



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Fabício Pimenta da Cunha

**Especialização de indicadores socioambientais e metodologia de
classificação da vulnerabilidade socioambiental aplicada a cidade do Rio de
Janeiro**

Rio de Janeiro

2024

Fabício Pimenta da Cunha

Espacialização de indicadores socioambientais e metodologia de classificação da vulnerabilidade aplicada a cidade do Rio de Janeiro

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração de Saneamento ambiental: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr.

Coorientadora: Prof^a Dr^a. Maria Conceição Manso

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

C972 Cunha, Fabrício Pimenta da.
Espacialização de indicadores socioambientais e metodologia de classificação da vulnerabilidade socioambiental aplicada a cidade do Rio de Janeiro / Fabrício Pimenta da Cunha. – 2024.
171 f.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Junior.

Coorientadora: Maria Conceição Manso.

Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Sistemas de informação geográfica - Teses. 3. Avaliação de riscos ambientais - Teses. 4. Mudanças climáticas - Rio de Janeiro (RJ) - Teses. I. Ohnuma Junior, Alfredo Akira. II. Manso, Maria Conceição. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 504.4

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Fabrcio Pimenta da Cunha

**Espacializao de indicadores socioambientais e metodologia de classificao da
vulnerabilidade aplicada a cidade do Rio de Janeiro**

Tese apresentada como requisito parcial para
obteno do ttulo de Doutor, ao Programa de
Ps-graduao em Engenharia Ambiental, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. rea
de concentrao de Saneamento ambiental:
Controle da Poluio Urbana e Industrial.

Aprovado em: 16 de dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jnior (Orientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof.^a Dra. Maria Conceio Manso (Coorientadora)
Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Cincias da Sade (Portugal) - UFP

Prof.^a Dra. Alena Torres Netto
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Sergio Orlando Antoun Netto
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Fernando Setembrino Cruz Meirelles
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Dr. Luiz de Moraes Rgo Filho
PESAGRO-RJ

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

Aos meus avós Aristides e Helena, *in memoriam*.

Ao meu pai Carlos Fernandes M. da Cunha e meu sogro Sebastião Braga, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus pela vida, por me propiciar tantas oportunidades e por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas.

A minha Família principalmente minha mãe Célia Regina, por acreditar em todos em meus sonhos e me apoiar incondicionalmente nos caminhos que escolhi, ao meu Pai Carlos Fernandes (in memoriam) pela educação e valores que guardarei pelo resto de minha vida e transmitirei a meus filhos, aos meus irmãos Felipe e Janaina Pimenta pelo companheirismo, incentivo e alegria do convívio, que me deram força para enfrentar os desafios e obstáculos da vida, aos meus tios(as) e primos(as) que sempre foram espelho na minha vida.

O meu sogro Sebastião Braga (in memoriam), por me acolher, acreditar em meus ideais e me proporcionar momentos muito divertidos e importantes em minha vida, a minha sogra Maria de Lourdes, meus cunhados(as) e todos os meus novos primos e tios da família Braga pelo confiança e incentivo.

A minha esposa Maria Inês por ser parceira nos bons e maus momentos, por estar sempre ao meu lado incentivando e corrigindo, e por essa pessoa tão maravilhosa na minha vida, me tornando a cada dia uma pessoa melhor, aos meus filhos Beatriz e Mateus que são da alegria e minha força para melhorar a cada momento.

Ao meu orientador prof. Alfredo Akira e minha coorientadora prof. Maria Conceição pelos seus valiosos conhecimentos, dedicação a minha formação durante todo o curso e incentivo na etapa final. Aos professores, funcionários do DEAMB e colegas de turma, em especial aos amigos Fábio, Fernanda pela força e incentivo, vocês tornaram esta jornada mais amena e divertida.

RESUMO

CUNHA, Fabricio Pimenta da. **Espacialização de indicadores socioambientais e metodologia de classificação da vulnerabilidade da cidade do Rio de Janeiro**. 2024. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

A emergência apresentada pelas mudanças no clima propõe novos e sérios desafios para as cidades, que necessitam de desenvolvimento de políticas estratégicas para reduzir os impactos climáticos e melhorar a adaptação a estes eventos. Compreender as vulnerabilidades do território, assim como suas suscetibilidades e seus riscos potenciais, além de identificar as tendências da mudança do climática é de suma importância para evitar os danos potenciais e minimizar o impacto dos eventos extremos nas cidades, sendo que estas são caracterizadas por interações entre uma série de subsistemas, como o ambiente construído, as infraestruturas, os sistemas sociais, naturais, de produção etc. A cidade do Rio de Janeiro, como segunda maior metrópole do Brasil, possui grandes desafios relacionados à gestão do uso do solo e a diminuição da vulnerabilidade da população aos eventos climáticos extremos, já que em razão da geomorfologia da cidade, parte da população reside em áreas de suscetibilidade a movimentos de massa ou sujeitas a inundação. O presente estudo buscou demonstrar como a espacialização dos indicadores e índices, que compõe a vulnerabilidade socioambiental é de extrema importância para a tomada de decisão assertiva no território da cidade. A metodologia proposta na pesquisa apresenta 4 fases, sendo a 1º fase a identificação e análise dos eventos extremos ocorridos na cidade, na 2º fase a identificação dos indicadores que compõe os índices de Sensibilidade, Exposição e Capacidade Adaptativa, na 3º fase uma consulta e aplicação do questionário ao painel de especialistas e na 4º fase a análise multicritério dos indicadores e índices de vulnerabilidade socioambiental. Como resultados foram apresentados dados da intensificação dos eventos extremos na cidade nas últimas décadas e o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental da cidade do Rio de Janeiro, demonstrado que a grande parte da cidade se encontra em estágio médio de vulnerabilidade enquanto algumas áreas da Zona Oeste e alguns pontos isolados da cidade se encontram em estágios alto ou muito alto de vulnerabilidade socioambiental.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Socioambiental; Análise Multicritério; Mudanças do Clima; Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

CUNHA, Fabricio Pimenta da. **Spatialization of Socio-Environmental Indicators and Vulnerability Classification Methodology Applied to the City of Rio de Janeiro**. 2024. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

The emergency presented by climate change poses new and serious challenges for cities, which need to develop strategic policies to reduce climate impacts and improve adaptation to these events. Understanding the vulnerabilities of the territory, as well as its susceptibilities and potential risks, in addition to identifying trends in climate change, is of utmost importance to avoid potential damages and minimize the impact of extreme events in cities, as these are characterized by interactions between a number of subsystems, such as the built environment, infrastructure, social systems, natural systems, and production systems, among others. The city of Rio de Janeiro, as the second largest metropolis in Brazil, faces significant challenges related to land use management and reducing the vulnerability of the population to extreme climate events, since, due to the city's geomorphology, part of the population resides in areas susceptible to landslides or prone to flooding. This study sought to demonstrate how the spatialization of indicators and indices, which make up socio-environmental vulnerability, is crucial for making assertive decisions in the city's territory. The methodology proposed in the research consists of 4 phases: Phase 1 is the identification and analysis of extreme events that have occurred in the city; Phase 2 is the identification of the indicators that make up the Sensitivity, Exposure, and Adaptive Capacity indices; Phase 3 involves a consultation and application of a questionnaire to a panel of experts; and Phase 4 is the multicriteria analysis of the indicators and indices of socio-environmental vulnerability. The results presented data on the intensification of extreme events in the city in recent decades and the mapping of socio-environmental vulnerability in Rio de Janeiro, showing that a large part of the city is in a medium vulnerability stage, while some areas in the West Zone and certain isolated points in the city are in high or very high socio-environmental vulnerability stages.

Keywords: Socio-environmental Vulnerability; Multicriteria Analysis; Climate Change; Geographic Information System.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMC	Análise Multicriterial
AR5	Fifth Assessment Report - Climate Change
AR6	Sisth Assessment Report - Climate Change
CCI/CLIVAR	Programa Internacional de Pesquisa em Variabilidade e Previsibilidade Climática
CDD	Dias secos consecutivos
CWD	Dias úmidos consecutivos
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CPRM	Centro de Pesquisa em Recursos Minerais
COP21	21ª Conferência das Partes
DTR	Média Anual da Amplitude térmica diária (Tmax - Tmin)
ETCCDMI	Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MCE	Multi Criteria Evaluation
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDE	Modelo Digital de Elevação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos
PSF	Posto de Saúde da Família
R10	Precipitação de um dia superior a 10mm
R20	Precipitação de um dia superior a 20mm
R30	Precipitação de um dia superior a 30mm

R95p	Dias muito úmidos
R99p	Dias extremamente úmidos
RRD	Redução de Riscos de Desastres
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SU25	Dias de calor
TMAX mean	Média da temperatura mínima
TMIN mean	Média da temperatura mínima
TN90p	Noites quentes
TX90p	Dias quentes
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metas das Nações Unidas e Brasil e indicadores referentes ao ODS 13.....	30
Quadro 2 – Dados das Estações do INMET na cidade do Rio de Janeiro.....	43
Quadro 3 – Índices de extremos climáticos de precipitação e temperatura.....	44
Quadro 4 – Índices e indicadores selecionados para a espacialização dos dados para a cidade do Rio de Janeiro.....	46
Quadro 5 – Classificação do indicador Uso e Cobertura do Solo quanto a sua vulnerabilidade.....	47
Quadro 6– Classificação do indicador Faixa Litorânea quanto a sua vulnerabilidade.....	48
Quadro 7 – Classificação do indicador Suscetibilidade a deslizamento e movimento de massa	49
Quadro 8 – Classificação do indicador Suscetibilidade inundação.....	50
Quadro 9 – Classificação do indicador número de casos de Dengue.....	51
Quadro 10 – Classificação do indicador da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.....	52
Quadro 11 – Classificação do indicador Probabilidade da população em morrer antes dos 40 anos.....	53
Quadro 12 – Indicador condição do Saneamento Básico.....	54
Quadro 13 – Indicador taxa de mortalidade infantil.....	55
Quadro 14 – Indicador renda abaixo da linha da pobreza.....	56
Quadro 15 – Indicador mulheres chefes de família.....	57
Quadro 16 – Indicador jovens chefe de família.....	58
Quadro 17 – Indicador taxa da população idosa.....	59
Quadro 18 – Indicador taxa crianças até 5 anos de idade.....	60
Quadro 19 – Indicador taxa pessoas com deficiência.....	61
Quadro 20 – Indicador estrutura de geração de empregos.....	62
Quadro 21 – Indicador estrutura de geração de empregos.....	63
Quadro 22 – Indicador estrutura de geração de empregos.....	64
Quadro 23 – Indicador estrutura de geração de empregos.....	65
Quadro 24 – Indicador gestão de risco (sirenes e planos de contingência).....	66
Quadro 25 – Indicadores de Exposição.....	69
Quadro 26 – Indicadores de Sensibilidade.....	71

Quadro 27 – Indicadores de Capacidade Adaptativa.....	82
Quadro 28 – Reclassificação das classes de vulnerabilidade no software IDRISI.....	87
Quadro 29 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Exposição.....	91
Quadro 30 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Pobreza.....	92
Quadro 31 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica.....	92
Quadro 32 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Sensibilidade.....	92
Quadro 33 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Estruturas Socioeconômicas.....	93
Quadro 34 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de instituições serviços e infraestrutura para adaptação.....	94
Quadro 35 – Pesos Índice de Exposição.....	95
Quadro 36 – Pesos Índice de Pobreza.....	95
Quadro 37 – Pesos Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica.....	96
Quadro 38 – Pesos Índice de Sensibilidade.....	96
Quadro 39 – Pesos Índice de Estruturas Socioeconômicas	97
Quadro 40 – Pesos Índice instituições, serviços e segurança.....	97
Quadro 41 – Pesos Índice Capacidade Adaptativa.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 1).....	119
Tabela 2 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 2).....	120
Tabela 3 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 3).....	121
Tabela 4 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 4).....	122
Tabela 5 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 5).....	123
Tabela 6 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 6).....	124
Tabela 7 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 7).....	125
Tabela 8 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 8).....	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos aplicados à vulnerabilidade socioambiental.....	25
Figura 2 – Etapas da metodologia Delphi.....	39
Figura 3 – Fluxograma Metodológico e Identificação das Palavras-Chaves de cada Etapa.....	41
Figura 4 – Mapa das estações do INMET utilizadas na análise para a cidade do Rio de Janeiro.....	42
Figura 5 – Indicador de Uso e Cobertura do Solo da cidade do Rio de Janeiro.....	47
Figura 6 – Indicador faixa litorânea (100m) e áreas abaixo de 10m de altitude faixa da cidade do Rio de Janeiro	48
Figura 7 – Indicador Suscetibilidade a deslizamento e movimento de massa da cidade do Rio de Janeiro.....	49
Figura 8 – Indicador Suscetibilidade a inundação da cidade do Rio de Janeiro.....	50
Figura 9 – Indicador número de casos de Dengue da cidade do Rio de Janeiro.....	51
Figura 10 – Indicador da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos da cidade do Rio de Janeiro.....	52
Figura 11 – Indicador Percentual da população acima de 25 anos analfabeta da cidade do Rio de Janeiro.....	53
Figura 12 – Indicador condição do Saneamento Básico da cidade do Rio de Janeiro.....	54
Figura 13 – Indicador taxa de mortalidade infantil da cidade do Rio de Janeiro.....	55
Figura 14 – Indicador renda abaixo da linha da pobreza da cidade do Rio de Janeiro.....	56
Figura 15 – Indicador mulheres chefes de família da cidade do Rio de Janeiro.....	57
Figura 16 – Indicador jovens chefe de família da cidade do Rio de Janeiro.....	58
Figura 17 – Indicador taxa da população idosa da cidade do Rio de Janeiro.....	59
Figura 18 – Indicador taxa crianças até 5 anos de idade da cidade do Rio de Janeiro.....	60
Figura 19 – Indicador taxa pessoas com deficiência da cidade do Rio de Janeiro.....	61
Figura 20 – Indicador estrutura de geração de empregos da cidade do Rio de Janeiro	62
Figura 21 – Indicador qualidade da educação da cidade do Rio de Janeiro.....	63
Figura 22 – Proximidade de instituição de segurança da cidade do Rio de Janeiro.....	64
Figura 23 – Indicador estrutura atendimento à saúde da cidade do Rio de Janeiro.....	65
Figura 24 – Indicador gestão de risco (sirenes e planos de contingência) da cidade do Rio de Janeiro.....	66

Figura 25 – Formação Acadêmica – Painel de Especialistas.....	68
Figura 26 - Área de Atuação – Painel de Especialistas.....	68
Figura 27- Área de Atuação Profissional – Painel de Especialistas.....	68
Figura 28 – Questão 1 – Índice Exposição – Painel de Especialistas.....	70
Figura 29 – Questão 1 – Índice Exposição – Painel de Especialistas.....	70
Figura 30 – Questão 3 – Índice Exposição – Painel de Especialistas.....	71
Figura 31 – Questão 1 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	72
Figura 32 – Questão 2 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	73
Figura 33 – Questão 3 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	73
Figura 34 – Questão 4 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	74
Figura 35 – Questão 5 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	74
Figura 36 – Questão 6 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	75
Figura 37 – Questão 7 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	75
Figura 38 – Questão 8 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	76
Figura 39 – Questão 9 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	76
Figura 40 – Questão 10 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	77
Figura 41 – Questão 11 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	77
Figura 42 – Questão 12 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	78
Figura 43 – Questão 13 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	78
Figura 44 – Questão 14 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	79
Figura 45 – Questão 15 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	79
Figura 46 – Questão 16 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	80
Figura 47 – Questão 17 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	80
Figura 48 – Questão 18 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	81
Figura 49 – Questão 19 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	81
Figura 50 – Questão 20 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas.....	82
Figura 51 – Questão 1 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	83
Figura 52 – Questão 2 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	83
Figura 53 – Questão 3 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	84
Figura 54 – Questão 4 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	84
Figura 55 – Questão 5 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	85
Figura 56 – Questão 6 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	85
Figura 57 – Questão 7 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	86

Figura 58 – Questão 8 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	86
Figura 59 – Questão 8 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas.....	87
Figura 60 – Exemplo de um indicador espacializado reclassificado no IDRISI.....	88
Figura 61 – Modulo de lógica fuzzy no IDRISI.....	89
Figura 62 - Relação entre o grau de importância e o peso de cada indicador.....	90
Figura 63 – Formação do Índice de Exposição.....	90
Figura 64 – Formação do Índice de Sensibilidade.....	91
Figura 65 – Formação do Índice de Capacidade Adaptativa.....	93
Figura 66 – Inserção dos dados no Módulo Weigth IDRISI.....	94
Figura 67 – Precipitação total anual nos dias úmidos (PRCPTOT) da cidade do Rio de Janeiro.....	98
Figura 68 – Precipitação de um dia superior a 10mm (R10mm) da cidade do Rio de Janeiro.....	98
Figura 69 – Precipitação de um dia superior a 20mm (R20mm) da cidade do Rio de Janeiro.....	99
Figura 70 – Dias muito úmidos - Precipitação anual > 95 percentil (R95p) da cidade do Rio de Janeiro.....	99
Figura 71 – Dias extremamente úmidos - Precipitação anual > 99 percentil (R99p) da cidade do Rio de Janeiro.....	99
Figura 72 – Dias secos consecutivos com precipitação < 1mm (CDD) da cidade do Rio de Janeiro.....	100
Figura 73 – Dias úmidos consecutivos com precipitação > 1mm (CWD) da cidade do Rio de Janeiro.....	100
Figura 74 – Dias quentes com Temp Max>90° percentil (TX90p) da cidade do Rio de Janeiro.....	100
Figura 75 – Noites quentes com Temp Max>90° percentil (TN90p) da cidade do Rio de Janeiro.....	100
Figura 76 – Média da temperatura mínima (TMIN) da cidade do Rio de Janeiro.....	101
Figura 77 – Média da temperatura máxima (TMAX) da cidade do Rio de Janeiro.....	101
Figura 78 – Média Anual da Amplitude térmica diária (DTR) da cidade do Rio de Janeiro.....	101

Figura 79 – Exemplo de aplicação do módulo MCE (Multi Criteria Evaluation) no IDRISI.....	103
Figura 80 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Exposição.....	104
Figura 81- Mapa do Índice de Exposição da cidade do Rio de Janeiro.....	104
Figura 82 – Área (Km ²) de Vulnerabilidade ao Índice de Exposição na cidade do Rio de Janeiro.....	105
Figura 83 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Pobreza.....	106
Figura 84 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica.....	106
Figura 85 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Sensibilidade.....	107
Figura 86 - Mapa do Índice de Sensibilidade da cidade do Rio de Janeiro.....	107
Figura 87 – Área (Km ²) de Vulnerabilidade ao Índice de Exposição na cidade do Rio de Janeiro.....	108
Figura 88 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Estruturas Socioeconômicas.....	109
Figura 89 - Cruzamento dos indicadores do Índice Instituições, Serviços e Infraestruturas para Adaptação.....	109
Figura 90 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Capacidade Adaptativa.....	110
Figura 91 - Mapa do Índice da Capacidade Adaptativa da cidade do Rio de Janeiro.....	110
Figura 92 – Área (Km ²) do Índice de Capacidade Adaptativa na cidade do Rio de Janeiro.....	111
Figura 93 - Cruzamento dos índices para a formação do Índice de Impactos Potenciais.....	112
Figura 94 - Mapa do Índice da Impactos Potenciais da cidade do Rio de Janeiro.....	112
Figura 95 – Área do Índice de Impactos Potenciais na cidade do Rio de Janeiro.....	113
Figura 96 - Cruzamento dos índices para a formação da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro.....	114
Figura 97 - Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro.....	115
Figura 98 – Área (Km ²) de Vulnerabilidade Ambiental na cidade do Rio de Janeiro.....	116
Figura 99 - Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro.....	118
Figura 100 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 1).....	119
Figura 101 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 2).....	120

Figura 102 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 3).....	121
Figura 103 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 4).....	122
Figura 104 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 5).....	123
Figura 105 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 6).....	124
Figura 106 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 7).....	125
Figura 107 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 8).....	127

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	20
1. OBJETIVOS.....	22
1.1. Objetivo Geral.....	22
1.2. Objetivos Específicos.....	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1. Vulnerabilidade socioambiental nas cidades	23
2.1.1. <u>Índice de Exposição</u>	25
2.1.2. <u>Índice de Sensibilidade</u>	26
2.1.3. <u>Índice de Impactos Potenciais</u>	26
2.1.4. <u>Índice de Capacidade Adaptativa</u>	27
2.1.5. <u>Vulnerabilidade Socioambiental</u>	28
2.2. Acordos internacionais para redução da vulnerabilidade e do risco nas cidades.....	29
2.3. Eventos Extremos.....	33
2.4. Ferramentas para identificação e avaliação da vulnerabilidade urbana.....	34
2.4.1 <u>R Clindex</u> [®]	34
2.4.2. <u>Sistemas de Informação Geográfica (SIG)</u>	35
2.4.3. <u>Análise Multicriterial (AMC)</u>	36
2.4.4. <u>Painel de Especialistas a partir da Metodologia Delphi</u>	38
3. METODOLOGIA.....	39
3.1. Primeira Etapa - Identificação e análise dos eventos extremos na cidade do Rio de Janeiro	42
3.2. Segunda Etapa – Identificação e espacialização dos indicadores para a análise multicriterial	45
3.2.1. <u>Espacialização dos Indicadores de Exposição</u>	47
3.2.1.1. <u>Indicador de Uso e Cobertura do Solo</u>	47
3.2.1.2. <u>Indicador Faixa Litorânea e áreas abaixo de 10m de altitude</u>	48
3.2.1.3. <u>Indicador Suscetibilidade a deslizamento e movimento de massa</u>	49
3.2.1.4. <u>Indicador de Suscetibilidade a inundação</u>	49
3.2.2. <u>Espacialização dos Indicadores de Sensibilidade</u>	50
3.2.2.1. <u>Número de casos de dengue</u>	50
3.2.2.2. <u>População com probabilidade de morrer antes dos 40 anos</u>	51

3.2.2.3. <u>Percentual da população acima de 25 anos analfabeta</u>	52
3.2.2.4. <u>Condições do saneamento básico</u>	53
3.2.2.5. <u>Mortalidade Infantil</u>	54
3.2.2.6. <u>Renda abaixo da linha da pobreza</u>	55
3.2.2.7. <u>Taxa de mulheres chefes de família</u>	56
3.2.2.8. <u>Taxa de jovens chefes de família</u>	57
3.2.2.9. <u>Taxa da população idosa</u>	58
3.2.2.10. <u>Taxa de crianças até 5 anos</u>	59
3.2.2.11. <u>Taxa população deficiente</u>	60
3.2.3. <u>Espacialização dos Indicadores da Capacidade Adaptativa</u>	61
3.2.3.1. <u>Estrutura de geração de emprego</u>	61
3.2.3.2. <u>Qualidade da educação</u>	62
3.2.3.3. <u>Proximidade de instituição de segurança</u>	63
3.2.3.4. <u>Proximidade de atendimento à saúde</u>	64
3.2.3.5. <u>Gestão de Risco (Sirenes e planos de contingência)</u>	65
3.3. Terceira Etapa – Consulta ao painel de especialistas e aplicação dos questionários utilizando a metodologia Delphi.....	66
3.3.1. <u>Resultados da consulta ao painel de especialistas</u>	68
3.3.1.1. <u>Resultados das questões referentes ao Índice de Exposição – Painel de Especialistas</u>	69
3.3.1.2. <u>Resultados das questões referentes ao Índice de Sensibilidade – Painel de Especialistas</u>	71
3.3.1.3. <u>Resultados das questões referente ao Índice de Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas</u>	82
3.4. Quarta Etapa – Análise multicritério e resultado da espacialização da Vulnerabilidade Socioambiental da Cidade do Rio de Janeiro.....	87
3.4.1. <u>Matriz de comparação – Índice de Exposição</u>	90
3.4.2. <u>Matriz de comparação – Índice de Sensibilidade</u>	91
3.4.3. <u>Matriz de comparação – Índice de Capacidade Adaptativa</u>	93
3.4.4. <u>Inserção das análises pareadas no módulo Weight</u>	94
3.4.4.1. <u>Pesos Índice de Exposição</u>	95
3.4.4.2. <u>Pesos Índice de Sensibilidade</u>	95
3.4.4.3. <u>Pesos Índice de Capacidade Adaptativa</u>	96
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	98

4.1. Resultado da análise dos eventos extremos.....	98
4.2. Resultados análise multicriterial.....	102
4.2.1. <u>Mapa do Índice de Exposição da Cidade do Rio de Janeiro</u>	103
4.2.2. <u>Mapa do Índice de Sensibilidade da Cidade do Rio de Janeiro</u>	105
4.2.3. <u>Mapa do Índice de Capacidade Adaptativa da Cidade do Rio de Janeiro</u>	108
4.2.4. <u>Mapa do Índice de Impactos Potenciais</u>	111
4.3. Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro.....	113
4.3.1. <u>Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental – Por Bairros</u>	116
5. CONCLUSÃO.....	128
REFERÊNCIAS.....	130
ANEXO I - MAPAS INDICE DE EXPOSIÇÃO.....	141
ANEXO II - MAPAS INDICE DE SENSIBILIDADE.....	148
ANEXO III - MAPAS INDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA.....	162
ANEXO IV - CERTIFICADO DE PATENTE APLICATIVO.....	171

INTRODUÇÃO

O relatório do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) apresenta dados que demonstram que os eventos extremos estão cada vez mais frequentes e intensos, de maneira que os desastres naturais com perdas de vidas humanas podem intensificar no decorrer dos próximos anos (VISSIRINI et al., 2023). Segundo Vicen (2005) o aumento de perdas econômicas e de vidas humanas causados pela ocorrência de eventos extremos tem estimulado a sistematização de dados, pesquisas e trabalhos na comunidade científica, em geral, a fim de entender estes fenômenos e propor medidas de resiliência às populações residentes nos espaços urbanos.

A emergência apresentada pelas mudanças no clima ou emergência climática propõe novos e sérios desafios para as cidades, que necessitam de desenvolvimento de políticas estratégicas para reduzir os impactos climáticos e melhorar a adaptação a estes eventos (WORLD BANK, 2011; TYLER & MOENCH, 2012; EEA, 2016). As consequências provocadas por estes eventos climáticos são reconhecidas como um dos desafios mais urgentes que se colocam à humanidade atualmente. A mudança do clima influencia cenários e contextos, em áreas rurais ou urbanas, sendo estabelecida uma relação direta entre as alterações climáticas e a urbanização (HOORNWEG et al., 2011).

Além disso, a Agenda 2030, com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13) estabelece que os governos devem “tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”, em decorrência das consequências que essas mudanças podem causar (REYMAÑO et al., 2021; VISSIRINI et al., 2023).

Os eventos extremos têm sido observados em todo o mundo, de modo a atingir um grande contingente populacional. Segundo a ONU-Habitat em 2022 cerca de 56% da população mundial vive em áreas urbanas, sendo que até 2050 esse percentual pode aumentar para 68%. Estas áreas tendem a agravar os efeitos dos climas extremos em razão de processos de impermeabilização dos solos, ocupação irregular de encostas e de áreas suscetíveis a inundação, presença acentuada de edificações com sobrecarga nos sistemas de infraestruturas urbanas, adensamento com ilhas de calor e a concentração de atividades socioeconômicas (JANKOVIĆ & HEBBERT, 2012; COELHO et al, 2022; ROCHA, 2021).

As áreas urbanas são particularmente vulneráveis às mudanças climáticas (LEAL FILHO et al., 2019), além de sua densidade populacional, os ambientes urbanos ampliam os efeitos das mudanças climáticas por meio da presença elevada de edifícios e da concentração específica de atividades socioeconômicas (JANKOVIĆ & HEBBERT, 2012). Como resultado desse

crescimento urbano e das tendências de urbanização global, a vulnerabilidade e os riscos que afetam as populações, reduzem a capacidade de adaptação e mitigação dos eventos climáticos extremos nos centros urbanos (LANDAUER et al., 2015; LI & BOUZEID, 2013).

A deficiência no planejamento público voltado às questões ligadas ao saneamento básico e as deficiências regulatórias colocam essas áreas urbanas em grande risco (JOHNSON & BLACKBURN, 2013), podendo se manifestar por meio de aspectos físicos, como a natureza informal e o tipo de construção prevalente nesses espaços (SALAS & YEPES, 2018).

Pode-se dizer que ainda é baixa a consciência sobre os riscos representados pelas mudanças climáticas e pela má governança, gargalos políticos, financeiros, tecnológicos, socioculturais e comportamentais, desta forma, a gestão de risco de desastres por meio de alerta precoce e prevenção torna-se fraca e pouco eficaz em muitas cidades (PARRY et al., 2007; ROSENZWEIG et al., 2011).

Compreender as vulnerabilidades do território, assim como suas suscetibilidades e seus riscos potenciais, além de identificar as tendências da mudança do climática é de suma importância para evitar os danos potenciais e minimizar o impacto dos eventos extremos nas cidades, sendo que estas são caracterizadas por interações entre uma série de subsistemas, como o ambiente construído, as infraestruturas, os sistemas sociais, naturais, de produção etc. (LIU et al., 2007, TURNER et al., 2003). Essas relações complexas representam enormes desafios para o planejamento da adaptação no nível dos centros urbanos (IPCC, 2022).

A cidade do Rio de Janeiro, como segunda maior metrópole do Brasil, com cerca de 6.211.223 habitantes, segundo estimativa do IBGE (2022), possui grandes desafios relacionados à gestão do uso do solo e a diminuição da vulnerabilidade da população aos eventos climáticos extremos, já que em razão da geomorfologia da cidade, parte da população reside em áreas de suscetibilidade a movimentos de massa ou sujeitas a inundação.

Desse modo, com a identificação e o mapeamento das vulnerabilidades e dos riscos do território da cidade do Rio de Janeiro é possível desenvolver instrumentos de minimização dos impactos na área urbana, como soluções para cidades mais resilientes. Adaptar e desenvolver indicadores, além de mapear as vulnerabilidades socioambientais, aspectos hidrológicos, geomorfológicos e geológicos são fundamentais para o entendimento dos riscos, na medida em que auxiliam tomadores de decisão, ações e políticas de sustentabilidade. Esta pesquisa utiliza essa base de dados em conjunto com análise multicritério, com objetivo de ser uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisão e ser informativa para que a população residente, a fim que estas entendam as vulnerabilidades e os riscos que estão submetidas, e quais ações que podem ser tomadas para que estes sejam reduzidos.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo Geral

O objetivo desta tese é espacializar a vulnerabilidade socioambiental da cidade do Rio de Janeiro, com a utilização de análise pareada, de consistência e análise multicritério.

1.2. Objetivos Específicos

- (a) Identificar índices de mudanças no clima da cidade do Rio de Janeiro, utilizando dados de estações meteorológicas do INMET
- (b) Espacializar indicadores e índices propostos pela ONU para a cidade do Rio de Janeiro, a fim de subsidiar o planejamento e ações no ambiente urbano, que garantam a qualidade de vida e minimizem a vulnerabilidade à população residente no território;
- (c) produzir mapas de vulnerabilidade socioambiental em ambiente SIG (sistema de informação geográfica) como medidas de apoio à gestores e tomadores de decisão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Vulnerabilidade socioambiental nas cidades

A discussão sobre a identificação de vulnerabilidades e indicadores, tem obtido avanços desde a década de 90, em razão do monitoramento e implementação de políticas públicas a nível nacional, estadual e municipal. Os indicadores nos permitem identificar características relevantes do território e da população, e propor medidas para sua melhoria, controle ou como forma de amenizar problemáticas inerentes ao território, de forma integrada ou de acordo com as especificidades de cada espaço.

Para Gallopin (1996), os indicadores mais desejados são aqueles que resumam ou simplifiquem as informações relevantes, façam com que certos fenômenos que ocorrem na realidade se tornem mais aparentes, aspecto esse que é particularmente importante na gestão ambiental, sendo necessário que estes sejam quantificados e mensurados, com o intuito de se tornarem ações de mudanças relevantes no território.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), descreve que indicador deve ser entendido como um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que aponta e fornece informações sobre o estado de um fenômeno com uma extensão significativa (OECD, 1993).

Já Holling (1978) conceitua indicador como uma medida do comportamento do sistema, em termos de atributos expressivos e perceptíveis, conceito semelhante ao adotado por McQueen & Noak (1988) que trata um indicador como uma medida que resume informações relevantes de um fenômeno particular.

O que todos os autores citados concordam em suas definições é que o indicador é uma simplificação da realidade que resume informações ou características importantes e/ou relevantes dos territórios e da sua população residente, o que os tornam imprescindíveis para a definição de políticas públicas e tomada de decisão.

Outro conceito chave utilizado neste trabalho é o de vulnerabilidade associado às características socioambientais presentes no território da cidade do Rio de Janeiro, para Tobin & Montz (1997) a vulnerabilidade pode ser compreendida como a probabilidade que uma comunidade, estrutura, serviços ou área geográfica têm de ser danificada ou perturbada pelo impacto de um determinado perigo.

Porém a definição de vulnerabilidade adotada neste trabalho, permite a elaboração de uma metodologia, a partir do conceito de vulnerabilidade proposto pelo Painel

Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), que compreende que a vulnerabilidade como a propensão de uma determinada população/localidade a ser adversamente afetada por alterações do clima em função de três elementos fundamentais: sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição (IPCC, 2013). A intrínseca relação entre esses três elementos pode ser expressa por:

$$V = f(E, S, CA)$$

Onde:

E = Exposição

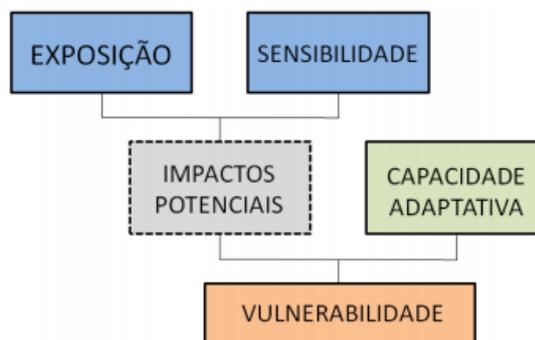
S = Índice de Sensibilidade

CA = Capacidade Adaptativa

A definição de vulnerabilidade para Moser (1998) também descreve a lógica apresentada pelo IPCC, ele entende a vulnerabilidade como uma situação em que estão presentes três componentes: exposição ao risco, sensibilidade e dificuldade de adaptação.

Moser (1998) entende que para se chegar ao grau de vulnerabilidade de uma determinada área, o cruzamento de indicadores de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa é essencial, porém este cruzamento dos indicadores não deve ser de forma linear e sim escalonada, sendo necessário inicialmente fazer a relação dos dados de exposição e sensibilidade, gerando assim os impactos potenciais, e somente após este, o cruzamento com a capacidade adaptativa do território e das populações para se chegar ao grau de vulnerabilidade da área, como observado no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Elementos aplicados à vulnerabilidade socioambiental



Fonte: MOSER (1998)

Segundo o IPCC (2013) o elemento exposição é definido como às mudanças do clima relacionadas às componentes que causam a seca meteorológica, como a alteração da média de precipitação (acréscimo ou decréscimo), a variabilidade (maior dificuldade de manter o equilíbrio hidrológico, sobretudo relacionado aos níveis de umidade do solo) e a ocorrência de extremos climáticos. O índice de sensibilidade é definido como efeito biofísico da mudança do clima, considerando o contexto socioeconômico e também ambiental e pôr fim a capacidade adaptativa e entendida como resposta e o reordenamento dos sistemas humanos frente aos possíveis extremos climáticos, desastres naturais e mudanças do clima.

2.1.1. Índice de Exposição

Segundo Agard & Schipper (2014) que interpretam o índice de exposição, a luz dos relatórios do IPCC, definem a mesma como "a presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços e recursos, infraestrutura ou bens econômicos, sociais ou culturais em lugares e ambientes que poderiam ser afetados adversamente".

Para Mytko (2024) a exposição abrange a probabilidade de um evento perigoso ocorrer, em consideração às características, como: magnitude, frequência, duração, extensão geográfica, velocidade de ocorrência, dispersão espacial e intervalo temporal, sobre uma área específica suscetível a esse evento (IGNATOWSKI & ROSALES, 2013). Segundo a mesma autora a exposição refere-se ao grau de contato direto de um sistema, comunidade, população ou ativo com ameaças potenciais, ameaças ou impactos, são as condições de localização do sistema em frente às ameaças naturais e as mudanças do clima (MYTKO, 2024).

Segundo Freitas et al. (2012) a exposição não ocorre do mesmo modo em todos os lugares e para toda a população, sendo diferenciada pelas condições de vulnerabilidade.

Cada parte do território está exposto a um elemento natural ou artificial de acordo com sua topografia, tipo de solo, de cobertura vegetal dentre outros, em uma cidade são observados diversos graus de exposição em cada ponto do território, o que torna o planejamento e a intervenção no espaço urbano, com base neste aspecto, essencial para a proteção humana e material, tanto dos bens particulares, como dos aparatos públicos.

2.1.2. Índice de Sensibilidade

O conceito de sensibilidade é definido pelo IPCC (2022) como o grau em que um sistema ou espécie é afetado, de forma adversa ou benéfica, pela variabilidade ou mudança climática. O efeito pode ser direto, por exemplo, uma mudança no rendimento da colheita em resposta a uma mudança na média, intervalo, ou variabilidade de temperatura ou indireta, por exemplo, danos causados por um aumento da frequência das inundações costeiras devido à subida do nível do mar (IPCC, 2022).

Para Mytko (2024) *apud* Freitas et al. (2012) a sensibilidade, como um componente da vulnerabilidade, é profundamente influenciada pelas características físicas e estruturais da ocupação de determinada região. A interação entre o ambiente físico e as dinâmicas sociais desempenha um papel fundamental na determinação do quão suscetível um local é a eventos adversos.

2.1.3. Índice de Impactos Potenciais

Com base na proposta de Moser (1998) o cruzamento entre os índices de Exposição e Sensibilidade resulta no índice de Impactos Potenciais, sendo os impactos consequências diretas ou indiretas que afetam os aspectos ambientais e sociais do território das áreas urbanas.

O IPCC (2022) descreve impacto como as consequências dos riscos percebidos nos sistemas naturais e humanos, onde os riscos resultam das interações de perigos relacionados com o clima (incluindo eventos meteorológicos/climáticos extremos), exposição e vulnerabilidade. Os impactos referem-se geralmente aos efeitos sobre vidas, meios de subsistência, saúde e bem-estar, ecossistemas e espécies, ativos econômicos, sociais e culturais, serviços (incluindo serviços ecossistêmicos) e infraestruturas. Os impactos podem ser referidos como consequências ou resultados e podem ser adversos ou benéficos (IPCC 2022).

Para Mytko (2024) *apud* Marengo et al. (2019) os impactos são vinculados às perdas e danos que uma determinada entidade, seja ela um ecossistema, comunidade ou sistema socioeconômico, pode sofrer diante de acontecimento de algum evento. A magnitude desses impactos está diretamente relacionada à vulnerabilidade desse sistema, quanto maior a vulnerabilidade, maior a probabilidade de perdas significativas, uma vez que o sistema pode ter deficiências estruturais, limitações de recursos ou uma exposição a riscos acentuada. Por outro lado, sistemas menos vulneráveis têm uma capacidade inerente de resistir, adaptar-se e se recuperar mais eficientemente, reduzindo assim a extensão das perdas (MYTKO 2024; MARENGO et al. 2019; MOSER, 1998).

Ainda segundo Mytko (2024) os impactos potenciais correspondem às possíveis consequências que uma ameaça pode causar sobre o sistema, caso se materialize, tendo em conta seus níveis de exposição e vulnerabilidade, podem ser diferenciados entre os impactos biofísicos – que atuam, por exemplo, sobre os ecossistemas ou infraestruturas – e impactos socioeconômicos que afetam os modos de vida humanos. A probabilidade de uma ameaça (à qual se está exposto e vulnerável) ocorrer, combinada à de um impacto potencial se materializar resulta, então, no risco (MARENGO et al., 2019; MMA, 2018).

No AR5 IPCC (2014) o risco é representado como probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendências multiplicadas pelos impactos, se esses eventos ou tendências ocorrerem, surgindo de "interação entre perigo (desencadeado por um cenário de mudança climática), vulnerabilidade (susceptibilidade à danos) e exposição (pessoas, ativos ou ecossistemas em risco).

2.1.4. Índice de Capacidade Adaptativa

Capacidade Adaptativa refere-se à capacidade da população se adaptar a uma adversidade, no AR6 IPCC (2022) a capacidade adaptativa é definida como o processo de ajuste às condições reais ou esperadas do clima e seus efeitos, a fim de moderar danos ou explorar benefícios oportunidades. Nos sistemas naturais, o processo de ajuste às condições reais do clima e seus efeitos, a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima esperado e aos seus efeitos, sendo a mitigação uma intervenção humana para a redução destas adversidades (IPCC, 2022; MYTKO, 2024).

Para Mytko, (2024) a capacidade de adaptação é uma estratégia essencial na resposta à mudança climática, desempenha um papel direto e imediato na mitigação dos efeitos adversos e na redução da vulnerabilidade. Sendo a capacidade de adaptação focada em soluções pragmáticas, a fim de fortalecer a resiliência de comunidades e ecossistemas diante dos desafios

climáticos. Suas ações, muitas vezes, resultam em impactos tangíveis a curto e médio prazo, oferecendo uma resposta ágil às condições climáticas em evolução. Seja por meio da construção de infraestruturas mais resistentes a eventos extremos ou planejamento urbano resiliente, a adaptação se traduz em resultados concretos que melhoram a capacidade de enfrentamento imediato diante da mudança climática (NIGHTINGALE, 2017; IPCC, 2022; MYTKO, 2024).

Já a mitigação tem um impacto a longo prazo, contribuindo para atenuar os efeitos adversos futuros e, assim, reduzindo a necessidade de adaptações mais radicais (MYTKO, 2024). Ao investir em mitigação, as raízes do problema no espaço urbano da cidade são abordadas, assim como na criação de um ambiente mais propício para a eficácia das medidas de adaptação (LOCATELLI, 2011; MYTKO, 2024).

A capacidade adaptativa pode ser entendida então como um processo dinâmico e permanente, onde as atividades humanas e os sistemas sociais juntamente com múltiplos atores trabalham para tornar o espaço urbano mais resiliente (NIGHTINGALE, 2017; IPCC, 2022; MYTKO, 2024; LOCATELLI, 2011).

2.1.5. Vulnerabilidade Socioambiental

Para Villa & McLeod (2002), a vulnerabilidade está relacionada a processos intrínsecos que ocorrem em um sistema, decorrente do seu grau de conservação (característica biótica do meio) e resiliência ou capacidade de recuperação após um dano, e a processos extrínsecos, relacionados à exposição a pressões ambientais atuais e futuras.

Segundo o IPCC (2014), a vulnerabilidade é um dos três componentes principais que determinam os riscos causados pelo clima, os outros dois sendo perigo e exposição (IPCC, 2014). Conforme afirmado por Reckien et al. (2017) as mudanças climáticas são reconhecidas como a maior ameaça às nossas sociedades nas próximas décadas e, nesse sentido, a urbanização, o desenvolvimento sustentável e as mudanças climáticas se interpenetram (RECKIEN et al., 2017) e são dimensões inter-relacionadas desse desafio social global.

No AR5, a vulnerabilidade é definida como a propensão ou predisposição para ser adversamente afetado, englobando uma variedade de conceitos e elementos, incluindo a sensibilidade ou a suscetibilidade a danos e a falta de capacidade de lidar e se adaptar (IPCC, 2014).

A interpretação mais recente do IPCC (2022) para a definição de vulnerabilidade reconhece apenas duas dimensões centrais da vulnerabilidade: a sensibilidade e a capacidade de enfrentamento (adaptativa). A sensibilidade pode ser definida como "o grau em que um sistema é afetado, de forma adversa ou benéfica, por estímulos relacionados ao clima" e a

capacidade de enfrentamento pode ser compreendida como “a capacidade das pessoas, organizações e sistemas, usando habilidades, recursos e oportunidades disponíveis, de abordar, gerenciar e superar condições adversas” (IPCC 2022). Condição adversa esta que pode considerar o enfrentamento como "a capacidade de um sistema de se ajustar às mudanças climáticas (incluindo variabilidade climática e extremos), para moderar dano potencial, e aproveitar oportunidades ou fazer frente às consequências” (IPCC, 2012).

A suscetibilidade pode ser entendida como a extensão em que pessoas ou ativos específicos estão sujeitos a alterações ou a mudanças, como resultado da exposição à pressões externas, ou seja, é a pré-condição para sofrer danos quando ocorre um perigo (KUHLLICKE et al., 2012), devido à fragilidade das construções ou outras condições desfavoráveis, como infraestrutura inadequada, desconexão física e acesso precário a serviços básicos. A suscetibilidade também é determinada por fatores econômicos, culturais, políticos e ambientais preexistentes, como uso da terra, local e tipo de assentamento, meios de subsistência e oportunidades econômicas, entre outros (VISSIRINI et al., 2023).

