, Brussels, Belgium.

GUTTERRES, A.S., 2016, "O rumor e o terror na construção de territórios de vulnerabilidade na zona portuária do Rio de Janeiro", *Mana*, v. 22, n. 1, pp. 179-209.

HAINES, A., KOVATS, R.S., CAMPBELL-LENDRUM, D., 2006, "Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health", *Public Health*, v. 120, pp. 585-596.

HAKKERT, R., 1996, *Fontes de dados demográficos*. Belo Horizonte, ABEP.

HAMMOND, A., ADRIAANSE, A., RODENBURG, E., et al., 1995, *Environmental indicators: A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. Washington, D.C., World Resources Institute.

HARDOY, J. & PANDIELLA, G., 2009, "Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America", *Environment & Urbanization*, v. 21, n. 1, pp. 203-224.

HAUGHTON, G. & HUNTER, C., 2004, *Sustainable Cities*. Londres, Routledge.

HOGAN, D. J., CUNHA, J. D., CARMO, R. D., et al., "Urbanização e vulnerabilidade sócio-ambiental: o caso de Campinas". In: HOGAN, D.J., BAENINGER, R., CUNHA, J.M.P., et al. (Orgs.), *Migração e ambiente nas aglomerações urbanas*, Campinas, NEPO/UNICAMP, 2001.

HOSSAINA, M.S., et al., 2009, "Integration of GIS and multicriteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh", *Landscape and Urban Planning*, v. 90, n. 3, pp. 119–133.

HOU, K., XUXIANG, L, JINGJING, W., et al., 2016, "Evaluating Ecological Vulnerability Using the GIS and Analytic Hierarchy Process (AHP) Method in Yan'an, China", *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 25, n. 2, pp. 599-605.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1979, *Indicadores Sociais: relatório 1979*, Rio de Janeiro, IBGE.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010a, *Censo Demográfico 2010: Características Urbanísticas do Entorno dos Domicílios*, Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/96/cd_2010_entorno_domicilios.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010b, *Censo Demográfico 2010: Aglomerados Subnormais – Informações Territoriais*, Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/552/cd_2010_agsn_if.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010c, *Censo Demográfico 2010: Aglomerados Subnormais – Primeiros Resultados*, Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/92/cd_2010_aglomerados_subnormais.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2011, *Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios – Resultados do Universo*, Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em:<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2013a, *Síntese de Indicadores Sociais – Uma análise das condições de vida da população brasileira*. Rio de Janeiro, IBGE.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2013b, *Atlas do censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro, IBGE.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2016, *Cidades*, Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>>. Acesso em: 10 maio 2017.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2016, *Metodologia do censo demográfico 2010*, Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95987.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

IBGE, 2017, *Agência IBGE: Começa articulação para definir indicadores dos ODS*. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/15821-comeca-articulacao-para-definirindicadores-dos-ods.html>>. Acesso em: 23 set. 2017.

IDRISI GIS, 2018, *Analysis Key Features*. Disponível em: <<https://clarklabs.org/terrset/idrisi-gis/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

IOM (International Organization for Migration), 2009, *Migration, Environment and Climate Change: Assessing the Evidence*, Geneva, Switzerland, IOM.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2017, Sofware SPRING, Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada), 2015, *Atlas da Vulnerabilidade Social nos municípios brasileiros*. Brasília, IPEA.

ISP-RJ (Instituto de Segurança Pública do Governo do Estado do Rio de Janeiro), 2013, *Taxa de Letalidade Violenta*. Rio de Janeiro, ISP-RJ.

JABRY, A., 2003, *Children in Disasters: After the Cameras Have Gone*. Plan UK, Plan International, Woking, UK.

JANSSEN, M.A., SCHOON, M.L., KE, W., et al., 2006, “Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change”, *Global Environmental Change*, v. 16, pp. 240-252.

JANNUZZI, P., 2012, *Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações*. 5 ed. Campinas, Alínea.

JANNUZZI, P. & PASQUALI, F., 1999, "Estimação de demandas sociais para fins de formulação de políticas públicas municipais", *Revista de Administração Pública do Rio de Janeiro*, v. 33, n. 2, pp. 75-94.

JANNUZZI, P. & PATARRA, N., "Indicadores para dimensionamento de déficits de atendimento de programas sociais e identificação de seus públicos-alvo no Brasil", In: *Manual para capacitação em indicadores sociais nas políticas públicas e em direitos humanos: textos básicos e guia de uso e referência do material multimídia*, São Paulo, Oficina Editorial, 2006.

JOERIN, F., THÉRIAULT, M., MUSY, A., 2001, "Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment", *International Journal of Geographical Information Science*, v. 15, n. 2, pp. 153-174.

KANTOR, P. & NAIR, P., 2005, "Vulnerability among slum dwellers in Lucknow, India – Implications for urban livelihood security", *International Development Planning Review*, v. 27, n. 3, pp. 333-358.

KARLSSON, S., 2007, "Allocating responsibilities in multi-level governance for sustainable development", *Journal of Social Economics*, v. 34, n. 1, pp. 103-126.

KASPERSON, R.E. & KASPERSON, J.X., 2001, *Climate Change, Vulnerability, and Social Justice*. Risk and Vulnerability Programme, Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden, pp. 18.

KASPERSON, J.X., KASPERSON, R.E., TURNER, B.L. II, et al., "Vulnerability to global environmental change". In: Kasperson, J.X., Kasperson, R.E. (eds), *Social contours of risk, vol. II: risk analysis, corporations & the globalization of risk, vol Chapter 14*. Earthscan, London, pp. 245–285, 2005.

KAZTMAN, R., 1999, *Activos y estructuras de oportunidades. Estudios sobre las raíces de la vulnerabilidad social en el Uruguay*. Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Oficina de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en Montevideo, LC/MVD/R, n.180.

KEIM, M.E., 2008, "Building human resilience: the role of public health preparedness and response as an adaptation to climate change", *American Journal of Preventive Medicine*, v. 35, pp. 508-51.

- KLEIN, R.J.T., NICHOLLS, R.J., MIMURA, N., 1999, "Coastal adaptation to climate change: Can the IPCC Technical Guidelines be applied?", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 4, pp. 51-64.
- KOBORI, H., 2009, "Current trends in conservation education in Japan", *Biological Conservation*, v. 142, n. 9, pp.1950-1957.
- KRASNY, M.E. & TIDBALL, K.G., 2009, "Applying a resilience systems framework to urban environmental education", *Environmental Education Research*, v. 15, n. 4, pp. 465-482.
- KROPP, J., LÜDEKE, M.K.B., REUSSWIG, F., 2001, "Global Analysis and Distribution of Unbalanced Urbanization Processes: The Favela Syndrome", *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, v. 10, n. 2, pp. 109-120.
- KUHAR, C.W., BETTINGER, T.L., LEHNHARDT, K., *et al.*, 2010, "Evaluating for long-term impact of an environmental education program at the Kalinzu Forest Reserve, Uganda", *American Journal of Primatology*, v. 72, n. 5, pp. 407-413.
- KUHLICKE, C., SCOLOBIG, A., TAPSELL, S., *et al.*, 2011, "Contextualizing social vulnerability: findings from case studies across Europe", *Natural Hazards*, v. 58, n. 2, pp. 789-810.
- LAGO, A.A.C., 2013, *Conferências de Desenvolvimento Sustentável*. Brasília, Fundação Alexandre de Gusmão.
- LAURENTI, R., MELLO HORGE, M.H.P., LEBRÃO, M.L, *et al.*, 1987, *Estatísticas de Saúde*. 2^a ed. São Paulo, Pedagógica e Universitária.
- LAURENTINO, F.P., 2006, "Espaço público: espaço de conflitos", *Projeto História*, n. 33, pp. 307-317.
- LIMA, R. (2008). Fontes de dados e metodologias para construção de indicadores analíticos e sintéticos: Indicadores de Segurança Pública. Associação Nacional das Instituições de Planejamento, Pesquisa e Estatística. Fundação Seade.
- MAGRINI, A., 1992, *Metodologia de avaliação de impacto ambiental: o caso das usinas hidrelétricas*. Tese de D.Sc., COPPEAD/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MALCZEWSKI, J., 2004, "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview", *Progress in Planning*, v. 62, n. 1, pp. 3-65.

MALCZEWSKI, J., 2006, "GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature", *International Journal of Geographical Information Science*, v. 20, n. 7, pp. 703–726.

MARANDOLA JR., E. & HOGAN, D.J., 2005, "Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia", *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 22, n. 1, pp. 29-53.

MARANDOLA JR., E. & HOGAN, D.J., 2006, "As dimensões da vulnerabilidade", *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 1, pp. 33-43.

MARANDOLA JR., E. & HOGAN, D.J., 2009, *Vulnerabilidade do lugar vs. Vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão*. Campinas.

MARICATO, E., 2001, *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis, Vozes.

MARICATO, E., 2003, "Metrópole, legislação e desigualdade", *Estudos Avançados*, v. 17, n. 48, pp. 151-167.

MARTELLI, A. & SANTOS JR, A.R., 2015, "Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico", *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, pp. 1018-1031.

MARTINE, G. & ALVES, J.E.D, 2015, "Economia, Sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade", *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 32, n. 3, pp. 433-460.

MCCONNELL, W.J., 2008, "Comanagement of natural resources: Local learning for poverty reduction", *Society & Natural Resources*, v. 21, n. 3, pp. 273-275.

MCIVOR, D. & PATON, D., 2007, "Preparing for natural hazards: normative and attitudinal influences", *Disaster Prevention and Management*, v. 16, n. 1, pp. 79-88.

MENEZES-FILHO, N., 2001, "Educação e desigualdade". In: Menezes-Filho, N.A. & Lisboa, M. (eds.), *Microeconomia e sociedade*, Rio de Janeiro, Contracapa.

MINGOTE, S.A., 2005, *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte, Editora da UFMG.

MIRANDA, F.M., 2016, *Índice de susceptibilidade do meio físico a inundações como ferramenta para o planejamento urbano*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2007, *Vulnerabilidade Ambiental*. Brasília, MMA.

MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2002, *Agenda 21*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

MIRANDA, F.M., 2016, *Índice de susceptibilidade do meio físico a inundações como ferramenta para o planejamento urbano*. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro.

MITCHELL, G., 1996, “Problems and fundamentals of sustainable development indicators”, *Sustainable Development*, v. 4, n. 1, pp. 1-11.

MITCHELL, J.K., 1999a, *Crucibles of Hazards: Megacities and Disasters in Transition*. Tokyo, Japan, United Nations University Press,

MITCHELL, J.K., 1999b, “Megacities and natural disasters: A comparative analysis”, *GeoJournal*, v. 49, n. 2, pp. 137-142.

MORIN, E., 1987, *O Paradigma perdido: a natureza humana*. Sintra, Publicações Europa-América.

MORROW, B.H., 1999, “Identifying and mapping community vulnerability”, *Disasters*, v. 23, n. 1, pp. 1-18.

MOSER, C.O.N., 1998, “The Asset Vulnerability Framework: Reassessing Urban Poverty Reduction Strategies”, *World Development*, v. 26, n. 1, pp. 1-19.

MOURÃO, R. P., 2012, “Desenvolvimento, industrialização e ordenamento político: uma discussão sobre os Estados em Getúlio Vargas e Juscelino Kubitschek – dois Estados, uma “Ordem” (Development, industrialization and political order: a discussion about the States...)”, *História em Curso*, v. 2, n. 2, pp. 78-109.

MUELLER, C.C., 1995, “Environmental problems inherent to a development style: degradation and poverty in Brazil”, *Environment and Urbanization*, v. 7, n. 2, pp. 67-84.

MYAGMARTSEREN, P., BUYANDELGER, M., BRANDT, S.A., 2017, "Implications of a Spatial Multicriteria Decision Analysis for Urban Development in Ulaanbaatar, Mongolia", *Mathematical Problems in Engineering*, v. 2017, Article ID 2819795. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2017/2819795/cta/>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

MYERS, C.A., SLACK, T., SINGELMANN, J., 2008, "Social vulnerability and migration in the wake of disaster: the case of Hurricanes Katrina and Rita", *Population & Environment*, v. 29, n. 6, pp. 271-291.