Mytko (2024) entende que vulnerabilidade está intrinsecamente ligada a fatores socioeconômicos, ambientais e institucionais que influenciam a capacidade de uma comunidade ou ecossistema de se ajustar e resistir aos efeitos climáticos. Populações economicamente desfavorecidas, áreas urbanas densamente povoadas, bem como ecossistemas frágeis, frequentemente enfrentam níveis mais elevados de vulnerabilidade devido às limitações no acesso a recursos, infraestrutura inadequada, e uma menor capacidade de resposta a desastres (PATT et al., 2009; MYTKO, 2024).

Entender a vulnerabilidade socioambiental das áreas urbanas é imprescindível para realizar ações assertivas no território, mapear e planejar os espaços urbanos entendendo suas vulnerabilidades poupa vidas humanas, bens materiais, infraestrutura pública e possibilita a tomada de decisão por parte do poder público precisa e democrática, quando a sociedade em geral se apropria destes planejamentos e estudos.

2.2. Acordos internacionais para redução da vulnerabilidade e do risco nas cidades

A comunidade internacional adotou 4 (quatro) acordos marcantes para um futuro mais sustentável das cidades: a Agenda 2030 para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas e o Marco de Hyogo e Sendai sobre o risco nas cidades.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecem que os países devem “tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”, devido aos impactos negativos causados como consequência das mudanças climáticas (REYMÃO, RIBEIRO, & SOUZA, 2021). Dentre esses ODS foram estipuladas diversas metas, no que se refere as Nações Unidas e o Brasil criou metas específicas relacionadas as metas globais, além da definição de indicadores (SOUZA, 2022).

Quadro 1 – Metas das Nações Unidas e Brasil e indicadores referentes ao ODS 13

Meta 13.1	Nações Unidas	Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais
	Brasil	Ampliar a resiliência e a capacidade adaptativa a riscos e impactos resultante da mudança do clima e desastres naturais
	Indicadores	1- Número de mortes, pessoas desaparecidas e afetadas por desastres naturais por 100 mil habitantes 2- Número de países e proporção de governos locais que adotam estratégias de redução a riscos de desastres
Meta 13.2	Nações Unidas	Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamento
	Brasil	Integrar a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) às políticas, estratégias e planejamento nacionais
	Indicadores	1- Número de países que estabeleceram uma política, estratégia ou plano integrado que aumente a capacidade de adaptação aos impactos das mudanças climáticas e promova resiliência climática
Meta 13.3	Nações Unidas	Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre a mitigação, adaptação e redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima
	Brasil	Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mudança do clima, seus riscos, mitigação, adaptação, impactos e alerta precoce
	Indicadores	1- Número de países que integram medidas de mitigação, adaptação e redução de impacto e alerta precoce nos currículos de ensino fundamental, médio e superior 2- Número de países que comunicaram o fortalecimento da capacitação institucional, sistêmica e individual para implementar ações de adaptação, mitigação e transferência de tecnologia e desenvolvimento
	Nações Unidas	Implementar o compromisso assumido pelos países desenvolvidos partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para a meta de mobilizar conjuntamente US\$ 100 bilhões por ano a

Meta 13.a		partir de 2020 e operacionalizar o Fundo Verde para o Clima por meio de sua capitalização
	Brasil	Meta não aplicável ao Brasil
	Indicadores	1- Montante mobilizado de dólares dos Estados Unidos por ano, entre 2020 e 2025, para o compromisso de \$100 bilhões
Meta 13.b	Nações Unidas	Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas
	Brasil	Estimular a ampliação da cooperação internacional em suas dimensões tecnológica e educacional objetivando fortalecer capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas
	Indicadores	1 - Número de países menos desenvolvidos e pequenos Estados insulares em desenvolvimento que recebem apoio especializado, e montante de apoios, incluindo financiamento, tecnologia e capacitação, para mecanismos de aumento de capacidade para planejamento e gestão eficazes das mudanças climáticas, incluindo as mulheres, os jovens e as comunidades locais e marginalizadas

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2022.

Com base nas metas e indicadores dos ODS, Ferreira (2015) descreve que é importante encontrar meios para que a realidade cidadina possa coexistir com a natureza, respeitando sua dinâmica e os recursos por ela ofertados. Desse modo, é urgente a identificação de vulnerabilidades e suscetibilidades no espaço urbano, para que se possa intervir com ações, a fim de torná-los mais adaptáveis e/ou resilientes as mudanças do clima e aos eventos extremos.

Perpétuo (2017) sobre a COP 21, o Acordo de Paris, diz que o acordo está inserido em um contexto mais amplo de inflexão da agenda internacional para a Agenda 2030, que promove a transição dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM – para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, e de pactuação de outros importantes acordos multilaterais sobre temas como a redução de riscos de desastres, financiamento para o desenvolvimento, mudança do clima e Nova Agenda Urbana.

O Acordo de Paris prevê além de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C até o final do século, mas com o objetivo de limitar o aumento até 1,5°C, a criação de sistemas de alerta antecipado, a preparação para situações de emergência, a avaliação e gestão abrangente de riscos, a implantação de engenharia de resiliência de comunidades, meios de

subsistência e ecossistemas, dentre outros, frete aos desafios enfrentados com as mudanças no clima e dos eventos extremos (MCTIC, 2017).

Ainda segundo Perpétuo (2017) as cidades e as áreas urbanas representam grandes oportunidades para redução de emissões de gases de efeito estufa e de adaptação às mudanças do clima, por meio de alterações nos padrões de desenvolvimento urbano. Sendo possível afirmar, então, que o processo de implementação do Acordo de Paris e das demais agendas acordadas só será bem-sucedido com a participação dos municípios e governos locais com tomada de decisão assertivas, que levem em consideração as vulnerabilidades do território e suas fragilidades (PEPÉTUO, 2017)

Outros acordos importantes que abordam uma visão sistêmica sobre as cidades e a redução de risco de desastres são: Marco de Ação de Hyogo (2005-2015), pela Comissão Europeia, e pelo Marco de Ação de Sendai, para Redução do Risco de Desastres (UNISDR, 2015) sendo a porta de entrada para a implementação de medidas de redução de risco (SCHNEIDERBAUER et al., 2017).

O Marco de Ação de Hyogo (2005-2015) foi um importante instrumento para a implementação da redução de riscos de desastres desenvolvido pela ONU, tendo como objetivo geral aumentar a resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres ao alcançar uma redução considerável das perdas, tanto em termos de vidas humanas quanto aos bens sociais, econômicos e ambientais das comunidades e dos países. O Marco de Hyogo propôs 5 (cinco) áreas prioritárias para a tomada de decisões, em iguais desafios e meios práticos para aumentar a resiliência das comunidades vulneráveis aos desastres, no contexto do desenvolvimento sustentável (ONU, 2015), como:

- (i) tornar a redução dos riscos de desastres uma prioridade (garantir que a redução de risco de desastres (RRD) seja uma prioridade nacional e local com uma sólida base institucional para sua implementação);
- (ii) conhecer o risco e tomar medidas (identificar, avaliar e observar de perto os riscos dos desastres, e melhorar os alertas prévios);
- (iii) desenvolver uma maior compreensão e conscientização (utilizar o conhecimento, a inovação e a educação para criar uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis);
- (iv) reduzir o risco (reduzir os fatores fundamentais do risco);
- (v) estar preparado e pronto para atuar (fortalecer a preparação em desastres para uma resposta eficaz a todo nível).

Quanto à implementação das propostas do Marco de Hyogo, Luz et al. (2019) destaca a inclusão de 3 (três) cidades brasileiras (Porto Alegre, Rio de Janeiro e Salvador) no grande projeto “100 Cidades Resilientes”, promovido pelo Instituto Rockefeller, o desenvolvimento de políticas públicas a respeito do tema, como a Lei Federal 12.608/2012 que Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) (BRASIL, 2012) dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres, sendo este um marco para a Redução de Risco e Desastres no país (LUZ, 2019).

Já o Marco de Sendai (2015-2030) direcionou seus objetivos na prevenção de novos riscos de desastres e na redução dos existentes, de modo a ampliar sua atuação com a integração das áreas social, cultural, educacional, ambiental, tecnológica, política e jurídica, com medidas para reduzir exposição, perigos e a vulnerabilidade a desastres, sendo assim o Marco de Sendai prevê aumentar a resiliência na resposta dos eventos e entender o Estado como o principal responsável pela gestão de risco de desastres (CRED e UNISDR 2016; VISSERINI et. al, 2023).

O Marco de Sendai apresenta os avanços do Marco de Hyogo e avança nas propostas para a Redução dos Riscos de Desastres, no combate a fatores subjacentes de risco de desastres, como, por exemplo, as consequências da pobreza e da desigualdade, mudanças e variabilidade climática, urbanização rápida e não planejada, má gestão do solo e fatores como a mudança demográfica, arranjos institucionais fracos, políticas não informadas sobre riscos, falta de regulamentação e incentivos para o investimento privado na redução do risco de desastres, cadeias de suprimentos complexas, limitada disponibilidade de tecnologia, usos insustentáveis de recursos naturais, ecossistemas em declínio, pandemias e epidemias (UNISDR, 2015).

2.3. Eventos Extremos

De acordo com Guedes et al. (2012) ao analisar a história da humanidade são identificados eventos extremos climáticos desde os seus primórdios, que influenciaram diretamente na migração da população pelos continentes. Atualmente em razão do crescimento populacional e o aumento da urbanização, as alterações climáticas têm intensificado os eventos extremos com impactos cada vez mais severos para as populações (GUEDES et. al., 2012; DIAS, 2014).

Na cidade do Rio de Janeiro os eventos extremos estão relacionados a alguns aspectos críticos segundo Egler & Gusmão (2014), como: a elevação do nível do mar, ventos e chuvas intensas, sendo que combinação desses aspectos e das características geomorfológicas e da alta densidade demográfica, podem gerar efeitos devastadores, de modo a elevar o grau de vulnerabilidade as mudanças climáticas na cidade.

Nobre & Marengo (2017) estudaram as consequências das mudanças climáticas na região metropolitana do Rio de Janeiro, e demonstraram o aumento na intensidade das chuvas e das vazões nos últimos 50 anos na região, o que também se observa também na região Sudeste do Brasil.

A fim de se identificar as mudanças no clima, foram criados 27 indicadores de mudanças climáticas por um time de especialistas em Detecção de Mudanças Climáticas, Monitoramento e Índices (do inglês *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* - ETCCDMI), sendo que esses indicadores são compostos por índices climáticos de extremos de temperatura e precipitação, que são adotados globalmente e permitem que seja realizada uma análise detalhada acerca das mudanças climáticas. Dentre os 27 índices climáticos definidos, alguns podem ser aplicados para latitudes médias, já outros nas regiões dos trópicos e há aqueles que podem ser adotados para qualquer localidade (SANTOS, 2006).

Ainda segundo Santos (2019) com a análise dos índices de mudanças do clima é possível compreender os fenômenos que ocorrem em escala global, regional e local, de modo a identificar às alterações climáticas, permitir que seja obtida uma estimativa de frequência e que sejam previstos possíveis desastres naturais futuro, e possibilitar assim uma tomada de decisão mais assertiva por parte dos gestores públicos.

2.4. Ferramentas para identificação e avaliação da vulnerabilidade urbana

2.4.1. R Climdex[®]

Segundo Santos (2019) os índices de extremos climáticos propostos pelo ETCCDMI colaboram com a identificação dos modos dominantes referentes as mudanças do clima, ao fornecer as informações necessárias para determinar o grau de relação dos eventos extremos com as características atmosféricas e facilitar o entendimento da interação entre os aspectos climatológicos e os sistemas atmosféricos atuantes.

Os cálculos dos índices propostos pelo ETCCDMI, foram realizados no *software* RClimdex, um programa muito utilizado para a realização da modelagem de índices de extremos

climáticos, a fim de monitorar e detectar mudanças no clima de forma global, regional ou local (SOUZA & AZEVEDO, 2012). O modelo de integração permite aplicação de forma independente com cálculos estatísticos e representação gráfica de indicadores de temperatura e precipitação em percentis com séries não homogêneas (ZHANG & YANG, 2004). Desse modo, o *software* foi utilizado para a determinação dos índices de detecção de variabilidades e mudanças do clima observados na cidade do Rio de Janeiro.

2.4.2. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

A utilização de ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG) já é bastante utilizada por gestores e planejadores do ambiente urbano para estimar as suscetibilidades e vulnerabilidades a que estes locais estão expostos, além de auxiliarem na promoção de bases para a construção de cenários futuros de mudanças no uso do solo das cidades, e dos efeitos das alterações na paisagem frente aos eventos extremos e a mudança do clima (VASCONCELOS *et al.* 2019; MILEU & QUEIRÓS, 2018; MALTA & MARQUES, 2021).

Os SIG permitem trabalhar com um grande volume de dados de diversos formatos e fontes, de maneira coerente e georreferenciada, permitindo a confrontação e conexão de inúmeros fatores e variáveis determinísticas das condições físicas (WEISS & PIPPI, 2018), sendo estes, instrumentos de planejamento indispensáveis para a gestão e planejamento das cidades atualmente (MILEU & QUEIRÓS, 2018).

Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) como quaisquer ferramentas de análises de dados, requerem que as informações carregadas sejam fidedignas e as análises propostas sejam adequadas, já que o simples cruzamento de dados neste ambiente, muitas vezes não reflete a realidade das áreas urbanas, sendo assim, para que se tenha um resultado válido advindo das análises deste sistema é necessário definir uma metodologia lastreada em revisões de trabalhos científicos e sua posterior validação no espaço urbano (SCHMIDT & BARBOSA, 2016).

Os SIGs utilizam um conjunto de técnicas de sensoriamento remoto, cartografia digital e de sistemas de posição global (GPS), que estão inseridos no campo do geoprocessamento e da geomática, sua base de dados é composta por dados vetoriais e matriciais (*rasters*) georreferenciados, que auxiliam na identificação dos fenômenos pontualmente ou em áreas no espaço geográfico, sendo uma ferramenta amplamente utilizada em pesquisas científicas e por gestores públicos.

Os SIG's oferecem facilidades para a realização de análises complexas, nas áreas ambientais, de planejamento, infraestrutura, transporte etc. De acordo com Câmara e Medeiros (1998) os SIG's referem-se a sistemas que efetuam o tratamento computacional de dados

geográficos, nos quais possuem ferramentas que armazenam a geometria e os atributos de dados que estão georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e em uma determinada projeção cartográfica.

Mendes (1996) *apud* Baldissera (2005) estabelece que as técnicas de geoprocessamento constituem instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Neste contexto, os SIG's se inserem como ferramenta computacional que tem a capacidade de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões, permitindo uma economia de recursos e tempo

2.4.3. Análise Multicriterial (AMC)

A análise multicritério (AMC) é uma metodologia que visa minimizar os erros de análises, abordada em trabalhos acadêmicos e empregada por planejadores do ambiente urbano (WEISS & PIPPI, 2019).

A AMC surge na gestão urbana para desmembrar problemas complexos em problemas menores e suas partes constituintes e, em seguida, orientar especialistas e tomadores de decisão a expressar a importância relativa de cada um dos elementos na hierarquia construída (SCHMIDT & BARBOSA, 2016). Estes julgamentos são traduzidos em números, que são referidos como os pesos. A premissa desta técnica é a avaliação das ponderações de especialistas sobre determinado tema, ao comparar todos os fatores ou elementos de forma pareada. Este pareamento passa por uma normalização e combinações, de forma que o resultado seja um vetor de valores que mensuram a importância relativa de cada fator analisado em relação aos demais. Entretanto, a análise multicritério apresenta algumas incertezas no processo, por não considerar o caráter subjetivo inerente às avaliações dos especialistas nas considerações iniciais, o que é comum em técnicas supervisionadas (SCHMIDT & BARBOSA, 2016).

Apreda et al. (2019) realizaram a análise hierárquica com avaliação quantitativa da vulnerabilidade em diferentes subsistemas de um complexo sistema urbano. Os autores apresentam os processos de análise espacial realizados com ferramentas SIG, que permitem a transição de um nível a outro e a homogeneização dos dados, tornando-os comparáveis entre si. Com isso, foi possível identificar limites de vulnerabilidade, úteis no reconhecimento de áreas urbanas críticas e no desenvolvimento de soluções adaptativas, trazendo as conexões entre a cidade, a mudança do clima e os possíveis desastres. Nesse estudo, foram apresentados os mapas de vulnerabilidade, com os principais indicadores dessa relação e o desenvolvimento de cenários de impactos causados na cidade do Rio de Janeiro (APREDA et al., 2019)

Com a contribuição das ferramentas em SIG, são observados diversos estudos (WEISS & PIPPI, 2019), que seguem avançando em metodologia de espacialização e/ou mapeamento, com o objetivo de identificar as vulnerabilidades urbanas, que além de agregar dados físicos e hidrometeorológicos, como no caso dos estudos das suscetibilidades, relacionam estes, a capacidade de mobilização e adaptação das populações humanas aos eventos climáticos extremos e aos riscos e suscetibilidades naturais dos espaços ocupados pelas cidades.

Conforme afirma Friesecke (2004) em seus estudos, os mapas de risco e de áreas suscetíveis deveriam ser a base para todos os programas de redução de danos, pois além de sua importância operacional, possuem legalidade em termos de zoneamento e auxiliam na implementação de outras medidas não estruturais.

Para Andjelkovic (2001) estes mapas podem ser utilizados como guias para se iniciar a construção de estruturas que previnam os danos, além de alertar atuais e futuros moradores dos espaços urbanos e rurais sobre a possibilidade de inundações e movimentos de massa. Estes também auxiliam as autoridades e tomadores de decisões a desenvolver novas estratégias de desenvolvimento sustentável para tornar estes espaços mais resilientes (OLIVEIRA & SILVA, 2017; MALTA & MARQUES, 2021).

Existem diversas pesquisas e metodologias acerca da elaboração de mapas de risco conforme descrevem Weiss e Pippi (2019), que podem ser resultantes de análises e combinações de inúmeras variáveis, e envolvem intrínsecas relações de critérios tangíveis e intangíveis. Neste sentido, os indicadores são uma das ferramentas mais comuns para operacionalizar conceitos teóricos, adotados de forma diferente por diversos métodos para fornecer informações sobre estados ou condições não mensuráveis, ao sintetizar situações complexas em um único número (FRITZSCHE et al., 2014). Se devidamente desenvolvidos de acordo com critérios, como: relevância, confiabilidade, credibilidade, acessibilidade, precisão, importância, utilidade, viabilidade e validade, os indicadores de vulnerabilidade e impacto são uma ferramenta válida para a tomada de decisão que pode ser facilmente compreendida pelos formuladores de políticas, de modo a permitir a comparação com limiares críticos ou medições anteriores (FRITZSCHE et al., 2014).

Ao longo dos anos, a Agência Europeia Ambiental (EEA) tem apoiado fortemente os governos locais, com a proposição de um sistema de indicadores de vulnerabilidade urbana às inundações, como a presença de espaços verdes, o grau de impermeabilização do solo, a densidade populacional e a situação socioeconômica da população (SWART et al., 2012; TIMMERMAN et al., 2016). Esses e outros indicadores são amplamente adotados por

pesquisadores e governos locais para mapear a vulnerabilidade às inundações em áreas urbanas (KAZMIERCZAK e CONNELLY, 2011; WOLF e MCGREGOR, 2013; BAO *et al.*, 2015).

2.4.4. Painel de Especialistas a partir da Metodologia Delphi

A fim de definir os pesos a serem utilizados na análise multicritério, e se chegar ao mapeamento da vulnerabilidade socioambiental da cidade do Rio de Janeiro, foi considerado a metodologia Delphi para a aplicação de questionários submetidos a um painel de especialistas.

De acordo com Linstone et al. (2002) o método Delphi pode ser caracterizado como um método para estruturar o processo de comunicação grupal, de modo a permitir que um grupo de indivíduos, tratados como um todo, possa trabalhar com problemas complexos.

A metodologia Delphi utiliza questionários submetidos a um painel de especialistas, que sempre devem ser em número maior que 10, para a análise e ponderação de determinado assunto, associados à sua área de estudo ou em sua percepção da vivência do local a ser pesquisado. Para Miranda et al. (2012) um número abaixo de 10 pessoas compromete os resultados em termos de consenso efetivo e relevância das informações obtidas, já um número muito elevado gera uma quantidade enorme de dados e torna a administração e a análise complexas.

Outro ponto importante desta pesquisa é a distância entre o pesquisador e o painel de especialista, segundo Gupta & Clarke (1996) esta etapa é importante, pois permite ultrapassar barreiras e problemas da comunicação pessoal, como, por exemplo, capacidade de persuasão e domínio psicológico de alguns membros do painel de especialistas, relutância natural em exprimir opiniões impopulares ou em modificar pontos de vista e efeitos de convencimento de minorias, cujas opiniões e argumentos são fundamentais no processo.

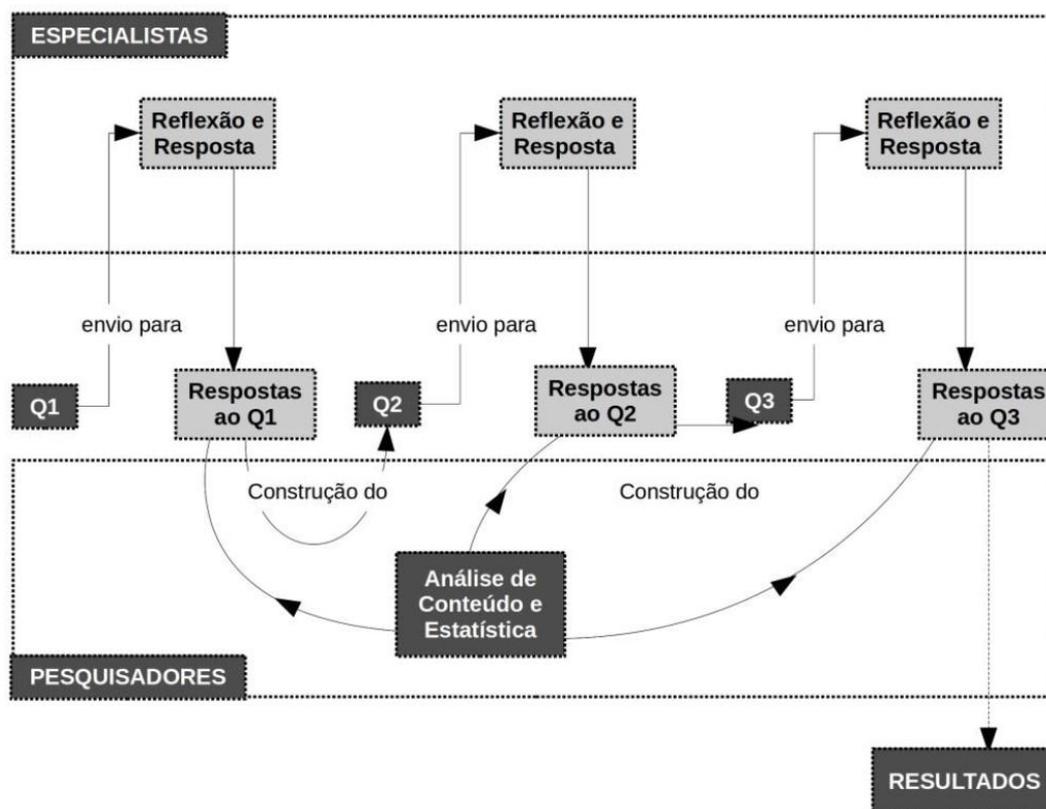
Uma questão que se impõe na metodologia Delphi é o feedback do resultado da primeira rodada dos questionários ao painel de especialistas, esta etapa é importante, pois nela o painel de especialistas pode manter, rever ou reavaliar suas respostas anteriores, ao compará-las ao resultado global da pesquisa.

Segundo Yousuf (2007) o processo de feedback tem como missão disponibilizar aos especialistas as opiniões proferidas pelos participantes entre diferentes rodadas de questionários, assim como apresentar a opinião geral deles, como um grupo. Um feedback controlado facilita a redução da quantidade de desacordo entre os membros do painel e possibilita caminhar em direção ao consenso, se assim desejado.

Para Linstone e Turoff (2002), é precisamente o feedback das informações recolhidas a partir do grupo e a oportunidade dos indivíduos para modificar ou aperfeiçoar seus julgamentos em reação e resposta aos pontos de vista coletivas.

Segundo Yousuf (2007) para a implementação da metodologia de questionários Delphi, os seguintes passos/etapas devem ser implementados, conforme apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Etapas da metodologia Delphi®



Fonte: Yousuf (2007)

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho se desenvolveu em 4 (quatro) etapas principais, como:

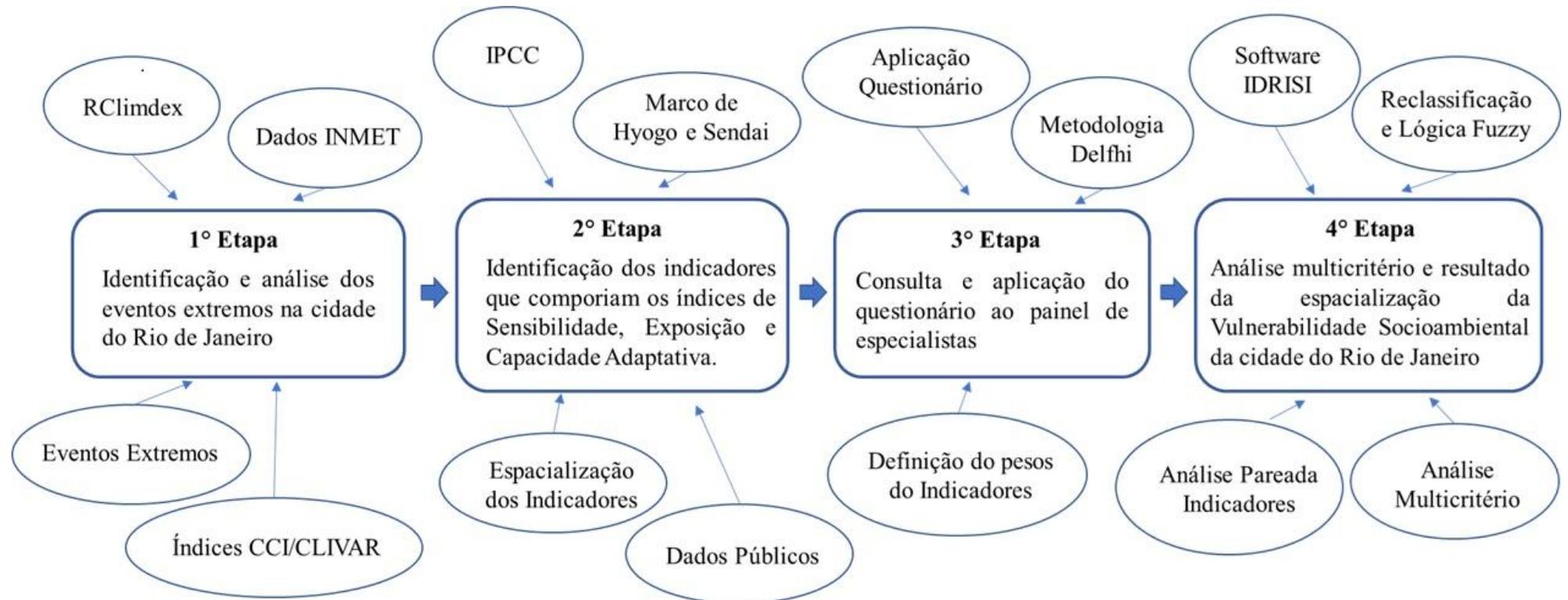
- (1) análise e identificação dos eventos climáticos extremos na cidade do Rio de Janeiro, esta contou com dados de mais de 50 anos das estações meteorológicas do INMET no Rio de Janeiro, a partir de dados de precipitação, temperatura máxima e mínima, obtidos do *software* R Climdex, que analisa os 27 índices recomendados pelos especialistas do Programa Internacional de Pesquisa em Variabilidade e Previsibilidade Climática (CCI/CLIVAR) para o time de Detecção de Mudanças

Climáticas, Monitoramento e Índices (ETCCDMI);

- (2) seleção de indicadores para composição dos índices de Sensibilidade, Exposição e Capacidade Adaptativa. Os indicadores foram selecionados com base em documentos do IPCC (2022), do Marco de Hyogo (2005) e Sendai (2015). Após a identificação dos indicadores, foi realizada uma pesquisa em base de dados públicos a fim de se identificar se os indicadores propostos, encontravam-se na forma especializada (mapas). Com a identificação da base cartográfica para cada indicador, os dados geoespaciais foram tratados no SIG ArcGis e exportados para o software IDRISI onde foi realizada a análise multicritério.
- (3) consulta a um painel de especialistas, composto por professores universitários e consultores com larga experiência na área ambiental, a fim de identificar os pesos para o cruzamento dos indicadores na análise multicritério. A consulta ao painel de especialista foi realizada com aplicação de formulários online, de forma cega, onde não é possível identificar as pessoas que responderam ao questionário. Foi utilizada a metodologia Delphi para validação e verificação dos resultados da pesquisa, resultando na matriz de pesos para os indicadores, base para a realização da análise multicritério na etapa posterior.
- (4) os dados geoespaciais dos indicadores foram tratados no *software* ArcGis e posteriormente no IDRISI®. Inicialmente foi realizada a importação dos dados geoespaciais, em formato *raster*, onde foram reclassificados e modelados utilizando a lógica *fuzzy*. Após esta etapa os dados *rasters* (mapa de indicadores) passaram pelo módulo de análise pareada, utilizando os pesos provenientes do Painel de Especialista. Por fim, ao final da análise pareada e da análise multicritério, foram gerados os mapas de indicadores e da espacialização da vulnerabilidade socioambiental da cidade do Rio de Janeiro. Foi ainda desenvolvido um aplicativo por uma empresa privada, para a divulgação da pesquisa para os tomadores de decisão e a sociedade em geral.

O fluxograma da Figura 3 apresenta as etapas metodológicas até a obtenção dos mapas de vulnerabilidade socioambiental para a cidade do Rio de Janeiro.

Figura 3 – Fluxograma Metodológico e Identificação das Palavras-Chaves de cada Etapa



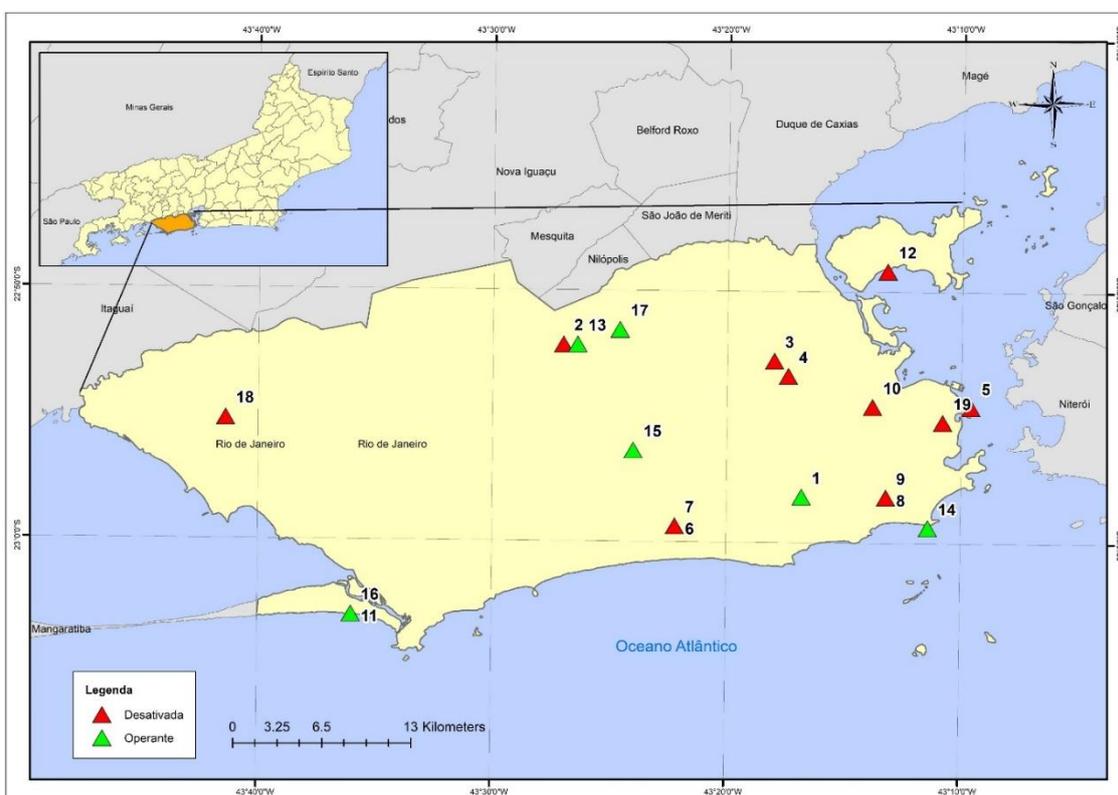
Fonte: O Autor, 2024

3.1. Primeira Etapa - Identificação e análise dos eventos extremos na cidade do Rio de Janeiro

Os dados meteorológicos utilizados para a realização desta análise foram obtidos de estações meteorológicas do INMET, localizadas na cidade do Rio de Janeiro, com série temporal entre 01/01/1970 e 31/12/2023. Foram consideradas estações atualmente em operação e estações inativas, porém com série de dados consistidos. A Figura 3 ilustra a localização geográfica das estações utilizadas e na Tabela 2 são apresentados: a série temporal e o tipo de cada estação, se convencional ou automática, e se encontram em operação.

Após a seleção das estações, os dados foram tratados e consolidados no *software* R Climdex, desenvolvido por Zhang e Yang (2004), como ferramenta de integração de linguagem de programação R com o Climdex AFL 1.0.

Figura 4 – Mapa das estações do INMET utilizadas na análise para a cidade do Rio de Janeiro



Fonte: INMET (2023)

Quadro 2 – Dados das Estações do INMET na cidade do Rio de Janeiro

Estações	Código	Lat	Long	Altitude	Período	Situação	Tipo
Alto da Boa Vista	83007	-22,97	-43,28	347,1	01-01-1970 / 01-01-2021	Operante	Convencional
Bangu	83790	-22,87	-43,45	40,0	01/01/1970 / 27-03-2004	Desativada	Convencional
Engenho de Dentro	83792	-22,88	-43,30	30,0	01/01/1970 / 30-12-1978	Desativada	Convencional
Engenho de Dentro	A655	-22,89	-43,29	37,0	02-07-2007 / 23-09-2007	Desativada	Automática
Escola Naval	A651	-22,91	-43,16	14,0	17/04/2007 / 26-09-2007	Desativada	Automática
Jacarepaguá	83793	-22,99	-43,37	12,0	01/01/1970 / 26-12-1984	Desativada	Convencional
Jacarepaguá	A654	-22,99	-43,37	3,9	16-05-2007 / 11-06-2013	Desativada	Automática
Jardim Botânico	83796	-22,97	-43,22	5,0	01/01/1970 / 18-06-2003	Desativada	Convencional
Lagoa Rodrigo de Freitas	A653	-22,97	-43,22	4,0	18-04-2007 / 26-09-2007	Desativada	Automática
Maracanã	A656	-22,91	-43,23	14,0	12-04-2007 / 23-09-2008	Desativada	Automática
Marambaia	83660	-23,05	-43,60	16,0	31-03-1984 / 31-08-1998	Desativada	Convencional
Penha	83791	-22,82	-43,22	65,0	01/01/1970 / 09-05-1977	Desativada	Convencional
Realengo	83801	-22,87	-43,44	42,0	28/02/1971 / 01-01-2021	Operante	Convencional
Rio de Janeiro - Forte de Copacabana	A652	-22,99	-43,19	25,5	17/05/2007 / 01-01-2021	Operante	Automática
Rio de Janeiro - Jacarepaguá	A636	-22,94	-43,40	20,0	09/08/2017 / 01-01-2021	Operante	Automática
Rio de Janeiro - Marambaia	A602	-23,05	-43,60	12,0	07/11/2002 / 01-01-2021	Operante	Automática
Rio de Janeiro - Vila Militar	A621	-22,86	-43,41	30,4	12/04/2007 / 01-01-2021	Operante	Automática
Santa Cruz	83789	-22,92	-43,69	63,0	01/01/1970 / 18-12-2019	Desativada	Convencional
Santa Teresa	83798	-22,92	-43,18	180,0	01/01/1970 / 31-05-1990	Desativada	Convencional

Fonte: INMET (2023)

Os índices extremos de precipitação e temperatura analisados neste trabalho estão apresentados na Tabela 3, com a identificação do índice adotado, a definição e unidade. Dereczynski et al. (2013) e Silva e Dereczynski (2014) realizaram pesquisas sobre a questão das mudanças climáticas na região metropolitana do Rio de Janeiro e apresentaram semelhante caracterização climatológica para o estado. Em ambos os estudos se observam uma intensificação e aumento dos eventos extremos em dados de estações na cidade e no estado do Rio de Janeiro.

Quadro 3 – Índices de extremos climáticos de precipitação e temperatura

Índice	Nome do Indicador	Definição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos ($RR \geq 1\text{mm}$)	mm
R10	Precipitação de um dia superior a 10mm	Número de dias no ano com precipitação $\geq 10\text{mm}$	Dias
R20	Precipitação de um dia superior a 20mm	Número de dias no ano com precipitação $\geq 20\text{mm}$	Dias
R30	Precipitação de um dia superior a 30mm	Número de dias no ano com precipitação $\geq 30\text{mm}$	Dias
R95p	Dias muito úmidos	Precipitação anual total em que $RR > 95$ percentil	mm
R99p	Dias extremamente úmidos	Precipitação anual total em que $RR > 99$ percentil	mm
CDD	Dias secos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com $RR < 1\text{mm}$	Dias
CWD	Dias úmidos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com $RR \geq 1\text{mm}$	Dias
SU25	Dias de calor	Contagem anual quando temperatura máxima diária $> 25^\circ\text{C}$	Dias
TX90p	Dias quentes	Dias em que $T_{\text{max}} > 90^\circ$ percentil	Dias
TN90p	Noites quentes	Dias em que $T_{\text{min}} > 90^\circ$ percentil	Dias
TMIN mean	Média da temperatura mínima	Média da temperatura mínima	$^\circ\text{C}$
TMAX mean	Média da temperatura máxima	Média da temperatura máxima	$^\circ\text{C}$
DTR	Média Anual da Amplitude térmica diária ($T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$)	Amplitude Térmica	$^\circ\text{C}$

Fonte: Zhang e Yang (2004)

A precipitação é considerada uma das variáveis meteorológicas mais importantes relacionada aos estudos de eventos extremos e em avaliações ambientais, de modo que se optou por analisar um total de 7 (sete) índices relacionados a este elemento, como: PRCPTOT, R10, R20, R95p, R99p, CDD e CWD. Na análise dos índices extremos de temperatura foram considerados 5 (cinco) índices: as médias das temperaturas máximas (TMAX mean), das temperaturas mínimas (TMIN mean), dias quentes (TX90p), noites quentes (TN90p) e amplitude térmica (DTR).

Na representação gráfica disponível pelo RCLimDex, o eixo das abcissas representa a série temporal e no eixo da ordenada os valores dos índices extremos analisados, como:

- “linha contínua” como indicação da tendência real da série histórica;
- “linha tracejada” a tendência estimada ao longo do tempo, o que pode indicar também potencial alteração das condições do clima, em função do índice analisado em determinada etapa do período considerado;

- “linha com círculos vazios” como dispersão dos resultados do índice analisado em cada ano, ao longo da série histórica, de forma linear.

A análise estatística obtida do RClindex é baseada no método dos mínimos quadrados, com os parâmetros estatísticos gerados pelos coeficientes de determinação (R²), como ajuste das regressões, com indicação da variação do índice climático em função do tempo, ou seja, quanto maior o valor de R², melhor o modelo linear é ajustado à amostra analisada (SOUZA e AZEVEDO, 2012).

A declividade de cada reta indica a “incerteza” na estimativa de uma inclinação de regressão linear, e o “valor-p” testa a hipótese nula de que o coeficiente é igual a zero, ou seja, sem efeito. Um *p-value* ou valor-p alto ($p > 0,05$) indica que os resultados não foram estatisticamente significativos (MOREIRA, DA CUNHA e DA COSTA, 2021), no entanto não são desprezíveis devido a sazonalidade dos índices analisados, de modo a considerá-los na discussão dos resultados.

Portanto, pode-se considerar como resultado de saída, o RClindex calcula, além dos índices de mudanças climáticas, dados estatísticos, como: tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados, nível de significância estatística da tendência (valor p), coeficiente de determinação (r²) e erro padrão de estimativa, assim como os gráficos das séries anuais (SOUZA & AZEVEDO, 2012).

3.2. Segunda Etapa – Identificação e espacialização dos indicadores para a análise multicritério

A segunda etapa metodológica consistiu em analisar os indicadores propostos pelo IPCC (2012), protocolo de Hyogo (2005) e o marco de Sendai (2015) e adaptá-los à realidade do território da cidade do Rio de Janeiro.

Em seguida, avaliou-se a possibilidade de espacialização dos indicadores em ambiente de sistemas de informação geográfica (SIG), de modo a realizar análises multicritérios e álgebra de mapas, com a obtenção de resultados no mapeamento de vulnerabilidades do território. Alguns indicadores não puderam ser espacializados em função de sua natureza ou pela falta de dados geoespaciais, em razão disto foi realizada uma compilação dos indicadores adaptáveis a realidade do território e que contasse com dados que pudessem ser mapeados. Na Tabela 4 podem ser observados a lista dos índices e dos indicadores que os compõe.

Quadro 4 – Índices e indicadores selecionados para a espacialização dos dados para a cidade do Rio de Janeiro

	ÍNDICES	SUB-ÍNDICES	INDICADORES
Vulnerabilidade Socioambiental	Índice de Exposição	Uso do Solo Cobertura Florestal	Uso do Solo Cobertura Florestal
		Exposição Costeira	faixa litorânea (100 m) e áreas abaixo de 10 m de altitude
		Índices eventos Extremos (Sensibilidade e Ocorrência)	Suscetibilidade a Deslizamento de Massa
	Suscetibilidade a Inundação		
	Índice Sensibilidade	Índice de Doenças associadas ao clima (Dengue)	Número de casos
			Índice Pobreza
		Taxa da população acima de 25 anos analfabeta	
		Condições do saneamento básico	
		Taxa mortalidade infantil	
		Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica	Renda abaixo da linha da pobreza
			Taxa mulheres chefe de família
			Taxa chefe de família Jovens (10 a 29 anos)
			Taxa população Idosa
			Taxa população de crianças até 5 anos
	Taxa população deficiente		
	Índice Capacidade Adaptativa	Índice estruturas Socioeconômicas	Estrutura de geração de emprego
			Estrutura de atendimento da saúde
Estrutura e qualidade da educação			
Índice instituições, serviços e infraestruturas para adaptação		Instituição de Segurança (Defesa Civil, bombeiros, etc)	
		Proximidade PSF	
		Gestão de Risco (Alerta de desastres e planos de contingência)	

Fonte: IPCC (2013)

Com a definição dos indicadores referente aos índices de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa foram utilizadas bases cartográficas dos bancos de dados georreferenciados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010 e 2022), Data Rio (2024), Geo Rio (2022) e o CPRM (Centro de Pesquisa em Recursos Minerais) (2018), para espacialização das informações e elaboração dos mapas.

A fim de classificar as variáveis de cada indicador foi confeccionada uma escala de cores identificando a grau de vulnerabilidade para cada um, sendo a cor verde o mais baixa e o cor vermelha o mais alta, sendo a identificação destas faixas de suma importância na Etapa 3, onde essas as cores receberam valores que foram cruzados na análise multicritério.

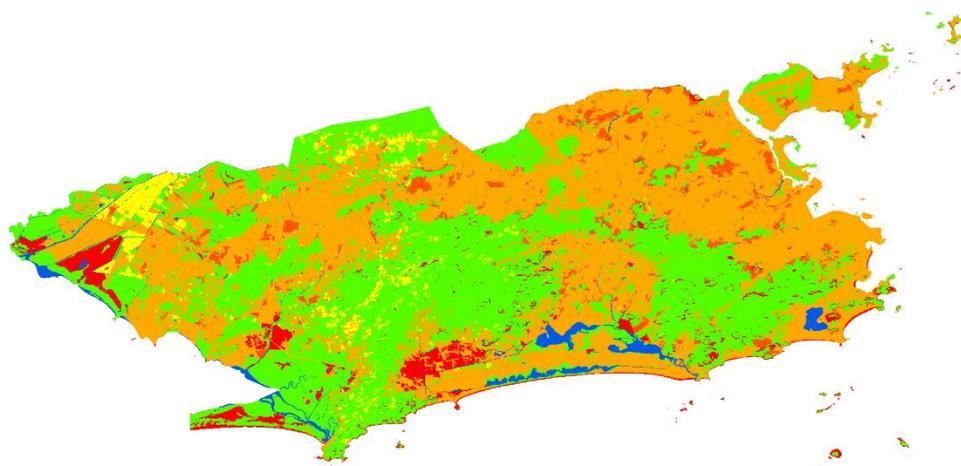
3.2.1. Espacialização dos Indicadores de Exposição

A seguir serão apresentados os indicadores de exposição especializados assim com a definição de sua classe de vulnerabilidade.