NÆSS, L., BANG, O., ERIKSEN, S., et al., 2005, "Institutional adaptation to climate change: Flood responses at the municipal level in Norway", *Global Environmental Change*, v. 15, pp. 125-138.

NAÇÕES UNIDAS, 1987, *Nosso Futuro Comum*. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

NAÇÕES UNIDAS, 1988, *Handbook on Social Indicators*. Nova York.

NAÇÕES UNIDAS, 1990, *Human Development Report*. Nova York, Oxford University Press.

NAÇÕES UNIDAS, 2000, *Declaração do Milênio das Nações Unidas*. Nova York.

NAÇÕES UNIDAS, 2001, *Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies Background*. Background Paper nº. 3. Department of Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development. Commission on Sustainable Development Ninth Session. New York.

NAÇÕES UNIDAS, 2012a, *O Futuro que Queremos*. Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20).

NAÇÕES UNIDAS, 2012b, *Povos Resilientes, Planeta Resiliente: um Futuro Digno de Escolha*. Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global. Nova York.

NAÇÕES UNIDAS, 2015a, *The Millennium Development Goals Report*. Disponível em: <[http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf)>. Acesso em: 01 jul. 2017.

NAÇÕES UNIDAS, 2015b, *Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o*

Desenvolvimento Sustentável.

NAÇÕES UNIDAS, 2016, *Mainstreaming of the three dimensions of sustainable development throughout the United Nations system. Report of the Secretary-General.* Disponível em: <http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/71/76&Lang=E>. Acesso em: 01 jul. 2017.

NAÇÕES UNIDAS, 2017, *The sustainable development goals report 2017.* New York. Disponível em: <<https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2017.pdf>>. Acesso em: nov. 2017.

NAS, B., CAY, T., ISCAN, F., et al., 2010, “Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation”, *Environmental Monitoring Assessment*, v. 160, n. 1-4, pp. 491–500.

NASCIMENTO, J.A.S., 2011, *Vulnerabilidade a Eventos Climáticos Extremos na Amazônia Ocidental: Uma Visão Integrada na Bacia do Rio Acre.* Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

NATHAN, F., 2008, “Risk perception, risk management and vulnerability to landslides in the hill slopes in the city of La Paz, Bolivia”, *Disasters*, v. 32, n. 3, pp. 337-357.

NELSON, R., KOKIC, P., CRIMP, S., et al., 2010, “The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change, Pt. I: Conceptualising and measuring vulnerability”, *Environmental Science & Policy*, v. 13, pp. 8-17.

NERY, G.L., 2005, *Protocolo de Kyoto.* Disponível em: <<http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/26754-26756-1-PB.PDF>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

NIEMEIJER, D. & GROOT, R.S., 2008, “Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks”, *Environment, Development and Sustainability*, v. 10, n. 1, pp. 89-106.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 1999, *Community Vulnerability Assessment Tool*, Charleston, Nova Carolina, NOAA.

O'BRIEN, K., LEICHENKO, R., KELKAR, U., et al., 2004, "Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India", *Global Environmental Change*, v. 14, pp. 303-313.

O'BRIEN, K., SYGNA, L., LEINCHENKO, R., et al., 2008, *Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Human Security*. GECHS Report 2008:3, Global Environmental Change and Human Security, Oslo, Norway.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), 1993, *OECD Core set of indicators for environmental performance reviews: A synthesis report by the Group on the State of the Environment, Report nr 83*. Paris, OECD Publishing.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), 1998, *Towards sustainable development: Environmental indicators*. Paris, OECD Publishing.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), 1999a, *Environmental indicators for agriculture: Volume 1 concepts and frameworks*. Paris, OECD Publishing.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), 1999b, *Environmental indicators for agriculture: Volume 2 issues and design, the York workshop*. Paris, OECD Publishing.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), 2001, *Environmental indicators for agriculture: Volume 3 methods and results*. Paris: OECD Publishing.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), 2015, *In It Together: Why Less Inequality Benefits All*. Paris, OECD Publishing.

O'KEEFE, P., WESTGATE, K., WISNER, B., 1976, "Taking the naturalness out of natural disasters", *Nature*, v. 260, pp. 566-567.

OLIVEIRA, D.B.B., RODRIGUES, J.P., DA SILVA, L.F., et al., 2012, "Multi-criteria analysis in the strategic environmental assessment of the sugar and alcohol sector", *Acta Scientiarum Technology*, v. 34, n. 3, pp. 303-311.

O'LOUGHLIN, J., 2002, "The Electoral Geography of Weimar Germany: Exploratory Spatial Data Analyses (ESDA) of Protestant Support for the Nazi Party", *Political Analysis*, v. 10, n. 3, pp. 217-243.

OUMA, Y.O. & TATEISHI, R., 2014, "Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment", *Water*, v. 6, n. 1, pp. 1515-1545.

PANHALKAR, S.S. & JARAG, A.P., 2017, "Flood risk assessment of Panchganga River (Kolhapur district, Maharashtra) using GIS-based multicriteria decision technique", *Current Science*, v. 112, n. 4, pp. 785-793.

PASSOS, P.N.C., 2009, "A Conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente", *Revista Direitos Fundamentais e Democracia*, v. 6, pp. 2-25.

PATTERSON, J., LINDEN, E., EDWARD, J.K.P., et al., 2009, "Community-based environmental education in the fishing villages of Tuticorin and its role in conservation of the environment", *Australian Journal of Adult Learning*, v. 49, n. 2, pp. 382-393.

PCRJ (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro), 2000. *Anexo Técnico I: informações sobre todas as áreas de planejamento coordenação operacional de atendimento emergências (emergência presente)*. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1529762/DLFE-220205.pdf/1.0>>. Acesso em: 10 maio 2017.

PCRJ (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro), 2016, *O Rio do amanhã – Visão Rio 500 e Planejamento Estratégico 2017-2020*. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.visaorio500.rio/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

PEACOCK, W.G., MORROW, B.H., GLADWIN, H. (eds.), 1997, *Hurricane Andrew: Ethnicity, Gender and the Sociology of Disasters*. London, UK, Routledge.

PEDUZZI, P., "The Disaster Risk Index: Overview of a quantitative approach". In: Birkmann, J. (ed.), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards - Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo, Japan, United Nations University Press, 2006.

PEEK, L. & STOUGH, L.M., 2010, "Children with disabilities in the context of disaster: A social vulnerability perspective", *Child Development*, v. 81, n. 4, pp. 1260-1270.

PEQUENO, L. R. B., 2008, "Políticas habitacionais, favelização e desigualdades sócio-espaciais nas cidades brasileiras: transformações e tendências", *Scripta Nova - Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. 12.

PERLMAN, J. 2009, *Favela four decades of living on the edge in Rio de Janeiro*. New York, Oxford University Press.

PIERRE, J. & PETERS, B.G., 2000, *Governance, Politics, and the State*. New York, St. Martin's Press.

PLUMMER, R., 2006, "Sharing the management of a river corridor: A case study of the comanagement process", *Society & Natural Resources*, v. 19, n. 8, pp. 709-721.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), 2010, *Relatório de Desenvolvimento Humano Regional para a América Latina e o Caribe*. New York, PNUD.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2008, Série histórica IQVU 1994-2000-2006: *notas metodológicas*. Belo Horizonte, Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Informação; Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento.

PREScott-ALLEN, R., 2001, *The Wellbeing of Nations*. Washington, DC, Island Press.

QGIS, 2017, *QGIS User Guide* - versão 2.14. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.14/pdf/pt_BR/QGIS-2.14-UserGuide-pt_BR.pdf. Acesso em: 20 fev. 2018.

RAFIEE, R., MAHINY, A.S., KHORASANI, N., 2009, "Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 11, n. 6, pp. 431-438.

RAMOS, C.A. & ARAÚJO, H., 1999, *Fluxos Migratórios, Desemprego e Diferenciais de renda*. Rio de Janeiro, IPEA.

RAY-BENNETT, N.S., 2009, "The influence of caste, class and gender in surviving multiple disasters: A case study from Orissa, India", *Environmental Hazards-Human and Policy Dimensions*, v. 8, n. 1, pp. 5-22.

RINNER, C., 2007, "A geographic visualization approach to multi-criteria evaluation of urban quality of life", *International Journal of Geographical Information Science*, v. 21, n. 8, pp. 907-919.

RODRIGUES, A.M., 2007, "Desigualdades socioespaciais – a luta pelo direito à cidade", *Cidades*, v. 4, n. 6, pp. 73-88.

ROLNIK, R. & KLINK, J., 2011, "Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?", *Novos Estudos – CEBRAP*, v. 89, n. 1, pp. 89-109.

ROSE, A., "Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation". In: Okuyama, Y. & Chang, S.E. (eds.), *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*, New York, Springer, 2004.

ROUQUAYROL, M.Z., 1993, *Epidemiologia & Saúde*. Rio de Janeiro, MEDSI.

ROYUELA, M. A., 2001, "Los Sistemas de Indicadores Ambientales y su Papel em la Información e Integración Del Medio Ambiente". In: *I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*, pp.1231-1256, Madrid, Fev.

SAATY, T.L., 1980, *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. New York, McGraw-Hill International Book Co.

SACHS, I., 1993, *Estratégias de transição para o século XXI - desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo, Studio Nobel/Fundap.

SACHS, J.D., 2006, *The end of poverty: economic possibilities for our time*. New York. Penguin books.

SANDSTROM, C., 2009, "Institutional dimensions of comanagement: Participation, power, and process", *Society & Natural Resources*, v. 22, n. 3, pp. 230-244.

SANTOS, M., 1996, *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção*. São Paulo, Hucitel.

SANTOS, M., 2008, *A Urbanização Brasileira*. São Paulo, Edusp.

SANTOS, S.M. & BARCELLOS, C. (orgs.), 2006, *Abordagens espaciais na saúde pública*. Brasília, Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz.

SANTOS, S.M. & SOUZA, W.V. (orgs.), 2007, *Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública*. Brasília, Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz.

SANTOS, S.M. & SOUZA-SANTOS, R. (orgs.), 2007, *Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública*. Brasília, Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz.

SANTOS, A.P., ROCHA, S.F., ABREU, M.V.S., et al., 2011, “O Uso da Análise Multicritério no Mapeamento da Fragilidade Social da Área Urbanizada do Município de Viçosa – MG”, *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 64/5, pp. 635-643.

SAS, 2018, Software SAS. Disponível em: <https://www.sas.com/en_us/software/foundation/studio.html>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SCANDAR NETO, W., 2006, *Síntese que organiza o olhar: uma proposta para construção e representação de indicadores de desenvolvimento sustentável e sua aplicação para os municípios fluminenses*. Dissertação de Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais, ENCE/IBGE, Rio de Janeiro.

SCHEUER, S., HAASE, D., MEYER, V., 2011, “Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability”, *Natural Hazards*, v. 58, n. 2, pp. 731–751.

SCLAR, E.D., GARAU, P., CAROLINI, G., 2005, “The 21st Century health challenge of slums and cities”, *Lancet*, v. 365, pp. 901-903.

SCOONES, I., 1998, *Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis*. IDS Working Paper 72, Brighton, UK.

SEGNESTAM, L., 2002, *Indicators of Environmental and Sustainable Development: Theories and Practical Experiences*. Washington DC, World Bank.

SEN, A., 1981, *Poverty and Famines: An Essay on Entitlements and Deprivation*. Oxford, UK, Clarendon Press.

SEN, A., 2000, *Desenvolvimento como Liberdade*. Companhia das Letras, São Paulo.

SENER, B., SÜZEN, M.L., DOYURAN, V., 2006, "Landfill site selection by using geographic information systems", *Environmental Geology*, v. 49, n. 3, pp. 376–388.

SENER, S., SENER, E., NAS, B., et al., 2010, "Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beys catchment area (Konya, Turkey)", *Waste Management*, v. 30, pp. 2037–2046.

SHAH, H.C., 1995, "The increasing nature of global earthquake risk", *Global Environmental Change*, v. 5, n.1, pp. 65-67.

SHAHABI, H. et al., 2014, "Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models", *Catena*, v. 115, pp. 55-70.

SHAMS, J.C.A., GIACOMELI, D.C., SUCOMINE, N.M., 2009, "Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livre públicos". *Journal of Brazilian Society of Urban Forest*, v. 4, n. 4, pp. 1-16.