3.2.1.1. Indicador de Uso e Cobertura do Solo

Os dados de Uso e Cobertura do Solo foram elaborados pela Prefeitura do Rio de Janeiro e disponibilizados pelo portal Data Rio no ano de 2024, a escala utilizada para a classificação foi de 1:10.000 e da captura das imagens de satélite do território para a posterior classificação foi do ano de 2019. As classes definidas como maior vulnerabilidade foram as áreas de afloramento rochoso, em razão do risco eminente que essas áreas representam, e as áreas sujeitas a inundação, já as áreas definidas com menor vulnerabilidade foram as áreas gramíneas e de remanescentes florestais da cidade.

Figura 5 – Indicador de Uso e Cobertura do Solo da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2024) adaptado

Quadro 5 – Classificação do indicador Uso e Cobertura do Solo quanto a sua vulnerabilidade

Uso e Cobertura do Solo	Classe Vulnerabilidade	Cor
Afloramentos rochosos	Muito Alta	Vermelha
Área Sujeitas a Inundação	Muito Alta	Vermelha
Área Urbanizadas	Alta	Laranja
Favela	Alta	Laranja
Áreas agrícolas	Média	Amarelo
Área Não edificadas	Média	Amarelo
Cobertura gramíneo lenhosa	Baixa	Verde Claro

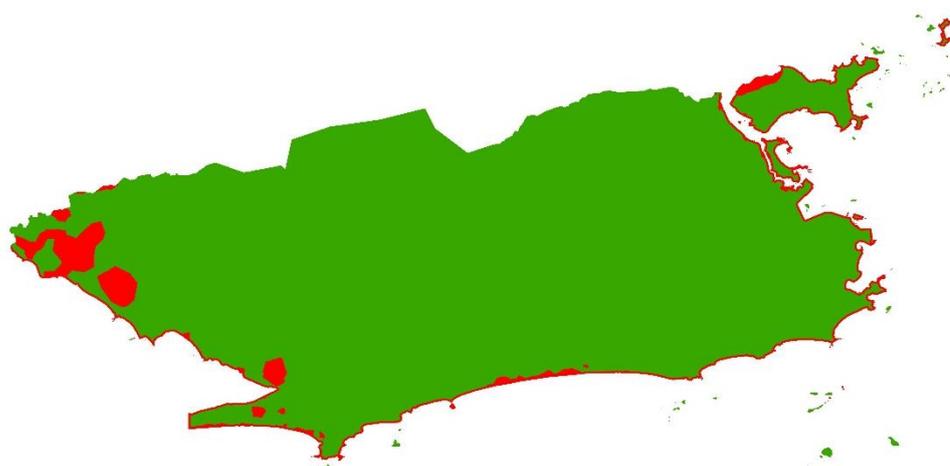
Cobertura arbórea e arbustiva	Muito Baixa	Verde Escuro
-------------------------------	-------------	--------------

Fonte: Data Rio (2024) adaptado

3.2.1.2. Indicador Faixa Litorânea e áreas abaixo de 10m de altitude

Para a espacialização da faixa litorânea utilizou-se o dado geoespacial do Litoral disponibilizado no portal Data Rio (2024), sendo definido uma faixa de 100 m a partir do litoral e áreas com altitude menor que 10 m como vulnerabilidade Muito Alta. As áreas definidas como muito vulneráveis são as mais próximas ao litoral e as áreas mais baixas da cidade, foram classificadas desta forma em razão dos inúmeros estudos que demonstram que as áreas mais próximas ao litoral e as mais baixas, tendem a sofrer severas consequências em razão do aumento do nível do mar (MARENGO & VALVERDE 2007; SOUZA, 2009; COELHO, 2015).

Figura 6 – Indicador faixa litorânea (100m) e áreas abaixo de 10m de altitude faixa da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2024) adaptado

Quadro 6 – Classificação do indicador Faixa Litorânea quanto a sua vulnerabilidade

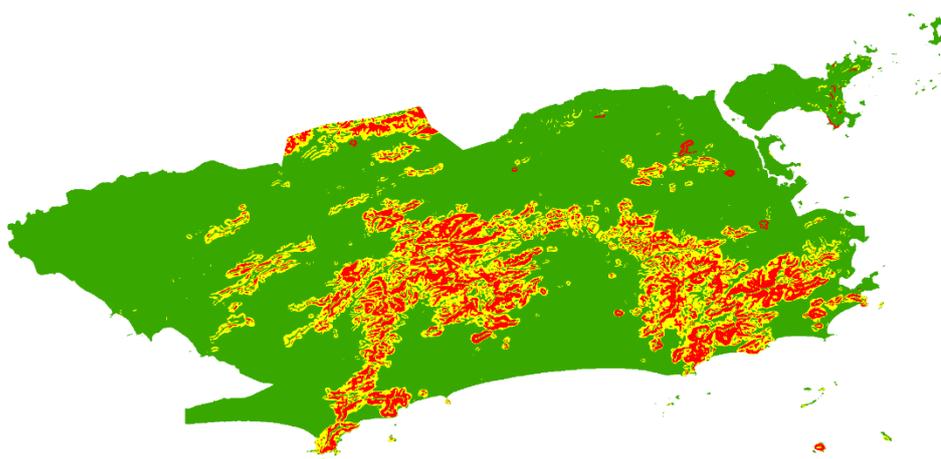
Faixas	Classe Vulnerabilidade	Cor
100m da costa	Muito Alta	Vermelha
Mais de 100m da costa	Muito Baixa	Verde Escuro
Até 10m de altitude	Muito Alta	Vermelha

Fonte: Fonte: Data Rio (2024) adaptação Autor

3.2.1.3. Indicador Suscetibilidade a deslizamento e movimento de massa

O dado do indicador de deslizamento e movimento de massa foi obtido do CPRM (2014), a escala de mapeamento foi na escala de 1.25.000 e o ano de 2014, data de realização da modelagem pelo centro pesquisa. O CPRM definiu as classes de vulnerabilidade com base no tipo de solo, na inclinação da encosta e topografia, utilizando dados de modelos digitais de elevação (MDE).

Figura 7 – Indicador Suscetibilidade a deslizamento e movimento de massa da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: CPRM (2014) adaptação Autor

Quadro 7 – Classificação do indicador Suscetibilidade a deslizamento e movimento de massa

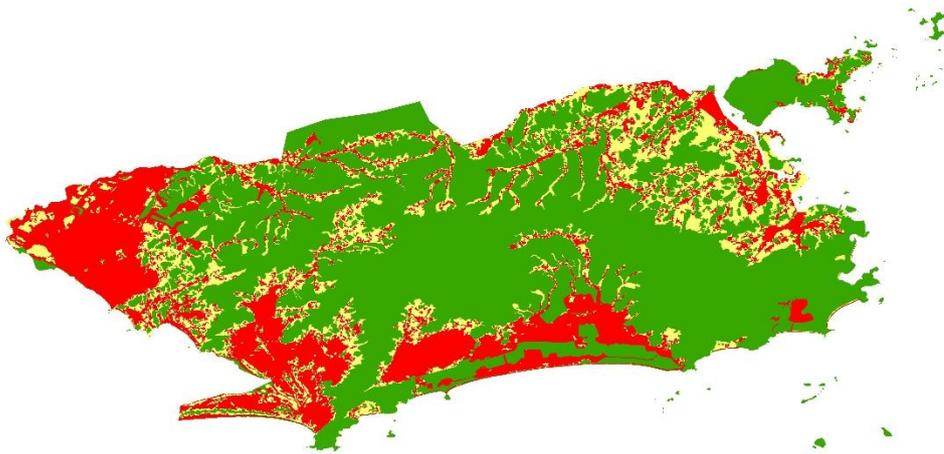
Classes Suscetibilidade	Classe Vulnerabilidade	Cor
Alta	Muito Alta	Vermelha
Média	Média	Amarelo
Baixa	Muito Baixa	Verde Escuro

Fonte: CPRM (2014) adaptação Autor

3.2.1.4. Indicador de Suscetibilidade a inundação

O dado do indicador suscetibilidade a inundação foi obtido do CPRM (2014), a escala de mapeamento foi na escala de 1.25.000 e o ano de 2014 de realização da modelagem pelo centro pesquisa. O CPRM definiu as classes de vulnerabilidade a inundação com base no tipo de solo, na inclinação da encosta, topografia e bacia de contribuição (CPRM, 2014)

Figura 8 – Indicador Suscetibilidade a inundações da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: CPRM (2014) adaptação Autor

Quadro 8 – Classificação do indicador Suscetibilidade inundações

Classes Suscetibilidade	Classe Vulnerabilidade	Cor
Alta	Muito Alta	Vermelha
Média	Média	Amarelo
Baixa	Muito Baixa	Verde Escuro

Fonte: CPRM (2014) adaptação Autor

3.2.2. Espacialização dos Indicadores de Sensibilidade

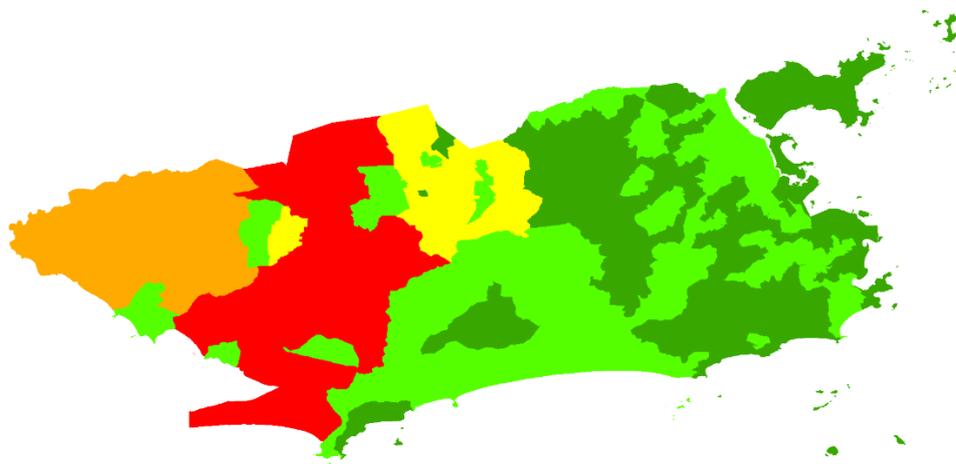
A seguir serão apresentados os indicadores de sensibilidade assim com a definição de sua classe de vulnerabilidade. Para a realização da espacialização destes indicadores foram utilizados dados geoespaciais dos setores censitários do IBGE, que recorta os bairros da cidade em pequenas áreas de pesquisa, dos bairros e as regiões de planejamento da Prefeitura do Rio de Janeiro. Todos esses recortes do território cometem as informações utilizadas para o mapeamento dos indicadores.

3.2.2.1. Número de casos de dengue

O indicador número de casos de dengue foi espacializado de acordo com os bairros da cidade do Rio de Janeiro, os dados são do ano de 2023 e foram obtidos na secretaria de Saúde da cidade do Rio de Janeiro, através dos casos que tiveram procura de alguma unidade de saúde do município, formando assim o banco de dados por bairros da cidade. As classes de vulnerabilidade foram divididas em razão no número de casos, sendo muito baixa, em bairros

com poucos casos, e alta e muito alta em locais com mais de 1.000 (mil) casos de ocorrência de dengue.

Figura 9 – Indicador número de casos de Dengue da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Secretaria de Saúde da cidade do Rio de Janeiro (2023) adaptação Autor

Quadro 9 – Classificação do indicador número de casos de Dengue

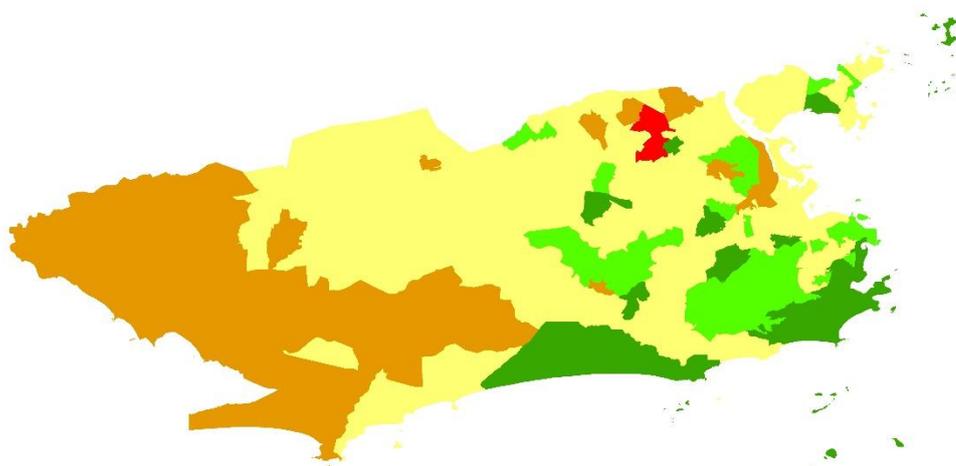
Número de Casos	Classe Vulnerabilidade	Cor
0 - 100	Muito Baixa	Verde Escuro
100 - 500	Baixa	Verde Claro
500 – 1.000	Média	Amarelo
1.000 – 1.500	Alta	Laranja
1.500 – 2.100	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Secretaria de Saúde da cidade do Rio de Janeiro (2023) adaptação Autor

3.2.2.2. População com probabilidade de morrer antes dos 40 anos

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, o mesmo foi compilado com base nos levantamentos do Censo do IBGE (2010), e demonstra a probabilidade da população em morrer antes dos 40 anos com base no bairro onde reside.

Figura 10 – Indicador da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

Quadro 10 – Classificação do indicador da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos

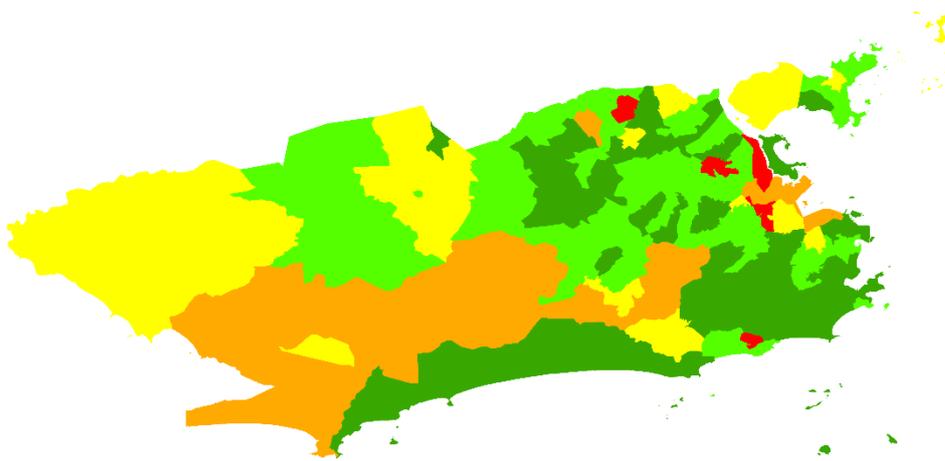
Probabilidade	Classe Vulnerabilidade	Cor
1,3% - 3%	Muito Baixa	Verde Escuro
3% - 5%	Baixa	Verde Claro
5% - 10%	Média	Amarelo
10% - 15%	Alta	Laranja
15% - 22%	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

3.2.2.3. Percentual da população acima de 25 anos analfabeta

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, o mesmo foi compilado com base nos levantamentos do Censo do IBGE (2010), e demonstra percentual da população acima de 25 anos analfabeta com base no bairro onde reside. Este indicador demonstra a qualificação dos residentes do território, e as deixam em situação de vulnerabilidade em razão de não acessar boas colocações no mercado de trabalho e não serem capazes de entender comandos ou escritas de sinalização.

Figura 11 – Indicador Percentual da população acima de 25 anos analfabeta da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

Quadro 11 – Classificação do indicador Probabilidade da população em morrer antes dos 40 anos

Percentual da população	Classe Vulnerabilidade	Cor
0,2% - 2%	Muito Baixa	Verde Escuro
2% - 4%	Baixa	Verde Claro
4% - 6%	Média	Amarelo
6% - 8%	Alta	Laranja
8% - 10%	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

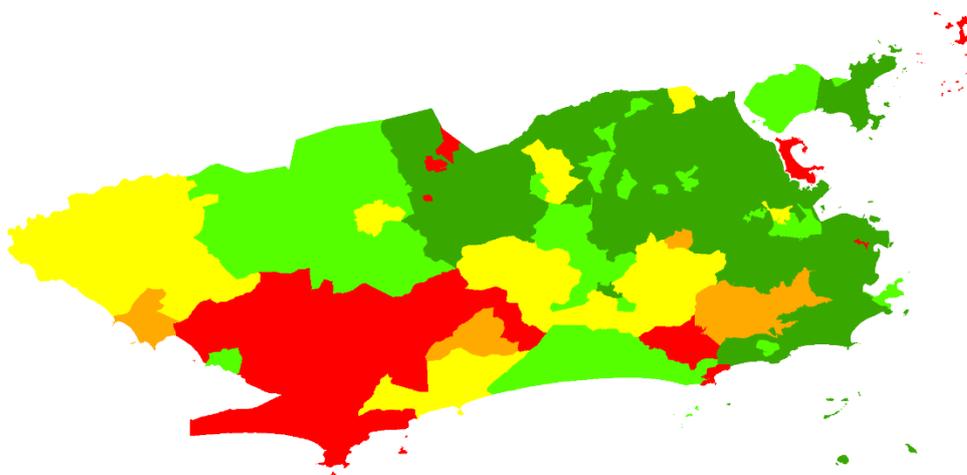
3.2.2.4. Condições do saneamento básico

Os dados das condições de saneamento foram retirados do portal Data Rio no ano de 2022, e compilado com base nos levantamentos do IDS (Índice de Progresso Social) dos bairros da cidade do Rio de Janeiro. Essa pesquisa é realizada anualmente pelo município a fim de se identificar o progresso social nos bairros com indicadores que medem necessidades humanas básicas, fundamentos do bem-estar e oportunidades.

A condição do saneamento básico é um índice medido pela prefeitura do Rio de Janeiro (2022), sendo que o mesmo atribui notas de 0.0 a 1.0, sendo a 0.0 a pior e 1.0 a melhor situação, com as informações compiladas por bairros e região administrativas.

Neste trabalho foram utilizadas as informações referentes as condições do saneamento por bairros do município para o ano de 2022.

Figura 12 – Indicador condição do Saneamento Básico da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

Quadro 12 – Indicador condição do Saneamento Básico

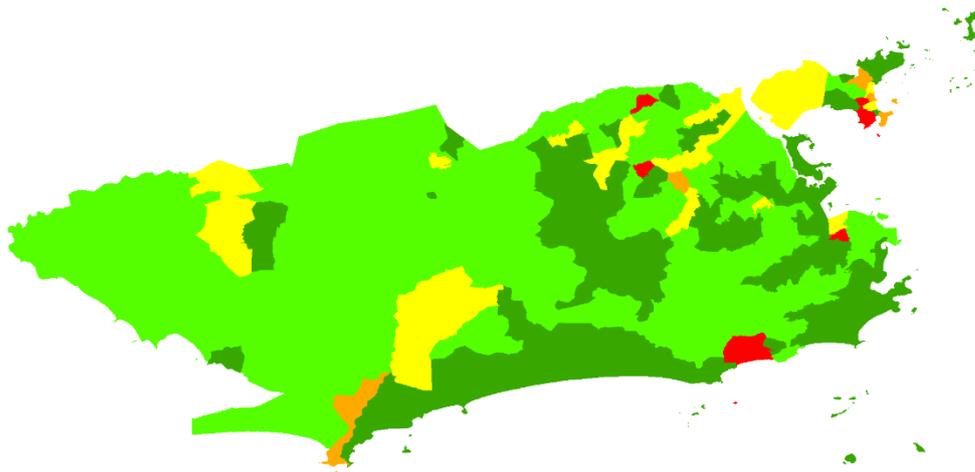
Pontuação IDS Condição do Saneamento	Classe Vulnerabilidade	Cor
0,0 – 0,6	Muito Ruim	Vermelho
0,6 – 0,7	Ruim	Laranja
0,7 – 0,8	Média	Amarelo
0,8 – 0,9	Boa	Verde Claro
0,9 – 1,0	Muito Boa	Verde Escuro

Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

3.2.2.5. Mortalidade Infantil

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, e compilado com base nos bancos de dados e levantamentos realizados nos bairros da cidade do Rio de Janeiro pela secretaria municipal de Saúde, os dados são referentes ao ano de 2020. Este indicador demonstra que algumas localidades da cidade do Rio de Janeiro, ainda apresentam elevados índices de mortalidade infantil, que podem estar relacionados as condições sanitárias do território ou de acesso a saúde.

Figura 13 – Indicador taxa de mortalidade infantil da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

Quadro 13 – Indicador taxa de mortalidade infantil

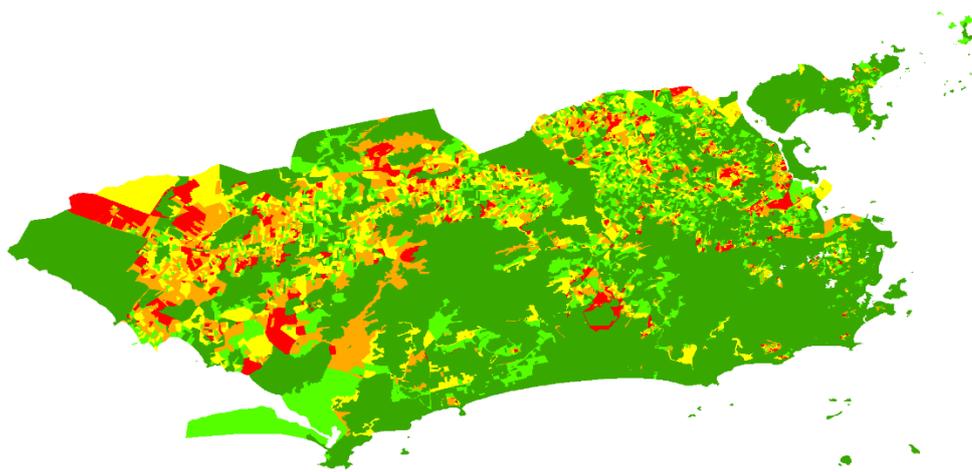
Taxa	Classe Vulnerabilidade	Cor
0 -10	Muito Baixa	Verde Escuro
10 - 20	Baixa	Verde Claro
20 - 30	Média	Amarelo
30 - 40	Alta	Laranja
40 - 80	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

3.2.2.6. Renda abaixo da linha da pobreza

Os dados do indicador, renda abaixo da linha da pobreza foram retirados do Censo 2010 do IBGE (2010), sendo considerado abaixo da linha da pobreza residências com renda per capita de 1/8 a 1/4 do salário-mínimo, o mapeamento dos casos utilizou como referência os setores censitários do IBGE, que contêm todos o dados da pesquisa geral do censo para um pequeno território, que é resultado da subdivisão dos bairros da cidade.

Figura 14 – Indicador renda abaixo da linha da pobreza da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: IBGE (2010) adaptação Autor

Quadro 14 – Indicador renda abaixo da linha da pobreza

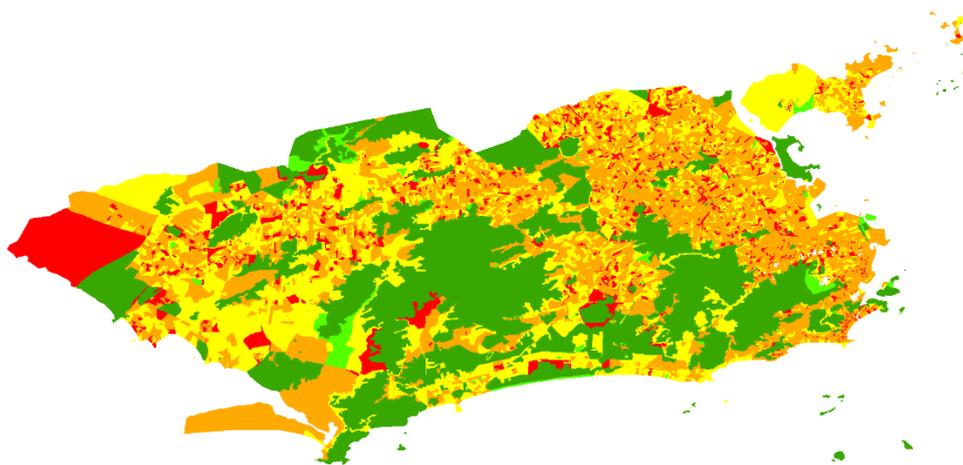
Quantidades de Residências (setor censitário)	Classe Vulnerabilidade	Cor
0 - 2	Muito Baixa	Verde Escuro
2 - 5	Baixa	Verde Claro
5 - 10	Média	Amarelo
10 - 20	Alta	Laranja
20 - 80	Muito Alta	Vermelho

Fonte: IBGE (2010) adaptação Autor

3.2.2.7. Taxa de mulheres chefes de família

Os dados do indicador, taxa de mulheres chefes de família foi obtido como base no Censo (2010) do IBGE, sendo o mapeamento realizado utilizando os setores censitário do IBGE. Este indicador de modo geral, tem uma relação direta com a pobreza, medida pelos indicadores de condição de vida (TOLEDO, 2011)

Figura 15 – Indicador mulheres chefes de família da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: IBGE (2010) adaptação Autor

Quadro 15 – Indicador mulheres chefes de família

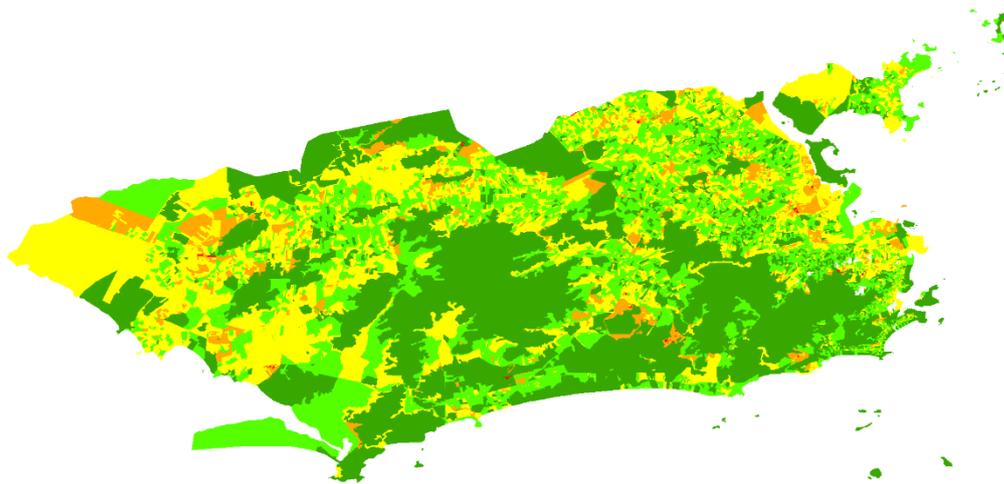
Taxa	Classe Vulnerabilidade	Cor
0% - 10%	Muito Baixa	Verde Escuro
10% - 20%	Baixa	Verde Claro
20% - 40%	Média	Amarelo
40% - 60%	Alta	Laranja
60% - 100%	Muito Alta	Vermelho

Fonte: IBGE (2010) adaptação Autor

3.2.2.8. Taxa de jovens chefes de família

Os dados do indicador, taxa jovens chefes de família foi obtido como base no Censo (2010) do IBGE, sendo o mapeamento realizado utilizando os setores censitário do IBGE. Este indicador de modo geral, também tem uma relação direta com a pobreza, pois em razão da baixa escolaridade e experiência dos jovens, estes têm baixo acesso ao mercado de trabalho e renda familiar baixa (TOLEDO, 2011).

Figura 16 – Indicador jovens chefe de família da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: IBGE (2010) adaptação Autor

Quadro 16 – Indicador jovens chefe de família

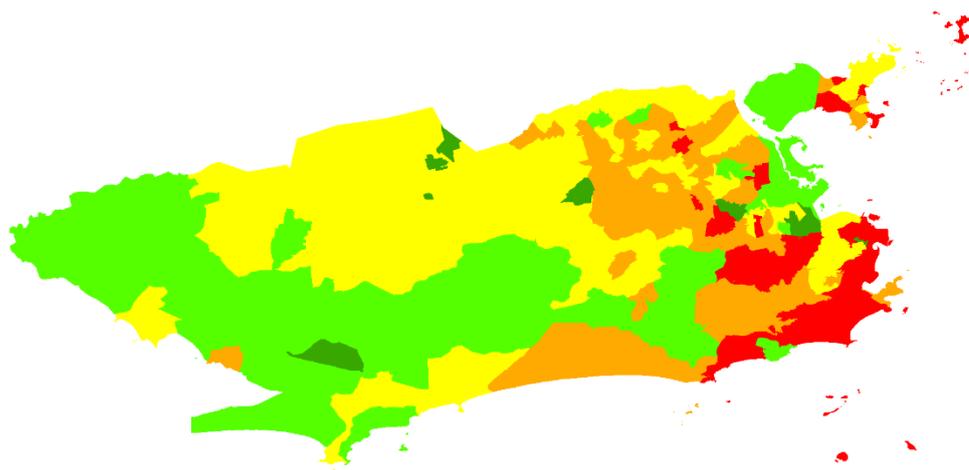
Taxa	Classe Vulnerabilidade	Cor
0% - 5%	Muito Baixa	Verde Escuro
5% - 10%	Baixa	Verde Claro
10% - 20%	Média	Amarelo
20% - 40%	Alta	Laranja
40% - 100%	Muito Alta	Vermelho

Fonte: IBGE (2010) adaptação Autor

3.2.2.9. Taxa da população idosa

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, e compilado com base nos levantamentos do percentual de idosos por bairros da cidade do Rio de Janeiro, de acordo com do Censo do IBGE (2010), sendo considerado idoso habitantes com idades acima de 60 anos. Este indicador de vulnerabilidade da população idosa, é de suma importância, pois para além dos aspectos biológicos intrínsecos a velhice, como dificuldade de locomoção e possíveis problemas de saúde, também engloba as questões sociais e contextuais a que estão expostos os idosos no decorrer do envelhecimento (BOLINA et al, 2021).

Figura 17 – Indicador taxa da população idosa da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

Quadro 17 – Indicador taxa da população idosa

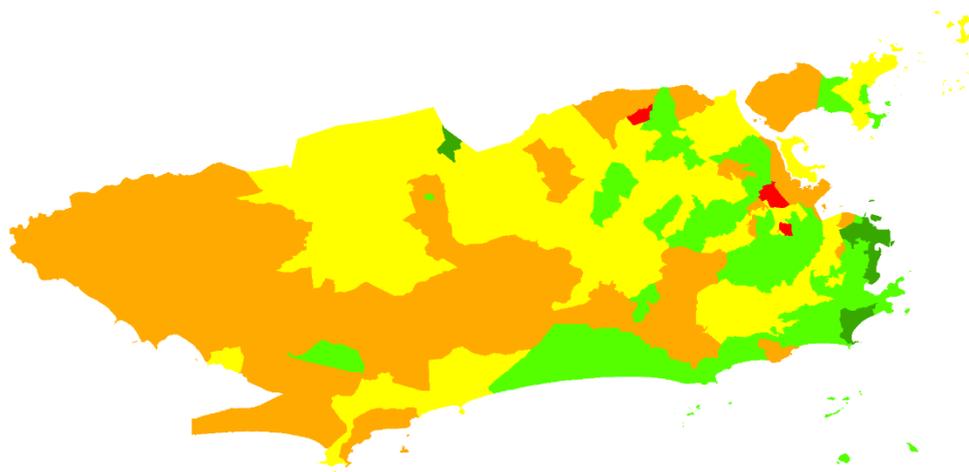
Taxa	Classe Vulnerabilidade	Cor
0% -5%	Muito Baixa	Verde Escuro
5% - 10%	Baixa	Verde Claro
10% - 15%	Média	Amarelo
15% - 20%	Alta	Laranja
20% - 30%	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

3.2.2.10. Taxa de crianças até 5 anos

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, que compilou os dados dos habitantes dos bairros da cidade do Rio de Janeiro como base nos resultados no Censo do IBGE (2010), sendo que o mapeamento deste indicador apresenta o percentual da população de crianças até 5 anos de idade. Este indicador apresenta parte da população que é totalmente dependente de algum responsável, sendo vulnerável a questões sociais e ambientais, como ocorrências de desastres naturais em decorrência de eventos extremos.

Figura 18 – Indicador taxa crianças até 5 anos de idade da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

Quadro 18 – Indicador taxa crianças até 5 anos de idade

Taxa	Classe Vulnerabilidade	Cor
0% -4%	Muito Baixa	Verde Escuro
4% - 6%	Baixa	Verde Claro
6% -8%	Média	Amarelo
8% - 10%	Alta	Laranja
10% - 12%	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

3.2.2.11. Taxa população deficiente

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, e foi compilado com base nos levantamentos nos bairros da cidade do Rio de Janeiro, de acordo com resultados do Censo do IBGE (2010), sendo considerado pessoas deficientes aquelas com dificuldades para se locomover, seja ela de natureza sensorial, mental ou intelectual. Este indicador demonstra a população que é vulnerável em razão de não entender ou não poder se deslocar com facilidade em caso de emergência e são dependentes de outras pessoas,

Figura 19 – Indicador taxa pessoas com deficiência da cidade do Rio de Janeiro



Quadro 19 – Indicador taxa pessoas com deficiência

Taxa	Classe Vulnerabilidade	Cor
0% -4%	Muito Baixa	Verde Escuro
4% - 5%	Baixa	Verde Claro
5% -6%	Média	Amarelo
6% - 8%	Alta	Laranja
8% - 10%	Muito Alta	Vermelho

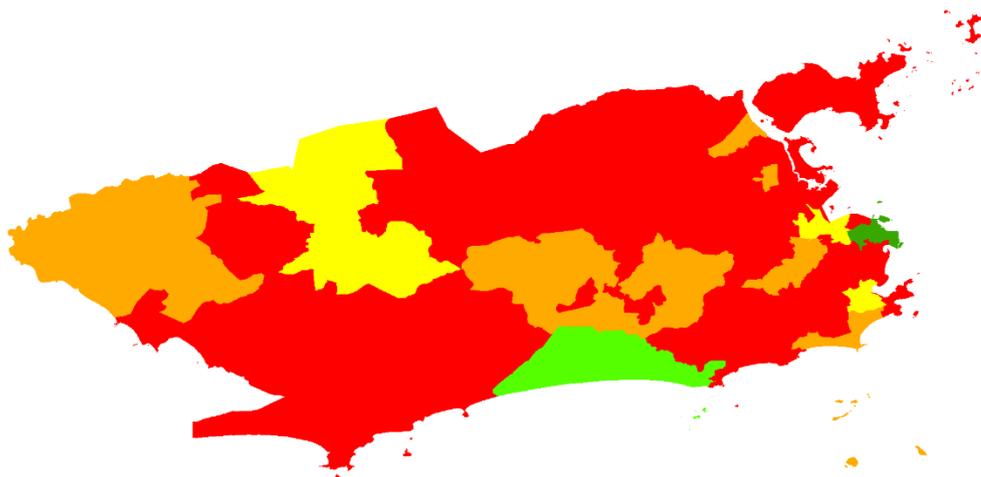
Fonte: Data Rio (2013) adaptação Autor

3.2.3. Espacialização dos Indicadores da Capacidade Adaptativa

3.2.3.1. Estrutura de geração de emprego

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio, e compilado com base nos levantamentos nos bairros da cidade do Rio de Janeiro, a totalidade de ocupação (emprego) nos diversos setores da economia para o ano de 2021. Este indicador está relacionado a capacidade do local em criar postos de trabalhos para a população.

Figura 20 – Indicador estrutura de geração de empregos da cidade do Rio de Janeiro



Quadro 20 – Indicador estrutura de geração de empregos

Postos de trabalho	Classe Vulnerabilidade	Cor
0 – 20.000	Muito Alta	Vermelho
20.000 – 50.000	Alta	Laranja
50.000 -100.000	Média	Amarelo
100.000 – 200.000	Baixa	Verde Claro
200.000 – 400.000	Muito Baixa	Verde Escuro

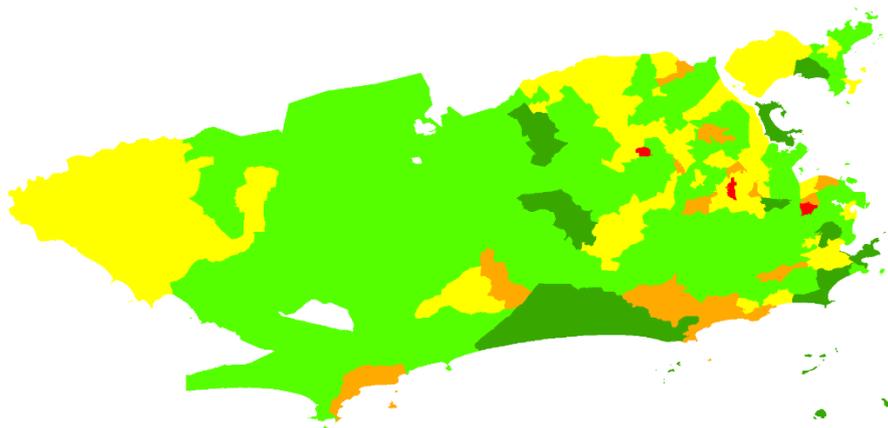
Fonte: Data Rio (2021) adaptação Autor

3.2.3.2. Qualidade da educação

Os dados deste indicador foram retirados do portal Data Rio do ano de 2022, e compilado com base nos levantamentos do IDS (Índice de Progresso Social) dos bairros da cidade do Rio de Janeiro, essa pesquisa é realizada anualmente pelo município a fim de se identificar o progresso social nos bairros através de indicadores que medem necessidades humanas básicas, fundamentos do bem-estar e oportunidades.

Para medir a qualidade da educação são utilizados indicadores como: proficiência em português, desempenho no ensino fundamental anos iniciais e desempenho no ensino fundamental anos finais. Com base nestes indicadores a prefeitura do Rio de Janeiro atribui uma nota a qualidade da educação de cada bairro da cidade, sendo estes resultados adotados na presente pesquisa.

Figura 21 – Indicador qualidade da educação da cidade do Rio de Janeiro



Quadro 21 – Indicador de qualidade de educação

Nota IPS Qualidade Educação	Classe Vulnerabilidade	Cor
10 – 18	Muito Alta	Vermelho
18 – 26	Alta	Laranja
26 – 34	Média	Amarelo
34 – 42	Baixa	Verde Claro
42 – 51	Muito Baixa	Verde Escuro

Fonte: Data Rio (2022) adaptação Autor

3.2.3.3. Proximidade de instituição de segurança

Os dados referentes a este indicador foram retirados do portal Data Rio do ano de 2022, no qual foi utilizada as informações das coordenadas geográficas das instituições de segurança como corpo de bombeiro e defesa civil, para definir áreas de proximidades, definido como áreas menos vulneráveis as mais próximas a estas estruturas, e áreas mais vulneráveis as mais distantes destas instituições.

Figura 22 – Proximidade de instituição de segurança da cidade do Rio de Janeiro



Quadro 22 – Indicador estrutura de geração de empregos

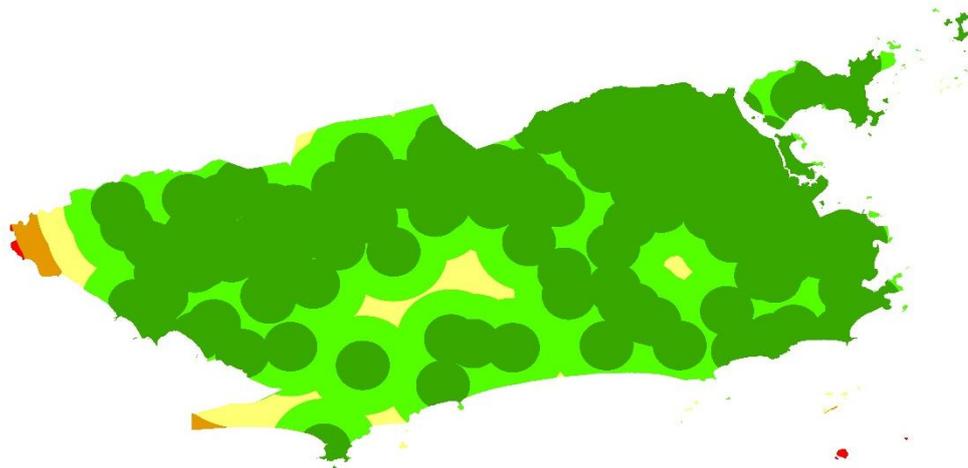
Proximidade instituição de segurança (km)	Classe Vulnerabilidade	Cor
0 – 2	Muito Baixa	Verde Escuro
2 – 4	Baixa	Verde Claro
4 -6	Média	Amarelo
6 – 8	Alta	Laranja
8 – 10	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2022) adaptação Autor

3.2.3.4. Proximidade de atendimento à saúde

Os dados referentes a este indicador foram retirados do portal Data Rio do ano de 2022 no qual foi utilizada as informações das coordenadas geográficas dos postos de saúde, para definir áreas de proximidades, e as áreas menos vulneráveis as mais próximas a estas estruturas, e áreas mais vulneráveis as mais distantes.

Figura 23 – Indicador estrutura atendimento à saúde da cidade do Rio de Janeiro



Quadro 23 – Indicador estrutura atendimento à saúde da cidade do Rio de Janeiro

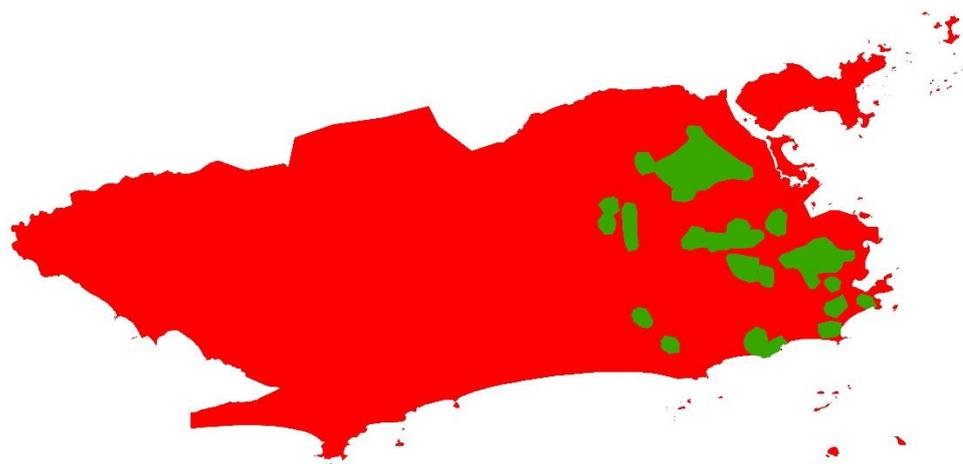
Proximidade Atendimento a Saúde (km)	Classe Vulnerabilidade	Cor
0 – 2	Muito Baixa	Verde Escuro
2 – 4	Baixa	Verde Claro
4 -6	Média	Amarelo
6 – 8	Alta	Laranja
8 – 10	Muito Alta	Vermelho

Fonte: Data Rio (2022) adaptação Autor

3.2.3.5. Gestão de Risco (Sirenes e planos de contingência)

Os dados referentes a este indicador foram retirados da base de dados da Geo Rio do ano de 2023, que é responsável pela implantação e acionamento das sirenes de alerta na cidade do Rio de Janeiro. Foram identificadas as áreas onde existe sirenes e plano de contingência, e seu território de abrangência, sendo consideradas essas áreas como menos vulneráveis, enquanto as que não contam com esses equipamentos como muito vulneráveis.

Figura 24 – Indicador gestão de risco (sirenes e planos de contingência) da cidade do Rio de Janeiro



Quadro 24 – Indicador gestão de risco (sirenes e planos de contingência)

Área com gestão de alertas	Classe Vulnerabilidade	Cor
Contam com equipamentos de alerta	Muito Baixa	Verde Escuro
Não Contam com equipamentos de alerta	Muito Alta	Vermelho

Fonte: GeoRio (2023) adaptação

3.3. Terceira Etapa – Consulta ao painel de especialistas e aplicação dos questionários utilizando a metodologia Delphi

A definição dos pesos atribuídos aos indicadores georreferenciados para a formação dos índices de Sensibilidade, Exposição e Capacidade Adaptativa procederam a partir de consulta realizada a um Painel de Especialistas, composto por professores universitários e profissionais da área de planejamento urbano e ambiental com experiência na área ambiental com base na metodologia Delphi. Cabe ressaltar que foi realizada uma consulta ao conselho de Ética do Universidade do Estado do Rio de Janeiro, já que a aplicação de questionários deve ser submetida e aprovado pelo conselho, porém em devolutiva, o conselho retornou com a resolução nº 510 que demonstravam que a presente pesquisa não se enquadrava nos critérios para a submissão ao mesmo. A resolução Nº 510 de 07 de abril de 2016 apresenta em seu texto no Artigo 1º a seguinte normativa:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados

diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana, na forma definida nesta Resolução. Parágrafo único. Não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP:

I – pesquisa de opinião pública com participantes não identificados;

Com base na resolução apresentada e em razão dos questionários submetidos ao painel de especialista não identificar os participantes do painel, a presente pesquisa não necessitou de submissão ou aprovação do conselho de ética.

Os questionários enviados ao painel de especialistas foram subdivididos em 3 (três) partes, com perguntas referentes ao grau de importância dos indicadores para cada índice de vulnerabilidade: de Sensibilidade, Exposição e Capacidade Adaptativa.

A consulta ao painel de especialista ocorreu na forma de questionário online, na plataforma www.pesquisaonline.com, de forma cega, quando não é possível identificar os que responderam ou não responderam à pesquisa.

As questões enviadas ao painel de especialista versam sobre o grau de importância de um indicador referente ao outro, sendo assim, ao final foi possível atribuir pesos a cada indicador utilizando análise pareada. Com base na metodologia Delphi proposta por Yousuf (2007) foram realizadas as etapas, na consulta realizada ao painel de especialistas, como:

1º Etapa (Q1) – Construção do questionário. Na primeira etapa o questionário proposto foi enviado a 10 especialistas, que puderam analisar as questões apresentadas, propor mudanças, inserções e fazer críticas as mesmas. Nesta etapa os 10 especialistas retornaram com as respostas.

2º Etapa (Q2) – Envio dos questionários. Na segunda etapa, após a validação do questionário (Q1), foi composto um painel de especialistas composto por 33 profissionais. Dos 33 questionários enviados, do forma online, foram obtidas 12 respostas, validando assim o painel.

3º Etapa (Q3) – Revisão das respostas pelos especialistas. Na terceira etapa os resultados globais da 2º Etapa (Q2) foram enviados a todos os participantes do painel de especialistas e foi dada, aos mesmos, a oportunidade de editar suas respostas, e aos que não tinham respondido anteriormente a nova possibilidade de resposta, a luz dos resultados globais apresentados. Nesta

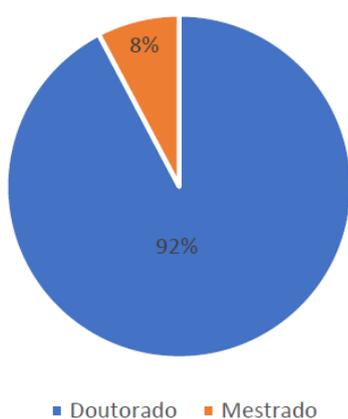
etapa obtivemos 12 respostas mantendo suas respostas anteriores e não foi computado nenhuma nova resposta ao questionário.

3.3.1. Resultados da consulta ao painel de especialistas

Com base nas perguntas iniciais do questionário, foi possível traçar o perfil dos profissionais que participaram do painel de especialistas e responderam ao questionário.

Figura 25 – Formação Acadêmica – Painel de Especialistas

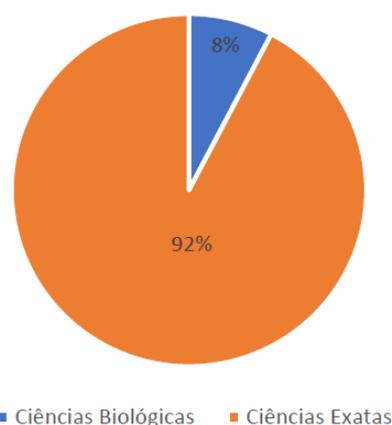
Formação Acadêmica:



Fonte: O Autor, 2024

Figura 26 - Área de Atuação – Painel de Especialistas

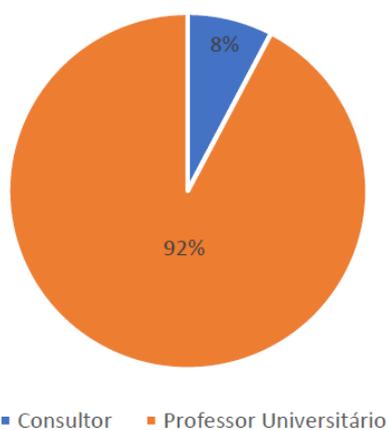
Área de Atuação:



Fonte: O Autor, 2024

Figura 27- Área de Atuação Profissional – Painel de Especialistas

Área de Atuação Profissional



Fonte: O Autor

Em resumo o perfil dos participantes, do painel de especialistas que responderam aos questionários em sua maioria possuem doutorado, atuam na área das ciências exatas e são professores universitários.

3.3.1.1. Resultados das questões referentes ao Índice de Exposição – Painel de Especialistas

As questões sobre o Índice de Exposição foram elaboradas com base nos indicadores, sendo que este abrange a probabilidade de um evento perigoso ocorrer, levando em consideração características como magnitude, frequência, duração, extensão geográfica, velocidade de ocorrência, dispersão espacial e intervalo temporal, sobre uma área específica suscetível. Os indicadores do Índice de Exposição utilizados na formulação das questões podem ser observados na Tabela 25.

Quadro 25 – Indicadores de Exposição do Índice de Exposição

Índice	Sub-Índice	Indicadores
Índice de Exposição	Uso do Solo Cobertura Florestal	Uso do Solo Cobertura Florestal
	Exposição Costeira	faixa litorânea (100 m) e áreas abaixo de 10 m de altitude
	Índices eventos Extremos (Sensibilidade e Ocorrência)	Suscetibilidade a Deslizamento de Massa Suscetibilidade a Inundação

Fonte: IPCC (2013) adaptado

As questões submetidas ao painel de especialistas referente ao Índice de Exposição e seus resultados podem ser observados na Figuras 28, 29 e 30.

Figura 28 – Questão 1 – Índice Exposição – Pannel de Especialistas

Questão 1 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a Exposição Costeira e o Uso do Solo.

A exposição costeira tem importância _____ em relação ao uso do solo.

Número de participantes:

13

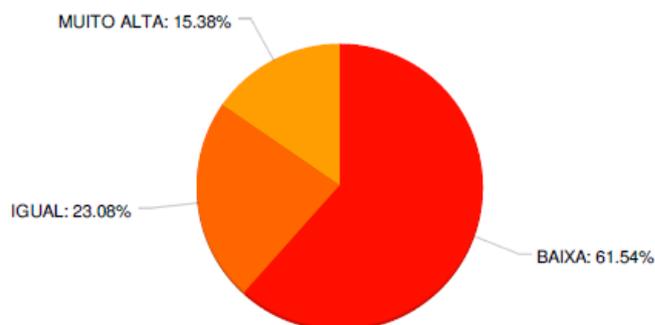
- (0.0%): MUITO BAIXA

8 (61.5%): BAIXA

3 (23.1%): IGUAL

- (0.0%): ALTA

2 (15.4%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor, 2024

Figura 29 – Questão 2 – Índice Exposição – Pannel de Especialistas

Questão 2 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a Suscetibilidade e o Uso do Solo.

A suscetibilidade tem importância _____ em relação ao uso do solo.

Número de participantes:

13

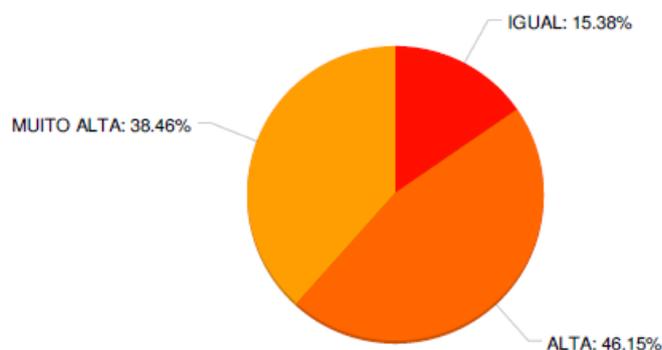
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

2 (15.4%): IGUAL

6 (46.2%): ALTA

5 (38.5%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 30 – Questão 3 – Índice Exposição – Painel de Especialistas

Questão 3 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a Suscetibilidade e o Exposição Costeira.

A suscetibilidade tem importância _____ em relação a exposição costeira.

Número de participantes:

13

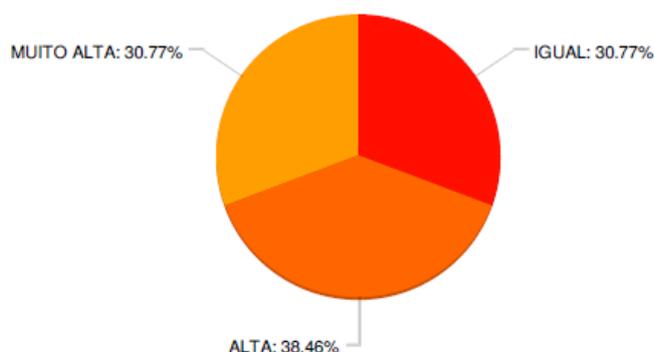
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

4 (30.8%): IGUAL

5 (38.5%): ALTA

4 (30.8%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

3.3.1.2. Resultados das questões referentes ao Índice de Sensibilidade – Painel de Especialistas

As questões sobre o Índice de Sensibilidade foram elaboradas com base nos indicadores relacionado a este índice, estes são profundamente influenciados pelas características físicas e estruturais da ocupação de determinada região, e a inter-relação entre o ambiente físico e as dinâmicas sociais. Os indicadores utilizados na formulação das questões podem ser observados na Tabela 26.

Quadro 26 – Indicadores de Sensibilidade

Índice	Sub-Índice	Indicadores
Índice Sensibilidade	Índice de Doenças associadas ao clima (Dengue)	Número de casos
	Índice Pobreza	Taxa de população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos
		Taxa da população acima de 25 anos analfabeta
		Proporção dos setores com baixo saneamento
		Taxa mortalidade infantil
		Renda abaixo da linha da pobreza
	Taxa mulheres chefe de família	

Índice	Sub-Índice	Indicadores
	Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica	Taxa chefe de família Jovens (10 a 29 anos)
		Taxa população Idosa
		Taxa população de crianças até 5 anos
		Taxa população deficiente

Fonte: IPCC (2013) adaptado

As questões submetidas ao painel de especialistas referente ao Índice de Sensibilidade e seus resultados podem ser observados na Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 e 50.

Figura 31 – Questão 1 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 1 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber qual grau de importância entre a taxa da população acima de 25 anos analfabeta e taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

A taxa da população acima de 25 anos analfabeta tem importância _____ em relação a taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

Número de participantes:

13

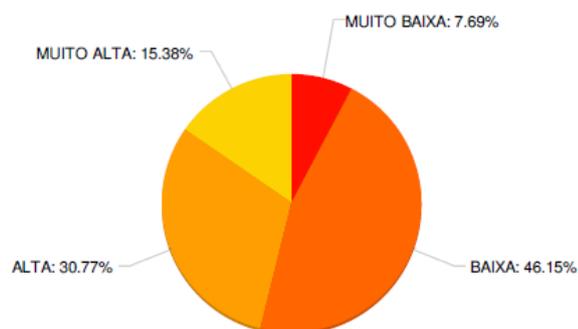
1 (7.7%): MUITO BAIXA

6 (46.2%): BAIXA

- (0.0%): IGUAL

4 (30.8%): ALTA

2 (15.4%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 32 – Questão 2 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 2. Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber qual grau de importância entre as áreas com baixo saneamento e taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

As áreas com baixo saneamento tem importância _____ em relação a taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

Número de participantes:

13

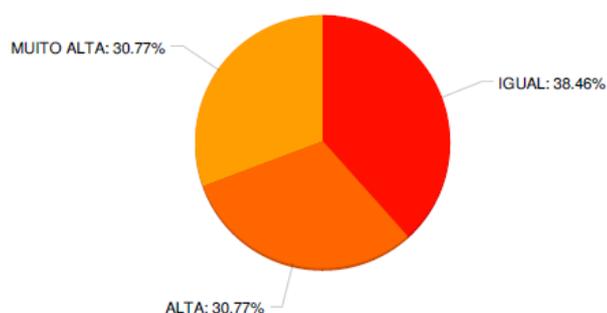
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

5 (38.5%): IGUAL

4 (30.8%): ALTA

4 (30.8%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 33 – Questão 3 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 3 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber qual grau de importância entre as áreas com baixo saneamento e taxa da população acima de 25 anos analfabeta.

As áreas com baixo saneamento tem importância _____ em relação a taxa da população acima de 25 anos analfabeta.

Número de participantes:

13

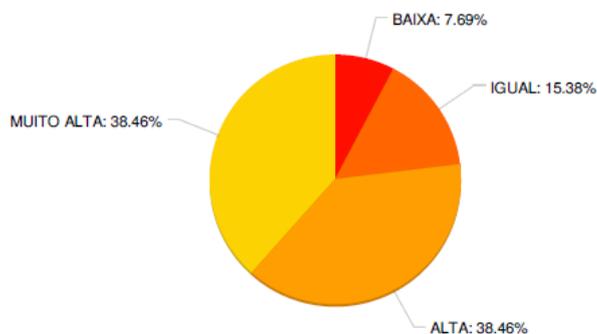
- (0.0%): MUITO BAIXA

1 (7.7%): BAIXA

2 (15.4%): IGUAL

5 (38.5%): ALTA

5 (38.5%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 34 – Questão 4 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 4 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a taxa de mortalidade infantil e taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

A taxa de mortalidade infantil tem importância _____ em relação e taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

Número de participantes:

13

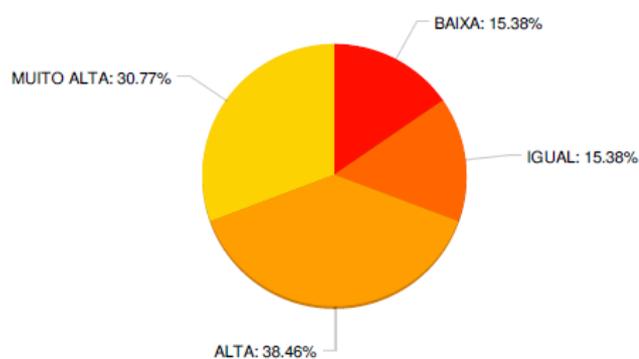
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (15.4%): BAIXA

2 (15.4%): IGUAL

5 (38.5%): ALTA

4 (30.8%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 35 – Questão 5 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 5 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a taxa de mortalidade infantil e a taxa da população acima de 25 anos analfabeta.

A taxa de mortalidade infantil tem importância _____ em relação a taxa da população acima de 25 anos analfabeta.

Número de participantes:

13

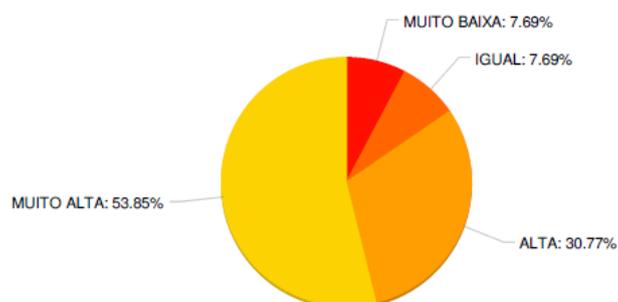
1 (7.7%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

1 (7.7%): IGUAL

4 (30.8%): ALTA

7 (53.8%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 36 – Questão 6 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 6 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a taxa de mortalidade infantil e áreas com baixo saneamento.

A taxa de mortalidade infantil tem importância _____ em relação as áreas com baixo saneamento.

Número de participantes:

13

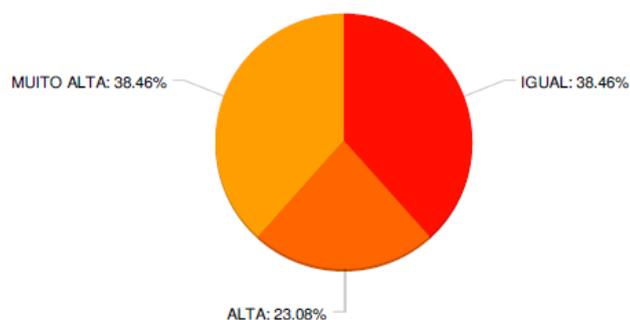
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

5 (38.5%): IGUAL

3 (23.1%): ALTA

5 (38.5%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 37 – Questão 7 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 7 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza e a taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

O grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza tem importância _____ em relação a taxa da população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos.

Número de participantes:

13

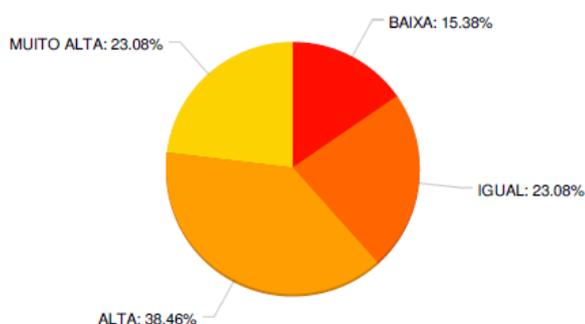
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (15.4%): BAIXA

3 (23.1%): IGUAL

5 (38.5%): ALTA

3 (23.1%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 38 – Questão 8 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 8 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza e a taxa da população acima de 25 anos analfabeta.

O grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza tem importância _____ em relação a taxa da população acima de 25 anos analfabeta.

Número de participantes:

13

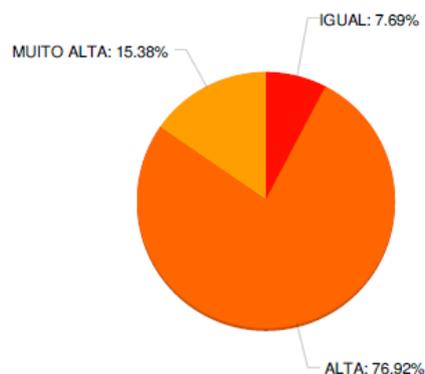
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

1 (7.7%): IGUAL

10 (76.9%): ALTA

2 (15.4%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 39 – Questão 9 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 9 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza e as áreas com baixo saneamento.

O grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza tem importância _____ em relação as áreas com baixo saneamento.

Número de participantes:

13

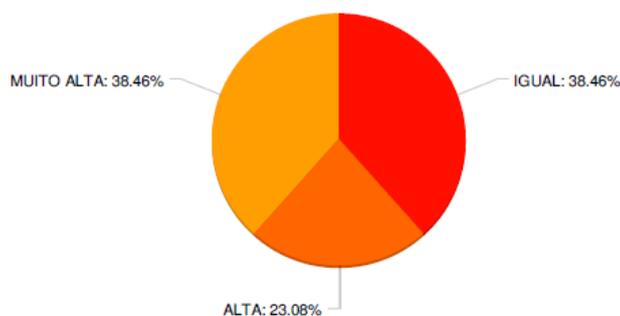
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

5 (38.5%): IGUAL

3 (23.1%): ALTA

5 (38.5%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 40 – Questão 10 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 10 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a renda abaixo da linha da pobreza e a taxa de mortalidade infantil.

A renda abaixo da linha da pobreza tem importância _____ em relação a taxa de mortalidade infantil.

Número de participantes:

13

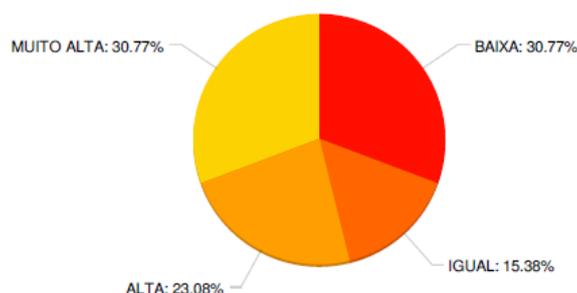
- (0.0%): MUITO BAIXA

4 (30.8%): BAIXA

2 (15.4%): IGUAL

3 (23.1%): ALTA

4 (30.8%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 41 – Questão 11 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 11 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos) e a taxa de mulheres chefes de família.

A taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos) tem importância _____ em relação a a taxa de mulheres chefes de família.

Número de participantes:

13

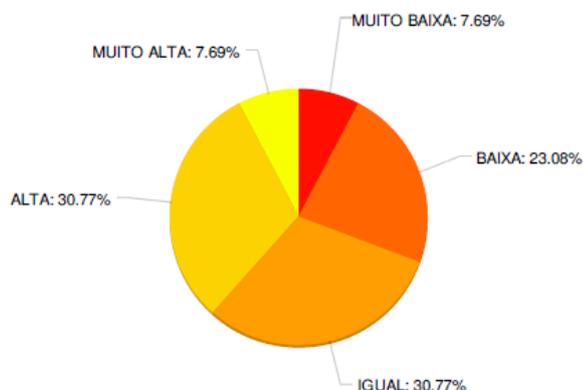
1 (7.7%): MUITO BAIXA

3 (23.1%): BAIXA

4 (30.8%): IGUAL

4 (30.8%): ALTA

1 (7.7%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 42 – Questão 12 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 12 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa população idosa e a taxa de mulheres chefes de família.

A taxa população idosa tem importância _____ em relação a taxa de mulheres chefes de família.

Número de participantes:

13

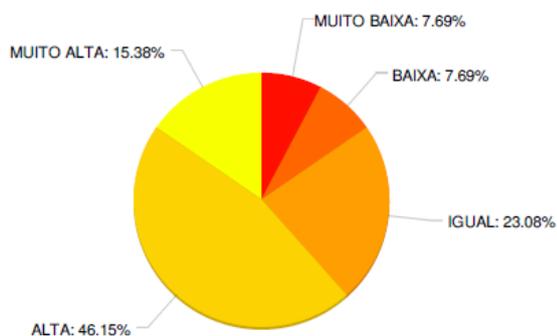
1 (7.7%): MUITO BAIXA

1 (7.7%): BAIXA

3 (23.1%): IGUAL

6 (46.2%): ALTA

2 (15.4%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 43 – Questão 13 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 13 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa população idosa e a taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos).

A taxa de população idosa tem importância _____ em relação a taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos).

Número de participantes:

13

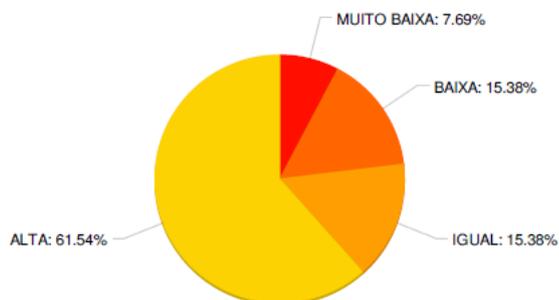
1 (7.7%): MUITO BAIXA

2 (15.4%): BAIXA

2 (15.4%): IGUAL

8 (61.5%): ALTA

- (0.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 44 – Questão 14 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

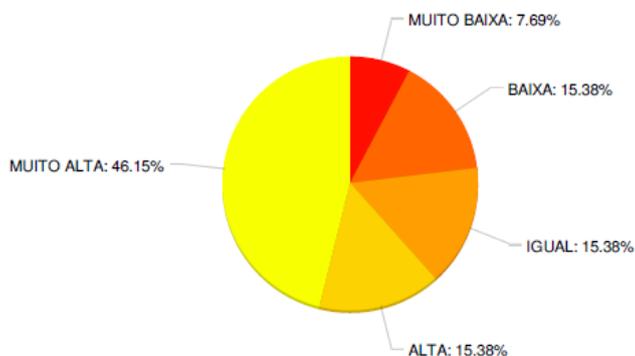
Questão 14 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa da população de crianças até 5 anos e taxa de mulheres chefes de família.

A taxa da população de crianças até 5 anos tem importância _____ em relação a taxa de mulheres chefes de família.

Número de participantes:

13

- 1 (7.7%): MUITO BAIXA
- 2 (15.4%): BAIXA
- 2 (15.4%): IGUAL
- 2 (15.4%): ALTA
- 6 (46.2%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 45 – Questão 15 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

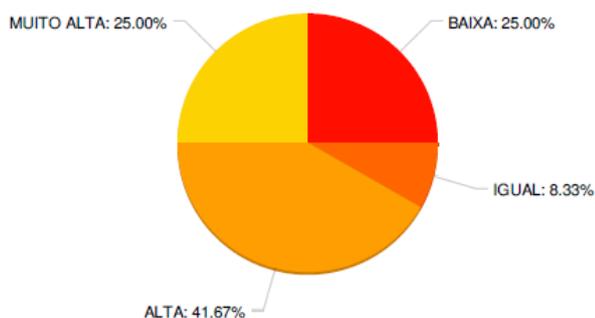
Questão 15 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa população de crianças até 5 anos e taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos).

A taxa população de crianças até 5 anos tem importância _____ em relação a taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos).

Número de participantes:

12

- (0.0%): MUITO BAIXA
- 3 (25.0%): BAIXA
- 1 (8.3%): IGUAL
- 5 (41.7%): ALTA
- 3 (25.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 46 – Questão 16 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 16 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa população de crianças até 5 anos e a taxa da população Idosa.

A taxa população de crianças até 5 anos tem importância _____ em relação a taxa da população Idosa.

Número de participantes:

13

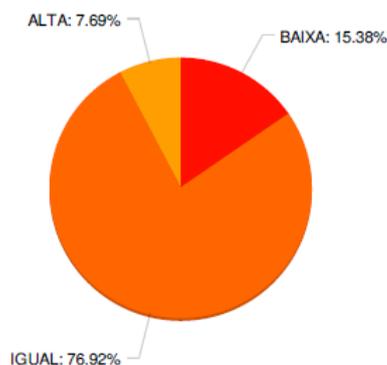
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (15.4%): BAIXA

10 (76.9%): IGUAL

1 (7.7%): ALTA

- (0.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 47 – Questão 17 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 17 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa da população deficiente e a taxa de mulheres chefes de família.

A taxa da população deficiente tem importância _____ em relação a taxa de mulheres chefes de família.

Número de participantes:

13

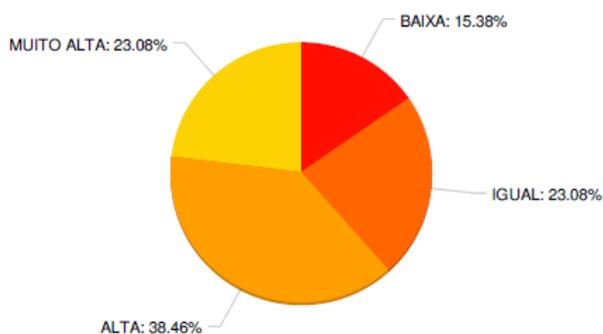
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (15.4%): BAIXA

3 (23.1%): IGUAL

5 (38.5%): ALTA

3 (23.1%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 48 – Questão 18 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 18 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa da população deficiente e a taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos).

A taxa da população deficiente tem importância _____ em relação a taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos).

Número de participantes:

13

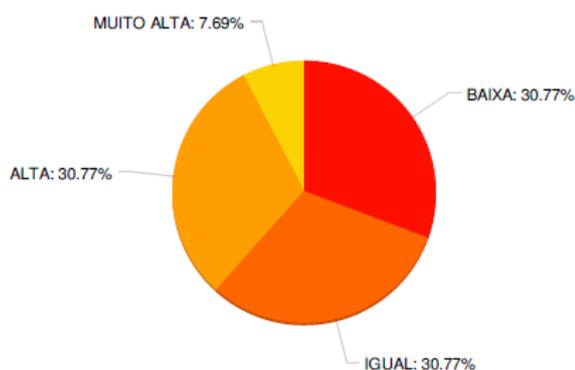
- (0.0%): MUITO BAIXA

4 (30.8%): BAIXA

4 (30.8%): IGUAL

4 (30.8%): ALTA

1 (7.7%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 49 – Questão 19 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 19 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa da população deficiente e a taxa da população idosa.

A taxa da população deficiente tem importância _____ em relação a taxa da população idosa.

Número de participantes:

13

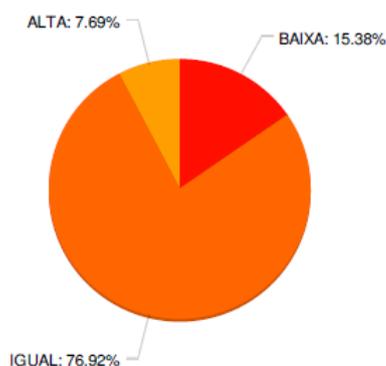
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (15.4%): BAIXA

10 (76.9%): IGUAL

1 (7.7%): ALTA

- (0.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 50 – Questão 20 – Índice Sensibilidade – Painel de Especialistas

Questão 20 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber o grau de importância entre a taxa da população deficiente e a taxa da população de crianças até 5 anos.

A taxa da população deficiente tem importância _____ em relação a taxa da população de crianças até 5 anos.

Número de participantes:

13

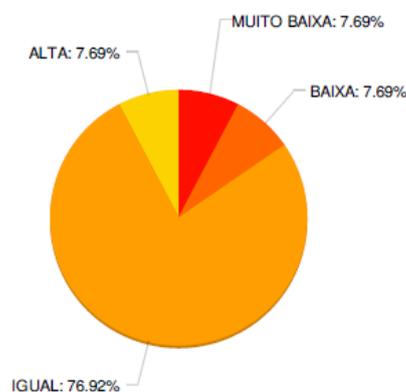
1 (7.7%): MUITO BAIXA

1 (7.7%): BAIXA

10 (76.9%): IGUAL

1 (7.7%): ALTA

- (0.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

3.3.1.3. Resultados das questões referente ao Índice de Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

As questões sobre o Índice de Capacidade Adaptativa foram elaboradas com base nos indicadores relacionado a este índice, e referem-se à capacidade da população se adaptar a uma adversidade se ajuste às condições reais ou esperadas do clima e seus efeitos, a fim de moderar danos econômicos ou de infraestrutura. Os indicadores utilizados na formulação das questões podem ser observados na Tabela 27.

Quadro 27 – Indicadores de Capacidade Adaptativa

Índice	Sub-Índice	Indicadores
Índice Capacidade Adaptativa	Índice estruturas Socioeconômicas	Estrutura de geração de emprego
		Estrutura de atendimento da saúde
		Estrutura e qualidade da educação
	Índice instituições, serviços e infraestruturas para adaptação	Instituição de Segurança (Defesa Civil, bombeiros etc)
		Proximidade PSF
		Gestão de Risco (Alerta de desastres e planos de contingência)

Fonte: O Autor e IPCC (2013)

As questões submetidas ao painel de especialistas referente a Capacidade Adaptativa e seus resultados podem ser observados nas Figuras 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, e 59.

Figura 51 – Questão 1 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

Questão 1. Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber qual grau de importância entre a estrutura de atendimento da saúde, e a estrutura de geração de emprego.

A estrutura de Saúde tem importância _____ em relação a geração de emprego.

Número de participantes:

12

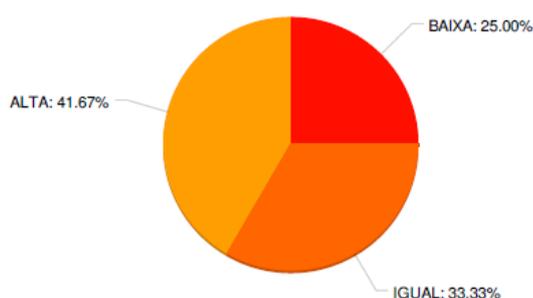
- (0.0%): MUITO BAIXA

3 (25.0%): BAIXA

4 (33.3%): IGUAL

5 (41.7%): ALTA

- (0.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 52– Questão 2 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

Questão 2. Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber qual grau de importância entre a estrutura e qualidade da educação, e a estrutura de geração de emprego. A estrutura e qualidade da educação tem importância _____ em relação a estrutura de geração de emprego.

Número de participantes:

12

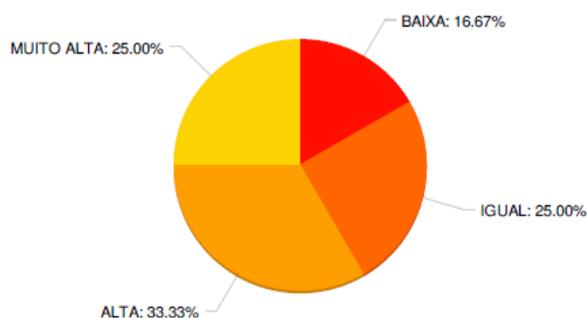
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (16.7%): BAIXA

3 (25.0%): IGUAL

4 (33.3%): ALTA

3 (25.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 53 – Questão 3 – Índice Capacidade Adaptativa – Pannel de Especialistas

Questão 3 - Com base em seus conhecimentos, gostaríamos de saber qual grau de importância entre a estrutura e qualidade da educação, e a estrutura de atendimento da saúde.

A estrutura e qualidade da educação tem importância _____ em relação a estrutura de atendimento da saúde.

Número de participantes:

12

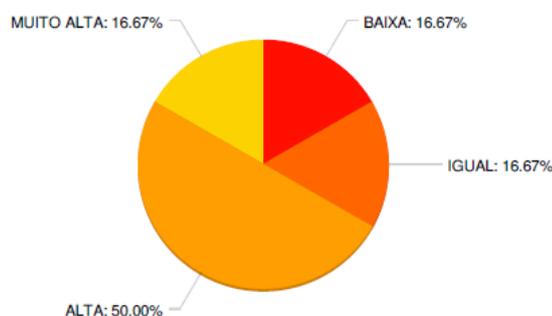
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (16.7%): BAIXA

2 (16.7%): IGUAL

6 (50.0%): ALTA

2 (16.7%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 54 – Questão 4 – Índice Capacidade Adaptativa – Pannel de Especialistas

Questão 4 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a gestão de risco (alerta de desastres e planos de contingência) e a proximidade de instituição de segurança (defesa civil, bombeiros etc).

A gestão de risco (alerta de desastres e planos de contingência) tem importância _____ em relação a proximidade de instituição de segurança (defesa civil, bombeiros etc).

Número de participantes:

11

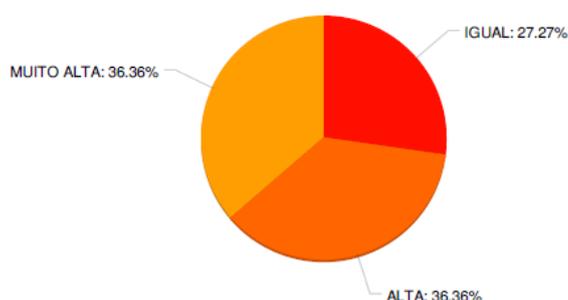
- (0.0%): MUITO BAIXA

- (0.0%): BAIXA

3 (27.3%): IGUAL

4 (36.4%): ALTA

4 (36.4%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 55 – Questão 5 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

Questão 5 - No seu entendimento qual o grau de importância entre cobertura de PSF e a proximidade instituição de segurança (Defesa Civil, bombeiros etc).

A cobertura de PSF tem importância _____ em relação a proximidade instituição de segurança (Defesa Civil, bombeiros etc).

Número de participantes:

12

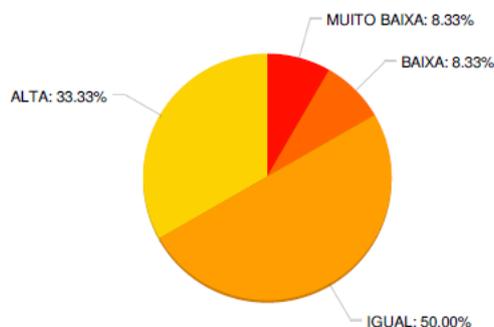
1 (8.3%): MUITO BAIXA

1 (8.3%): BAIXA

6 (50.0%): IGUAL

4 (33.3%): ALTA

- (0.0%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 56 – Questão 6 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

Questão 6 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a cobertura de PSF e a gestão de risco (alerta de desastres e planos de contingência).

A cobertura de PSF tem importância _____ em relação a gestão de risco (alerta de desastres e planos de contingência).

Número de participantes:

12

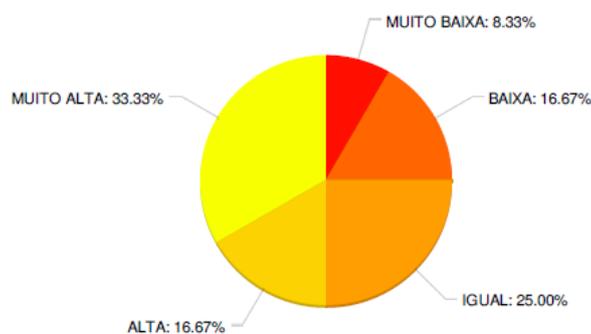
1 (8.3%): MUITO BAIXA

2 (16.7%): BAIXA

3 (25.0%): IGUAL

2 (16.7%): ALTA

4 (33.3%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 57 – Questão 7 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

Questão 7 - No seu entendimento qual o grau de importância entre o índice de instituições, serviços e infraestruturas para adaptação e o Índice estruturas socioeconômicas.

O índice de instituições, serviços e infraestruturas para adaptação tem importância _____ em relação ao o Índice estruturas socioeconômicas.

Número de participantes:

12

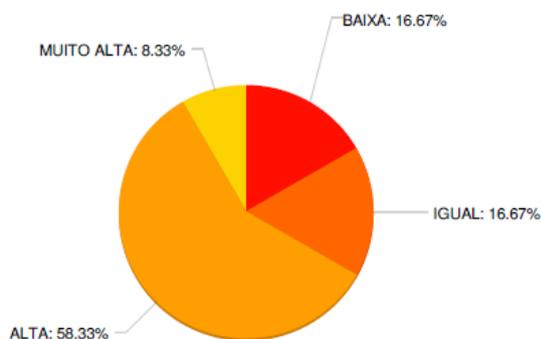
- (0.0%): MUITO BAIXA

2 (16.7%): BAIXA

2 (16.7%): IGUAL

7 (58.3%): ALTA

1 (8.3%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 58 – Questão 8 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

Questão 8 - No seu entendimento qual o grau de importância entre o índice de ocupação sócio-política (existência de conselho de bairro) e o Índice estruturas Socioeconômicas.

O índice de ocupação sócio-política (existência de conselho de bairro) tem importância _____ em relação ao Índice estruturas Socioeconômicas.

Número de participantes:

12

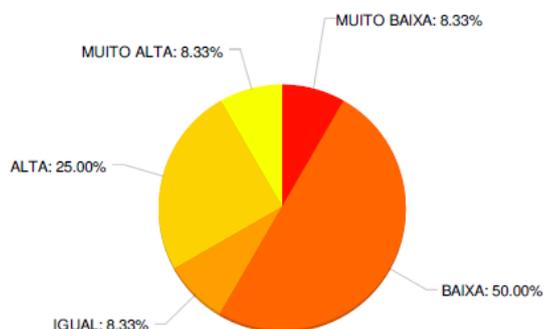
1 (8.3%): MUITO BAIXA

6 (50.0%): BAIXA

1 (8.3%): IGUAL

3 (25.0%): ALTA

1 (8.3%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

Figura 59 – Questão 9 – Índice Capacidade Adaptativa – Painel de Especialistas

. Questão 9 - No seu entendimento qual o grau de importância entre a o índice de ocupação sócio-política (existência de conselho de bairro) e o Índice instituições, serviços e infraestruturas para adaptação.

O índice de ocupação sócio-política (existência de conselho de bairro) tem importância _____ em relação ao Índice instituições, serviços e infraestruturas para adaptação.

Número de participantes:

12

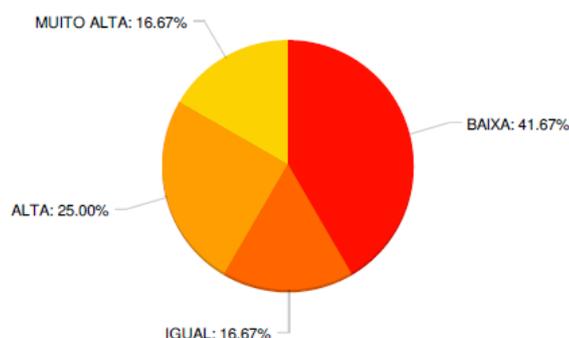
- (0.0%): MUITO BAIXA

5 (41.7%): BAIXA

2 (16.7%): IGUAL

3 (25.0%): ALTA

2 (16.7%): MUITO ALTA



Fonte: O Autor

3.4. Quarta Etapa – Análise multicritério e resultado da espacialização da Vulnerabilidade Socioambiental da Cidade do Rio de Janeiro

Nesta etapa os dados foram exportados para o *software* IDRISI, onde as cores atribuídas aos mapas foram reclassificadas em valores entre 0 e 255, sendo 0 (zero) referente a classe de vulnerabilidade mais alta (cor vermelha) e o valor de 255 a classe de vulnerabilidade mais baixa (cor verde), na Tabela 28 pode se observar a reclassificação utilizada na exportação para o IDRISI.

Quadro 28 – Reclassificação das classes de vulnerabilidade no *software* IDRISI

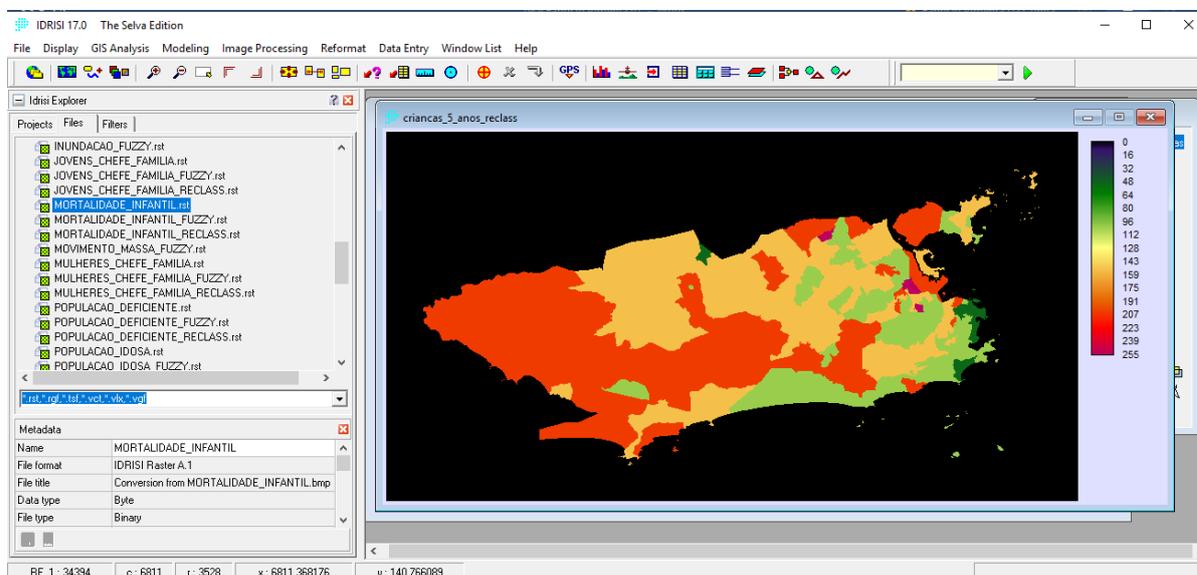
Classe Vulnerabilidade	Cor	Valor adotado na Reclassificação
Muito Baixa	Verde Escuro	51
Baixa	Verde Claro	102
Média	Amarelo	153
Alta	Laranja	204
Muito Alta	Vermelho	255

Fonte: o Autor, 2024

A reclassificação é uma etapa importante, pois o IDRISI utiliza arquivos *rasters* (imagens) com *inputs*. A faixa de 0 à 255 se referem as cores de uma imagem, cada pixel da imagem

recebe um valor (classificação) dentro da faixa descrita, o que torna possível a análise multicritério utilizando a menor estrutura da imagem, o pixel, assim sendo os pixels com cores iguais recebem o mesmo valor, conforme pode ser observado na Figura 60.