SHARIFI, M., TOORN, W. van den, RICO, A., et al., 2002, "Application of GIS and Multicriteria Evaluation in locating sustainable boundary between the Tunari National Park and Cochabamba city (Bolivia)", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 11, pp. 151-164.

SIMÕES, A. & FRESNEDA, B. (orgs.), 2016, *Panorama nacional e internacional da produção de indicadores sociais*. Rio de Janeiro, IBGE.

SINGH, R.K., MURTYB, H.R., GUPTAC, S.K., et al., 2012, "An overview of sustainability assessment methodologies", *Ecological Indicators*, v. 15, n.1, pp. 281-299.

SILVA, A.S., 2011, *Espaço urbano, desigualdade e indicadores de dimensões da sustentabilidade: análise de Formosa-GO*. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP.

SILVA, M.A.I., MELLO, F.C.M., MELLO, D.F., et al., 2014, "Vulnerabilidade na saúde do adolescente: questões contemporâneas", *Ciências e Saúde Coletiva*, v. 19, n. 2, pp. 619-627.

SITARZ, D., 1993, *Agenda 21: The Earth summit strategy to save our planet*. United States, Boulder, CO (United States), EarthPress.

SMEETS, E., & WETERINGS, R., 1999, *Environmental indicators: Typology and overview*, Report nr 25. Copenhagen, European Environment Agency.

SMITH, M.J., GOODCHILD, M.F., LONGLEY, P.A., 2007, *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*, Winchelsea – UK, The Winchelsea Press. Disponível em: <<http://www.spatialanalysisonline.com/>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

SMITHERS, J. & SMIT, B., 1997, "Human adaptation to climatic variability and change", *Global Environmental Change*, v. 7, pp. 129-146.

SNOWDEN, D.J. & BOONE, M.E., 2007, "A Leader's Framework for Decision Making", *Harvard business review*, v. 85, n. 11, p. 68.

SOUSA E SILVA, L. & TRAVASSOS, L., 2008, "Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas", *Cadernos Metrópole*, v. 19, n. jan-jun, pp. 27-47.

SPOSATI, A., 1996, *Mapa da Exclusão/Inclusão Social da cidade de São Paulo*. São Paulo, Educ.

SPOSITO, M.E.B., 1988, Capitalismo e urbanização. São Paulo, Contexto.

STEFFEN, W. et al., 2011, "The Anthropocene: conceptual and historical perspectives". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v. 369, pp. 842-867.

STEPHENS, C., et al., 1997, "Urban equity and urban health: using existing data to understand inequalities in health and environment in Accra, Ghana and São Paulo, Brazil", *Environment and Urbanization*, v. 9, n. 1, pp. 181-202.

STERN, D.I., COMMON, M. S., BARBIER, E.B., 1996, "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development", *World Development*, v. 24, n. 7, pp. 1151-1160.

STIGLITZ, J.E., SEN, A., FITOUSSI, J., 2009, Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.215.58&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

STREET, R., MAAROUF, A., JONES-OTAZO, H., "Extreme weather and climate events: implications for public health". In: Ebi, K.L., Smith, J.B., Burton, I. (eds.), *Integration of Public Health with Adaptation to Climate Change: Lessons Learned and New Directions*, London, UK, Taylor & Francis, 2005.

TASCHNER, S., 2000, "Degradação ambiental em favelas de São Paulo". In: Torres, H., Costa, H. (Orgs.), *População e meio ambiente: debates e desafios*. São Paulo, Editora Senac, p. 271-297.

TERRON, S.L., 2009, *A Composição de Territórios Eleitorais no Brasil: Uma Análise das Votações de Lula (1989 - 2006)*. Tese de D.Sc. IUPERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TOBLER, W. R., 1970, "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region", *Economic Geography*, v. 46, pp. 234-400.

TODARO, M.P., 2007. "Urbanization in developing nations: Trends, prospects, and policies", *Journal of Geography*, v. 79, n. 5, pp. 164-174.

TONI, F. & HOLANDA, E., 2008, "The effects of land tenure on vulnerability to droughts in Northeastern Brazil", *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, v. 18, n. 4, pp. 575-582.

TORRES, H.G., 2000, "A demografia do risco ambiental". In: Torres, H.G. e Costa, H. (Org.), *População e meio ambiente: debates e desafios*. São Paulo, Senac, p. 53-73.

TUCCI, C.E.M., 2001, "Gerenciamento da Drenagem Urbana", *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, pp. 5-27.

TURNER, B., KASPERSON, R., MATSON, P., et al., 2003, "A framework for vulnerability analysis in sustainability science", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 100, n. 14, pp. 8074-8079.

TWIGG, J., 2007, *Characteristics of a Disaster-resilient Community. A Guidance Note*. Version 1. DFID, Disaster Risk Reduction Interagency Coordination Group, Benfield, UK.

UITTO, J.I., 1998, "The geography of disaster vulnerability in megacities: a theoretical framework", *Applied Geography*, v. 18, n. 1, pp. 7-16.

UNDP (United Nations Development Programme), 2016, *Human development report 2016*:

human development for everyone. UNDP, New York, USA. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2007, *Global Environment Outlook 4*. UNEP, Nairobi, Kenya.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2012, *Global Environment Outlook 5*. UNEP, Valletta, Malta.

UN-HABITAT (United Nations Human Settlements Program), 2003, *Slums of the World: The Face of Urban Poverty in the New Millennium? Monitoring the Millennium Development Goal, Target 11 – World Wide Slum Dweller Estimation*. UN-Habitat, Nairobi, Kenya.

UN-HABITAT (United Nations Human Settlements Program), 2011, *Global Report on Human Settlements 2011: Cities and Climate Change*. UN-HABITAT, London, UK.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2004, *Living with Risk*. UNISDR, Geneva, Switzerland.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2007a, *Terminologia*. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/informterminology#letter-v>>. Acesso em: 25 set. 2015.

UNISDR (2007b). Words into Action: A Guide for Implementing the Hyogo Framework. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland.

URWIN, K. & JORDAN, A. (2008). Does public policy support or undermine climate change adaptation? Exploring policy interplay across different scales of governance. *Global Environmental Change*, 18, 180-191.

UTZINGER, J. & KEISER, J., 2006, "Urbanization and tropical health – then and now", *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v. 100, n. 5-6, pp. 517-533.

VEIGA, J., 2008, *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*, 3 eds. Rio de Janeiro, Garamond.

VIGNOLI, J. R. (Ed.) (2000). Vulnerabilidad demográfica: una faceta de las desventajas sociales. Proyecto Regional de Población CELAD-FNUAP. CEPAL. Santiago de Chile.

VILLA, F., & MCLEOD, H., 2002, "Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications", *Environmental Management*, v. 29, n. 3, pp. 335-348.

YIN, R.K., 2005, Case study research: Design and methods. Sage publications.

WACKERNAGEL, M., & REES, W., 1996, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.

WAGNER, F.E. & WARD, J.O., 1980, "Urbanization and Migration in Brazil", *American Journal of Economics and Sociology*, v. 39, n. 1, pp. 249-259.

WAKTOLA, D.K., 2009, "Challenges and opportunities in mainstreaming environmental education into the curricula of teachers' colleges in Ethiopia", *Environmental Education Research*, v. 15, n. 5, pp. 589-605.

WANG, G., QIN, L., LI, G., et al., 2009, "Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China", *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 8, pp. 2414-2421.

WANG, H., SHEN, Q., TANG, B., 2015, "GIS-based framework for supporting land use planning in urban renewal: case study in Hong Kong", *Journal of Urban Planning and Development*, v. 141, n. 3, 05014015.

WANYONYI, J.W., IMWATI, A., BOITT, M., 2016, "GIS In Analysis of potential Sites for Ecotourism – A Case Study of Kwale County", *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, v. 10, n. 10, pp. 43-49.

WHITE, G.F., 1974, "Natural hazards research: concepts, methods, and policy implications". In: _____. (Ed.). *Natural hazards: local, national, global*. New York, Oxford University Press, pp. 3-16.

WILBANKS, T.J., 2003, "Integrating climate change and sustainable development in a place-based context", *Climate Policy*, v. 3, n. S1, pp. 147-154.

WILBY R.L. & PERRY, G. L.W., 2006, "Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK", *Progress in Physical Geography*, v. 30, n. 1, pp. 73-98.

WILLIAMS, L., & KAPUTSKA, L., 2000, "Ecosystem vulnerability: A Complex interface with technical components", *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 19, n. 4, pp. 1055-1058.

WISNER, B., 1998, "Marginality and vulnerability: why the homeless of Tokyo don't 'count' in disaster preparations", *Applied Geography*, v.18, n. 1, pp. 25-33.

XU, Y., SUN, J., ZHANG, J., et al., 2012, "Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of environmental suitability for living in China's 35 major cities", *International Journal of Geographical Information Science*, v. 26, n. 9, pp. 1603–1623.

ZAHRAN, S., BRODY, S., PEACOCK, W., et al., 2008, "Social Vulnerability and the Natural and Built Environment: A model of flood casualties in Texas", *Disasters*, v. 32, n. 4, pp. 537-560.

ZALUAR, A., 1999, "Um debate disperso: violência e crime no Brasil da redemocratização", *São Paulo em Perspectiva*, v. 13, n. 3, pp. 3-17.

ZHANG, M., 2002, *Measuring urban sustainability in China*, Amsterdam, Thela Thesis.

ZHANG, X., WANG, Z., LIN, J., 2015, "GIS Based Measurement and Regulatory Zoning of Urban Ecological Vulnerability", *Sustainability*, v. 7, n. 8, pp. 9924-9942.

ANEXO I – METODOLOGIA

1) MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS INDICADORES

Indicador-1: Percentual de mães chefes de família, sem ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade (Fonte: Censo 2010);

Acesso aos dados: www.atlasbrasil.org.br

Desagregação Espacial: Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH)

The screenshot shows the 'Consulta' (Query) page of the Atlas. At the top, there are tabs for 'ESPACEALIDADE' and 'INDICADORES', both set to 'Selecionar'. Below these are buttons for 'Agregação' (with icons for Brazil, map, and bar chart), 'Download' (with a file icon), and a search icon. The main table has two columns: 'Espacealidades' and '% de mães chefes de famílias sem fundamental e com filho menor, no total de mães chefes e com filho menor'. The table lists several locations with their respective percentages. At the bottom left is a note: 'Fonte: IBGE / Tabela Preliminar / Censo 2010 - Unidade de Desenvolvimento Humano'. At the bottom right is a note: 'PESQUISA DE INÉDITOS'.

Espacealidades	% de mães chefes de famílias sem fundamental e com filho menor, no total de mães chefes e com filho menor 2010
Brasil	43,19
12 de Setembro / Caputuna - Parque dos Lagos / Loteamento Caputuna / Loteamento Parque dos Ipê...	27,66
12 de Setembro - Condomínio Recanto dos Pássaros (Jaguarina, RM - Campinas)	12,14
1º CIA de Polícia do Exército / Vila Auto Cred (Rio de Janeiro, RM - Rio de Janeiro)	1,71
20 de Setembro (Sapiranga, RM - Porto Alegre)	50,80

Indicador-2: Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo (Fonte: Censo 2010);

Acesso aos dados: www.atlasbrasil.org.br

Desagregação Espacial: Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH)

The screenshot shows the 'Consulta' (Query) page of the Atlas. At the top, there are tabs for 'ESPACEALIDADE' and 'INDICADORES', both set to 'Selecionar'. Below these are buttons for 'Agregação' (with icons for Brazil, map, and bar chart), 'Download' (with a file icon), and a search icon. The main table has two columns: 'Espacealidades' and '% de crianças em domicílios em que ninguém tem fundamental completo'. The table lists several locations with their respective percentages. At the bottom left is a note: 'Fonte: IBGE / Tabela Preliminar / Censo 2010 - Unidade de Desenvolvimento Humano'. At the bottom right is a note: 'PESQUISA DE INÉDITOS'.