Figura 60 – Exemplo de um indicador espacializado reclassificado no IDRISI



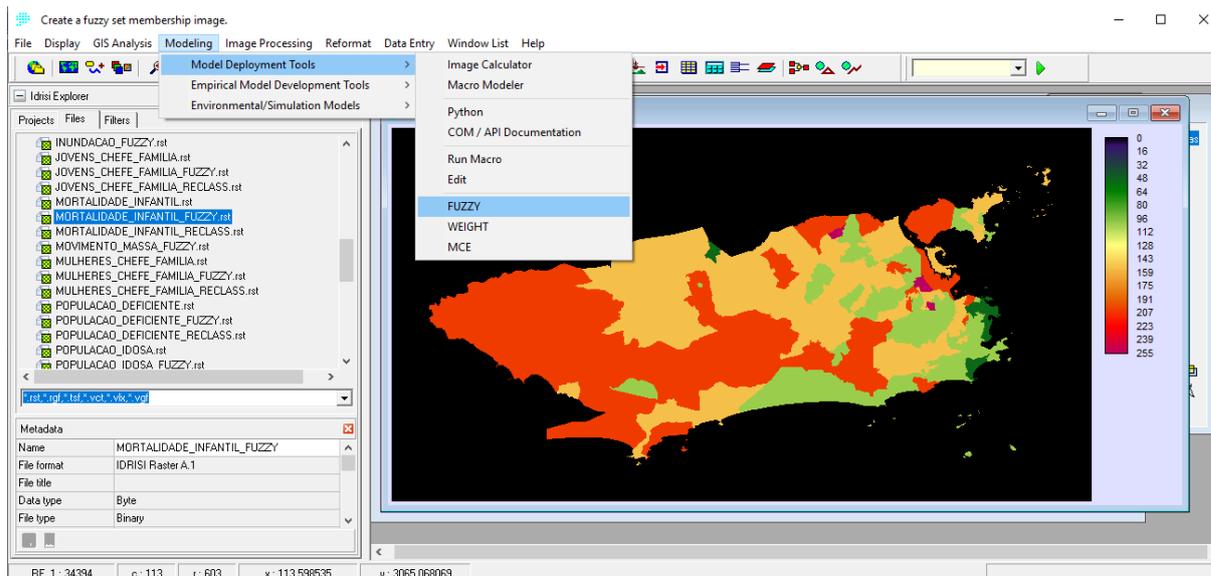
Fonte: o Autor, 2024

Finalizado o processo de reclassificação de todos os indicadores de sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa, as imagens espacializadas destes indicadores foram submetidas a lógica *fuzzy* no módulo “*Modeling*” no IDRISI.

A aplicação da teoria de conjuntos *fuzzy* contribui para uma melhor representação dos fenômenos geográficos, visto que esta permite caracterizar a transição entre tipos de uso e cobertura terrestre e lidar com a ocorrência de pixels mistos, muito frequentes, principalmente, em imagens de resolução espacial superior a metros ou dezena de metros (PRADO & GALO, 2009).

Esta etapa da aplicação da lógica *fuzzy* nas imagens é de suma importância a fim de não promover erros no resultado da análise multicritério, principalmente nos limites das faixas de cores (áreas de transição).

Figura 61 – Módulo de lógica *fuzzy* no IDRISI



Fonte: o Autor

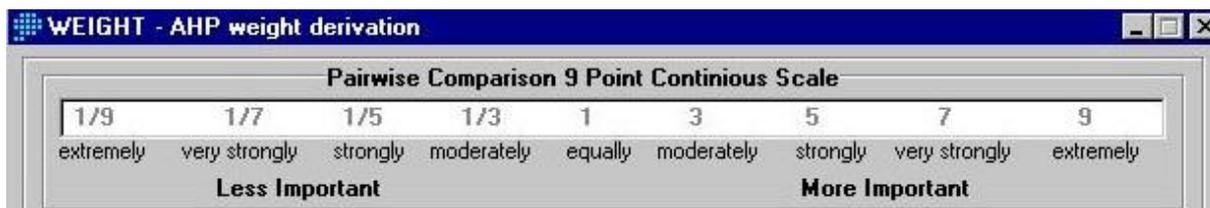
O passo seguinte na metodologia foi a realização da análise pareada dos indicadores no módulo *Weight* no IDRISI.

O módulo *Weight* utiliza técnicas de comparação pareada a fim de desenvolver um conjunto de pesos de fatores que somarão 1 (um). Os fatores são comparados por pares em termos de sua importância relativa aos objetos estabelecidos, após a comparação par a par de todos os indicadores, o módulo calcula um conjunto de pesos para cada indicador e uma razão de consistência, caso ocorra alguma inconsistência ocorrida no processo de comparação pareada o módulo *Weight* sinaliza a necessidade de rever os valores de entrada (EASTMAN, 2009).

Cabe ressaltar que os pesos obtidos de cada indicador foi resultante da compilação de dados do Painel de Especialistas, descrito na Etapa 3 da metodologia, após a compilação dos dados do painel de especialista foi criada a matriz de comparação pareada dos indicadores, e inserida no módulo *Weight* do IDRISI, para obtenção da razão de consistências entre os pesos.

Quanto ao valor dado para o grau de importância (peso) de cada indicador, proveniente do painel de especialista, foi utilizada a escala contida no próprio sistema do IDRISI (Figura 62).

Figura 62 - Relação entre o grau de importância e o peso de cada indicador



Fonte: EASTMAN, 2009.

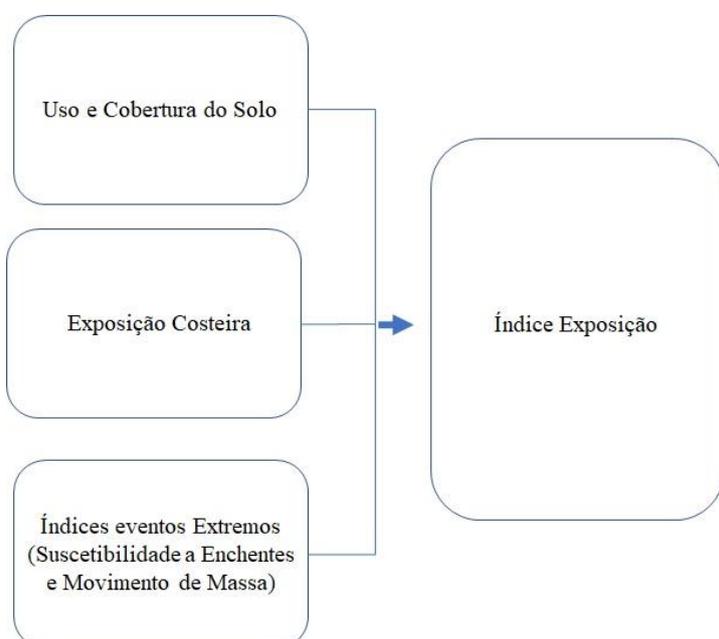
A escala apresentada sofreu uma pequena adaptação, pois na pesquisa foram utilizados 5 (cinco) classificações de vulnerabilidade, sendo: (i) 1/5 – Muito Baixa, (ii) 1/3 - Baixa, (iii) 1- Igual, (iv) 3 – Alta e (v) 5 - Muito Alta.

Nas Tabelas 29 a 34 são apresentados os pesos de cada indicador, resultante do grau de importância atribuídos a cada indicador pelo painel de especialista, a partir da matriz de comparação par a par.

3.4.1. Matriz de comparação – Índice de Exposição

O Índice de Exposição é resultado da comparação pareada entre 3 (três) indicadores: uso e cobertura do solo, exposição costeira e suscetibilidade a inundações e movimento de massa (Figura 63). Na quadro 29 pode-se observar a matriz de comparação, resultante da compilação dos dados do painel de especialista para este índice.

Figura 63 – Formação do Índice de Exposição



Fonte: O Autor.

Quadro 29 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Exposição

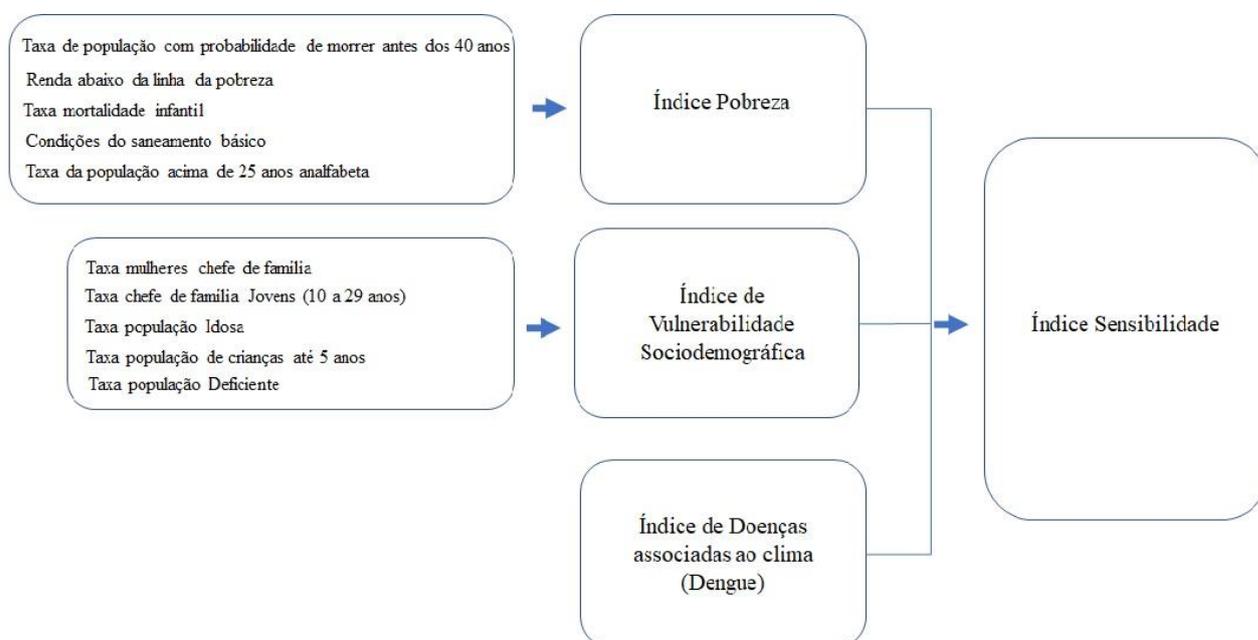
	Uso e Cobertura do Solo	Exposição Costeira	Suscetibilidade (Movimento Massa)	Suscetibilidade (Inundação)
Uso e Cobertura do solo	1			
Exposição Costeira	1/3	1		
Suscetibilidade (Movimento Massa)	3	3	1	
Suscetibilidade (Inundação)	3	3	1	1

Fonte: O Autor, 2024

3.4.2. Matriz de comparação – Índice de Sensibilidade

O Índice de Sensibilidade é resultado da comparação pareada entre 11 (onze) indicadores e 3 (três) sub-índices (Figura 64). Nos Quadros 30, 31 e 32 podem-se observar a matriz de comparação, resultante da compilação dos dados do painel de especialista para este índice.

Figura 64 – Formação do Índice de Sensibilidade



Fonte: O Autor, 2024

Quadro 30 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Pobreza

	Taxa de população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos	Taxa da população acima de 25 anos analfabeta	Proporção dos setores com baixo saneamento	Taxa mortalidade infantil	Renda abaixo da linha da pobreza
Taxa de população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos	1				
Taxa da população acima de 25 anos analfabeta	1/3	1			
Proporção dos setores com baixo saneamento	1	3	1		
Taxa mortalidade infantil	3	5	5	1	
Renda abaixo da linha da pobreza	3	3	5	5	1

Fonte: O Autor.

Quadro 31 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica

	Taxa mulheres chefe de família	Taxa chefe de família Jovens (10 a 29 anos)	Taxa população Idosa	Taxa população de crianças até 5 anos	Taxa população deficiente
Taxa mulheres chefe de família	1				
Taxa chefe de família Jovens (10 a 29 anos)	1	1			
Taxa população Idosa	3	5	1		
Taxa população de crianças até 5 anos	5	3	1	1	
Taxa população deficiente	3	3	1	1	1

Fonte: O Autor.

Quadro 32 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Sensibilidade

	Índice de Doenças associadas ao clima (Dengue)	Índice Pobreza	Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica
Índice de Doenças associadas ao clima (Dengue)	1		

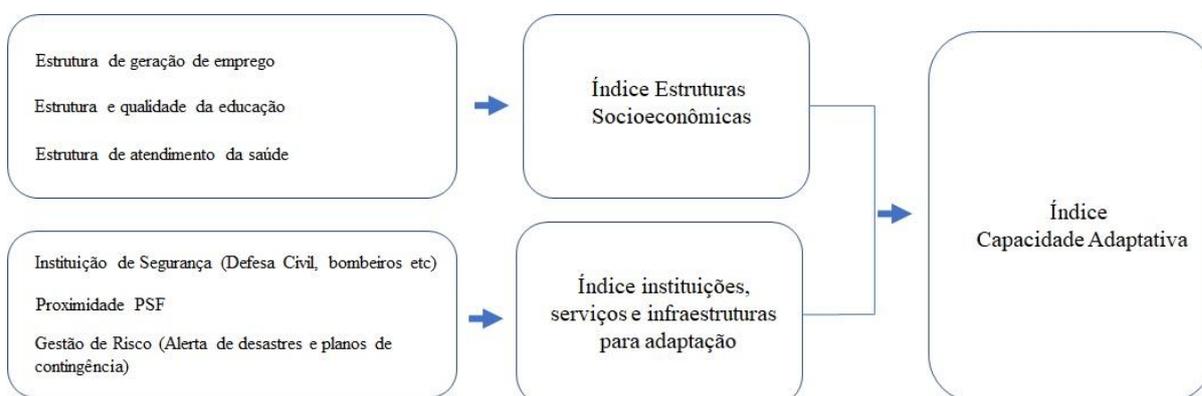
Índice Pobreza	3	1	
Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica	3	1	1

Fonte: O Autor.

3.4.3. Matriz de comparação – Índice de Capacidade Adaptativa

O Índice de Capacidade Adaptativa é composto por 6 (seis) indicadores e 2 (dois) Subíndices (Figura 65). Nos Quadros 33 e 34 podem-se observar a matriz de comparação, resultante da compilação dos dados do painel de especialista para este índice.

Figura 65 – Formação do Índice de Capacidade Adaptativa



Fonte: O Autor.

Quadro 33 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de Estruturas Socioeconômicas

	Estrutura de geração de emprego	Estrutura de atendimento da saúde	Estrutura e qualidade da educação
Estrutura de geração de emprego	1		
Estrutura de atendimento da saúde	3	1	
Estrutura e qualidade da educação	3	3	1

Fonte: O Autor.

Quadro 34 – Matriz de comparação Par a Par dos Indicadores do Índice de instituições serviços e infraestrutura para adaptação

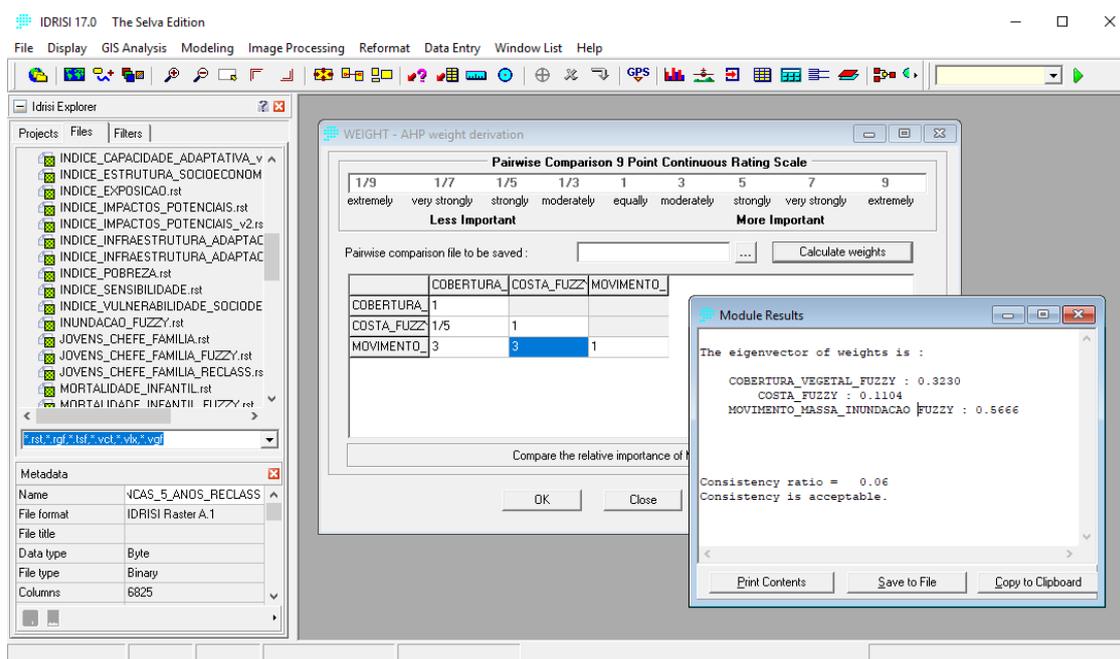
	Instituição de Segurança (Defesa Civil, bombeiros etc)	Proximidade PSF	Gestão de Risco (Alerta de desastres e planos de contingência)
Instituição de Segurança (Defesa Civil, bombeiros etc)	1		
Proximidade PSF	1	1	
Gestão de Risco (Alerta de desastres e planos de contingência)	3	3	1

Fonte: O Autor.

3.4.4. Inserção das análises pareadas no módulo *Weight*

Os dados apresentados nas matrizes de comparação par a par foram inseridos no módulo Weight do IDRISI, ao fim da análise, o software apresentou o peso correspondente a cada indicador, sendo a soma totalizando 1 (um) e a análise de consistência da análise pareada. Na Figura 66 pode-se observar como os dados são inseridos no módulo e caixa de resultados das análises.

Figura 66 – Inserção dos dados no Módulo Weight IDRISI



Fonte: O Autor.

Ao fim das análises foram obtidos os pesos para o cruzamento na análise multicritério dos indicadores, de acordo com a árvore de decisão dos índices apresentados na pesquisa. Nos Quadros 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41 podem-se observar os pesos obtidos no módulo *Weight* do IDRISI, cabe ressaltar que todos os dados obtiveram matriz de consistência aceitável, validando assim os resultados provenientes do painel de especialistas.

3.4.4.1. Pesos Índice de Exposição

Observando os dados gerados (Quadro 35) os pesos para índice de exposição notam-se que os indicadores de uso do solo seguido da suscetibilidade (inundação e movimento de massa) apresentaram maior relevância na composição do índice.

Quadro 35 – Pesos Índice de Exposição

	Indicador	Peso
Índice Exposição	Uso e Cobertura do solo	0.3230
	Exposição Costeira	0.1104
	Suscetibilidade a Movimento Massa	0.2833
	Suscetibilidade a Inundação	0.2833

Fonte: O Autor.

3.4.4.2. Pesos Índice de Sensibilidade

Nos dados apresentados (Quadro 36) observa-se que na composição do Índice de Pobreza os indicadores: taxa de população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos e renda abaixo da linha da pobreza apresentaram a maior relevância na composição do índice, enquanto o indicador taxa da população acima de 25 anos analfabeta apresentou a menor relevância.

Quadro 36 – Pesos Índice de Pobreza

	Indicador	Peso
Índice de Pobreza	Taxa de população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos	0.0510
	Taxa da população acima de 25 anos analfabeta	0.1091
	Proporção dos setores com baixo saneamento	0.2993
	Taxa mortalidade infantil	0.1166

	Renda abaixo da linha da pobreza	0.4241
--	----------------------------------	--------

Fonte: O Autor.

Nos dados apresentados na Quadro 37 observa-se que na composição do Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica os indicadores de: taxa da população idosa, taxa da população de crianças e taxa da população deficiente apresentam maior relevância na composição do índice, enquanto os indicadores de taxa de mulheres chefe de família e taxa de jovens chefe de famílias apresentam menor relevância.

Quadro 37 – Pesos Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica

Índice Vulnerabilidade Sociodemográfica	Indicador	Peso
	Taxa mulheres chefe de família	0.0909
	Taxa chefe de família Jovens (10 a 29 anos)	0.0909
	Taxa população Idosa	0.2727
	Taxa população de crianças até 5 anos	0.2727
	Taxa população deficiente	0.2727

Fonte: O Autor.

Com base nos dados apresentados na Quadro 38, observa-se que na composição do Índice de Sensibilidade, os índices de pobreza e vulnerabilidade sociodemográfica tem maior relevância na composição do índice, do que o índice de doenças associadas ao clima (dengue).

Quadro 38 – Pesos Índice de Sensibilidade

Índice Sensibilidade	Indicador	Peso
	Índice de Doenças associadas ao clima (Dengue)	0.1429
	Índice Pobreza	0.4286
Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica	0.4286	

Fonte: O Autor.

3.4.4.3. Pesos Índice de Capacidade Adaptativa

Observando os dados apresentados na Quadro 39 nota-se que na composição do Índice de Estruturas Socioeconômicas, os indicadores de estrutura de atendimento a saúde, e de

qualidade da educação, tem maior relevância na composição do índice, do que o indicador de estrutura de geração de emprego.

Quadro 39 – Pesos Índice de Estruturas Socioeconômicas

	Indicador	Peso
Índice de Estruturas Socioeconômicas	Estrutura de geração de emprego	0.1429
	Estrutura de atendimento da saúde	0.4286
	Estrutura e qualidade da educação	0.4286

Fonte: O Autor.

Com base nos dados apresentados na Quadro 40, observa-se que na composição do índice de Instituições e Serviços de Segurança, o indicador de gestão de risco (alertas) apresenta maior relevância na construção do índice, enquanto os indicadores de instituição de segurança e proximidade de PSF tem menor relevância.

Quadro 40 – Pesos Índice instituições, serviços e segurança

	Indicador	Peso
Índice de Instituições e Serviços de Segurança	Instituição de Segurança (Defesa Civil, bombeiros etc)	0.2000
	Proximidade PSF	0.2000
	Gestão de Risco (Alerta de desastres e planos de contingência)	0.6000

Fonte: O Autor.

Com base nos dados observados na Quadro 41 nota-se que na composição do índice de Capacidade Adaptativa, os índices de estrutura socioeconômica e de instituições e serviços de segurança apresentam a relevância igual.

Quadro 41 – Pesos Índice Capacidade Adaptativa

	Indicador	Peso
Índice de Capacidade Adaptativa	Índice de Estruturas Socioeconômicas	0.5000
	Índice de Instituições e Serviços de Segurança	0.5000

Fonte: O Autor.

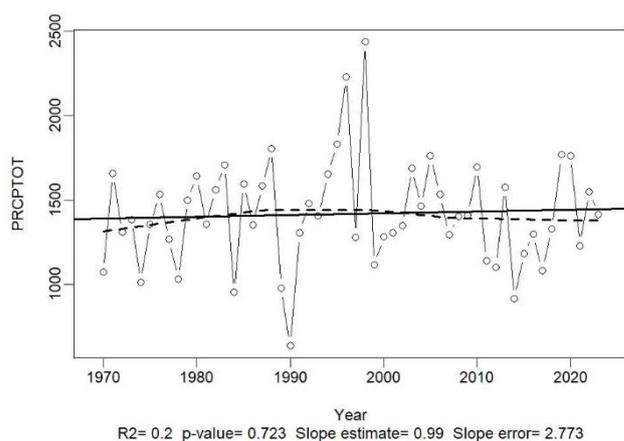
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultado da análise dos eventos extremos

Como base na metodologia apresentada no item 3.1. é possível observar os resultados dos índices extremos de precipitação e os índices extremos de temperatura para a cidade do Rio de Janeiro. Além dos resultados apresentados nas Figuras 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 e 78, em todas elas também estão indicados os valores do erro quadrático ou R2 (em percentual), o valor de p (p-value), o coeficiente angular da regressão (*slope estimate*) e o erro da regressão (*slope error*).

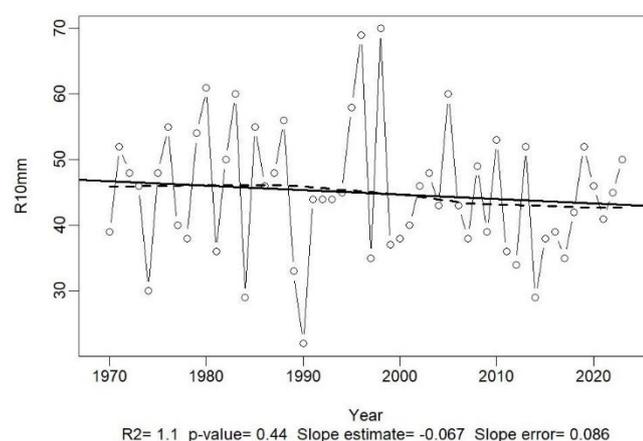
Os resultados demonstram que o indicador de precipitação total anual dos dias úmidos (PRCPTOT), apresentam uma tendência real linear da série histórica com indicação de estacionariedade durante o período analisado entre 1970 e 2023. O número de dias no ano com precipitação maior ou igual à 20 mm (R20) apresentou resultado semelhante ao índice PRCPTOT, com tendência linear sem alterações expressivas durante o período. O número de dias no ano com precipitação maior ou igual à 10 mm (R10) apresentou queda de 47 dias para 43 dias, tanto para a tendência real da série como para a tendência estimada (Figura 67, 68 e 69).

Figura 67 – Precipitação total anual nos dias úmidos (PRCPTOT) da cidade do Rio de Janeiro



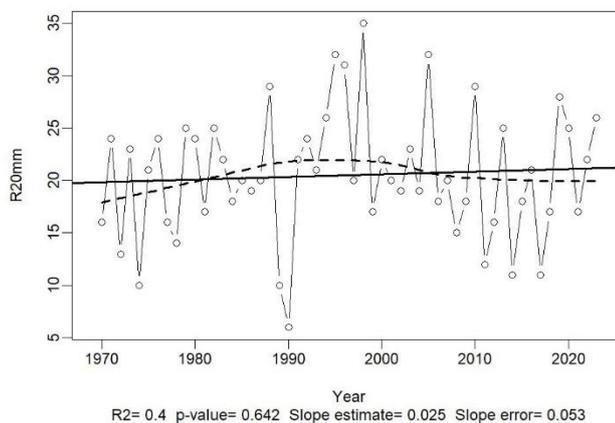
Fonte: O autor, 2024

Figura 68 – Precipitação de um dia superior a 10mm (R10mm) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O autor, 2024

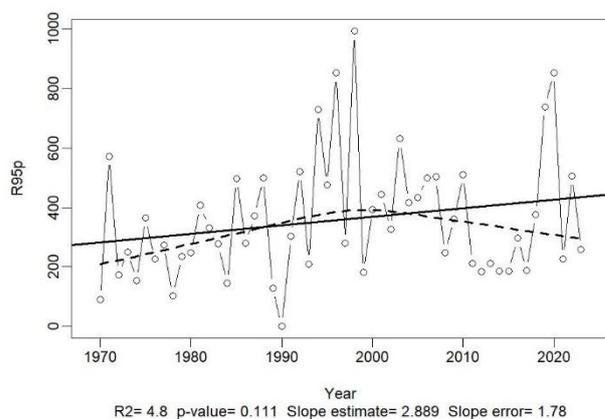
Figura 69 – Precipitação de um dia superior a 20mm (R20mm) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimindex (2024)

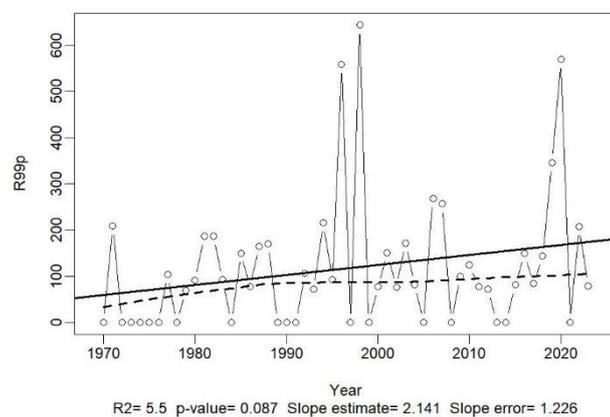
Em relação ao percentil 95 (R95p) e 99 (R99p), nota-se um aumento dos dias úmidos e dias extremamente úmidos na cidade do Rio de Janeiro. A precipitação total anual maior que percentil 95°, houve um aumento de 240 mm para cerca de 400 mm, enquanto para o percentil 99°, o aumento foi de 60 mm para 180 mm (Figura 70 e 71).

Figura 70 – Dias muito úmidos - Precipitação anual > 95 percentil (R95p) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimindex (2024)

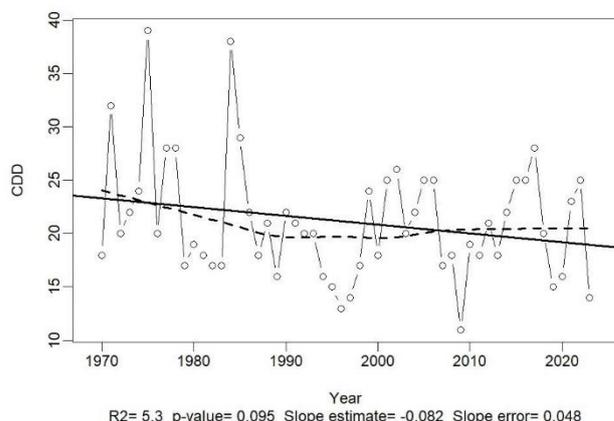
Figura 71 – Dias extremamente úmidos - Precipitação anual > 99 percentil (R99p) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimindex (2024)

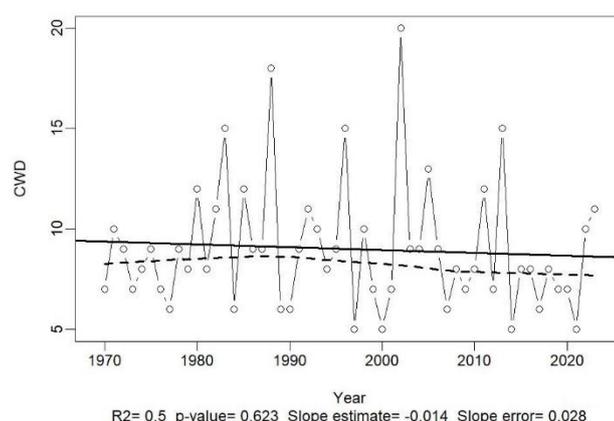
Nas Figuras 72 e 73 podem-se observados que os dias secos consecutivos com precipitação menor que 1 mm (CDD) diminuíram de 24 para 19 dias, queda que ocorreu também nos dias consecutivos com precipitação maior que 1 mm (CWD), em proporção menor, e apresentou uma queda de 9,8 para 9,5 dias.

Figura 72 – Dias secos consecutivos com precipitação < 1mm (CDD) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimdex (2024)

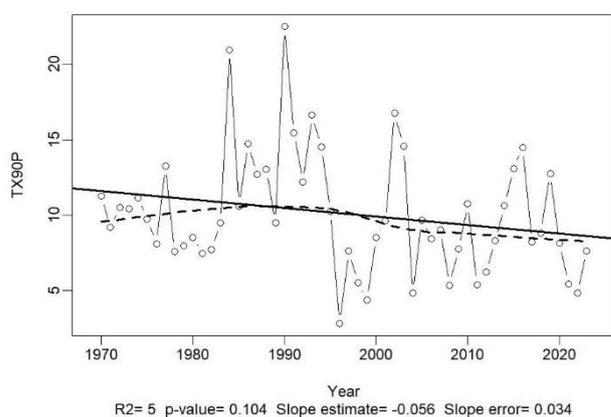
Figura 73 – Dias úmidos consecutivos com precipitação > 1mm (CWD) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimdex (2024)

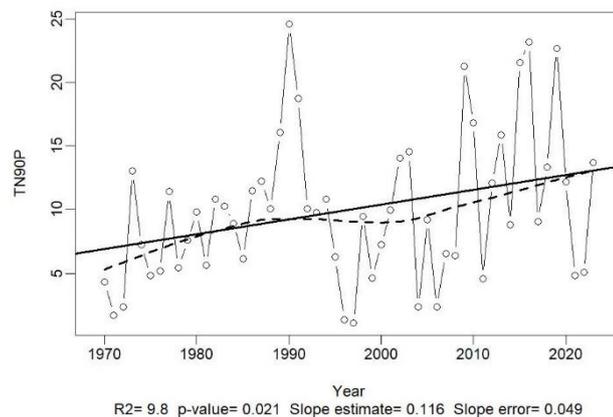
Quanto a análise dos índices extremos de temperatura, observa-se uma tendência de queda nos dias quentes com temperatura máxima acima maior que 90 percentil (TX90p) de 12 dias para 8 dias, já a quantidade de dias no ano em que a temperatura mínima foi maior que 90 percentil (TN90p) houve um aumento de 6,5 para 13 dias.

Figura 74 –Dias quentes com Temp Max>90° percentil (TX90p) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimdex (2024)

Figura 75 –Noites quentes com Temp Max>90° percentil (TN90p) da cidade do Rio de Janeiro

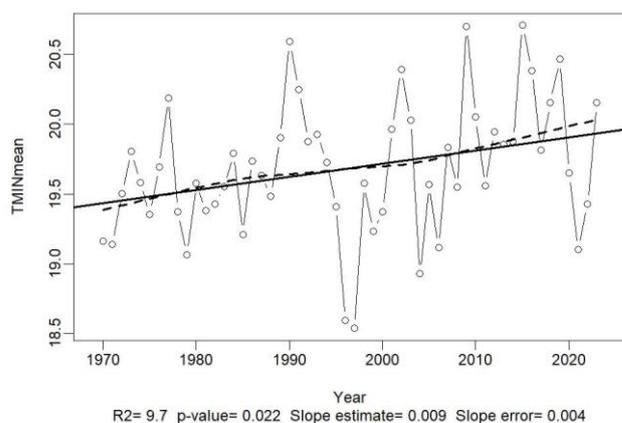


Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimdex (2024)

Observa-se ainda nos dados de temperatura uma tendência de redução das médias das temperaturas máximas (TMAXmean) de 29,2°C para 28.6°C. No entanto nota-se um aumento de 0.5 °C das médias das temperaturas mínimas (TMINmean) de 19.4 °C para 19.9 °C (Gráfico 10). Também, a média diária da amplitude térmica diária (DTR), que é resultante da média da

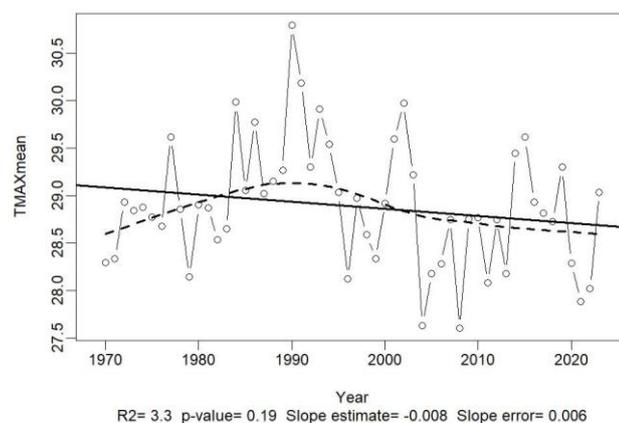
diferença da temperatura máxima da temperatura mínima, apresenta uma redução de 9.7 °C para 8.6 °C. deveria falar sobre isso acontecer no mundo como falou na apresentação, isso é sua discussão – citar esses artigos

Figura 76 – Média da temperatura mínima (TMIN) da cidade do Rio de Janeiro



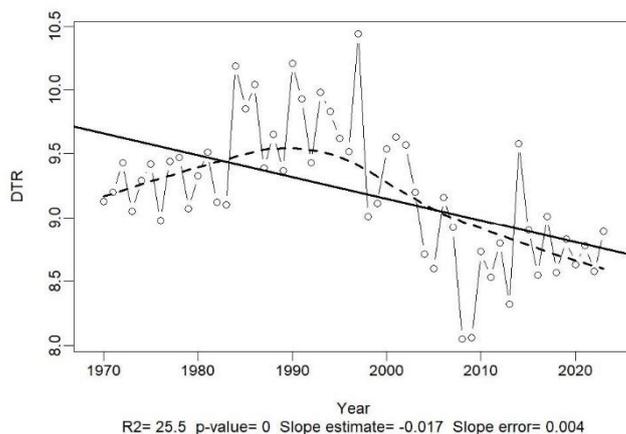
Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimindex (2024)

Figura 77 – Média da temperatura máxima (TMAX) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimindex (2024)

Figura 78 – Média Anual da Amplitude térmica diária (DTR) da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor no software Rclimindex (2024)

Nos dados obtidos por De Souza (2022), observou-se a mesma tendência de redução do índice DTR, sendo que a autora analisou duas estações na cidade de Rio de Janeiro, em diferentes domínios geomorfológicos, uma localizada a 300m acima do nível do mar, no bairro Alto da Boa Vista e outra a cerca de 40 m de altitude, no bairro de Realengo. Cabe ressaltar que

na maior parte do mundo também tem sido observado uma redução do índice DTR (SILVA, 2012; DE SOUZA 2022).

Por fim, observa-se com base nos dados dos índices climáticos que na análise da série histórica de 53 anos, entre 1970 e 2023, de dados de precipitação e temperatura das 19 estações meteorológicas operadas pelo INMET neste período, na cidade do Rio de Janeiro, utilizando o software RClindex observou-se:

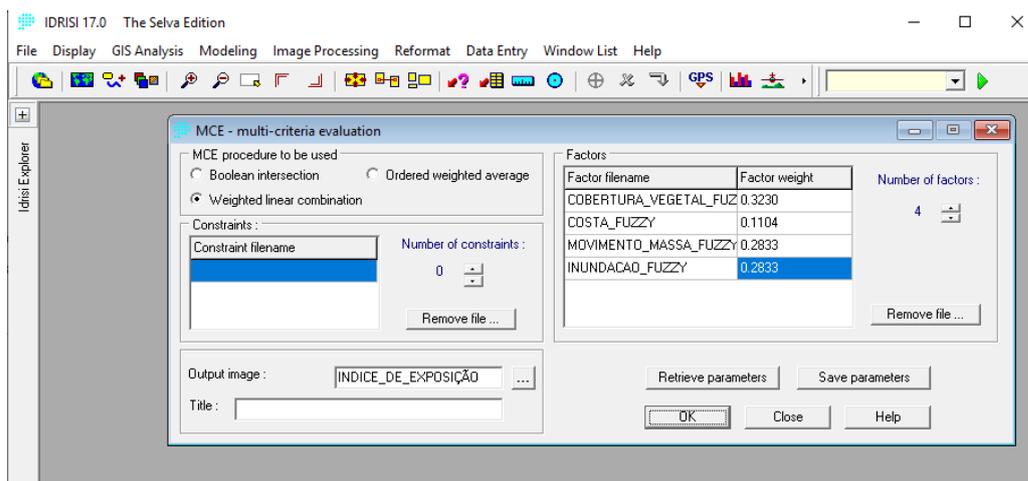
- a diminuição de dias com precipitação menor ou igual que 10mm;
- a estacionalidade de dias com precipitação menor ou igual que 20mm;
- a tendência de aumento significativo de precipitações extremas em relação ao percentil 95 (R95p) e 99 (R99p);
- e a diminuição da amplitude térmica, com a diminuição das médias dos dias com temperaturas máximas, e o aumento dos dias e das médias das temperaturas mínimas.

Os resultados apresentados com base na análise de dados históricos com uso do *software* RClindex demonstram que a cidade do Rio de Janeiro tem intensificado os casos de chuvas extremas (R95p e R99p), enquanto as chuvas com baixa volume tem diminuído, de modo a ocasionar um desequilíbrio no espaço urbano, que vem sofrendo cada vez mais com eventos extremos, ao demonstrar assim uma emergência climática, com impacto na suscetibilidade e vulnerabilidade ao território. Pode-se observar também nos dados que a amplitude térmica tem sido reduzida, em razão das médias das temperaturas mínimas apresentarem elevação nas últimas décadas.

4.2. Resultados análise multicritério

Os dados resultantes da aplicação da análise combinatória dos indicadores no módulo *Weight* do IDRISI foram cruzados no módulo MCE (*Multi Criteria Evaluation*), de acordo com a árvore de decisão e os pesos obtidos (Figura 79).

Figura 79 – Exemplo de aplicação do módulo MCE (*Multi Criteria Evaluation*) no IDRISI



Fonte: O Autor, 2024.

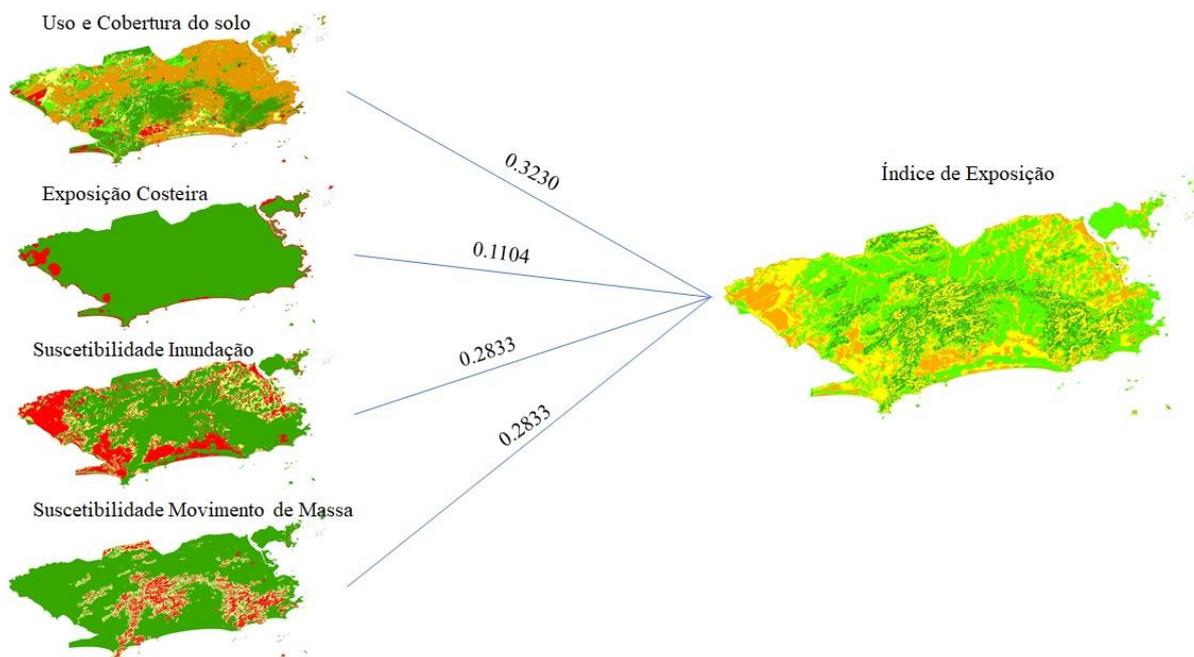
O módulo MCE realiza uma análise *booleana* dos indicadores georreferenciados, como comparações entre valores de forma quantitativa ou qualitativa baseadas na relação de ordem e/ou igualdade.

Ao fim das análises, os dados resultantes foram os mapas dos índices Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, e posteriormente o mapa de Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro, resultante do cruzamento de todos os índices apresentados.

4.2.1. Mapa do Índice de Exposição da Cidade do Rio de Janeiro

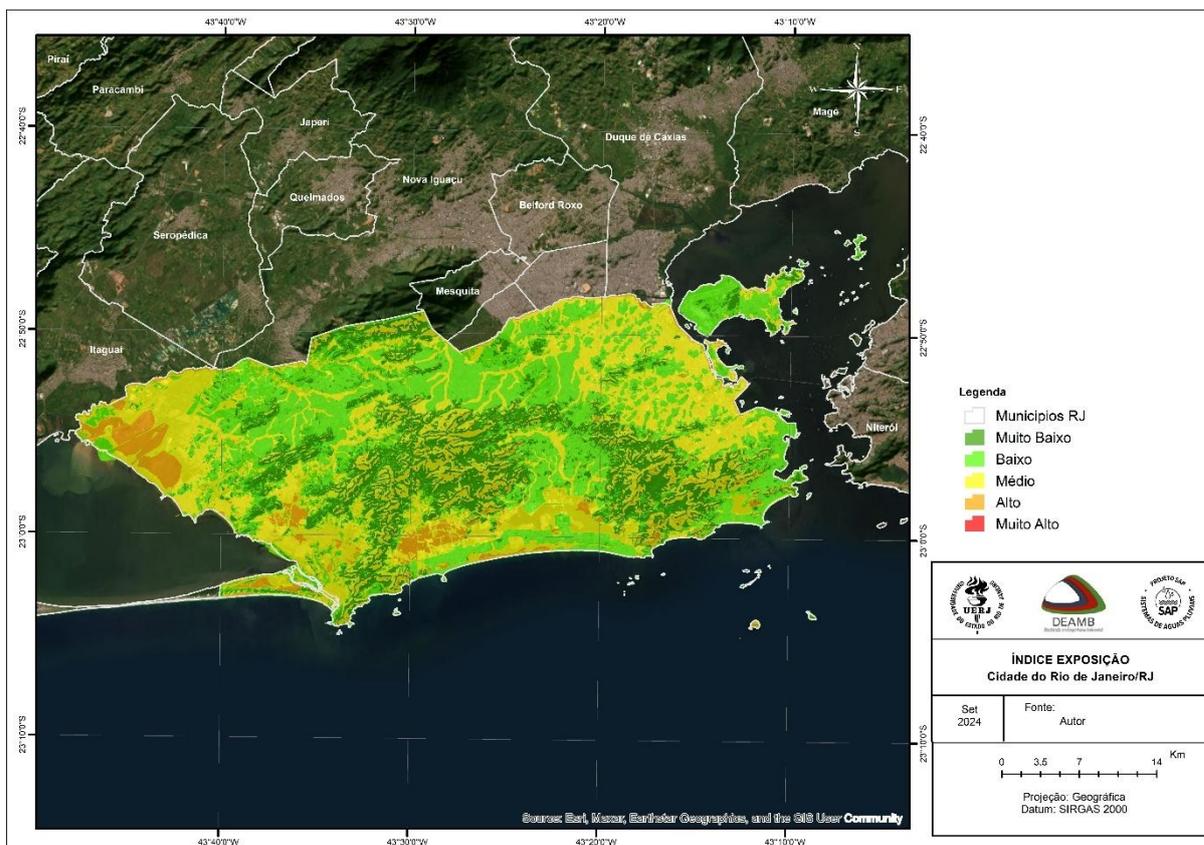
Conforme descrito na metodologia o Índice de Exposição (Figura 81) é resultado do cruzamento dos indicadores de Uso e Cobertura Vegetal, Exposição Costeira e de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundação (Figura 80), utilizando os pesos da análise pareada, obtido através da consulta ao painel de especialistas.

Figura 80: Cruzamento dos indicadores do Índice de Exposição



Fonte: O Autor, 2024.

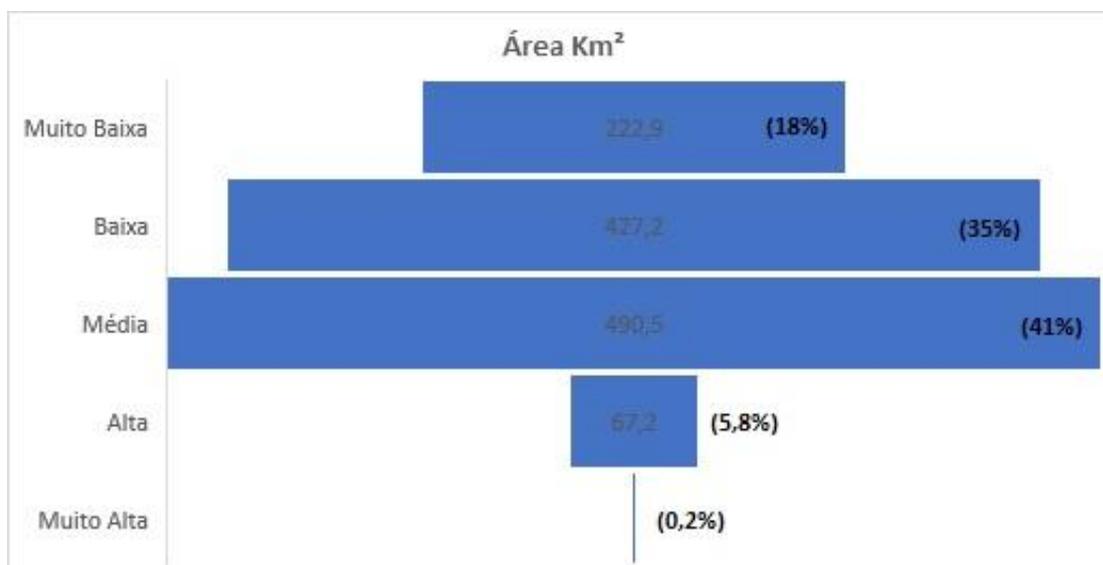
Figura 81- Mapa do Índice de Exposição da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor.

Com base nos resultados da modelagem observa-se que o Índice de Exposição da cidade do Rio de Janeiro apresenta 18% de áreas de vulnerabilidade muito baixa, 35% de baixa, 41% de média e 6% de áreas de alta e muita alta vulnerabilidade.

Figura 82 – Área (Km²) de Vulnerabilidade ao Índice de Exposição na cidade do Rio de Janeiro



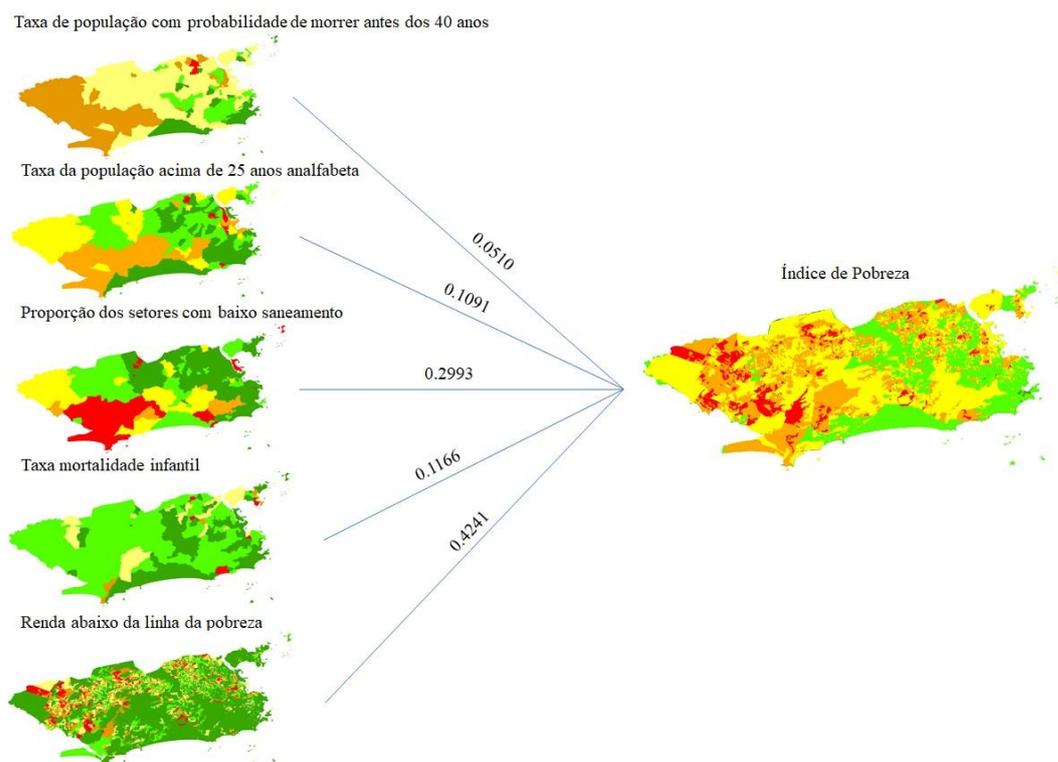
Fonte: O Autor

As áreas que apresentam vulnerabilidade alta ao índice de exposição referem-se as áreas próximas ao litoral, e com maior concentração nos bairros: do Recreio dos Bandeirantes, Vargem Grande, Guaratiba e Santa Cruz. Heitor et al. (2020) já tinha identificado essa vulnerabilidade nos bairros do Oeste metropolitano do Rio de Janeiro, assim como o mapeamento realizado pelo INEA (2011).

4.2.2. Mapa do Índice de Sensibilidade da Cidade do Rio de Janeiro

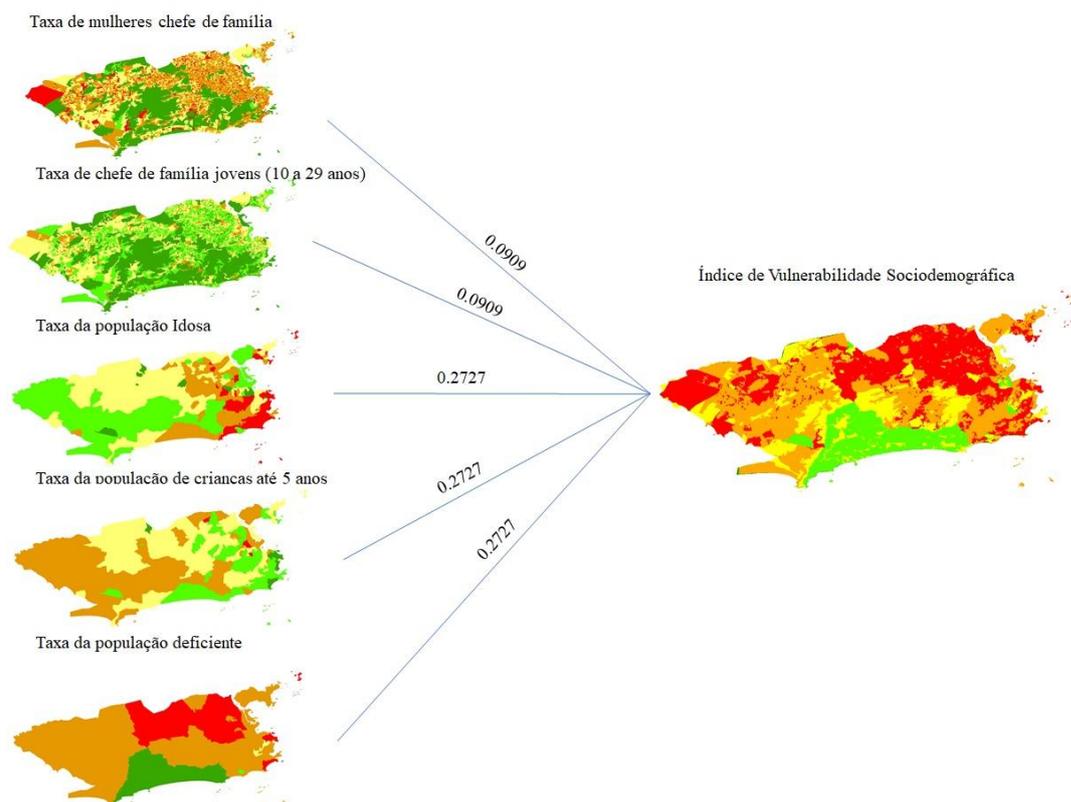
O Índice de Sensibilidade (Figura 85) e o mapa de espacialização do índice de sensibilidade (Figura 86) são o resultado do cruzamento do Índice de Doenças Associadas ao Clima (Dengue), do Índice de Pobreza que é composto pelos indicadores: taxa de população com probabilidade de morrer antes dos 40 anos; taxa da população acima de 25 anos analfabeta; condições do saneamento básico; taxa mortalidade infantil e renda abaixo da linha da pobreza (Figura 83), e pelo Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica que é composto pelos indicadores: taxa mulheres chefe de família; taxa chefe de família Jovens (10 a 29 anos); taxa população idosa; taxa população de crianças até 5 anos e taxa população deficiente (Figura 84).

Figura 83 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Pobreza



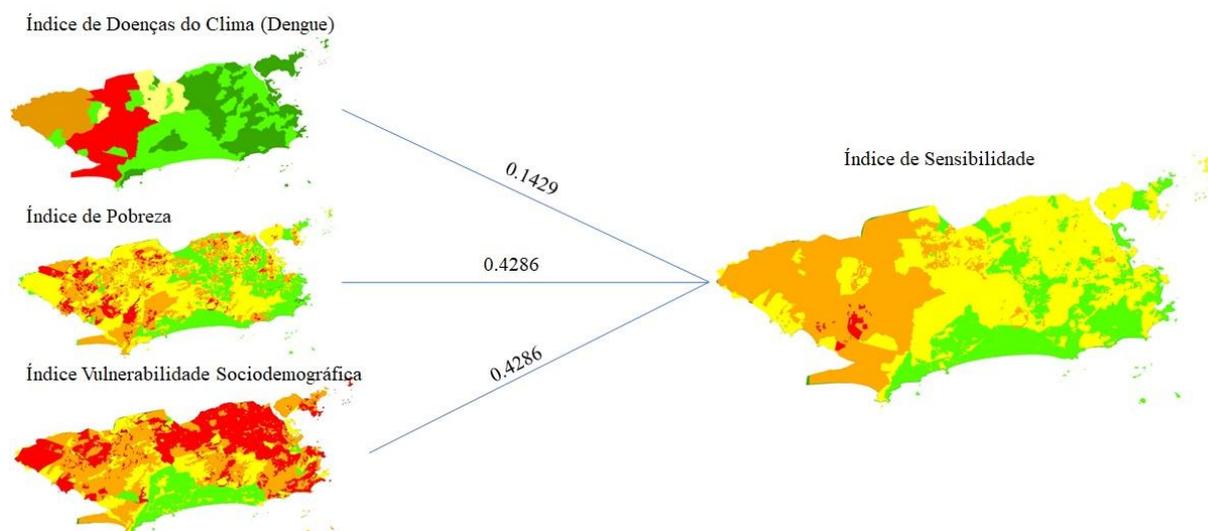
Fonte: O Autor

Figura 84 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Vulnerabilidade Sociodemográfica



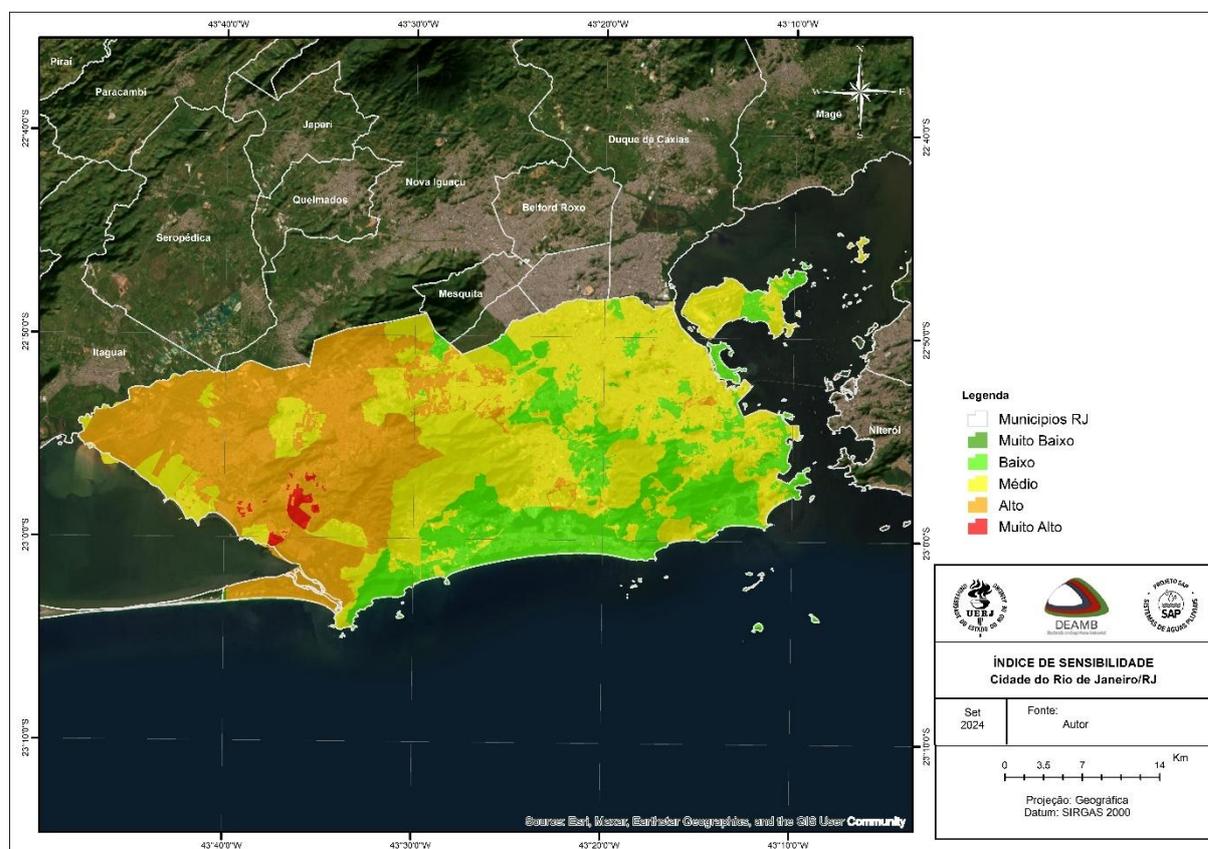
Fonte: O Autor

Figura 85 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Sensibilidade



Fonte: O Autor

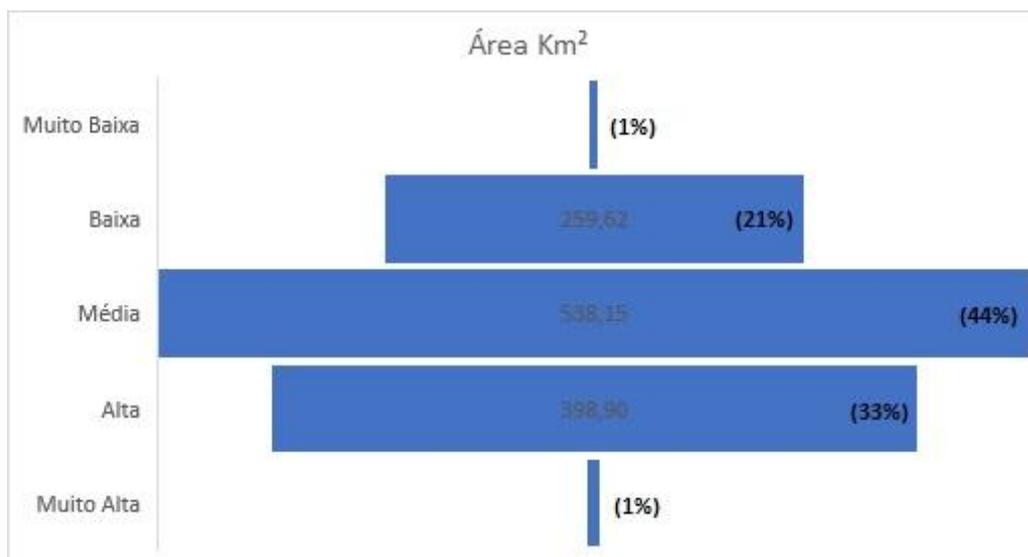
Figura 86 - Mapa do Índice de Sensibilidade da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor.

Com base nos resultados da modelagem observa-se que a cidade do Rio de Janeiro, quanto ao índice de Sensibilidade, apresenta 1% de áreas de vulnerabilidade muito baixa, 21% de baixa, 44% de média e 34% de áreas de alta e muita alta vulnerabilidade .

Figura 87 – Área (Km²) Vulnerabilidade ao Índice de Sensibilidade na cidade do Rio de Janeiro



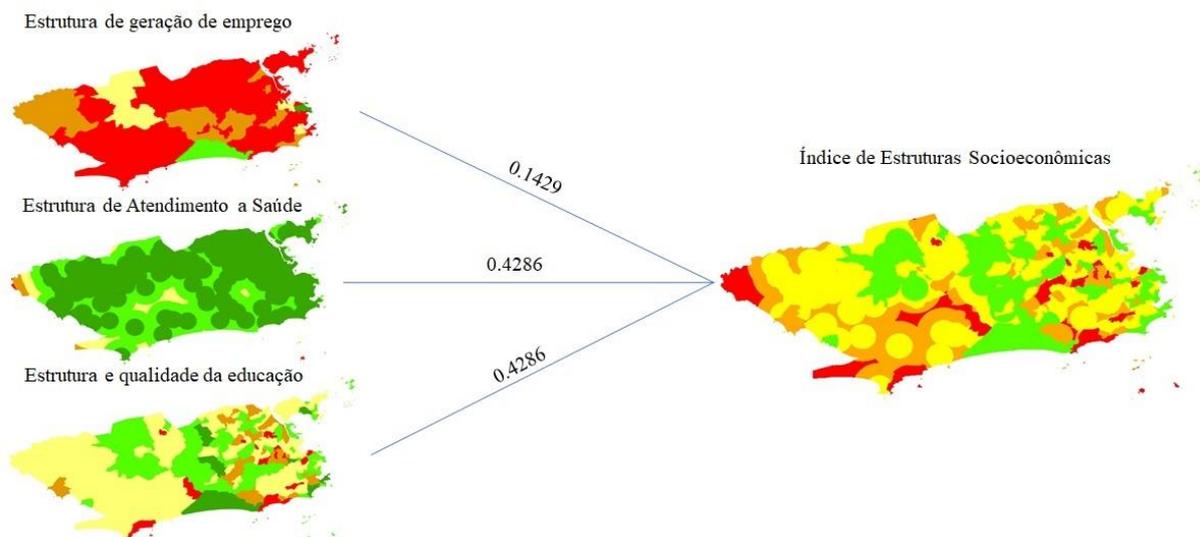
Fonte: O Autor

As áreas de vulnerabilidade Alta e Muito Alta referente ao Índice de Sensibilidade na cidade do Rio de Janeiro se concentram principalmente na Zona Oeste da cidade, nos bairros de Campo Grande, Guaratiba, Paciência e Santa Cruz. Resultados que corroboram os trabalhos de Moreira (2015) que estudou a vulnerabilidade da área de planejamento (AR5) Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro.

4.2.3. Mapa do Índice de Capacidade Adaptativa da Cidade do Rio de Janeiro

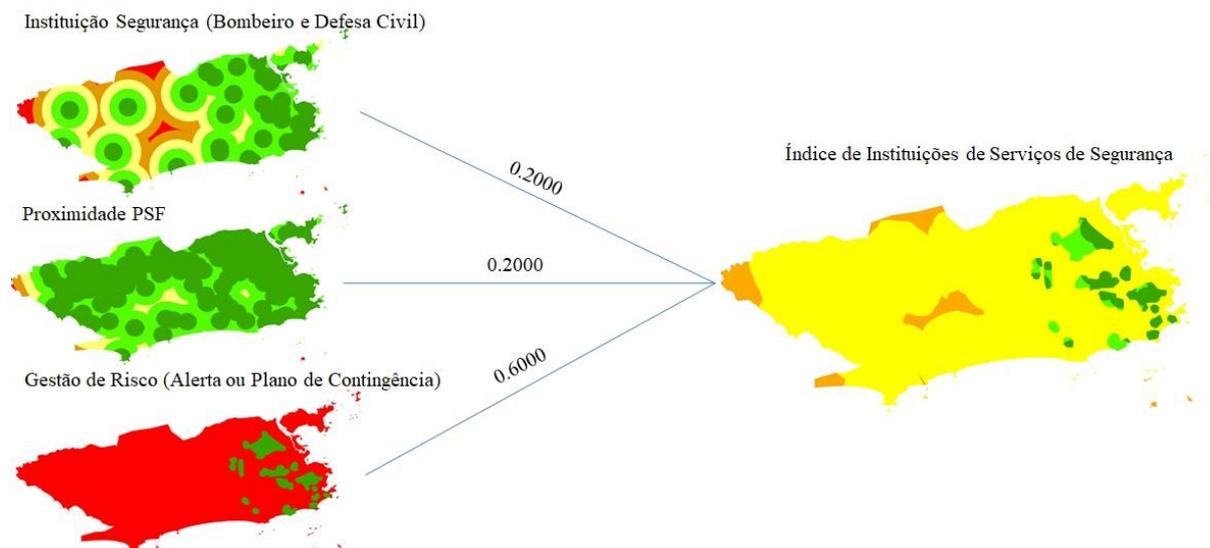
O Índice de Capacidade Adaptativa (Figura 90) e o mapa de espacialização do índice de sensibilidade (Figura 91) é o resultado do cruzamento do Índice de Estruturas Socioeconômicas (Figura 88), que é composto pelos indicadores: estrutura de geração de emprego; estrutura de atendimento da saúde e estrutura e qualidade da educação, e pelo Índice Instituições, Serviços e Infraestruturas para Adaptação (Figura 89), composto pelos indicadores: instituição de segurança (defesa civil, bombeiros etc); proximidade PSF e gestão de risco (alerta de desastres e planos de contingência).

Figura 88- Cruzamento dos indicadores do Índice de Estruturas Socioeconômicas



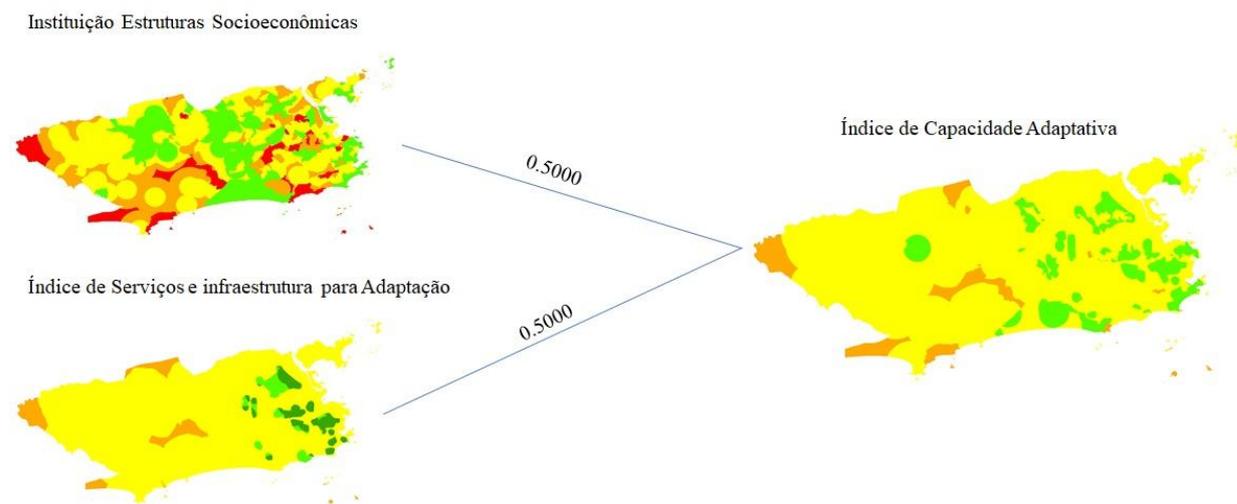
Fonte: O Autor

Figura 89 - Cruzamento dos indicadores do Índice Instituições, Serviços e Infraestruturas para Adaptação



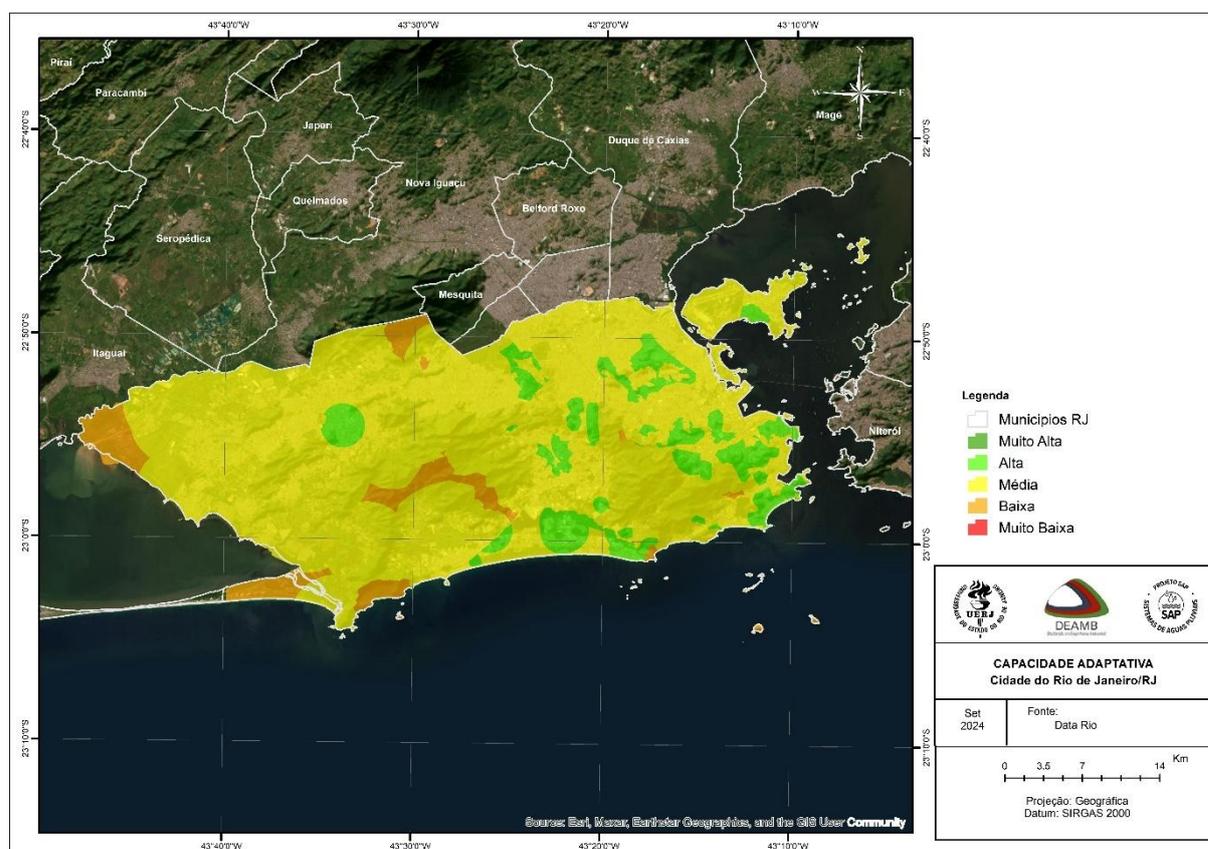
Fonte: O Autor

Figura 90 - Cruzamento dos indicadores do Índice de Capacidade Adaptativa



Fonte: O Autor

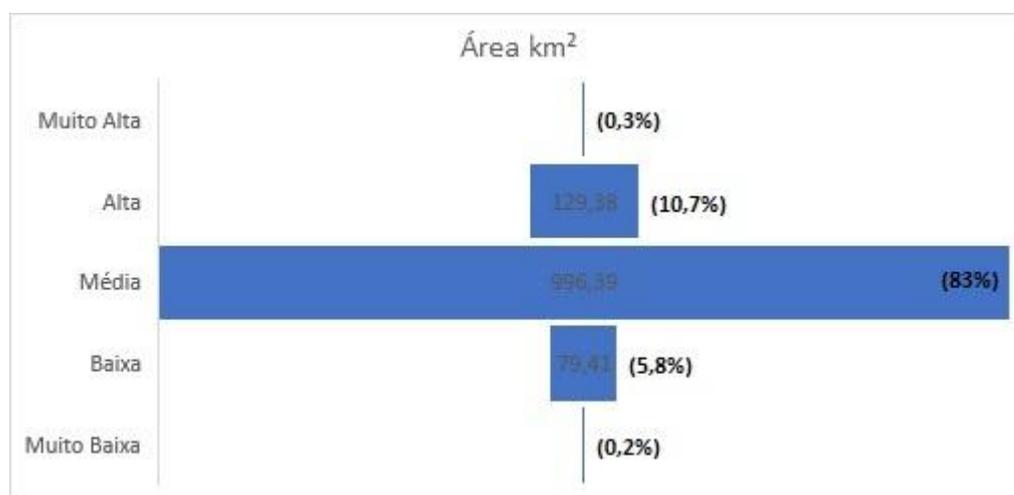
Figura 91 - Mapa do Índice da Capacidade Adaptativa da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor

Com base nos resultados da modelagem observa-se que quanto ao índice de Capacidade Adaptativa a cidade do Rio de Janeiro, apresenta 6% de áreas de Capacidade Adaptativa muito baixa e baixa, 83% de média e de áreas com alta e muito alta capacidade adaptativa de alta e muita alta 11%.

Figura 92 – Área (Km²) do Índice de Capacidade Adaptativa na cidade do Rio de Janeiro



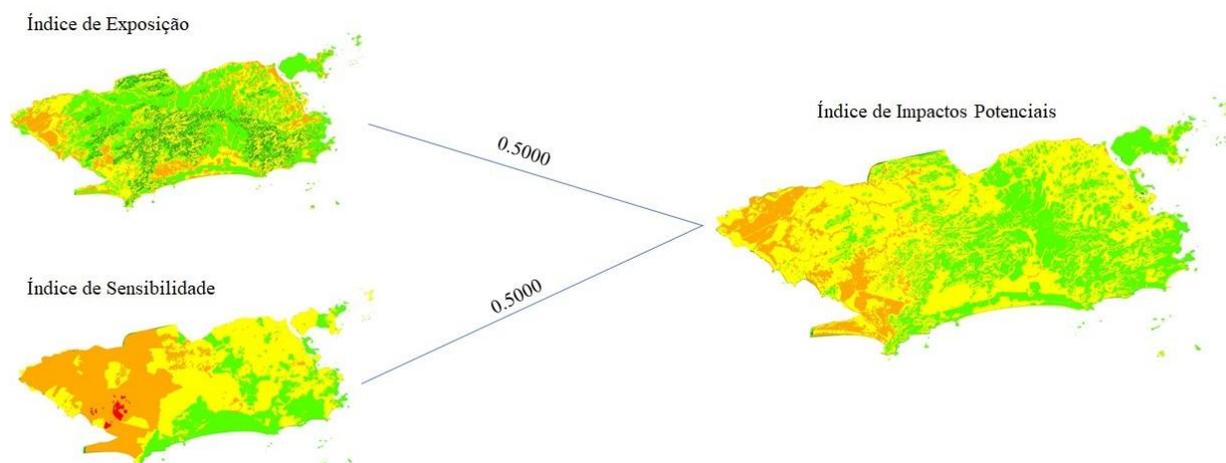
Fonte: O Autor

As áreas de vulnerabilidade Baixa e Muito Baixa à Capacidade Adaptativa se concentraram nos bairros: Vila Kennedy, Bangu, Camorim, Vargem Grande, Grumari, Guaratiba e Santa Cruz. Porém estas áreas não se estendem para todo o bairro, e sim pontos mais distantes das infraestruturas de defesa e saúde. Os dados apresentados corroboram os estudos de Almeida et al. (2024), demonstrando que grande parte da cidade apresenta capacidade adaptativa mediana (83% do território), sendo que é necessário o investimento em infraestrutura e sistemas de alerta, afim de que essa percentagem da capacidade adaptativa avance para alta e muito alta.

4.2.4. Mapa do Índice de Impactos Potenciais

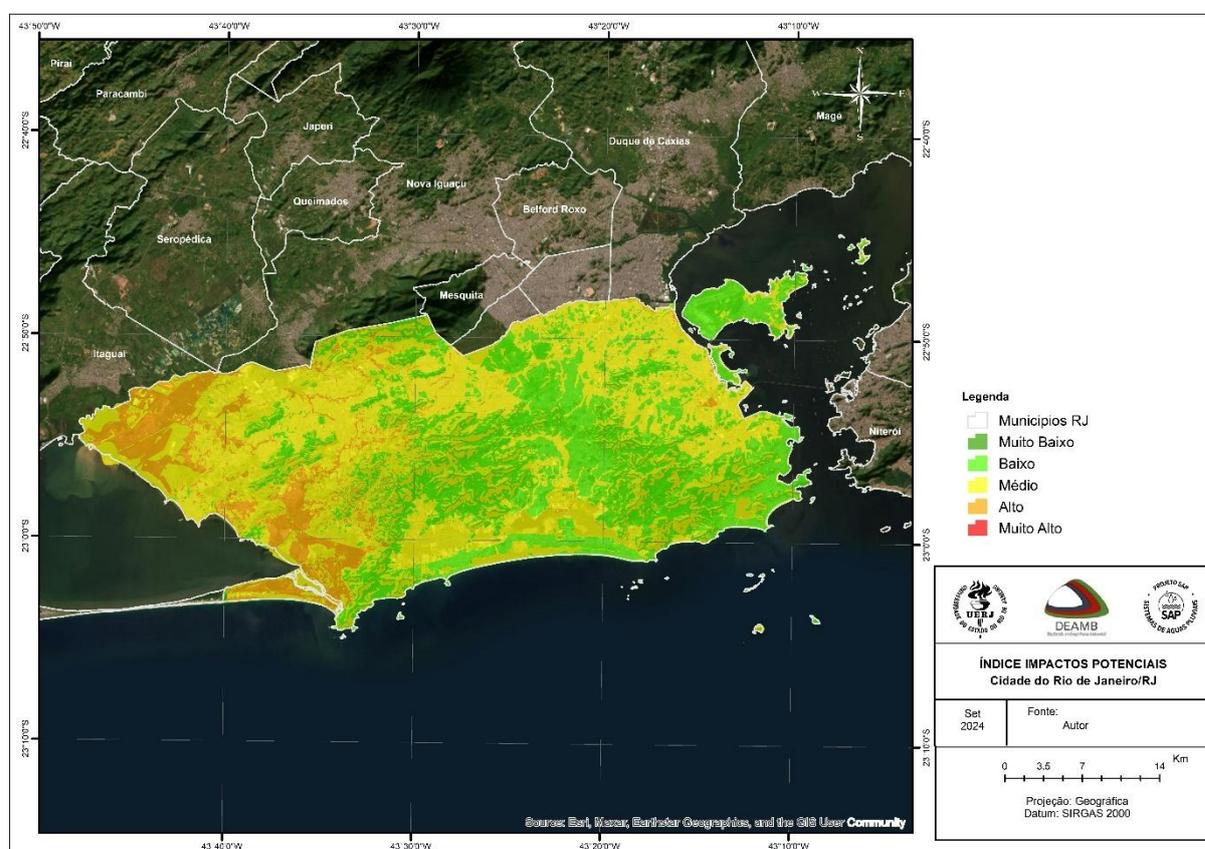
O mapa do Índice de Impactos Potenciais (Figura 93 e 94) é o resultado do cruzamento dos índices de Exposição e Sensibilidade, estes índices em razão da sua importância foram cruzados com pesos iguais, sendo atribuído o peso de 0,500 para cada um deles, tornando o resultado da modelagem proporcional.

Figura 93 - Cruzamento dos índices para a formação do Índice de Impactos Potenciais



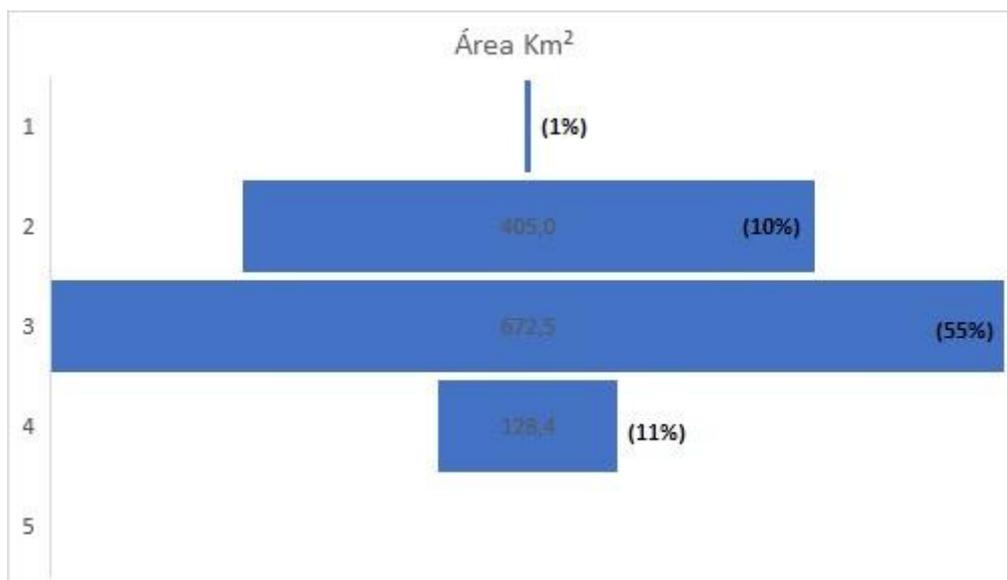
Fonte: O Autor

Figura 94 - Mapa do Índice da Impactos Potenciais da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor

Figura 95 – Área do Índice de Impactos Potenciais na cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor

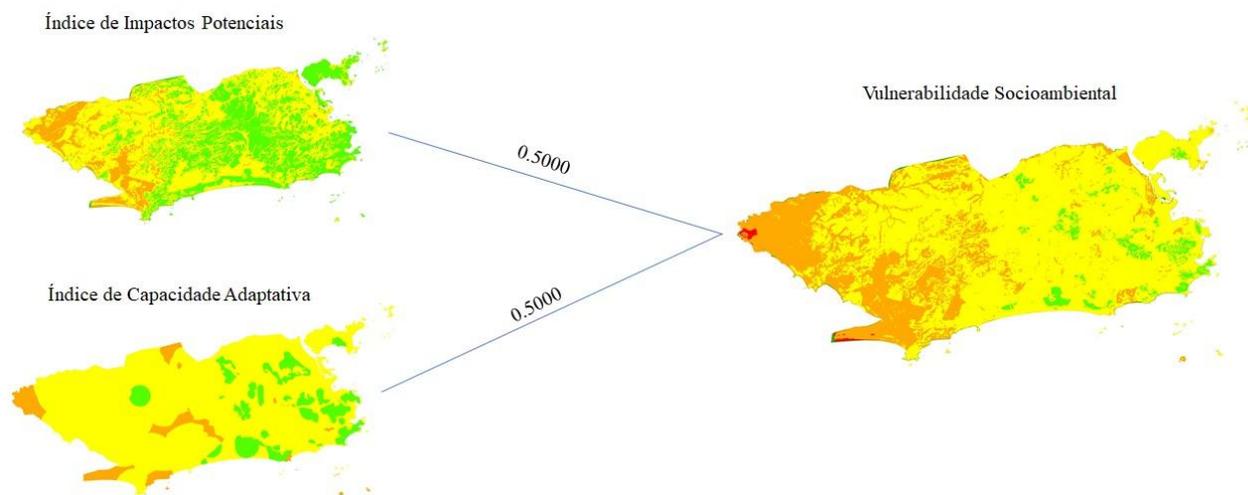
Com base nos resultados da modelagem observa-se que quanto ao índice Impactos Potenciais da cidade do Rio de Janeiro, as áreas de vulnerabilidade Muito Baixa e Baixa representam 11% do território, as áreas médias de 55% e as áreas de vulnerabilidade Alta 11%, porém os resultados não apresentaram para este índice áreas de vulnerabilidade Muito Alta.

As áreas de vulnerabilidade Alta e Muito Alta aos Impactos Potenciais se concentraram nos bairros: Campo Grande, Guaratiba e Santa Cruz, essas áreas com vulnerabilidade alta aos impactos potenciais também podem ser observadas nos estudos de Moreira (2015).

4.3. Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro

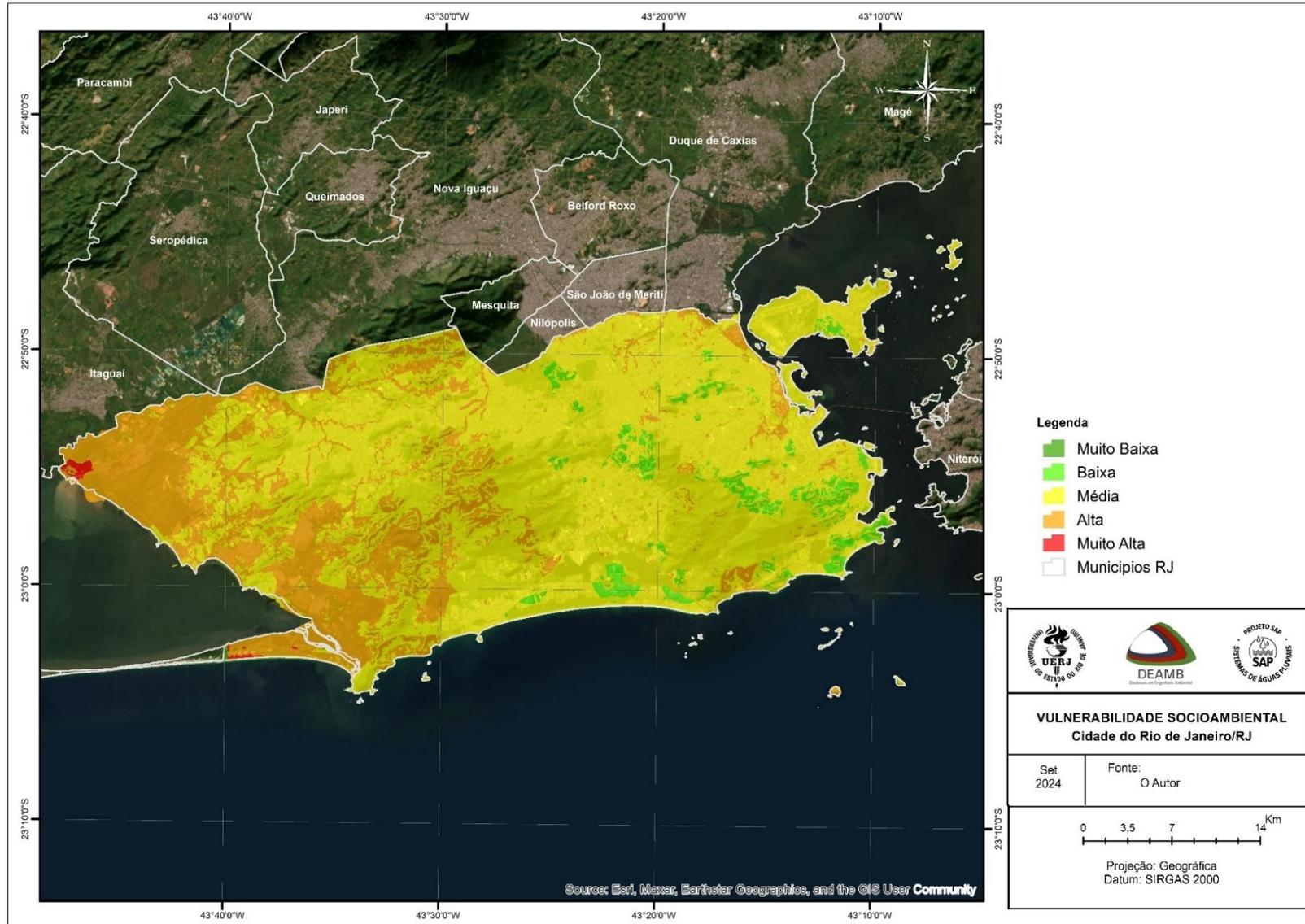
A identificação das áreas de Vulnerabilidade Socioambiental (Figura 96 e 97), tema principal desta pesquisa é o resultado da compilação de todos os indicadores apresentados, com o resultado do cruzamento dos índices de Impactos Potenciais e Capacidade Adaptativa, que em razão da sua importância foram considerados com pesos iguais, atribuído o valor de 0,500 para cada um deles, com o resultado da modelagem proporcional.