Espacealidades	% de crianças em domicílios em que ninguém tem fundamental completo 2010
Brasil	30,39
12 de Setembro / Caputuna - Parque dos Lagos / Loteamento Caputuna / Loteamento Parque dos Ipê...	27,66
12 de Setembro - Condomínio Recanto dos Pássaros (Jaguarina, RM - Campinas)	15,39
1º CIA de Polícia do Exército / Vila Auto Cred (Rio de Janeiro, RM - Rio de Janeiro)	2,25
20 de Setembro (Sapiranga, RM - Porto Alegre)	49,04
22 de Abril / Zona Rural (Jacareí, RM - Vale do Paraíba e Litoral Norte)	21,94
25 de Agosto / Campus UNIGRANRIO (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	3,63
25 de Agosto / Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	9,96
25 de Agosto / Duque de Caxias (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	3,63
96 de Julho (Barra, RJ - Maracanã)	14,8%

Indicador-3: Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a meio salário mínimo⁵ (Fonte: Censo 2010);

Acesso aos dados: www.atlasbrasil.org.br

Desagregação Espacial: Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH)

Especialidades	% de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e são vulneráveis, na população vulnerável dessa faixa etária 2010
Brasil	33,34
12 de Setembro / Caputina - Parque dos Lagos / Loteamento Caputina / Loteamento Parque dos Ipê...	41,04
12 de Setembro - Condomínio Recanto dos Pássaros (Jaguatirica, RM - Campinas)	36,61
1ª CIA de Polícia do Exército / Vila Auto Cred (Rio de Janeiro, RM - Rio de Janeiro)	43,75
20 de Setembro (Sapiranga, RM - Porto Alegre)	35,58
22 de Abril / Zona Rural (Jacareí, RM - Vale do Paraíba e Litoral Norte)	35,95
25 de Agosto / Campus UNIGRANRIO (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	0,00
25 de Agosto (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	3,44

Indicador-4: Proporção de pessoas com renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a meio salário mínimo (Fonte: Censo 2010);

Acesso aos dados: www.atlasbrasil.org.br

Desagregação Espacial: Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH)

Especialidades	% de pobres 2010
Brasil	15,20
12 de Setembro / Caputina - Parque dos Lagos / Loteamento Caputina / Loteamento Parque dos Ipê...	8,71
12 de Setembro - Condomínio Recanto dos Pássaros (Jaguatirica, RM - Campinas)	1,50
1ª CIA de Polícia do Exército / Vila Auto Cred (Rio de Janeiro, RM - Rio de Janeiro)	1,89
20 de Setembro (Sapiranga, RM - Porto Alegre)	8,05
22 de Abril / Zona Rural (Jacareí, RM - Vale do Paraíba e Litoral Norte)	12,03
25 de Agosto / Campus UNIGRANRIO (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	1,60
25 de Agosto (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	3,45

⁵ Salário Mínimo em 2010: R\$ 510,00.

Indicador-5: Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal (Fonte: Censo 2010).

Acesso aos dados: www.atlasbrasil.org.br

Desagregação Espacial: Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH)

The screenshot shows the 'Consulta' (Query) page of the Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. At the top, there are language links (Português, English, Español) and navigation buttons (HOME, O ATLAS, PERFIL, CONSULTA, MAPA, INDICADORES, ÁREA DE, RANKING, DOWNLOAD). Below this is a search bar with placeholder text 'Digite o nome da UDH ou o seu CÓDIGO'. The main content area is titled 'Consulta' and features a table with the following data:

Espacialidades	% de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal 2010
Brasil	36,24
12 de Setembro / Caputuna - Parque dos Lagos / Loteamento Caputuna / Loteamento Parque dos Ipê...	31,46
12 de Setembro / Condomínio Recanto dos Passaros (Jaguariúna, RM - Campinas)	22,83
1º CIA de Polícia do Exército / Vila Auto Créd (Rio de Janeiro, RM - Rio de Janeiro)	14,36
20 de Setembro (Sapiranga, RM - Porto Alegre)	36,25
22 de Abril / Zona Rural (Jacareí, RM - Vale do Paraíba e Litoral Norte)	36,47
29 de Agosto / Campus UNIGRANRIO (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	9,72
29 de Agosto (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	21,07
29 de Agosto / Duque de Caxias (Duque de Caxias, RM - Rio de Janeiro)	9,72
29 de Junho (Maceió, RM - Maceió)	26,03
3 Campos / Palmares (Nova Iguaçu, RM - Rio de Janeiro)	44,43
40 Horas (Ananindeua, RM - Belém)	25,74
40 Horas - Província Mata Fina (Ananindeua, RM - Belém)	6,84

Indicador-6: Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda *per capita* inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho (Fonte: Censo 2010);

Acesso aos dados: www.atlasbrasil.org.br

Desagregação Espacial: Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH)



Indicador-7: Razão de morador por domicílio (Fonte: Censo 2010);

Calculado através dos microdados do Censo 2010.

Desagregação Espacial: Setor Censitário

Programação em SAS:

```
Data Basico;
Set WORK.BASICO_MUN_RJ;

/* Razao de morador por domicilio */
razao = V003;

run;

proc means data=Basico mean;
var V003 ;
/*by Cod_setor;*/
run;
```

Indicador-8: Percentual de domicílios sem bueiro ou boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoa a água proveniente de chuvas) (Fonte: Censo 2010);

Calculado através dos microdados do Censo 2010.

Desagregação Espacial: Setor Censitário

Programação em SAS:

```
Data Entorno01;
Set WORK.ENTORNO01_MUN_RJ;

/* Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo */
sem_lobo = (V033 + V035 + V037);
percent_lobo = sem_lobo/V001 *100;
run;

proc means data=Entorno01;
var percent_lobo;
/*by Cod_setor;*/
run;
```

Indicador-9: Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados (Fonte: Censo 2010);

Calculado através dos microdados do Censo 2010.

Desagregação Espacial: Área de Ponderação

Programação em SAS:

```
Data Indicadores;
Set work.censo ;

If (V0002 = '04557' and V4001 = '01') then do;

/* Domicílio Particular Permanente */
If V4001 = '01' then dpp = 1; else dpp=0;

/* Domicílio Inadequado */
If V6210 = '3' then inadeq = 1; else inadeq = 0;

run;

proc freq data=indicadores;
```

```

table inadeq;
by V0011; /* \ºrea de pondera\ß\£o */
weight V0010;
run;

```

Indicador-10: Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo (Fonte: Censo 2010).

Calculado através dos microdados do Censo 2010.

Desagregação Espacial: Área de Ponderação

Programação em SAS:

```

Data Indicadores;
Set work.censo ;

If (V0002 = '04557' and V4001 = '01') then do;

/* Domic\lio Particular Permanente */
If V4001 = '01' then dpp = 1; else dpp=0;

/* inexistencia de coleta de lixo */
/*If V0218 = '0' then lixo = 1; else lixo = 0;*/
end;

proc freq data=indicadores;
table lixo;
by V0011; /* \ºrea de pondera\ß\£o */
weight V0010;
run;

```

Indicador-11: Suscetibilidade ao escorregamento (Fonte: Fundação Geo-Rio, 2013);

Imagen em formato raster fornecida pela Geo-Rio.

Indicador-12: Risco de inundações e enchentes (Fonte: ISMFI, 2010);

Imagen em formato raster fornecida pelo pesquisador Francis Miranda.

Indicador-13: Mortalidade até um ano de idade (Fonte: Censo 2010);

Acesso aos dados: www.ibge.gov.br (resultados gerais da amostra por áreas de ponderação)

Desagregação Espacial: Área de Ponderação

Indicador-14: Percentual de domicílios sem arborização no logradouro (Fonte: Censo 2010);

Calculado através dos microdados do Censo 2010.

Desagregação Espacial: Setor Censitário

Programação em SAS:

```
Data Entorno01;
Set WORK.ENTORNO01_MUN_RJ;

/* Percentual de domicílios sem arborização */
sem_arbo = (V045 + V047 + V049);
percent_arbo = sem_arbo/V001 *100;
run;

proc means data=Entorno01;
var percent_arbo;
/*by Cod_setor;*/
run;
```

Indicador-15: Letalidade Violenta (Fonte: ISP-RJ, 2013).

Acesso aos dados: www.isp.rj.gov.br

Desagregação Espacial: Circunscrição Integrada de Segurança Pública (CISP)

2) EXEMPLO DO QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS ESPECIALISTAS

Indicador 1 em comparação ao 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
1	PERCENTUAL DE MÃES CHEFES DE FAMÍLIA, SEM ENSINO FUNDAMENTAL COMPLETO E COM PELO MENOS UM FILHO MENOR DE 15 ANOS DE IDADE, NO TOTAL DE MÃES CHEFES DE FAMÍLIA;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
2	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo;	Importância Equiparada
3	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010), na população total dessa faixa etária;	Importância Equiparada
4	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010);	Importância Equiparada
5	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal;	Importância Equiparada
6	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho;	Importância Equiparada
7	Razão de Morador por Domicílio;	Importância Moderada
8	Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoram a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância Forte
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância Forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 2 em comparação ao 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 , 13, 14 e 15 :

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
2	PERCENTUAL DE CRIANÇAS QUE VIVEM EM DOMICÍLIOS EM QUE NENHUM DOS MORADORES TEM O ENSINO FUNDAMENTAL COMPLETO;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
3	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010), na população total dessa faixa etária;	Importância Equiparada
4	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010);	Importância Equiparada
5	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal;	Importância Equiparada
6	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho;	Importância Equiparada
7	Razão de Morador por Domicílio;	Importância forte
8	Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoram a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância forte
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 3 em comparação ao 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
3	PERCENTUAL DE PESSOAS DE 15 A 24 ANOS QUE NÃO ESTUDAM, NÃO TRABALHAM E POSSUEM RENDA DOMICILIAR PER CAPITA IGUAL OU INFERIOR A MEIO SALÁRIO MÍNIMO (2010), NA POPULAÇÃO TOTAL DESSA FAIXA ETÁRIA;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
4	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010);	Importância Equiparada
5	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal;	Importância Equiparada
6	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho;	Importância Equiparada
7	Razão de Morador por Domicílio;	Importância muito forte
8	Percentual de domicílios sem buleiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância forte
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 4 em comparação ao 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
4	PROPORÇÃO DE PESSOAS COM RENDA DOMICILIAR PER CAPITA IGUAL OU INFERIOR A MEIO SALÁRIO MÍNIMO (2010);	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
5	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal;	Importância Equiparada
6	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho;	Importância Equiparada
7	Razão de Morador por Domicílio;	Importância forte
8	Percentual de domicílios sem buleiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância forte
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 5 em comparação ao 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO		Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental
5 PERCENTUAL DE PESSOAS DE 18 ANOS OU MAIS SEM ENSINO FUNDAMENTAL COMPLETO E EM OCUPAÇÃO INFORMAL.		
INDICADOR COMPARATIVO		SUA PERCEPÇÃO
6	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho;	Importância Equiparada
7	Razão de Morador por Domicílio;	Importância forte
8	Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância forte
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 6 em comparação ao 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO		Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental
6 PERCENTUAL DE PESSOAS QUE VIVEM EM DOMÍCILIOS COM RENDA PER CAPITA INFERIOR A MEIO SALÁRIO MÍNIMO E QUE GASTAM MAIS DE UMA HORA ATÉ O TRABALHO NO TOTAL DE PESSOAS OCUPADAS, VULNERÁVEIS E QUE RETORNAM DIARIAMENTE DO TRABALHO;		
INDICADOR COMPARATIVO		SUA PERCEPÇÃO
7	Razão de Morador por Domicílio;	Importância Equiparada
8	Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância forte
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 7 em comparação ao 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
7	RAZÃO DE MORADOR POR DOMICÍLIO:	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
8	Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo (abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam a água proveniente de chuvas, IBGE, 2010);	Importância Moderada
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância equiparada

Indicador 8 em comparação ao 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
8	PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS SEM BUEIRO/BOCA DE LOBO (ABERTURA QUE DÁ ACESSO A CAIXAS SUBTERRÂNEAS, POR ONDE ESCOAM A ÁGUA PROVENIENTE DE CHUVAS, IBGE, 2010);	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
9	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;	Importância Equiparada
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância Equiparada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância moderada
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 9 em comparação ao 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
9	PERCENTUAL DE PESSOAS EM DOMICÍLIOS COM ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO INADEQUADOS;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
10	Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo.	Importância moderada
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância equiparada

Indicador 10 em comparação ao 11, 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
10	PERCENTUAL DE PESSOAS EM DOMICÍLIOS SEM SERVIÇO DE COLETA DE LIXO.	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
11	Susceptibilidade ao deslizamento;	Importância Equiparada
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 11 em comparação ao 12, 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
11	SUSCETIBILIDADE AO DESLIZAMENTO;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
12	Risco de inundações e enchentes;	Importância Equiparada
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 12 em comparação ao 13, 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
12	RISCO DE INUNDAÇÕES E ENCHENTES;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
13	Mortalidade até um ano de idade;	Importância Equiparada
14	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância muito forte
15	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equiparada

Indicador 13 em comparação ao 14 e 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental	
	MORTALIDADE ATÉ UM ANO DE IDADE;	
	INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
	Percentual de domicílios com arborização no logradouro (Cobertura Vegetal);	Importância Absoluta
	Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância equiparada

Indicador 14 em comparação ao 15:

OBJETIVO	Minimizar a Vulnerabilidade Socioambiental
14	PERCENTUAL DE DOMÍCIOS COM ARBORIZAÇÃO NO LOGRADOURO (COBERTURA VEGETAL);
INDICADOR COMPARATIVO	SUA PERCEPÇÃO
15 Letalidade Violenta (Indicador de Segurança Pública).	Importância Equivalente

3) TABELAS DE CÁLCULOS

Tabela A. Matriz de Comparação Pareada dos 15 Indicadores (normalizada).

Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1/13=0,07	1/12=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	1/8,2=0,12	1/9,3=0,11	1/22,9=0,04	5/36,2=0,14	1/20,9=0,05	1/28,2=0,04	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	1/26,3=0,04	5/75,0=0,07	1/27=0,04
2	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	1/8,2=0,12	1/9,3=0,11	3/22,9=0,13	5/36,2=0,14	1/20,9=0,05	3/28,2=0,11	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	1/26,3=0,04	7/75,0=0,09	1/27=0,04
3	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	1/8,2=0,12	1/9,3=0,11	5/22,9=0,22	3/36,2=0,08	1/20,9=0,05	1/28,2=0,04	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	1/26,3=0,04	7/75,0=0,09	1/27=0,04
4	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	1/8,2=0,12	1/9,3=0,11	3/22,9=0,13	3/36,2=0,08	1/20,9=0,14	3/28,2=0,11	3/2,7=0,15	3/2,8=0,13	1/26,3=0,04	7/75,0=0,09	1/27=0,04
5	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	1/8,2=0,12	1/9,3=0,11	5/22,9=0,22	5/36,2=0,14	3/20,9=0,14	5/28,2=0,18	5/2,7=0,24	5/2,8=0,22	3/26,3=0,11	5/75,0=0,07	3/27=0,11
6	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	1/8,2=0,12	1/9,3=0,11	1/22,9=0,04	5/36,2=0,14	3/20,9=0,14	3/28,2=0,11	3/2,7=0,15	3/2,8=0,13	5/26,3=0,19	5/75,0=0,07	3/27=0,11
7	1/13,4=0,07	0,3/12,0=0,03	0,2/12,7=0,02	0,3/10,1=0,03	0,2/8,2=0,02	1/9,3=0,11	1/22,9=0,04	3/36,2=0,08	3/20,9=0,14	3/28,2=0,11	1/2,7=0,05	3/2,8=0,13	1/26,3=0,04	5/75,0=0,07	3/27=0,11
8	0,2/13,4=0,01	0,2/12,0=0,02	0,3/12,7=0,03	0,3/10,1=0,03	0,2/8,2=0,02	0,2/9,3=0,02	0,3/22,9=0,01	1/36,2=0,03	1/20,9=0,05	1/28,2=0,04	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	1/26,3=0,04	5/75,0=0,07	1/27=0,04
9	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	0,3/10,1=0,03	0,3/8,2=0,04	0,3/9,3=0,04	0,3/22,9=0,01	1/36,2=0,03	1/20,9=0,05	3/28,2=0,11	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	3/26,3=0,11	5/75,0=0,07	1/27=0,04
10	1/13,4=0,07	0,3/12,0=0,03	1/12,7=0,08	0,3/10,1=0,03	0,2/8,2=0,02	0,3/9,3=0,04	0,3/22,9=0,01	1/36,2=0,03	0,3/20,9=0,02	1/28,2=0,04	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	1/26,3=0,04	5/75,0=0,07	1/27=0,04
11	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	0,3/10,1=0,03	0,2/8,2=0,02	0,3/9,3=0,04	1/22,9=0,04	1/36,2=0,03	1/20,9=0,05	1/28,2=0,04	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	1/26,3=0,04	5/75,0=0,09	5/27=0,19
12	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	0,3/10,1=0,03	0,2/8,2=0,02	0,3/9,3=0,04	0,3/22,9=0,01	1/36,2=0,03	1/20,9=0,05	1/28,2=0,04	1/2,7=0,05	1/2,8=0,04	3/26,3=0,11	7/75,0=0,09	3/27=0,11
13	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	0,3/8,2=0,04	0,2/9,3=0,02	1/22,9=0,04	1/36,2=0,03	0,3/20,9=0,02	1/28,2=0,04	0,3/22,8=0,01	1/26,3=0,04	5/75,0=0,04	1/27=0,04	
14	0,2/13,4=0,01	0,1/12,0=0,01	0,1/12,7=0,01	0,1/10,1=0,01	0,2/8,2=0,02	0,2/9,3=0,02	0,2/22,9=0,01	0,2/36,2=0,01	0,2/20,9=0,01	0,2/28,2=0,01	0,1/42,0=0,01	0,1/42,8=0,01	0,3/26,3=0,01	1/75,0=0,01	1/27=0,04
15	1/13,4=0,07	1/12,0=0,08	1/12,7=0,08	1/10,1=0,10	0,3/8,2=0,04	0,3/9,3=0,04	0,3/22,9=0,01	1/36,2=0,03	1/20,9=0,05	1/28,2=0,04	0,2/20,7=0,01	0,3/22,8=0,01	1/26,3=0,04	1/75,0=0,01	1/27=0,04

Tabela B. Cálculo do vetor de Eigen.

Indicadores	Vetor de Eigen (cálculo)	Vetor de Eigen (resultado)
1	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,12+0,11+0,04+0,14+0,05+0,04+0,05+0,04+0,07+0,04) / 15$	0,07
2	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,12+0,11+0,13+0,14+0,05+0,11+0,05+0,04+0,04+0,09+0,04) / 15$	0,08
3	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,12+0,11+0,22+0,08+0,05+0,04+0,05+0,04+0,04+0,09+0,04) / 15$	0,08
4	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,12+0,11+0,13+0,08+0,14+0,11+0,15+0,13+0,04+0,09+0,04) / 15$	0,10
5	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,12+0,11+0,22+0,14+0,14+0,18+0,24+0,22+0,11+0,07+0,11) / 15$	0,13
6	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,12+0,11+0,04+0,14+0,14+0,11+0,15+0,13+0,19+0,07+0,11) / 15$	0,11
7	$(0,07+0,03+0,02+0,03+0,02+0,11+0,04+0,08+0,14+0,11+0,05+0,13+0,04+0,07+0,11) / 15$	0,07
8	$(0,01+0,02+0,03+0,03+0,02+0,02+0,01+0,03+0,05+0,04+0,05+0,04+0,04+0,07+0,04) / 15$	0,03
9	$(0,07+0,08+0,08+0,03+0,04+0,04+0,01+0,03+0,05+0,11+0,05+0,04+0,11+0,07+0,04) / 15$	0,06
10	$(0,07+0,03+0,08+0,03+0,02+0,04+0,01+0,03+0,02+0,04+0,05+0,04+0,04+0,07+0,04) / 15$	0,04
11	$(0,07+0,08+0,08+0,03+0,02+0,04+0,04+0,03+0,05+0,04+0,05+0,04+0,11+0,09+0,19) / 15$	0,06
12	$(0,07+0,08+0,08+0,03+0,02+0,04+0,01+0,03+0,05+0,04+0,05+0,04+0,11+0,09+0,11) / 15$	0,06
13	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,04+0,02+0,04+0,03+0,02+0,04+0,02+0,01+0,04+0,04+0,04) / 15$	0,01
14	$(0,01+0,01+0,01+0,01+0,02+0,02+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,04) / 15$	0,04
15	$(0,07+0,08+0,08+0,10+0,04+0,04+0,01+0,03+0,05+0,04+0,01+0,01+0,04+0,01+0,04) / 15$	0,01

4) EASY AHP NO QGIS

Passo 1) Habilitar o complemento Easy AHP no QGIS (Figura A).

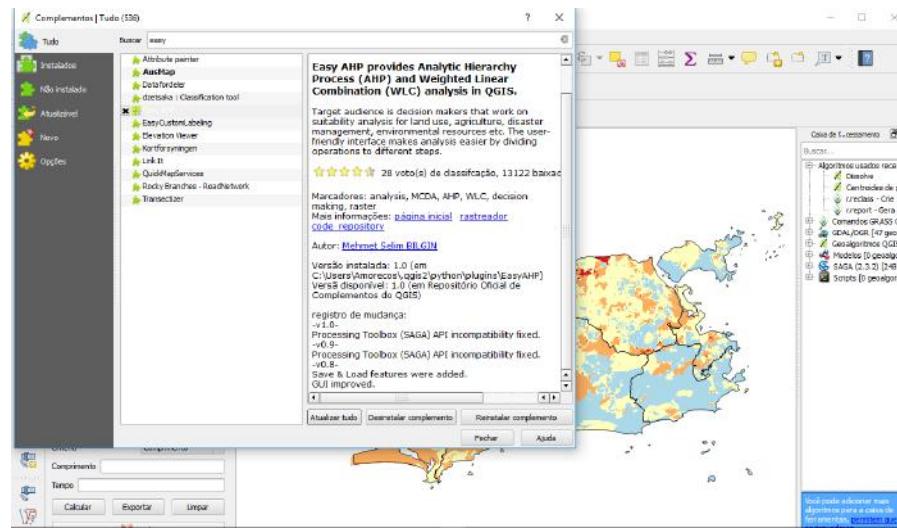


Figura A: Habilitando o complemento Easy AHP.

Passo 2) Complemento pronto para ser utilizado (Figura B).

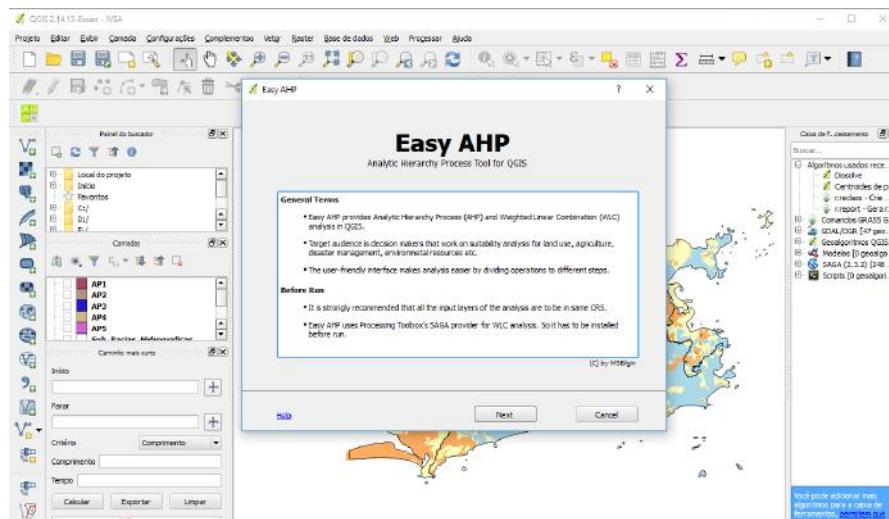


Figura B: Complemento Easy AHP pronto para ser utilizado.

Passo 3) Na janela “Step 1”: *Choose Input Layers (Parameters)* são selecionadas as camadas a serem analisadas. Após a seleção (uma por vez), click em >>> para que as camadas sejam direcionadas para o “*Input layers*”. Após todas as camadas selecionadas estarem no campo “*Input layers*”, click em *Next* (Figura C).