Figura 96 - Cruzamento dos índices para a formação da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro



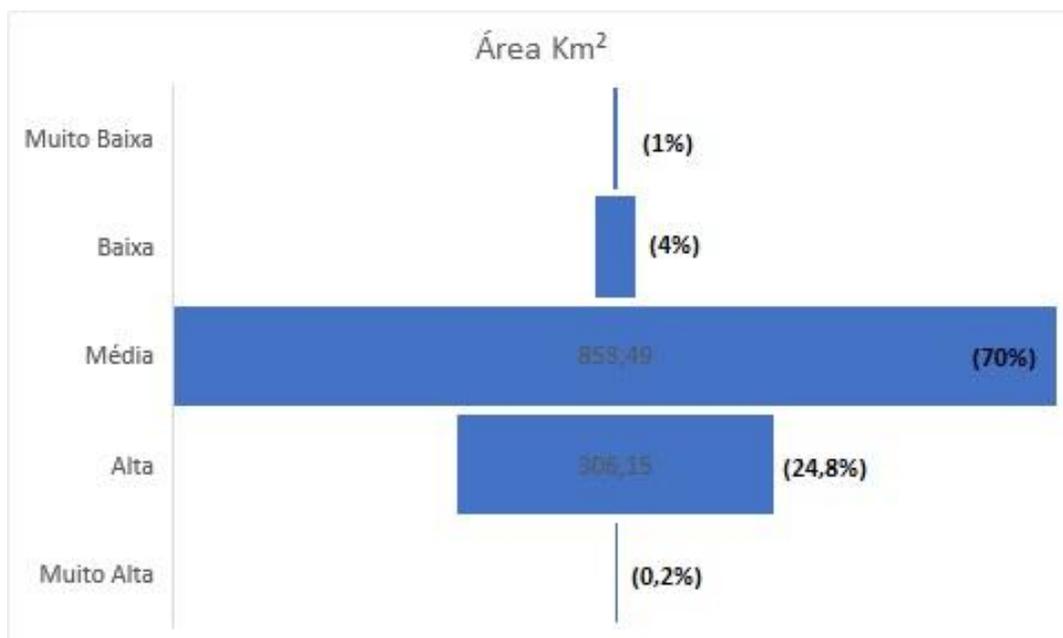
Fonte: O Autor

Figura 97 - Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor

Figura 98 – Área (Km²) de Vulnerabilidade Ambiental na cidade do Rio de Janeiro



Fonte: O Autor

Com base nos resultados da modelagem observa-se a Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro, as áreas de vulnerabilidade Muito Baixa e Baixa representam 5% do território, as áreas médias de 70% e as áreas de vulnerabilidade Alta e Muito Alta 25% da cidade.

De acordo com a observação do mapa pode-se dizer que as áreas de Alta vulnerabilidade se concentram principalmente na zona Oeste, e em trechos da zona Norte e Sul do município. Os autores Moreira (2015), Heitor et al. (2022) e Almeida et al. (2024), também apresentam em seus trabalhos essa tendência de vulnerabilidade Alta na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro.

4.3.1. Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental – Por Bairros

A fim de apresentar os resultados de forma mais clara e efetiva, foram realizadas análises da Vulnerabilidade Socioambiental, demonstrando a área de vulnerabilidade e a porcentagem da faixa de vulnerabilidade por bairros, esta análise permite identificar quais bairros da cidade apresentam mais vulnerabilidade e por consequência precisam de maiores investimentos e atenção dos tomadores de decisão, das esferas federais, estaduais e municipais.

Os dados por bairros são apresentados em forma de Figuras (99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 e 107) e na Tabelas (42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 49), quanto a apresentação dos dados, os bairros foram separados de 20 em 20, a fim de tornar a leitura dos dados

mais eficiente e didática. Sendo que a totalidade dos bairros da cidade do Rio de Janeiro são de 164 no total.

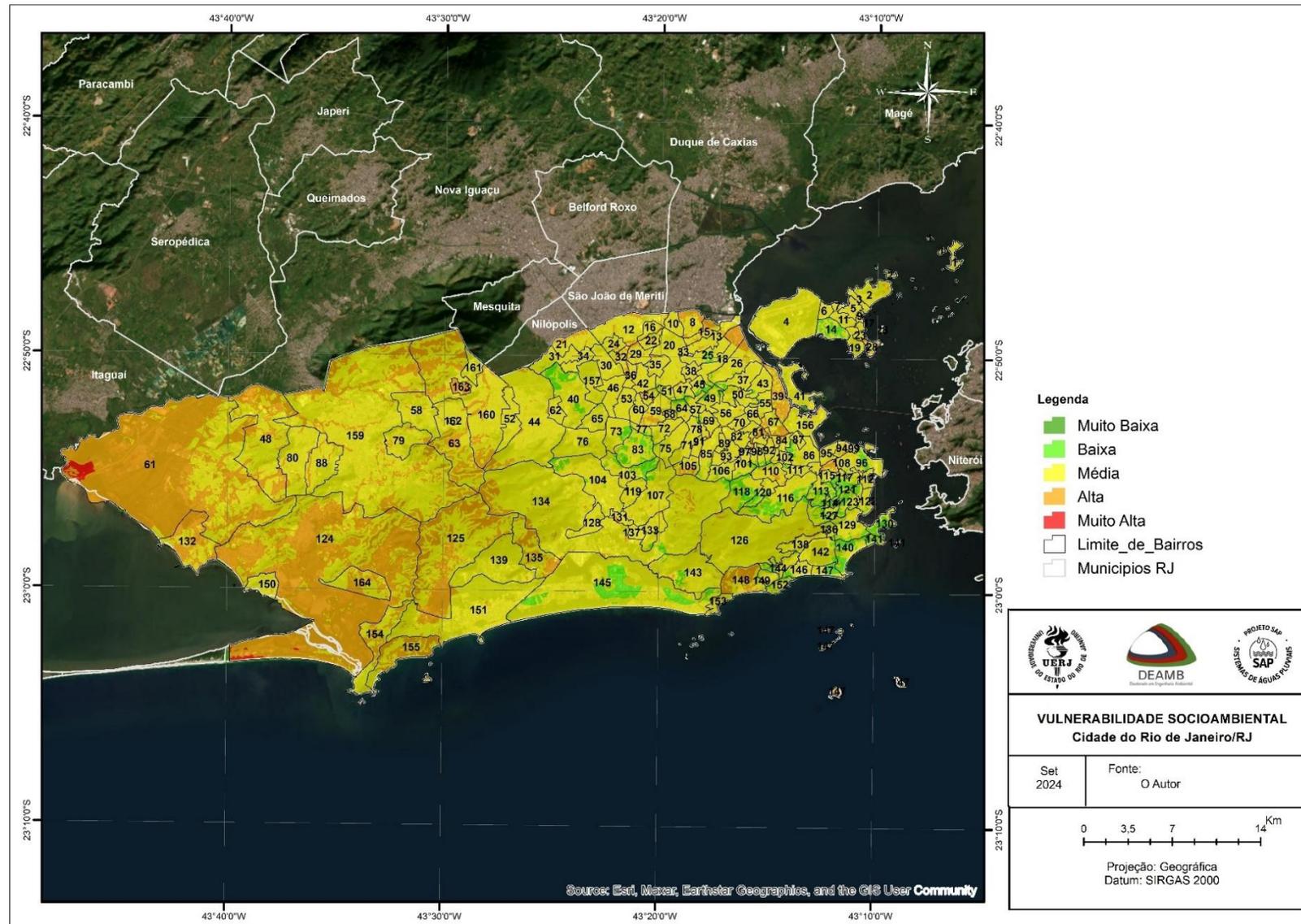
Quanto a discussão dos resultados da Vulnerabilidade Socioambiental podemos relacionar a taxa de vulnerabilidade por bairros da cidade, identificando assim os territórios do município com maior emergência de intervenção, afim de se minimizar os efeitos da vulnerabilidade, e espaços os que já possuem baixa vulnerabilidade socioambiental.

Com base nos resultados obtidos na pesquisa os bairros que apresentam altas taxas de Vulnerabilidade Ambiental, sendo que mais de 50% do seu território se enquadra dentro das classes Alta e Muita Alta são os seguintes: Vila Kennedy (85,8%), Santa Cruz (73,1%), Guaratiba (72,9%), Cidade Nova (68,5%), Maré (63,5%) Sepetiba (63,1%) e Jacarezinho (54,2%). Estes territórios do município necessitam de uma tomada de decisão eficaz a curto e médio prazo a fim de minimizar os altos índices de vulnerabilidade socioambiental, nas quais os moradores estão submetidos.

Já os bairros que apresentam as Vulnerabilidades Socioambientais com as classes baixas e muito baixa em mais de 40% de sua área territorial são os seguintes: Laranjeiras (59,1%), Catete (51,0%), Copacabana (51,9%), Jardim Guanabara (49,3%), Catumbi (46,5%), Urca (46,0%) e Leme (43,3%).

Observa-se também nos resultados (Figura 97 e 99) da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro, que a maior parte dos bairros do município se encontra em vulnerabilidade média, sendo necessário medidas a médio e longo prazo para que esta classe de vulnerabilidade regrida para as classes baixa e muito baixa.

Figura 99 - Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental da cidade do Rio de Janeiro



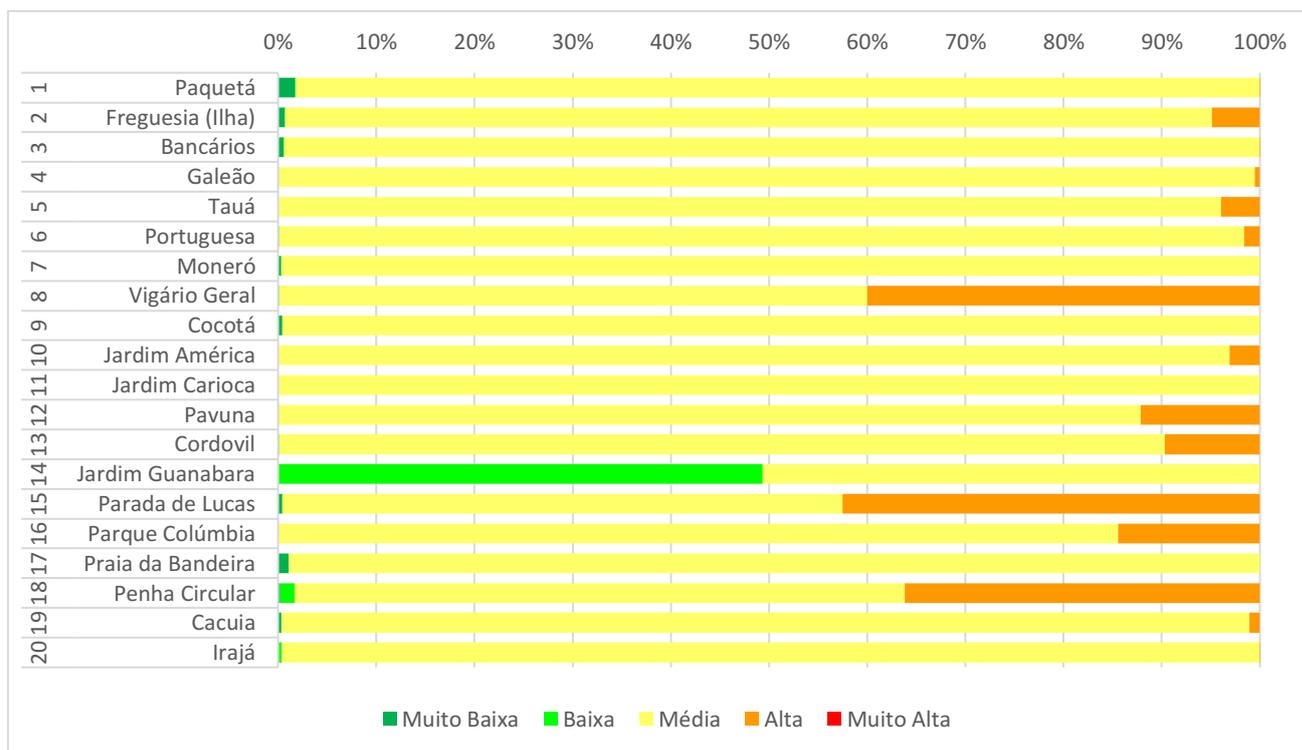
Fonte: O Autor

Tabela 1 – Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 1)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
1	Paquetá	1,74	0,06	98,17	0,03	0,00
2	Freguesia (Ilha)	0,69	0,00	94,43	4,88	0,00
3	Bancários	0,57	0,01	99,40	0,02	0,00
4	Galeão	0,05	0,02	99,41	0,52	0,00
5	Tauá	0,07	0,00	95,96	3,97	0,00
6	Portuguesa	0,10	0,01	98,27	1,62	0,00
7	Moneró	0,30	0,01	99,69	0,00	0,00
8	Vigário Geral	0,08	0,03	59,87	40,01	0,00
9	Cocotá	0,44	0,00	99,56	0,00	0,00
10	Jardim América	0,01	0,03	96,89	3,07	0,00
11	Jardim Carioca	0,00	0,04	99,96	0,00	0,00
12	Pavuna	0,05	0,02	87,76	12,17	0,00
13	Cordovil	0,09	0,00	90,25	9,66	0,00
14	Jardim Guanabara	0,05	49,33	50,63	0,00	0,00
15	Parada de Lucas	0,44	0,01	57,03	42,51	0,00
16	Parque Colúmbia	0,00	0,00	85,54	14,46	0,00
17	Praia da Bandeira	1,10	0,00	98,90	0,00	0,00
18	Penha Circular	0,20	1,47	62,15	36,18	0,00
19	Cacuia	0,30	0,05	98,58	1,07	0,00
20	Irajá	0,00	0,39	99,56	0,05	0,00

Fonte: O Autor

Figura 100 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 1)



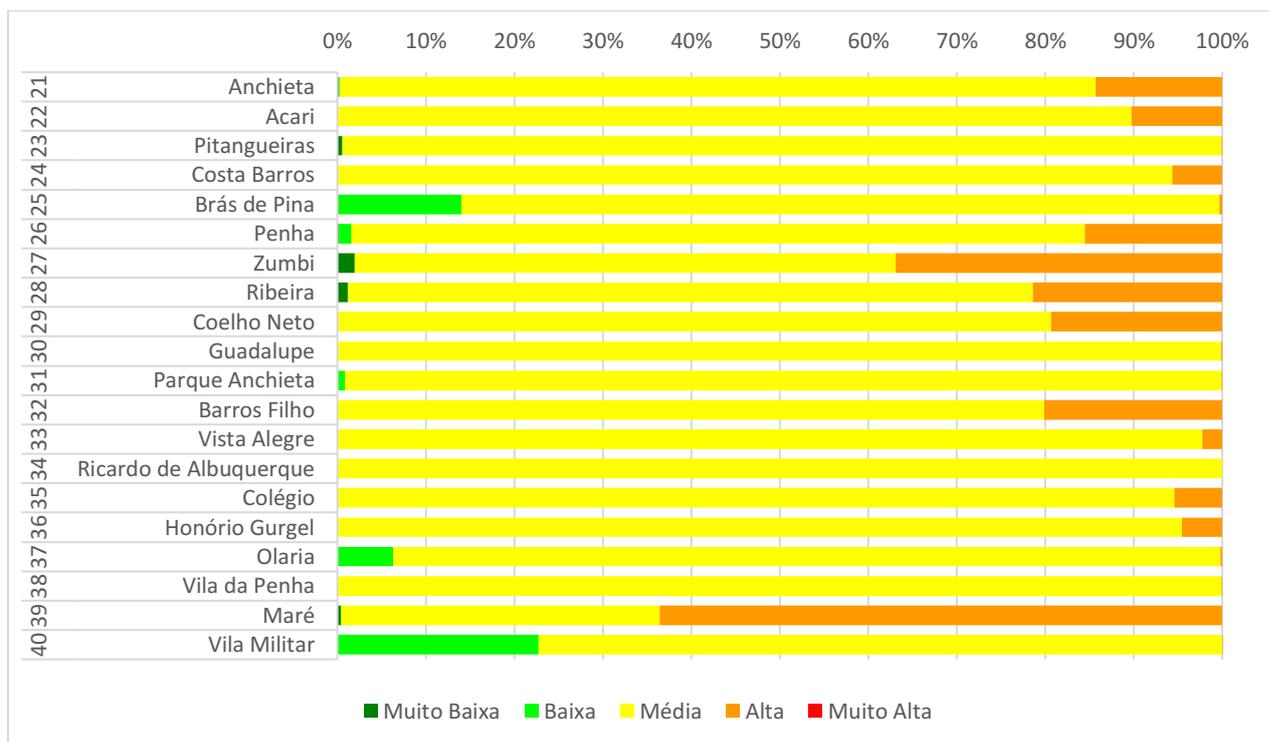
Fonte: O Autor

Tabela 2 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 2)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
21	Anchieta	0,20	0,09	85,38	14,34	0,00
22	Acari	0,00	0,00	89,74	10,26	0,00
23	Pitangueiras	0,58	0,00	99,35	0,07	0,00
24	Costa Barros	0,00	0,00	94,34	5,66	0,00
25	Brás de Pina	0,00	14,00	85,69	0,31	0,00
26	Penha	0,21	1,38	82,90	15,52	0,00
27	Zumbi	1,93	0,00	61,14	36,92	0,00
28	Ribeira	1,15	0,05	77,41	21,39	0,00
29	Coelho Neto	0,00	0,00	80,67	19,33	0,00
30	Guadalupe	0,00	0,00	99,84	0,16	0,00
31	Parque Anchieta	0,09	0,79	99,06	0,06	0,00
32	Barros Filho	0,00	0,00	79,86	20,14	0,00
33	Vista Alegre	0,00	0,00	97,77	2,23	0,00
34	Ricardo de Albuquerque	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
35	Colégio	0,00	0,00	94,59	5,41	0,00
36	Honório Gurgel	0,00	0,00	95,41	4,59	0,00
37	Olaria	0,00	6,29	93,51	0,20	0,00
38	Vila da Penha	0,00	0,00	99,92	0,08	0,00
39	Maré	0,41	0,00	36,00	63,59	0,00
40	Vila Militar	0,00	22,72	77,27	0,01	0,00

Fonte: O Autor

Figura 101 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 2)



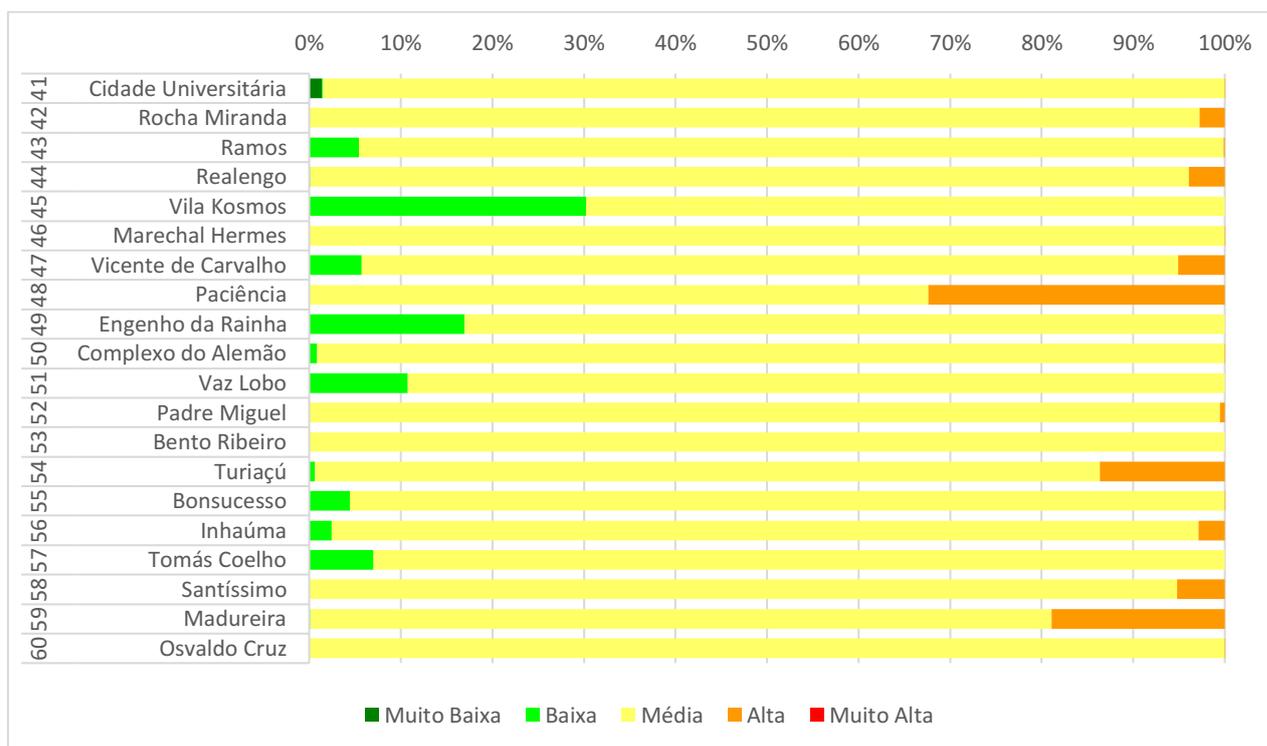
Fonte: O Autor

Tabela 3 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 3)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
41	Cidade Universitária	1,37	0,16	98,45	0,02	0,00
42	Rocha Miranda	0,00	0,08	97,18	2,74	0,00
43	Ramos	0,00	5,45	94,42	0,13	0,00
44	Realengo	0,05	0,05	95,98	3,92	0,00
45	Vila Kosmos	0,00	30,26	69,74	0,00	0,00
46	Marechal Hermes	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
47	Vicente de Carvalho	0,00	5,72	89,16	5,12	0,00
48	Paciência	0,06	0,01	67,52	32,40	0,00
49	Engenho da Rainha	0,00	16,95	83,05	0,00	0,00
50	Complexo do Alemão	0,00	0,86	99,13	0,00	0,00
51	Vaz Lobo	0,00	10,78	89,22	0,00	0,00
52	Padre Miguel	0,00	0,00	99,46	0,54	0,00
53	Bento Ribeiro	0,00	0,03	99,97	0,00	0,00
54	Turiaçú	0,00	0,66	85,72	13,63	0,00
55	Bonsucesso	0,00	4,44	95,54	0,01	0,00
56	Inhaúma	0,00	2,48	94,66	2,86	0,00
57	Tomás Coelho	0,00	6,99	93,01	0,00	0,00
58	Santíssimo	0,00	0,00	94,78	5,22	0,00
59	Madureira	0,00	0,11	80,96	18,93	0,00
60	Oswaldo Cruz	0,00	0,01	99,97	0,02	0,00

Fonte: O Autor

Figura 102 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 3)



Fonte: O Autor

Tabela 4 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 4)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
61	Santa Cruz	0,09	0,01	25,09	73,13	0,00
62	Magalhães Bastos	0,00	0,01	99,82	0,16	0,00
63	Senador Camará	0,00	0,00	69,36	30,64	0,00
64	Cavalcanti	0,00	15,14	83,32	1,54	0,00
65	Campo dos Afonsos	0,00	0,67	99,33	0,00	0,00
66	Higienópolis	0,00	0,01	99,97	0,02	0,00
67	Manguinhos	0,00	0,00	62,25	37,75	0,00
68	Engenheiro Leal	0,00	0,00	89,28	10,72	0,00
69	Pilares	0,00	2,43	97,53	0,04	0,00
70	Del Castilho	0,00	0,00	98,90	1,10	0,00
71	Piedade	0,00	1,59	98,06	0,34	0,00
72	Cascadura	0,00	2,81	96,68	0,51	0,00
73	Vila Valqueire	0,00	15,22	84,78	0,00	0,00
74	Maria da Graça	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
75	Quintino Bocaiúva	0,00	1,96	98,03	0,01	0,00
76	Jardim Sulacap	0,00	0,00	99,77	0,23	0,00
77	Campinho	0,00	15,64	83,90	0,45	0,00
78	Abolição	0,00	0,00	89,26	10,74	0,00
79	Senador Vasconcelos	0,00	0,00	89,23	10,77	0,00
80	Cosmos	0,00	0,00	95,02	4,98	0,00

Fonte: O Autor

Figura 103 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 4)



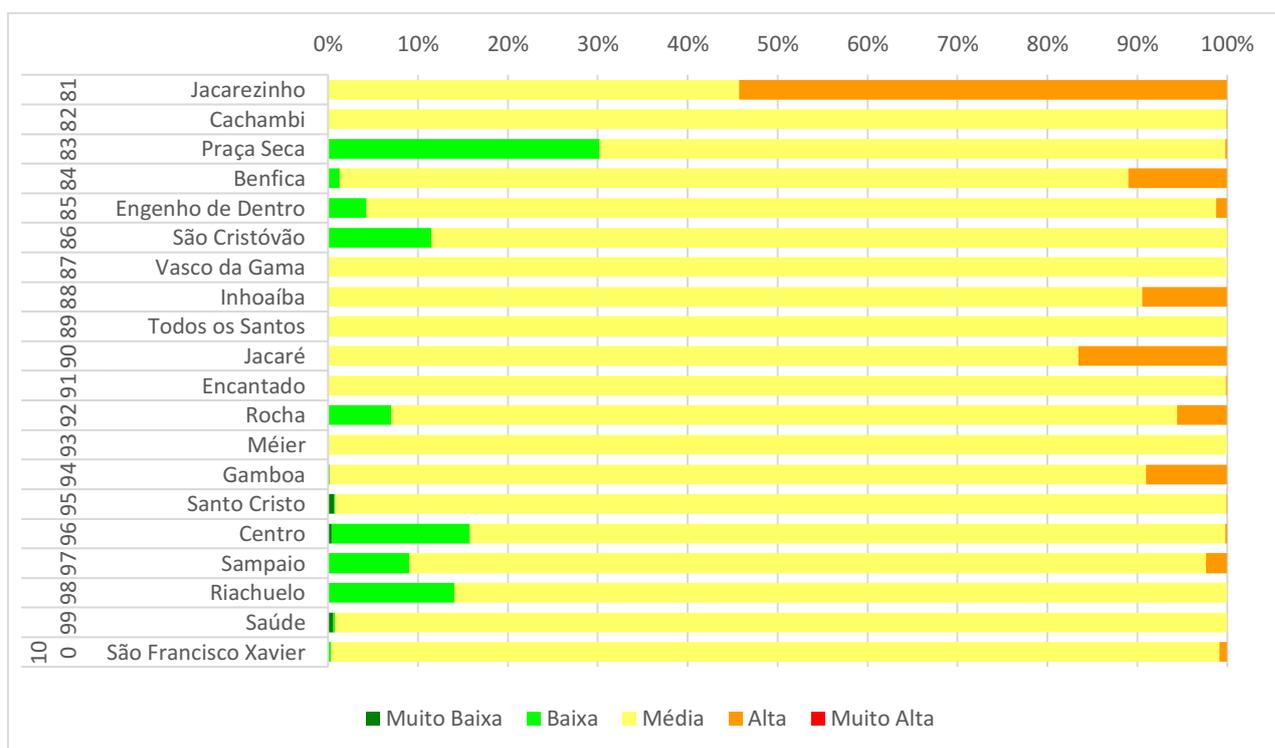
Fonte: O Autor

Tabela 5 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 5)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
81	Jacarezinho	0,00	0,00	45,73	54,27	0,00
82	Cachambi	0,00	0,05	99,87	0,08	0,00
83	Praça Seca	0,00	30,24	69,57	0,19	0,00
84	Benfica	0,00	1,28	87,71	11,00	0,00
85	Engenho de Dentro	0,00	4,29	94,52	1,19	0,00
86	São Cristóvão	0,00	11,50	88,50	0,00	0,00
87	Vasco da Gama	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
88	Inhoaíba	0,00	0,00	90,55	9,45	0,00
89	Todos os Santos	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
90	Jacaré	0,00	0,00	83,43	16,57	0,00
91	Encantado	0,00	0,00	99,88	0,12	0,00
92	Rocha	0,00	7,00	87,43	5,58	0,00
93	Méier	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
94	Gamboa	0,14	0,02	90,80	9,03	0,00
95	Santo Cristo	0,71	0,12	99,11	0,06	0,00
96	Centro	0,42	15,33	84,06	0,19	0,00
97	Sampaio	0,00	9,05	88,62	2,32	0,00
98	Riachuelo	0,00	14,02	85,98	0,00	0,00
99	Saúde	0,60	0,16	99,23	0,00	0,00
100	São Francisco Xavier	0,00	0,33	98,81	0,86	0,00

Fonte: O Autor

Figura 104 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 5)



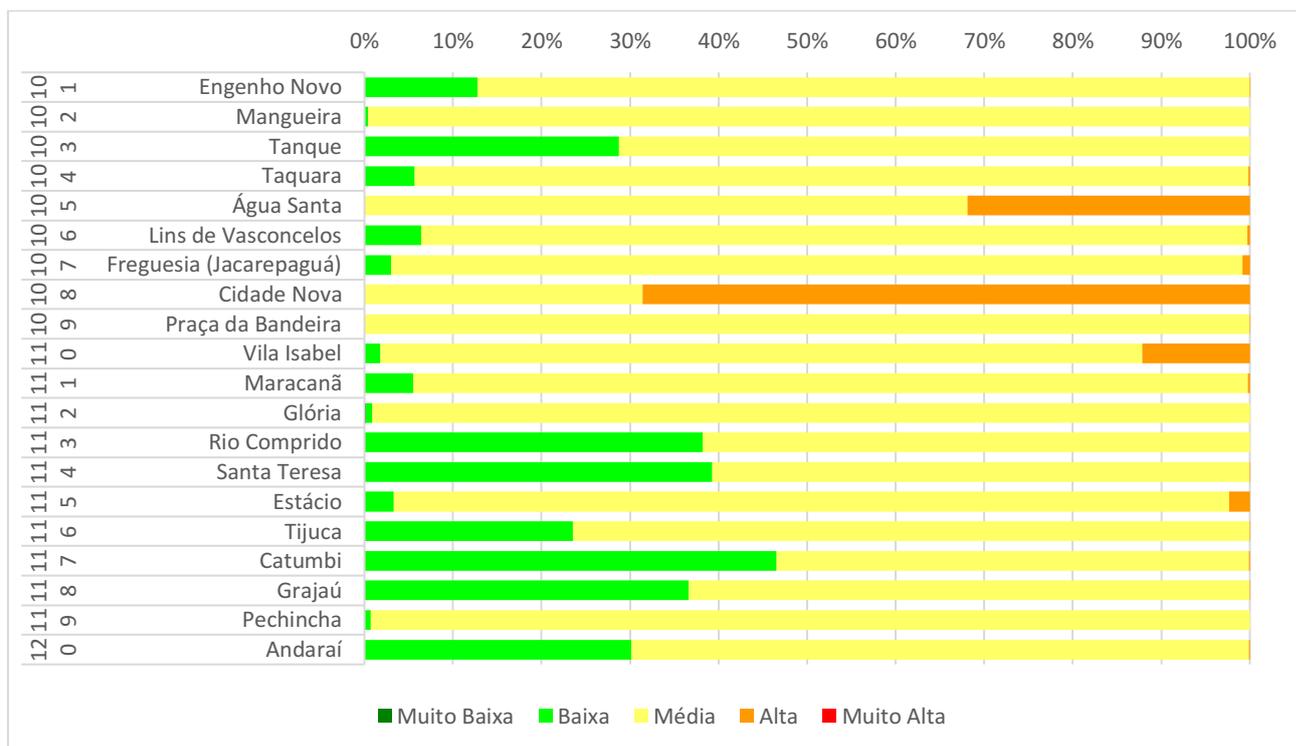
Fonte: O Autor

Tabela 6 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 6)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
101	Engenho Novo	0,00	12,77	87,22	0,01	0,00
102	Mangueira	0,00	0,42	99,58	0,00	0,00
103	Tanque	0,00	28,76	71,24	0,00	0,00
104	Taquara	0,00	5,70	94,15	0,16	0,00
105	Água Santa	0,00	0,02	68,07	31,90	0,00
106	Lins de Vasconcelos	0,00	6,43	93,29	0,29	0,00
107	Freguesia (Jacarepaguá)	0,00	3,02	96,17	0,81	0,00
108	Cidade Nova	0,00	0,00	31,44	68,56	0,00
109	Praça da Bandeira	0,00	0,00	99,93	0,07	0,00
110	Vila Isabel	0,00	1,82	86,06	12,12	0,00
111	Maracanã	0,00	5,49	94,27	0,24	0,00
112	Glória	0,18	0,70	99,13	0,00	0,00
113	Rio Comprido	0,00	38,21	61,79	0,00	0,00
114	Santa Teresa	0,00	39,26	60,70	0,05	0,00
115	Estácio	0,00	3,31	94,37	2,32	0,00
116	Tijuca	0,00	23,52	76,45	0,04	0,00
117	Catumbi	0,00	46,56	53,34	0,10	0,00
118	Grajaú	0,00	36,65	63,33	0,02	0,00
119	Pechincha	0,00	0,74	99,26	0,00	0,00
120	Andaraí	0,00	30,16	69,72	0,12	0,00

Fonte: O Autor

Figura 105 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 6)



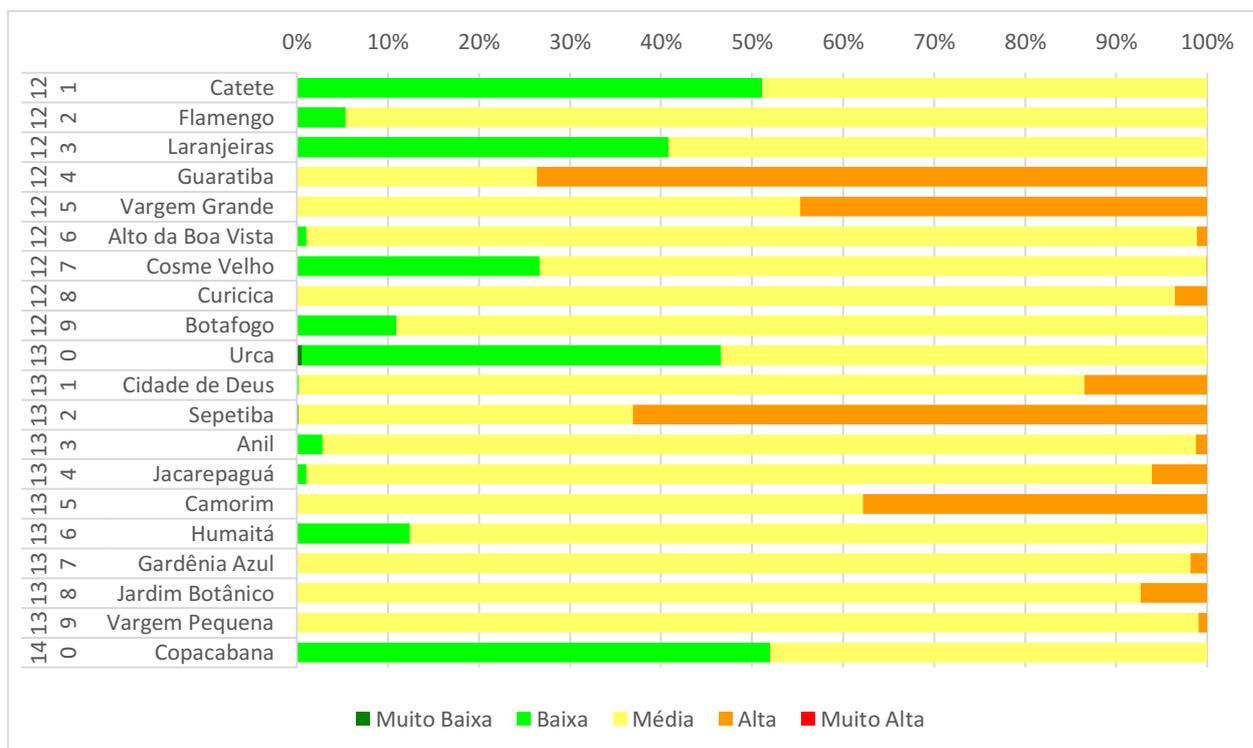
Fonte: O Autor

Tabela 7 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 7)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
121	Catete	0,00	51,09	48,91	0,00	0,00
122	Flamengo	0,07	5,30	94,64	0,00	0,00
123	Laranjeiras	0,00	40,89	59,11	0,00	0,00
124	Guaratiba	0,07	0,00	26,07	72,91	0,00
125	Vargem Grande	0,00	0,00	55,26	44,74	0,00
126	Alto da Boa Vista	0,00	1,03	97,82	1,15	0,00
127	Cosme Velho	0,00	26,69	73,24	0,07	0,00
128	Curicica	0,00	0,00	96,43	3,57	0,00
129	Botafogo	0,01	10,95	89,04	0,00	0,00
130	Urca	0,55	46,06	53,40	0,00	0,00
131	Cidade de Deus	0,00	0,25	86,27	13,48	0,00
132	Sepetiba	0,18	0,00	36,72	63,10	0,00
133	Anil	0,00	2,83	95,90	1,28	0,00
134	Jacarepaguá	0,00	1,06	92,84	6,10	0,00
135	Camorim	0,00	0,00	62,15	37,85	0,00
136	Humaitá	0,00	12,41	87,59	0,00	0,00
137	Gardênia Azul	0,00	0,00	98,14	1,86	0,00
138	Jardim Botânico	0,00	0,00	92,66	7,34	0,00
139	Vargem Pequena	0,00	0,00	99,02	0,98	0,00
140	Copacabana	0,05	51,93	48,02	0,00	0,00

Fonte: O Autor

Figura 106 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 7)



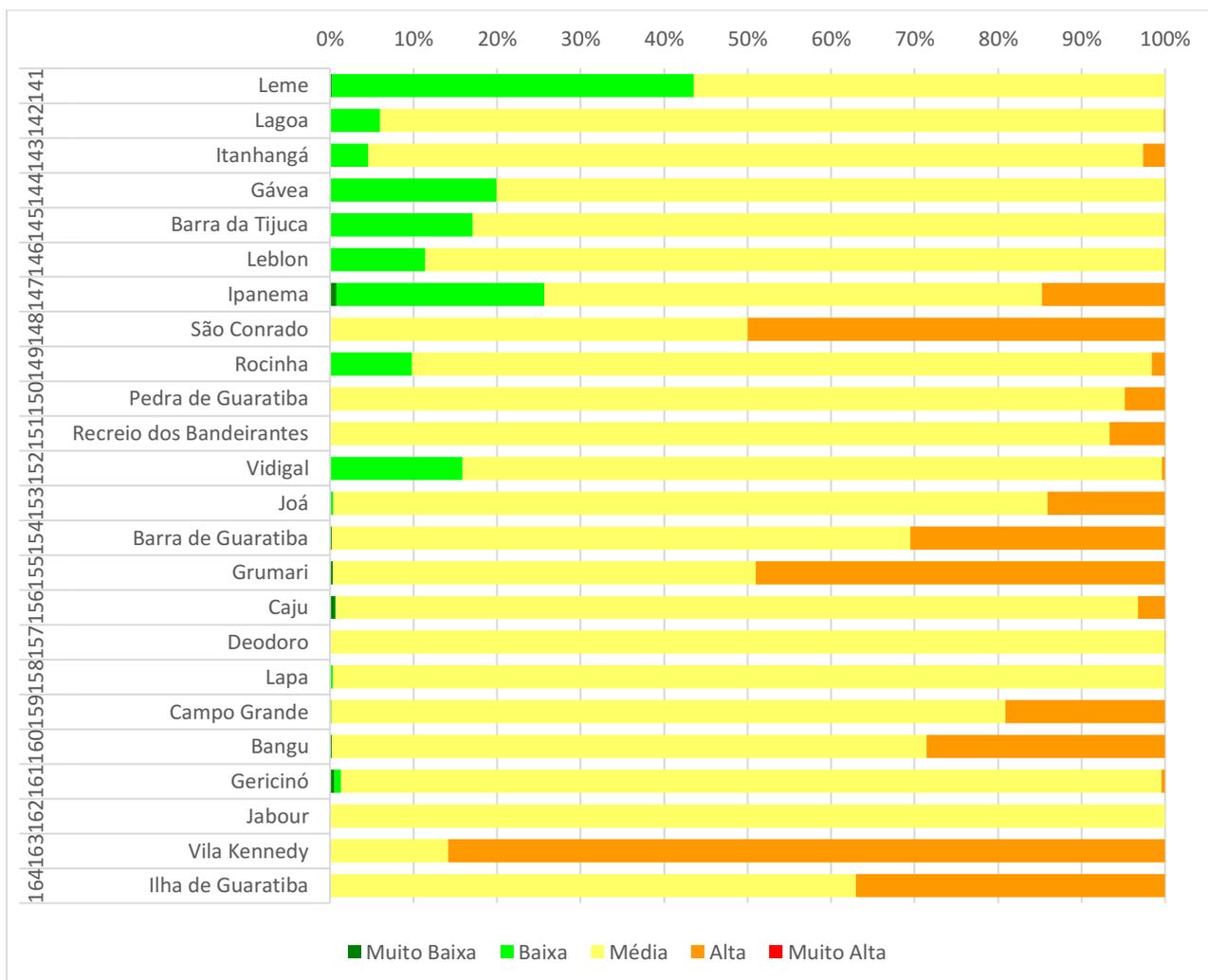
Fonte: O Autor

Tabela 8 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 8)

Código Bairro	Nome Bairro	Vulnerabilidade Socioambiental				
		Muito Baixa (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Muito Alta (%)
141	Leme	0,20	43,36	56,44	0,00	0,00
142	Lagoa	0,00	6,00	93,88	0,12	0,00
143	Itanhangá	0,00	4,58	92,80	2,62	0,00
144	Gávea	0,00	19,96	80,04	0,00	0,00
145	Barra da Tijuca	0,01	17,05	82,88	0,06	0,00
146	Leblon	0,00	11,40	88,60	0,00	0,00
147	Ipanema	0,74	24,93	59,57	14,75	0,00
148	São Conrado	0,01	0,05	49,97	49,96	0,00
149	Rocinha	0,00	9,86	88,55	1,59	0,00
150	Pedra de Guaratiba	0,01	0,00	95,16	4,82	0,00
151	Recreio dos Bandeirantes	0,04	0,00	93,30	6,66	0,00
152	Vidigal	0,07	15,80	83,76	0,37	0,00
153	Joá	0,14	0,23	85,52	14,10	0,00
154	Barra de Guaratiba	0,19	0,00	69,28	30,53	0,00
155	Grumari	0,32	0,00	50,65	49,03	0,00
156	Caju	0,63	0,04	96,06	3,27	0,00
157	Deodoro	0,00	0,00	99,99	0,00	0,00
158	Lapa	0,00	0,34	99,66	0,00	0,00
159	Campo Grande	0,14	0,01	80,70	19,15	0,00
160	Bangu	0,20	0,01	71,21	28,57	0,00
161	Gericinó	0,49	0,79	98,30	0,42	0,00
162	Jabour	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
163	Vila Kennedy	0,00	0,00	14,17	85,83	0,00
164	Ilha de Guaratiba	0,00	0,00	63,00	37,00	0,00

Fonte: O Autor

Figura 107 - Vulnerabilidade Socioambiental por bairros da cidade do Rio de Janeiro (Parte 8)



Fonte: O Autor

5. CONCLUSÃO

Com base na metodologia e nos dados apresentados nos resultados da pesquisa, pode-se concluir que:

- 1) Os objetivos da pesquisa foram alcançados já que os indicadores propostos assim como os índices resultantes da modelagem foram espacializados, e podem ser utilizados para pesquisas futuras e para gestão do território pelas entidades competentes.
- 2) Foi demonstrado também com base nos dados das estações do INMET na cidade do Rio de Janeiro, que contam com mais 50 anos de dados históricos, que as chuvas de baixa intensidade na cidade vem diminuindo ao decorrer dos anos, enquanto as chuvas extremas de 95 e 99 percentil tem se acentuado, tornando os eventos extremos na cidade mais frequentes.
- 3) Observou-se também nos dados climáticos que enquanto as médias das temperaturas máximas na cidade vêm apresentando um pequeno decréscimo, as médias das temperaturas mínimas vêm se acentuando constantemente.
- 4) A modelagem com base na análise pareada e na análise multicritério utilizando o *software* IDRISI, tiveram bom êxito não apresentando erro na análise de consistência e resultando em dados espaciais coerentes com a realidade do território da cidade.
- 5) A modelagem da vulnerabilidade socioespacial da cidade do Rio de Janeiro demonstrou que diversas áreas na cidade do Rio de Janeiro onde o poder público, assim com a sociedade organizada deve atuar de forma mais assertiva, devem promover ações que minimizem a exposição e a sensibilidade das áreas e que maximizem a capacidade de adaptação das mesmas, a fim de diminuir a sua vulnerabilidade.
- 6) O mapeamento da vulnerabilidade socioespacial demonstrou que entre os pontos mais críticos a Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro que apresentam alta vulnerabilidade.
- 7) Os resultados demonstram também que 70% do território da cidade apresenta vulnerabilidade socioambiental no estágio Médio, esta pesquisa assim com outras

devem se aprofundar nestas áreas, a fim de suscitar políticas públicas que reduzam a vulnerabilidades destes espaços para o estágio Baixo ou Muito Baixo.