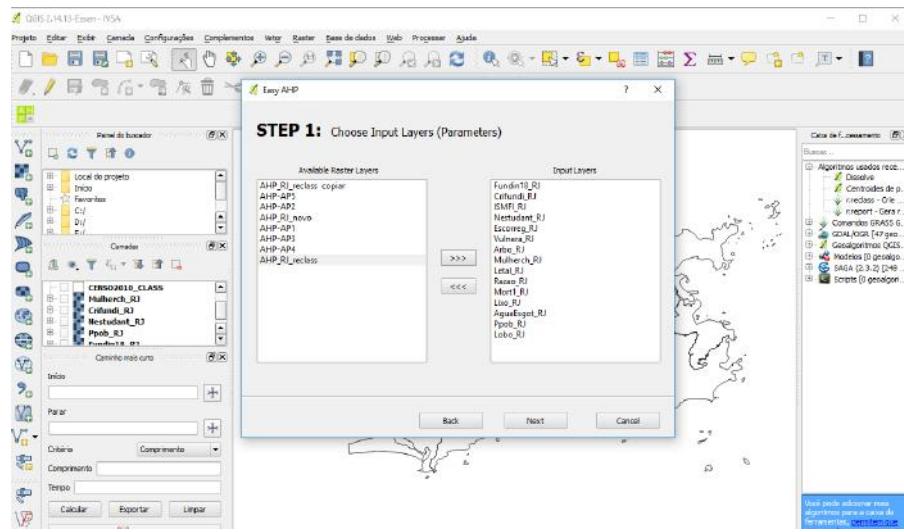


Figura C: Camadas (em raster) a serem analisadas pelo complemento Easy AHP do QGIS.

Passo 4) Na janela “Step 2”: *Fill The Pairwise Matrix*, que é a matriz de comparação pareada, você deverá preenchê-la de acordo com a importância dos fatores em relação aos outros. Caso deseje salvar a tabela, click no ícone “Save table” (será salva no formato .csv)

Após o preenchimento, click em “Calculate” para que sejam calculados os valores da matriz de comparação pareada. Aparecerão os valores de λ (número de fatores calculados), CI (Índice de consistência) e CR (Razão de consistência). Na sequência, click em “Next” (e vá para o Step 3) (Figura D).

IMPORTANTE: Para que a matriz seja considerada consistente, segundo SAATY (1990), o valor de CR deve ser inferior a 0,1. Caso contrário, a matriz necessitará ser preenchida novamente.

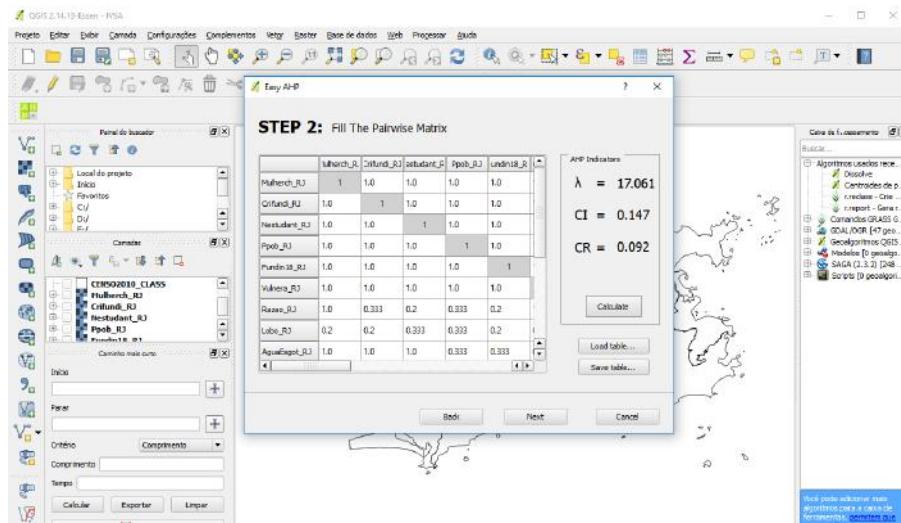


Figura D: Preenchimento da matriz de comparação pareada.

PASSO 5) Na janela “Step 3”: *Weighted Linear Combination (WLC)*, aparecerá uma tabela com os valores de ponderação dos pesos atribuídos aos fatores que foram preenchidos na Matriz. □No ícone “Output”, click em “Browse...” e escolha a pasta onde pretende salvar o mapa, e dê um nome ao arquivo (Figura E). Click em “Run”, espere até aparecer na tela o mapa. Agora é só categorizar e editar seu mapa.

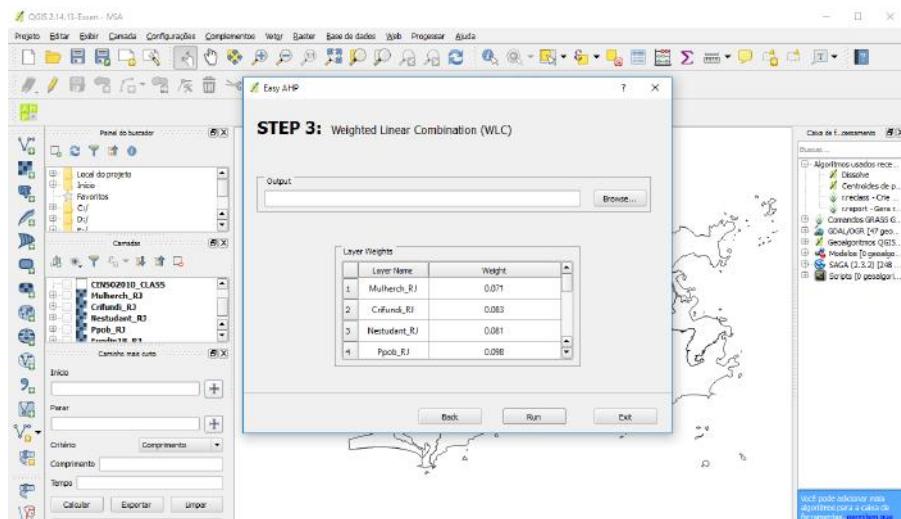
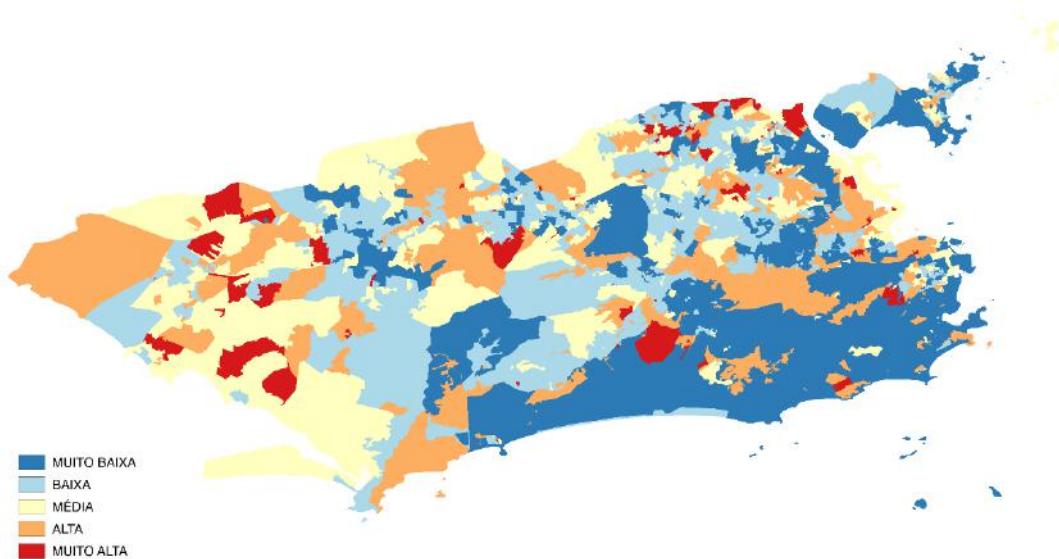


Figura E: Última etapa antes da elaboração do mapa final.

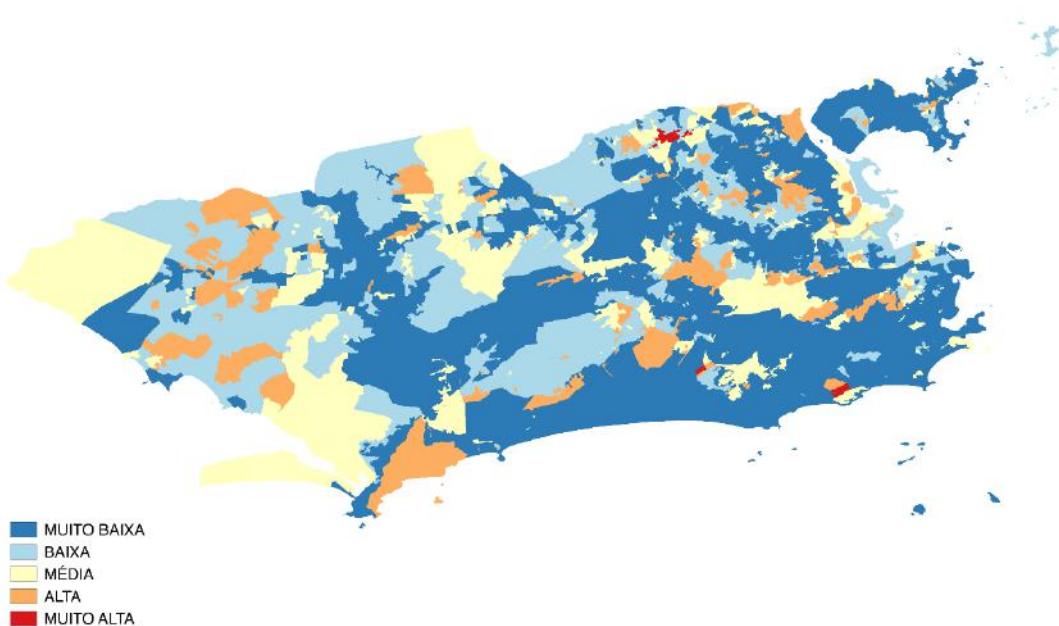
ANEXO II – RESULTADOS

1) MAPAS DOS INDICADORES

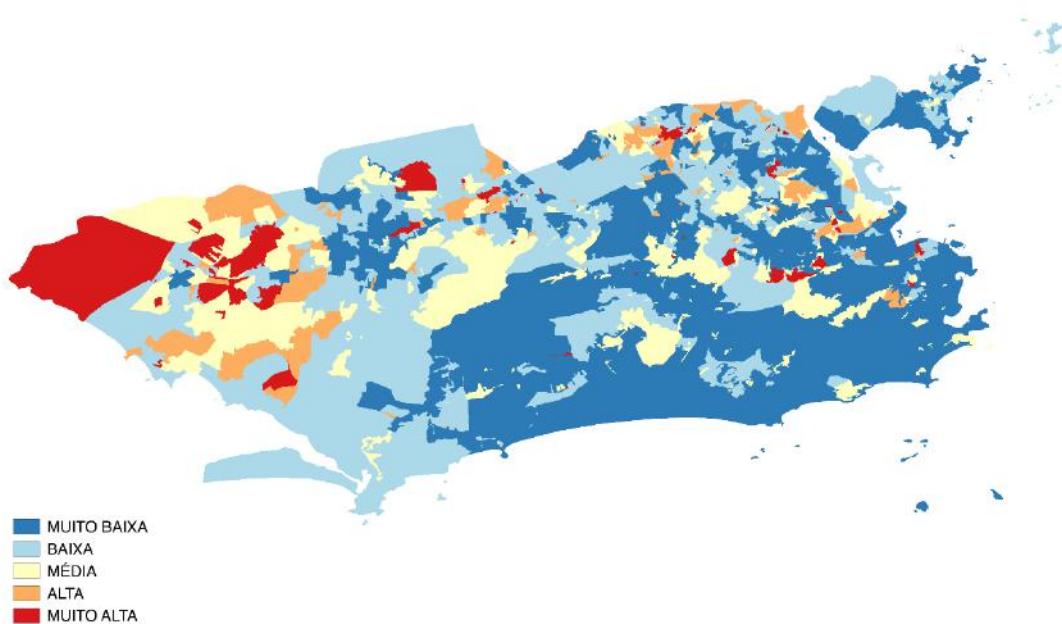
Indicador-1: Percentual de mães chefes de família, sem ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade



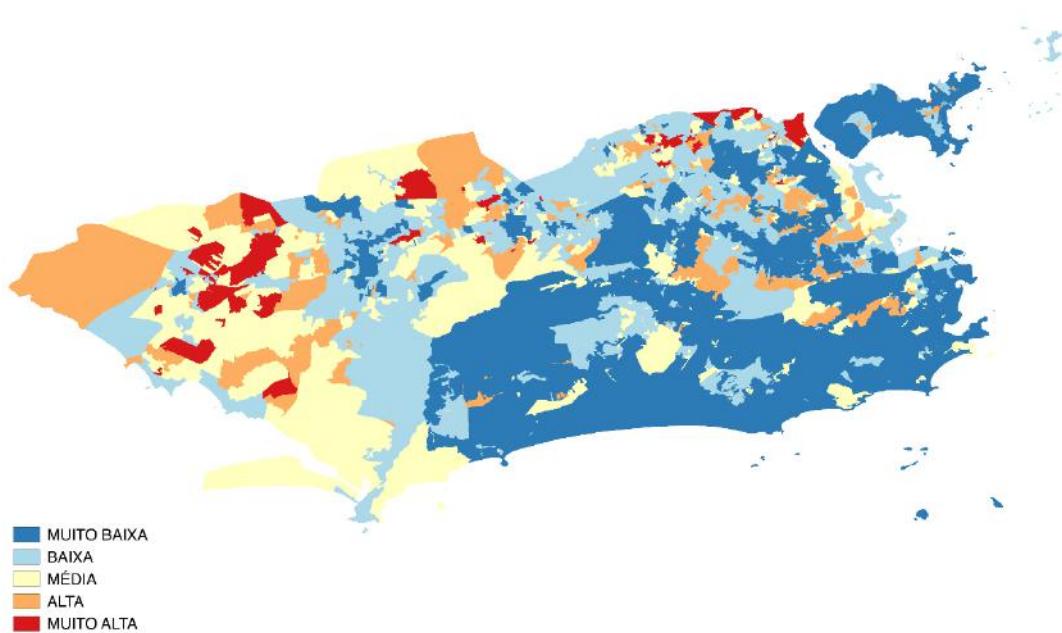
Indicador-2: Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo



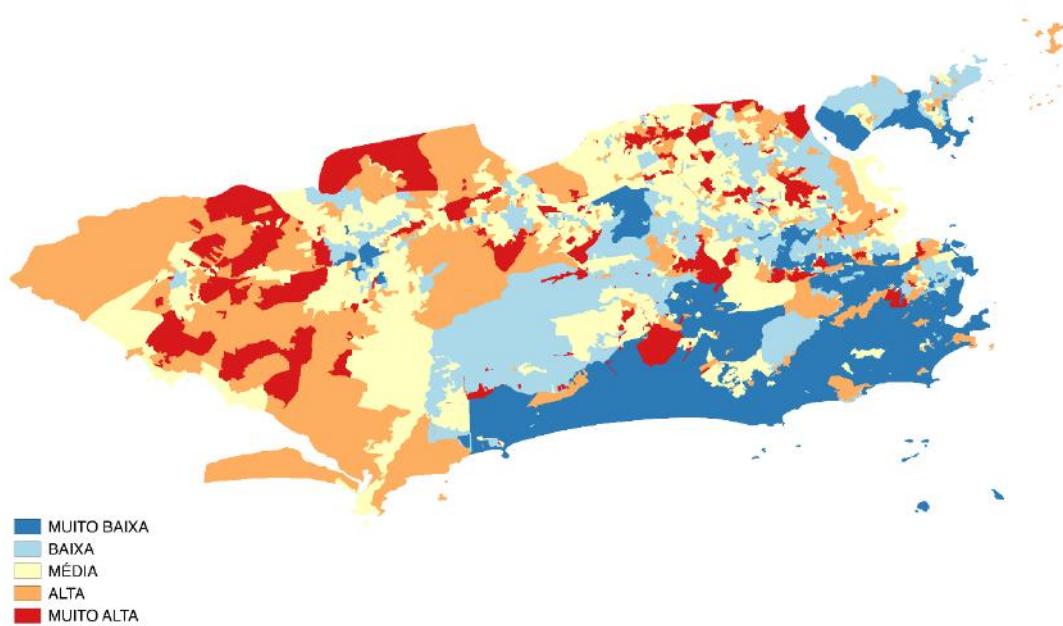
Indicador-3: Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo



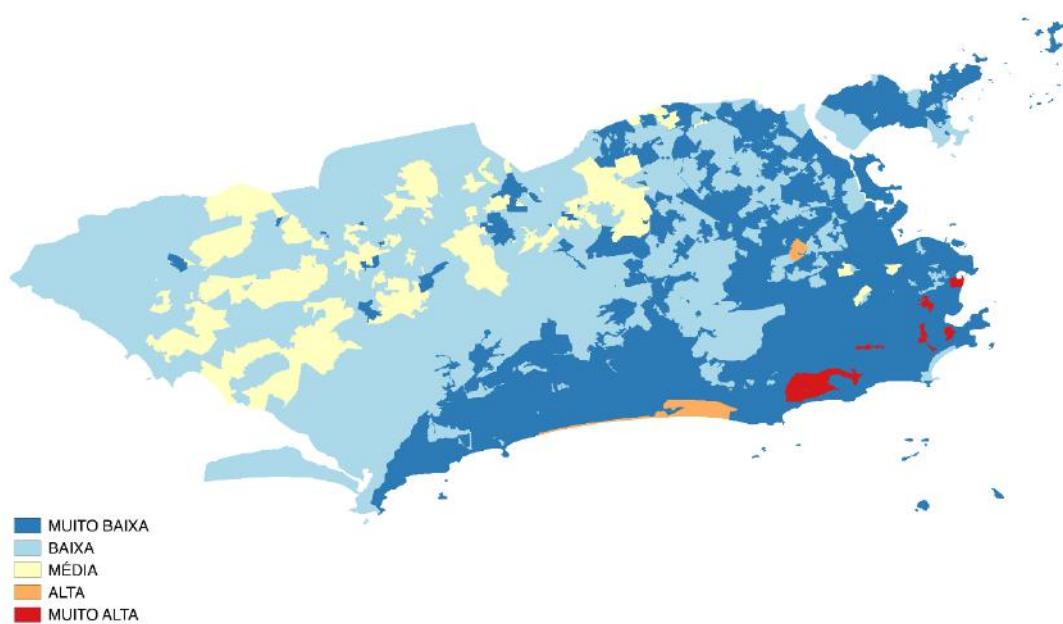
Indicador-4: Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo



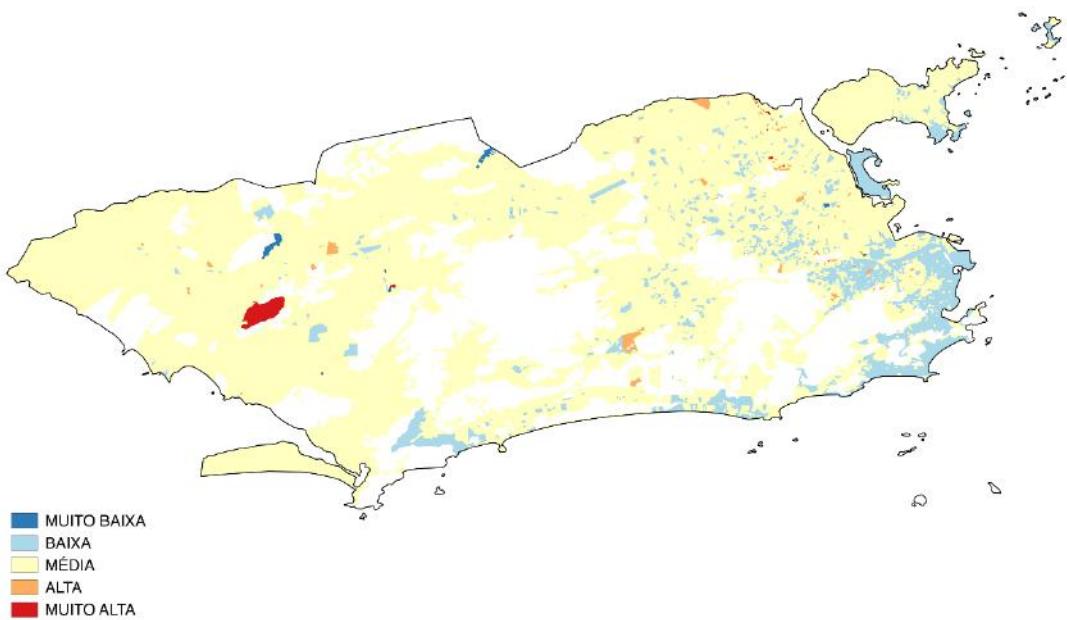
Indicador-5: Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal



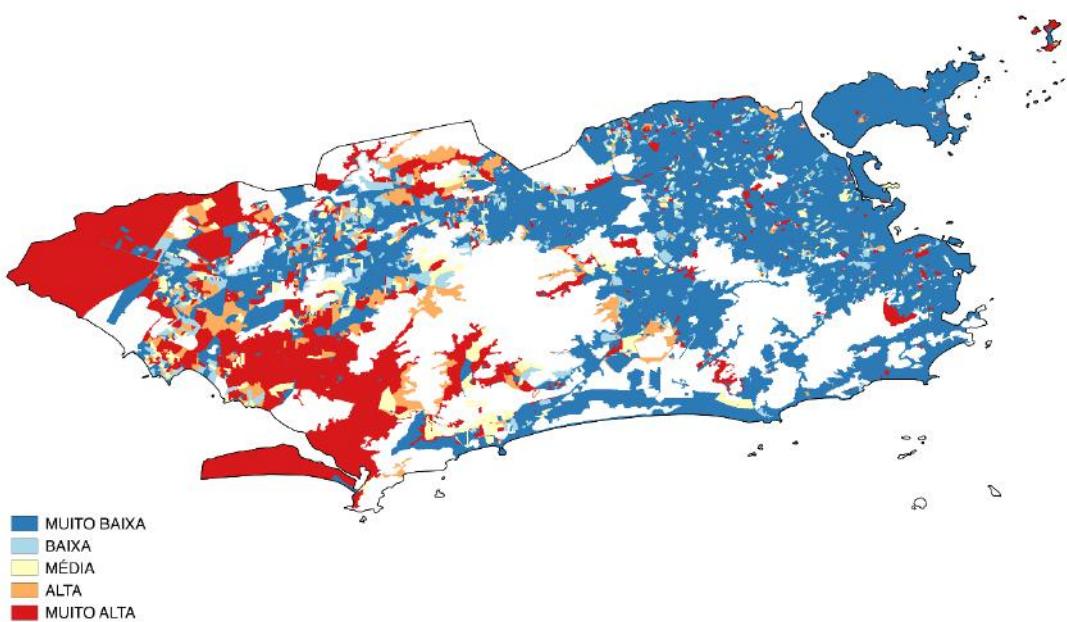
Indicador-6: Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho



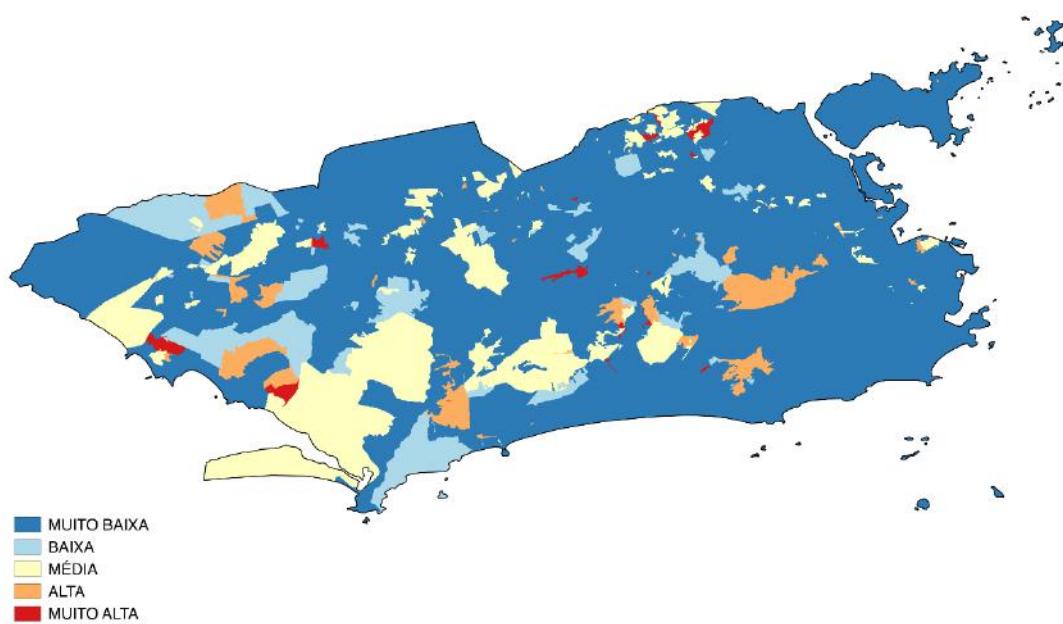
Indicador-7: Razão de morador por domicílio



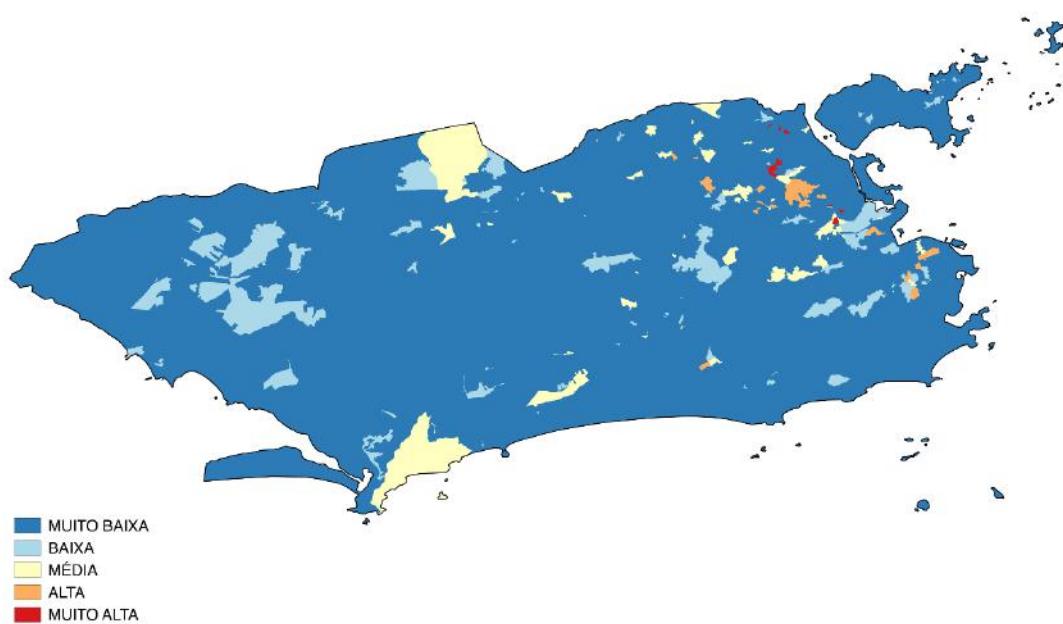
Indicador-8: Percentual de domicílios sem bueiro/boca de lobo



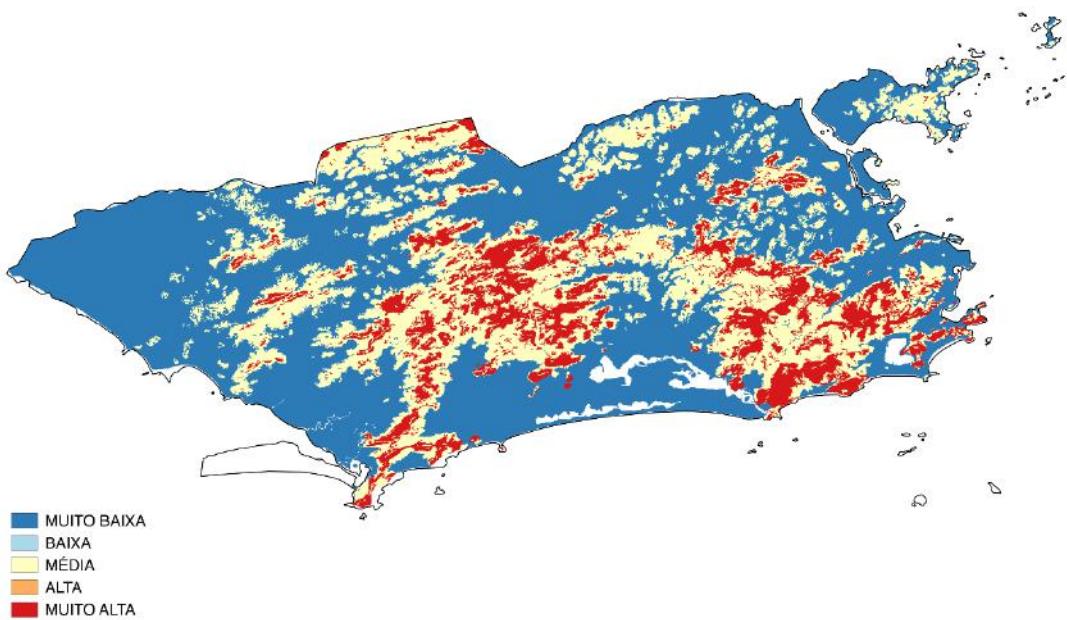
Indicador-9: Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados



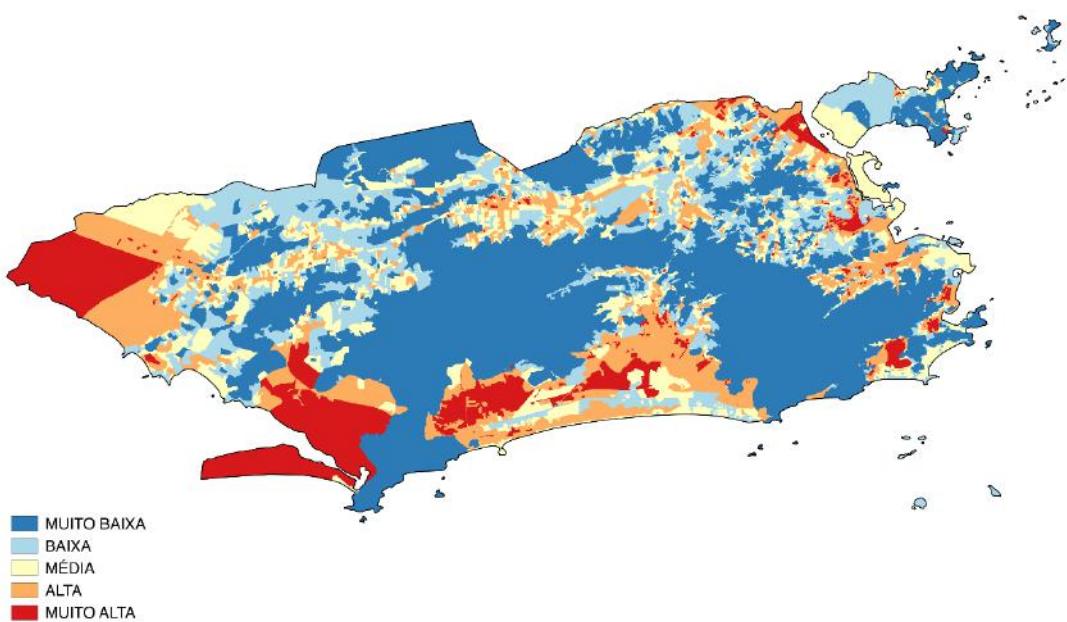
Indicador-10: Percentual de pessoas em domicílios sem serviço de coleta de lixo



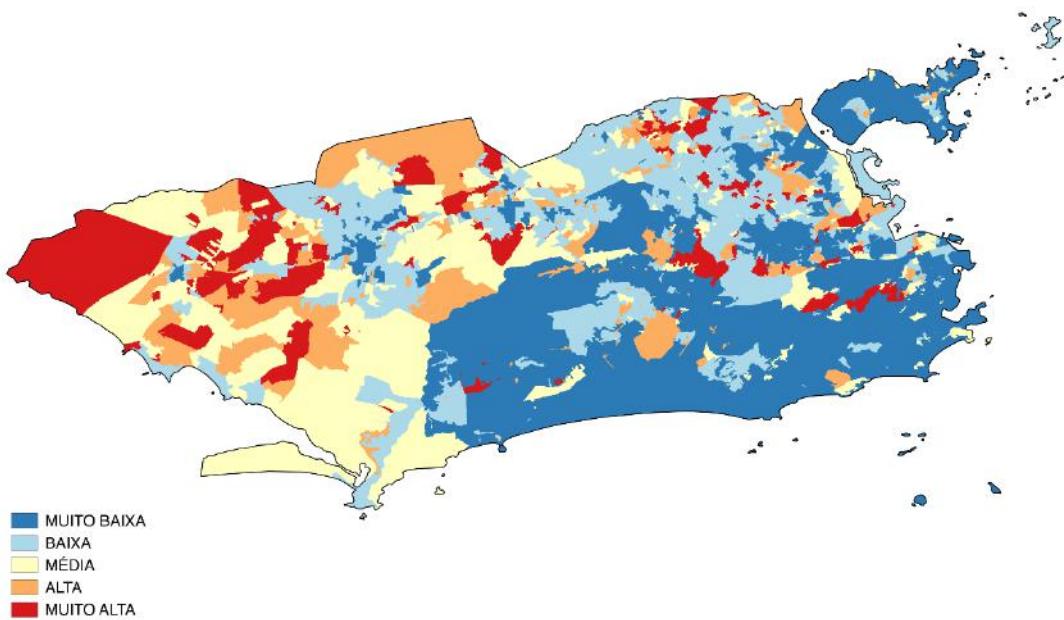
Indicador-11: Suscetibilidade ao deslizamento



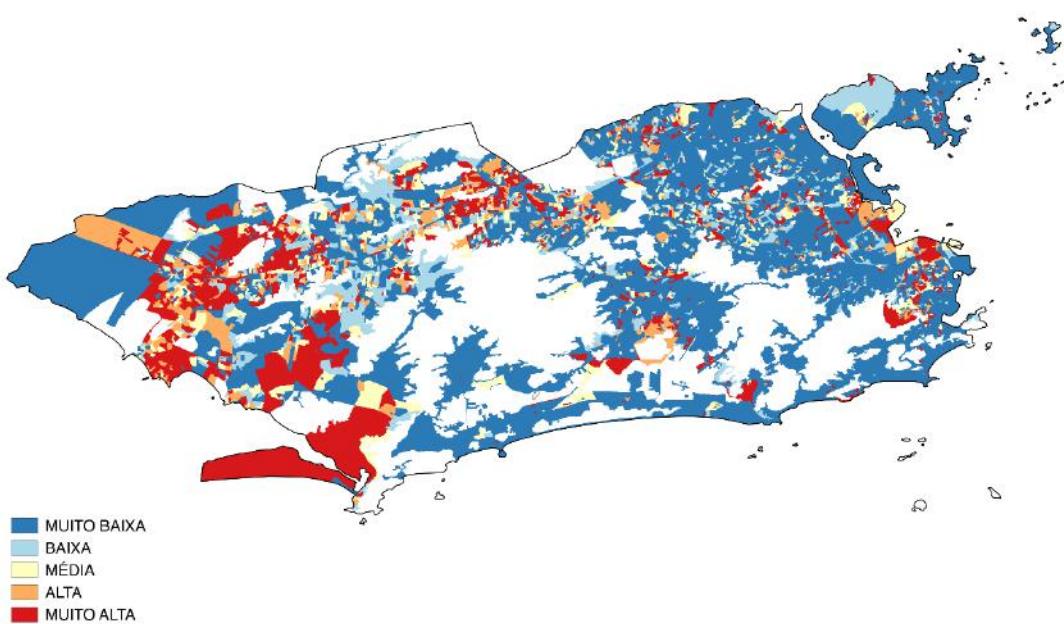
Indicador-12: Risco de inundações e enchentes



Indicador-13: Mortalidade até um ano de idade



Indicador-14: Percentual de domicílios sem arborização no logradouro



Indicador-15: Letalidade Violenta