- 8) Os dados apresentados nos resultados da pesquisa demonstraram um grande número de bairros que apresentaram vulnerabilidade socioambiental Alta em mais de 50% de suas áreas, estes devem ter atenção especial dos tomadores de decisão, a fim de se promover ações que minimizem esta vulnerabilidade nestes territórios. Os bairros que apresentaram estes resultados foram: Grumari, Jacarezinho, Sepetiba, Maré, Cidade Nova, Guaratiba, Santa Cruz e Vila Kennedy.
- 9) Foi criado também durante a pesquisa um aplicativo para a divulgação dos dados espacializados dos indicadores, dos índices e da vulnerabilidade socioambiental, das áreas, com base no geolocalizador do celular as pessoas poderão consultar os dados. Este aplicativo tem o número do processo de patente BR512022001757-1.

Por fim, os resultados desta pesquisa apresentam as áreas da cidade do Rio de Janeiro, de vulnerabilidade socioambiental com uso de modelagem e análise multicritério de diversos indicadores, podem ser utilizados na espacialização dos indicadores, assim como dos índices gerados para a tomada de decisão, e também o resultado final a vulnerabilidade socioambiental, que demonstra as fragilidades e emergências do território e a necessidade de ações efetivas nestes espaços, a fim de proteger vidas humanas, dar dignidade e possibilidade de prosperidade aos habitantes destes espaços.

REFERÊNCIAS

- AGARD, J.; SCHIPPER, L. Glossary in IPCC fifth assessment report, 2004.
- ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, v. 111, p. 1-22, 2006.
- ANDJELKOVIC, I. International Hydrological Programme Guidelines on Non-Structural Measures in Urban Flood Management, 2001. Acesso: em 22 de junho de 2024, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001240/124004e.pdf>
- APREDA, C.; D'AMBROSIO, V.; DI MARTINO, F. A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems. *Environmental Science & Policy*, 93, 11-26, 2019.
- BALDISSERA, G. C. Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT, para a bacia hidrográfica do Rio Cuiabá/MT. Dissertação (Mestrado) – UFMS, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2005.
- BAO, J.; LI, X.; YU, C. The construction and validation of the heat vulnerability index, a review. *International journal of environmental research and public health*, 12(7), 7220-7234, 2015.
- BERTOLOZZI, M.R.; NICHATA, L.Y.; TAKAHASHI, R.F.; CIOSAK, S.I.; HINO, P.; FERREIRA DO VAL, F.; GUANILLO, M.C. The vulnerability and the compliance in Collective Health. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 43(spe2),1320-1324, 2009.
- BOLINA, A. F.; RODRIGUES, R. A. P.; TAVARES, D. M. HAAS, V.J. Índices de vulnerabilidade social e programático para idosos que vivem no domicílio. *Enfermería Global*. Nº 65 Enero 2022 P153, 2021.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D. *Sistemas de Informação Geográfica: Aplicações na agricultura*. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1998.
- COCCO, R. M.; WEISS, R.; PIPPI, L. G. A. Análise Multicritério e Geoprocessamento no Planejamento do Sistema de Espaços Livres Urbano. *Engenharia Urbana Em Debate*, 4(2), 58–68, 2024.

COELHO, C. M. T.. Mudanças climáticas e patrimônio cultural: elementos para a construção de cenários para a cidade do Rio de Janeiro. *Cadernos do PROARQ (UFRJ)*, v.1, n.22, p. 73-90, 2015.

COELHO, L.E.P.; OHUMA JR.A.A.; FONSECA, P.L. Taxes Simulation for Maintance of a Drainage Network. *Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)* v.16, n3, p 01-14, 2022.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000. IPT, 2014.

CRED, UNISDR. The human cost of weather related disasters 1995- 2015, 2016. Recuperado de: https://www.unisdr.org/2015/docs/climatechange/COP21_WeatherDisastersReport_20

CUNHA, F.P.; MANSO, M. C.; OHNUMA JÚNIOR, A. A. Analysis of The Occurrence of Extreme Events in The City of Rio de Janeiro/RJ. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(4), e04730, 2024.

DE SOUZA, C.M. Avaliação das alterações de padrões de precipitação e temperatura pela análise de índices de extremos climáticos nos bairros de Realengo e Alto da Boa Vista, Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2022.

DERECZYNSKI, C.; SILVA, W.L. & MARENGO, J. Detection and projections of climate change in Rio de Janeiro, Brazil. *American Journal of Climate Change*, 2013.

DIAS, M. A. F. da S. Eventos Climáticos Extremos. *Revista USP*, n. 103, p. 33–40, 2014.

DUARTE, D. C. de O.; OLIVEIRA, J. C. de.; LANI, J. L.; UBERTI, M. S.; MARQUES, E T.; ABREU, M. V. S. Multi-Criteria Evaluation Applied to the Determination of Areas of Suitability for Real Estate Appreciation. *Brazilian. Journal of Cartography*, 73(2), 516–529, 2021.

DUARTE, L.; SANCHEZ, J.G.; FONTE, J.; TEODORO, A.C. A GIS pen-source application to enhance the identification of archaeological crop marks using remote sensing data. *SPIE*, v11863, 2021.

EEA-EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Urban adaptation to climate change in Europe 2016. EEA, 2016.

EGLER, C. A. G.; GUSMÃO, P. P. Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 14, n. 1, p. 65–80, 2014.

EASTMAN, J.R. *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, Worcester, 2009.

FARIAS, H. S.; VARGAS, K. B.; MARINO, T. B.; SOUSA, G. M.; LUCENA, A. J. Vulnerabilidade socioambiental no Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro: estratégias de prevenção a riscos. *Espaço e Economia* [Online], ed. 19, 2020.

FREITAS, C. M.; LOPES DE CARVALHO, M.; XIMENES, E.F.; ARRAES, E.F.; GOMES, J.O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), 1577- 1586, 2012.

FRIESECKE, F. Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany – Strategies and Instruments of Spatial Planning. *Proceedings of 3rd FIG Regional Conference*, Jakarta, 2004.

FRITZSCHE, K., SCHNEIDERBAUER, S., BUBECK, P., KIENBERGER, S., BUTH, M., ZEBISCH, M., & KAHLNBORN, W. The vulnerability sourcebook: concept and guidelines for standardised vulnerability assessments, 2014. Disponível em: https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manualsreports/vuln_source_2017_EN.pdf

GALLOPÍN, G.C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. *Environmental Modelling & Assessment* 1: 101-117, 1996.

GUEDES, G. R.; GENOVEZ, P. F.; VILARINO, M. T. Eventos extremos numa perspectiva interdisciplinar, multi-escalar e multi-método: uma abordagem territorial. *Revista Território, Mobilidade Populacional e Ambiente*, p. 23–57, 2012.

GUPTA, U. G., & R. E. CLARKE. Theory and Applications of the Delphi Technique: A Bibliography (1975–1994). *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 53, No. 2, 1996.

HOLLING, C. S. Adaptive environmental assessment and management. John Wiley, New York, New York, USA, 1978.

HOORNWEG, D.; SUGAR, L.; GOMEZ, C. L. T. Cities and greenhouse gas emissions: Moving forward. *Environmental Urbanization Journal*, 23(1), 207–227, 2011.

IBGE. Estados e cidades. IBGE, 2022. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: 10 set. 2024.

IGNATOWSKI, J. A., & ROSALES, J. Identifying the exposure of two subsistence villages in Alaska to climate change using traditional ecological knowledge. *Climatic Change*, 121(2), 285-299, 2013.

IPCC. *Climate Change 2013: The physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Five Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

JANKOVIĆ, V.; M. HEBBERT. Hidden climate change – urban meteorology and the scales of real weather. *Clim Change*, 113, pp. 23-33. 2012.

JOHNSON, C. & S. BLACKBURN. Advocacy for urban resilience: UNISDR's making cities resilient campaign. *Environ. Urban.*, 26 (1), 29-52, 2013.

KAZMIERCZAK, A., & CAVAN, G. Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure. *Landscape and urban planning*, 103(2), 185-197, 2011.

KUHLICKE, C.; KABISCH, S.; KRELLENBERG, K.; STEINFÜHRER, A. Urban vulnerability under conditions of global environmental change: conceptual reflections and

empirical examples from growing and shrinking cities. Vulnerability, risks and complexity: impacts of global change on human habitats, 3, 27-38, 2012.

LANDAUER, M.; S. JUHOLA,; M. SÖDERHOLM. Inter-Relationships Between Adaptation and Mitigation: A Systematic Literature Review. *Climatic Change*, 131 (4), 505–517, 2015.

LEAL FILHO, W.; MIFSUD, M.; MOLTHAN-HILL, P.; J NAGY, G.; ÁVILA, L.V.; SALVIA, A.L. O ceticismo das mudanças climáticas nas universidades: Um estudo global. *Sustainability*, 11, 2981, 2019.

LI, D. & BOUZEID, E. Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: the impact in cities is larger than the sum of its parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52, 2051–2064, 2013.

Linstone, H. A., & Turoff, M. (2002). *The Delphi method: Techniques and applications*. Addison Wesley Newark, NJ: New Jersey Institute of Technology.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. *The Delphi Method; techniques and applications*. New Jersey: Listone e Tufof, 2002.

LIU, J. G., T. DIETZ, S. R. CARPENTER, M. ALBERTI, C. FOLKE, E. MORAN, A. N. PELL, P. DEADMAN, T. KRATZ, J. LUBCHENCO, E. OSTROM, Z. Y. OUYANG, W. PROVENCHER, C. L. REDMAN, S. H. SCHNEIDER, AND W. W. TAYLOR. Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317(5844):1513-1516, 2007.

LOCATELLI, B. Synergies between adaptation and mitigation in a nutshell. CIFOR, 2011

LUZ, M. B.; QUEIROGA, A. A.; FILGEIRA, H. J. A. Análise do reflexo do Marco de Ação De Hyogo (2005-2015) no Brasil. Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente e sociedade e III Congresso Internacional de Diversidade e Seminário. Campina Grande, Paraíba, 2019.

MALTA, F. S. & MARQUES, C., E. Socio-Environmental Vulnerability Index: An Application to Rio de Janeiro-Brazil. *International Journal of Public Health*. 66, 1-11, 2021.

MARENGO, J.A.; NUNES, L.H.; SOUZA, C.R.G.; HARARI, J.; MULLER-KARGER, F.; GRECO, R.; HOSOKAWA, E.K.; TABUCHI, E.K.; MERRIL, S.B.; REYNOLDS, C.J.;

PELLING, M.; ALVES, L.M.; ARAGO, L.E.; CHOU, S.C.; MOREIRA, F.; PATERSON, S.; LOCKMAN, J.T.; GRAY, A.G. A Globally-Deployable Strategy for Co-Development of Adaptation Preferences to Sea-Level Rise: The Public Participation Case of Santos, Brazil. *Natural Hazards*, 1-15, 2017.

MARENGO, J.A. & VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência*, Edição no. 8, Mudanças Climáticas, 2007.

MARENGO, J.A., et.al. The METROPOLE Project—An Integrated Framework to Analyse Local Decision Making and Adaptive Capacity to Large-Scale Environmental Change: Decision Making and Adaptation to Sea Level Rise in Santos, Brazil. In: *Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options* [Hidalgo Nunes, L., R. Greco and J.A. Marengo (eds.)]. Springer, pp. 3–15, 2019.

MAZUMDAR, J.; PAUL. S.K. Socioeconomic and infrastructural vulnerability indices for cyclones in the eastern coastal states of India. *Natural Hazards* Volume 82, pages 1621–1643, 2016.

MCQUEEN, D.; NOAK, H. Health promotion indicators: current status, issues and problems. *Health Promotion* n° 3, 1988.

MCTIC. Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no acordo de Paris / Régis Rathmann [et al.] Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente,. 64 p.: il. – (Opções de mitigação de emissões de gases de efeito estufa em MCTIC, ONU Meio Ambiente, 2017.

MENDES, C.A. Integração de modelos hidrológicos e sistemas de informação geográficas: fundamentos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 1. p.47-66, 1996.

MILEU, N., & QUEIRÓS, M. Integrating risk assessment into spatial planning: Risk The decision support system. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(5), 184-202, 2018.

MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. C.; CORNACCHIONE JUNIOR, E. B. Dimensões da qualificação docente em contabilidade: um estudo por meio da técnica Delphi. 2012, Anais.. São Paulo: EAC/FEA/USP, 2012. Disponível em: <http://www.congressousp.fipecafi.org/artigos122012/120.pdf>

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) frente à mudança climática (Apostila do curso). Brasília, p. 103. 2018

MOREIRA, P. H. O.; DA CUNHA, A. C.; DA COSTA, A. C. L. Índice de tendências climáticas de longo prazo em área urbana na Amzônia Oriental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 6, p. 3378–3393, 2021.

MOREIRA, F. S. Vulnerabilidade Socioambiental na Área De Planejamento 5 na Zona Oeste Do Município Do Rio De Janeiro. FIOCRUZ, 2015.

MOSER, C. O. N. (1998). The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development*, 26(1), 1-19, 1998.

MYTKO, A. Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro frente a ameaças relacionadas à mudança climática. Rio de Janeiro. PUC-Rio, 2024.

NIGHTINGALE, A. J. Power and politics in climate change adaptation efforts: struggles over authority and recognition in the context of political instability. *Geoforum*, v. 84, p. 11–20, 2017.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A. Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar. Canal6 Editora, 1. Ed, 2017.

OECD Organization for Economic Cooperation and Development Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment. OECD, Paris, 1993.

OLIVEIRA D.B.B; SILVA L.F. Multi-criteria analysis in the strategic environmental assessment of the sugar and alcohol sector. *Acta Scientiarum Technology*, 34, 303- 311. D, 2017.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: UNIC Rio, 2015.

PARRY, M.L., CANZIANI, O.F.; PALUTIKOF, J.P; VAN DER LINDEN, P.J.; HANSON, C.E. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel for Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 2007

PATT, A.G., et. al. Vulnerability research and assessment to support adaptation and mitigation: common themes from the diversity of approaches. In: Vulnerability to global environmental change: making research useful for adaptation decision making and policy. [Patt AG, Schröter D, de la Vega-Leinert AC, Klein RJT (Eds.)]. Assessing Earthscan, London, 2009.

PEREIRA, J. B. L. et al. Análise das causas e soluções para administração de inundações urbanas na Região da Praça da Bandeira/RJ. In: Construção Civil: Engenharia e Inovação. p. 29–48, 2020.

PÉRPÉTUO, R. O acordo de Paris, o Brasil e as cidades. Cadernos, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 29-33, 2017.

PRADO, F. de A.; GALO, M. de L. B. T. CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS BASEADA EM ABORDAGEM FUZZY. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 61, n. 3, 2009.

RECKIEN, D., CREUTZIG, F., FERNANDEZ, B., LWASA, S., TOVAR-RESTREPO, M., MCEVOY, D., & SATTERTHWAITE, D. Climate change, equity and the Sustainable Development Goals: an urban perspective. Environment and urbanization, 29(1), 159-182, 2017.

REYMÃO, A. E. N.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA, S. B. Considerações sobre a política de mudanças climáticas para o desenvolvimento da Amazônia. In: Direito e desenvolvimento na Amazônia. 1. ed. Santa Catarina: Qualis Editora e Comércio de Livros Ltda. 3p. 37–72, 2021.

ROCHA, E.T. Mobilidade Humana e Desastres Ambientais: A Gestão Urbana em Áreas de Risco. Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA) v.15, p 01-21, 2021.

ROSENZWEIG, C.; SOLECKI, W.D.; BLAKE, R.; BOWMAN, M.; FARIS, C.; GORNITZ, V.; HORTON, R.; JACOB, K.; LEBLANC, A.; LEICHENKO, R.; LINKIN, M.; MAJOR, D.; O'GRADY, M.; PATRICK, L.; SUSSMAN, E.; YOHE, G.; ZIMMERMAN, R. Developing coastal adaptation to climate change in the New York City infrastructure-shed: Process, approach, tools, and strategies. *Climatic Change*, 106, 93-127, 2011.

SALAS, J.; YEPES, V. Urban vulnerability assessment: Advances from the strategic planning outlook, Journal of Cleaner Production, V. 179, p.544-558, 2018.

SANTOS, C. A. C. Estimativa e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba, 98 p., Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

SANTOS, D. C. Índices de extremos climáticos baseados na precipitação pluvial e influência de teleconexões no Nordeste do Brasil. 2019. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SCHMIDT, M. A. R. & BARBOSA, G. R. Use of artificial neural networks in initial ponderation of AHP techniques applied to analysis of watershed vulnerability. *Boletim de Ciencias Geodesicas*, 22(3), 511–525, 2016.

SCHNEIDERBAUER, S., ZEBISCH, M., RENNER, K., BELOW, T., BROSSMANN, M., & SCHWAN, S. Climate risk and vulnerability analysis applying the IPCC-AR5 concept in practice. In Society for Risk Analysis-Europe (SRA-E), 2017. Disponível em: https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2017/10/GIZ-2017_Risk-Supplement-to-the-Vulnerability-Sourcebook.pdf

SELUCHHI, M. E.; BEU, C. M. L.; ANDRADE, K. M. Características das frentes frias com potencial para provocar chuvas intensas na Região Serrana de Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 361–376, 2016.

SILVA, W. L. Tendências observadas e projeções futuras de extremos climáticos na cidade do Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Meteorologia) - Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, vol. 37-2, 2014.

SOUZA, C.R.G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. *REVISTA DE GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA*. São Paulo, SP, Brasil, 2009.

SOUZA, J. S. Avaliação da governança Municipal: uma abordagem baseada nos ODS. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Humanidades, 2022.

SOUZA, W. M., & AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE (Detection Indexes Derived from Climate Change Rainfall and Temperatures in Recife-PE). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(1), 143-159, 2012.

SWART, R.; FONS, J.; GEERTSEMA, W.; VAN HOVE, B.; GREGOR, M.; HAVRANEK, M.; UOM, U. P. M. Urban vulnerability indicators. A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA. Copenhagen: ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report, 1, 2012.

TIMMERMAN, J.; BACCIU, V.; CONINX, I.; FONS, J.; GREGOR, M.; HAVRANEK, M.; JACOBS, C.; LOEHNERTZ, M.; PELTON, L.; SAINZ, M.; SWART, R.; LINDNER, C.; LÜCKENKOTTER, J. Map book urban vulnerability to climate change—Factsheets. In: European Environment Agency, European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation. European Topic Centre on Spatial Information and Analysis, p. 98, 2016.

TOBIN, G., & MONTZ, B. Natural hazards. New York: Guilford, 1997.

TOLEDO, L. R. M. C. Famílias chefiadas por mulheres em situação de vulnerabilidade social um estudo na perspectiva de gênero. V Jornada Internacional de Política Públicas, São Luis, 2011.

TURNER et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 100 (14): 8074-8079, 2003.

TYLER, S. & MOENCH, M. A framework for urban climate resilience. *Climate and Development*, 4(4), 311-326, 2012.

UNDRR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. New York, United Nations, 2019.

UNISDR. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, 2015.

VASCONCELOS, A. E. F. de; CÂNDIDO, G. A.; FREIRE, E. M. X. Vulnerabilidade Socioambiental: proposição de temas e indicadores para cidades brasileiras. *Gaia Scientia*. 13(2), 1-18, 2019.

VILLA, F.; McLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. *Environmental management*, v. 29, n. 3, 2002.

VINCENT, L.A.; PETERSON, T.C.; BARROS, V.R.; MARINO, M.B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M.A.; GRIMM, A.M.; MARENGO, J.A.; MOLION, L.; MONCUNILL, D.F.; REBELLO, E.; ANUNCIÇÃO, Y.M.T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J.L.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M.R.; KAROLY, D. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate*, 18, 5011-5023, 2005.

VISSIRINI, F.S.B., REIS, P.T.B., CUNHA, F.P., GONDIM, F.R., OHUMA JR.A.A. FORMIGA, R.M. Urban Vulnerability and the Tools Required for Hydro-Meteorological Risk Disaster Management. *Journal of Environmental Management and Sustainability*, 12(2), 1-37, e22616, 2023.

WEISS, R. & PIPPI, L. G. Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental. *TerraPlural*, 13, 272-295, 2019.

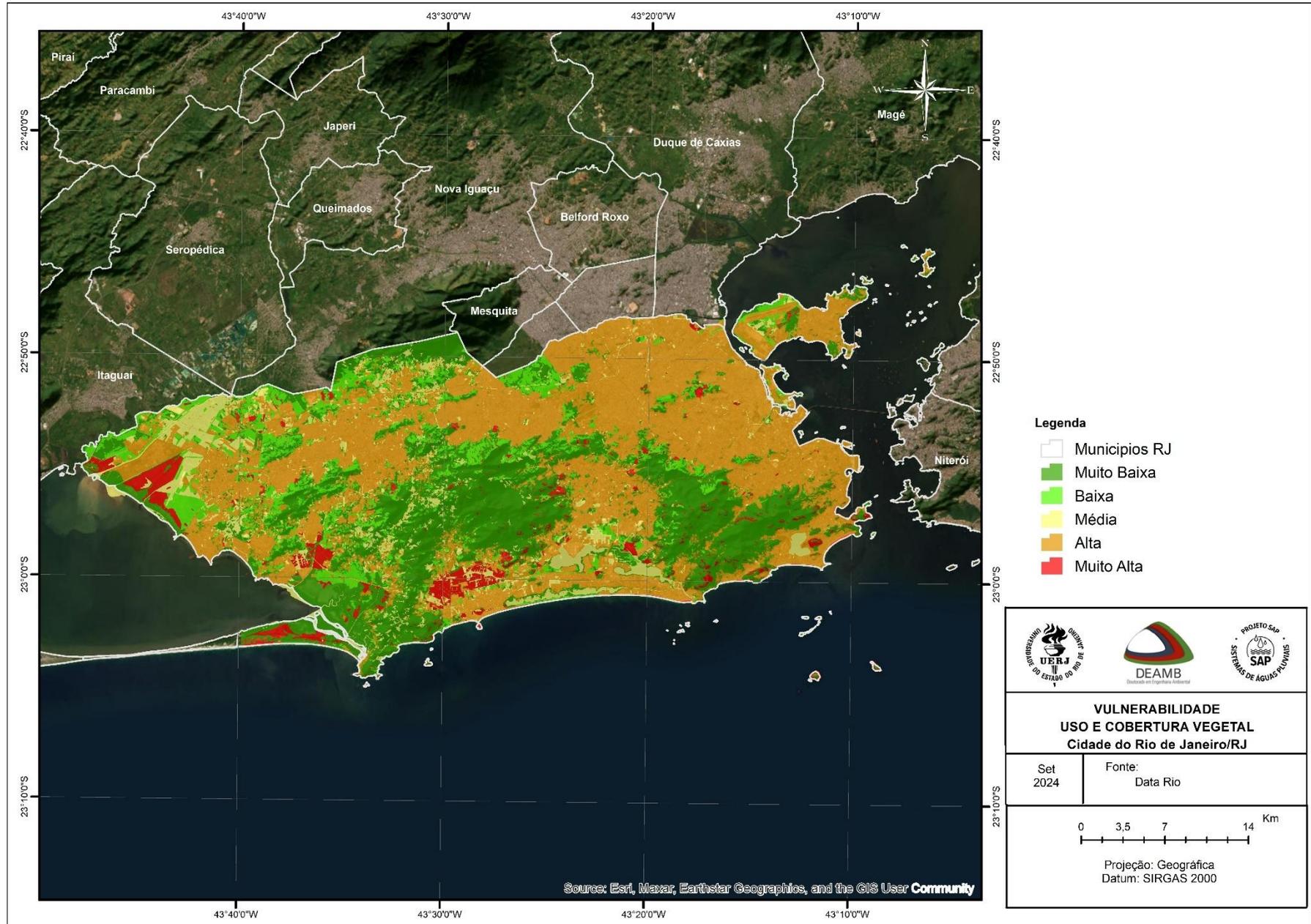
WOLF, T., & MCGREGOR, G. The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather and Climate Extremes*, 1, 59-68, 2013.

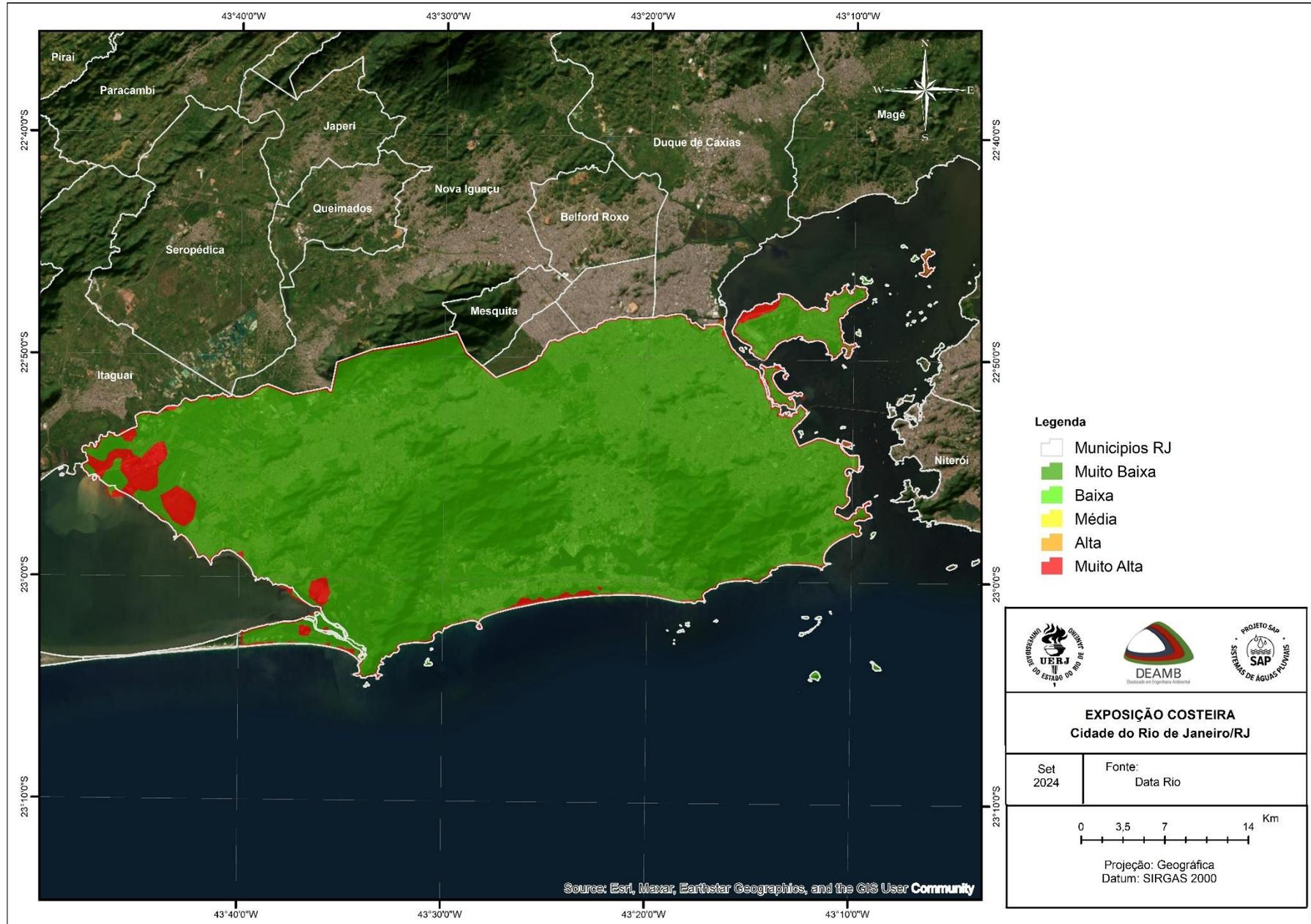
WORLD Bank. Guide to climate change adaptation in cities. Washington: World Bank, 2011.

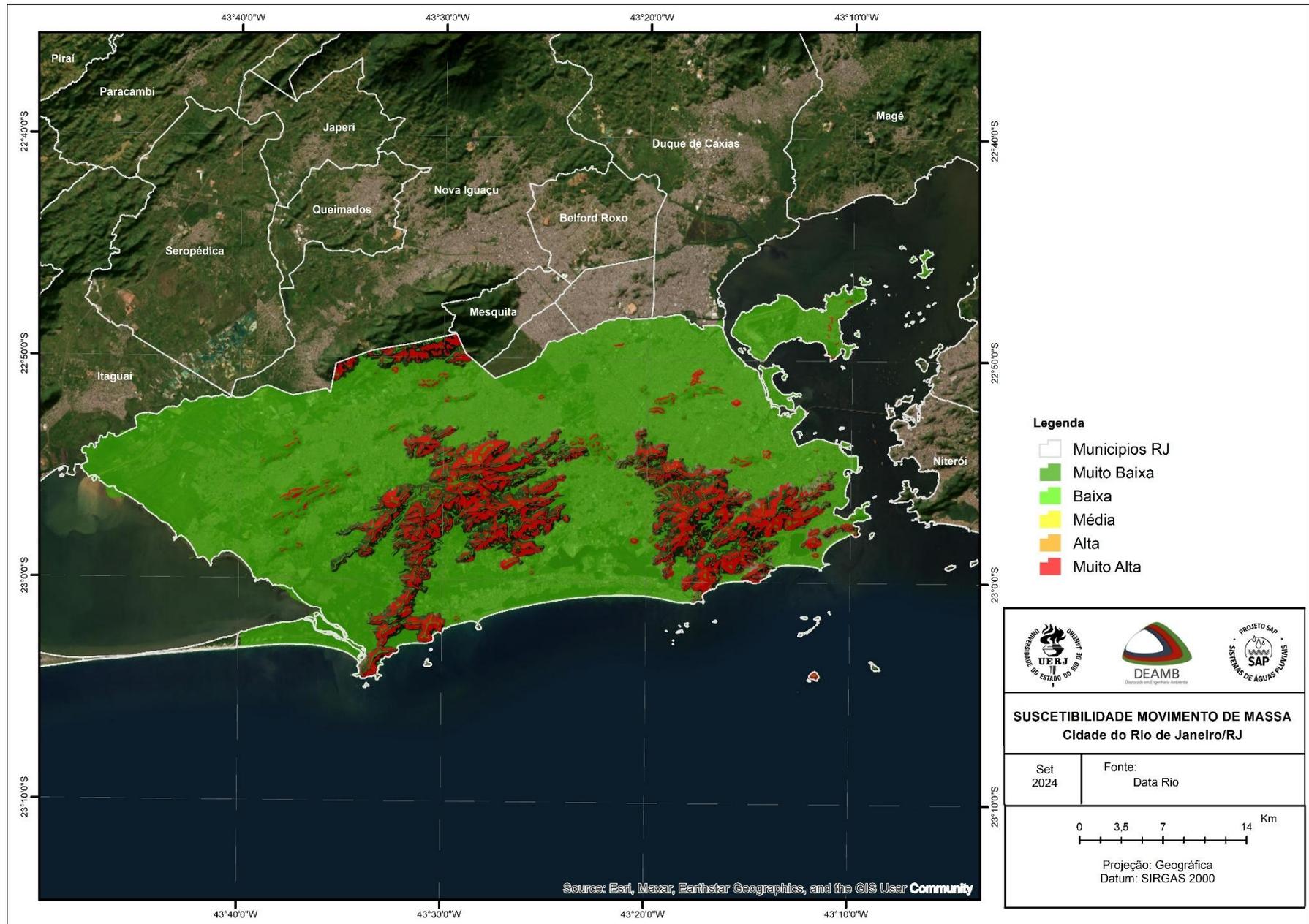
YOUSUF, M. I. Using experts' opinions through Delphi technique. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(4), 1-9, 2007.

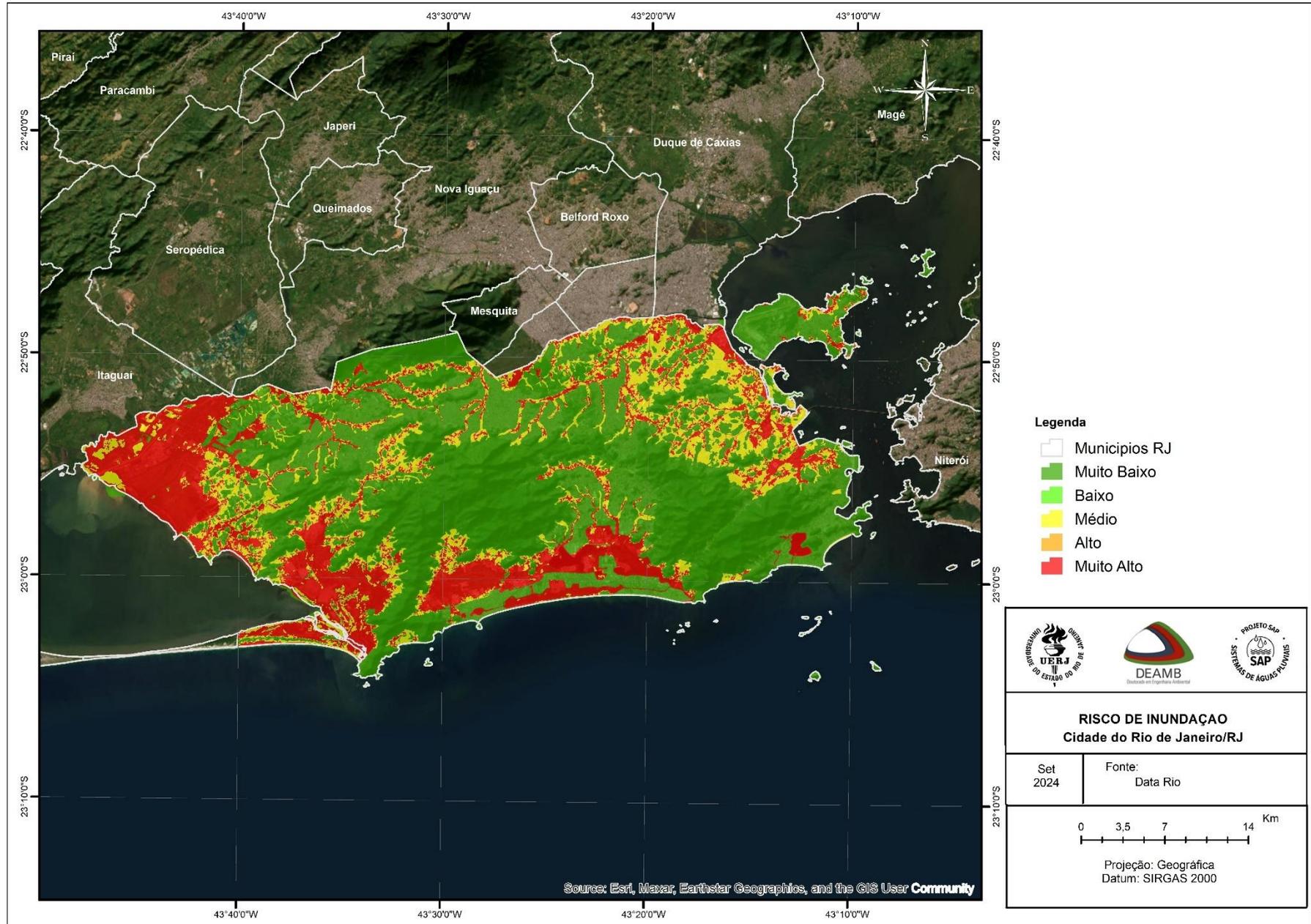
ZHANG, X.; YANG, F.; CANADA, E. RCLimDex (1.0) User Manual. p. 1–23, 2004.

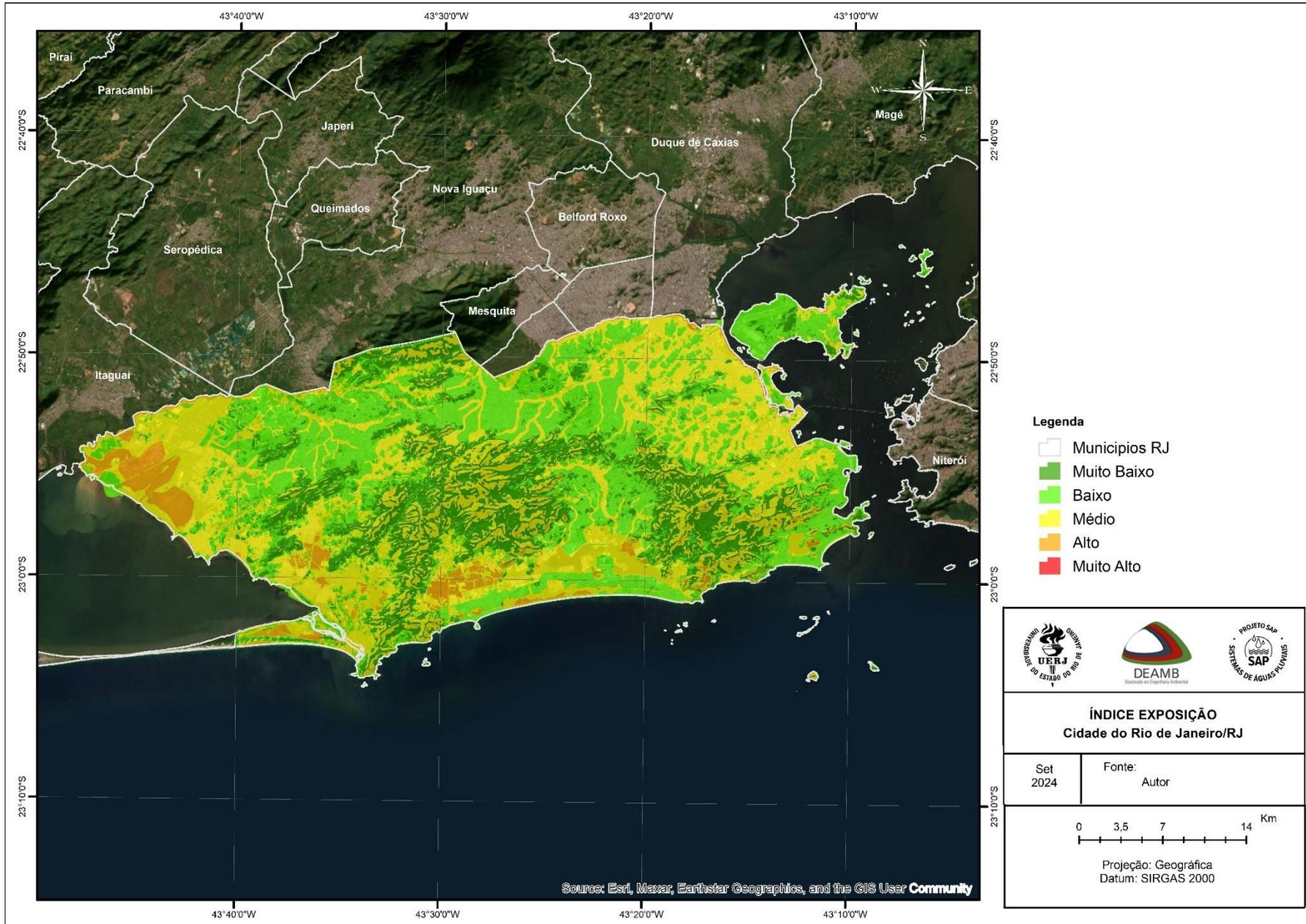
ANEXO I
MAPAS INDICE DE EXPOSIÇÃO



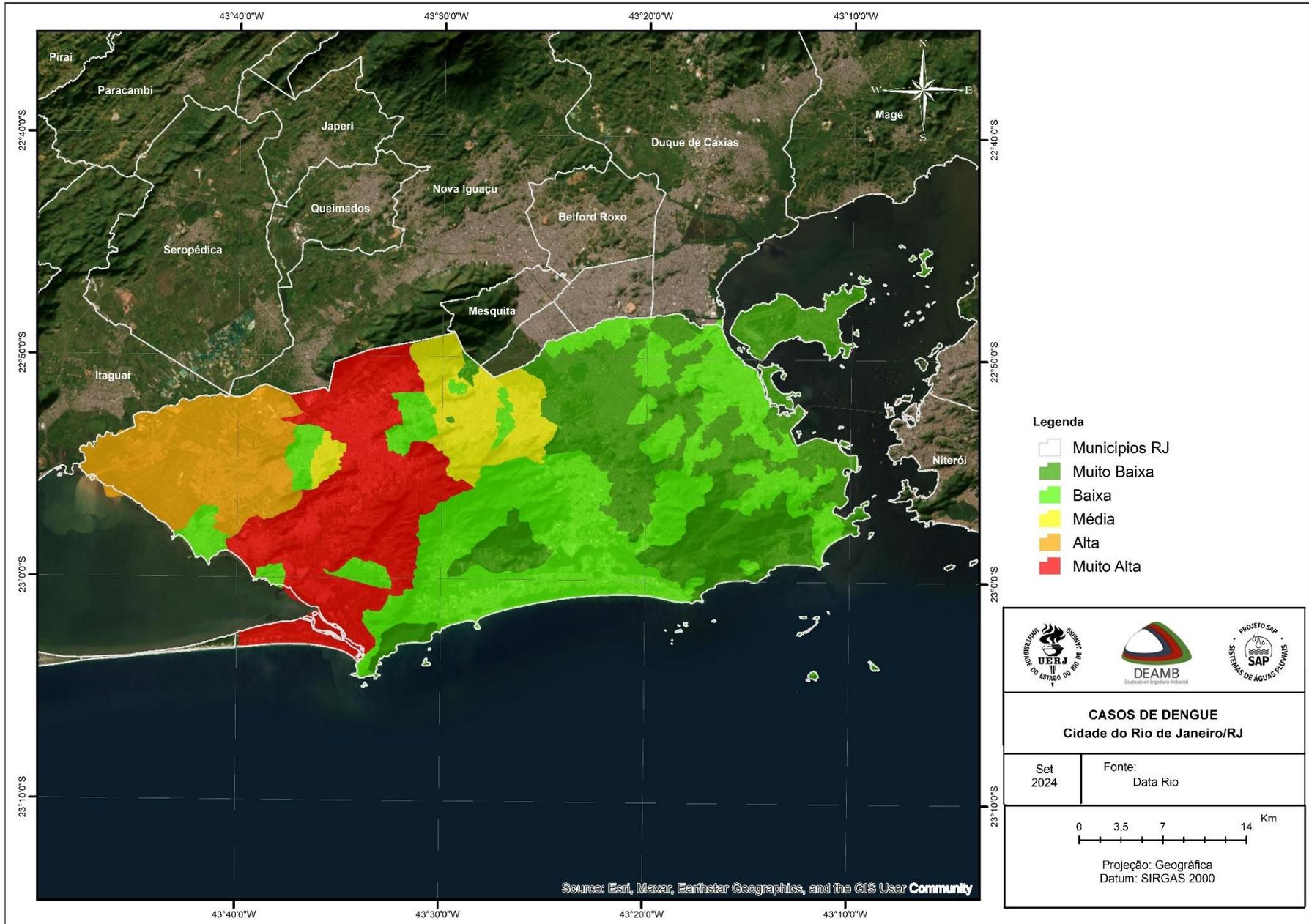


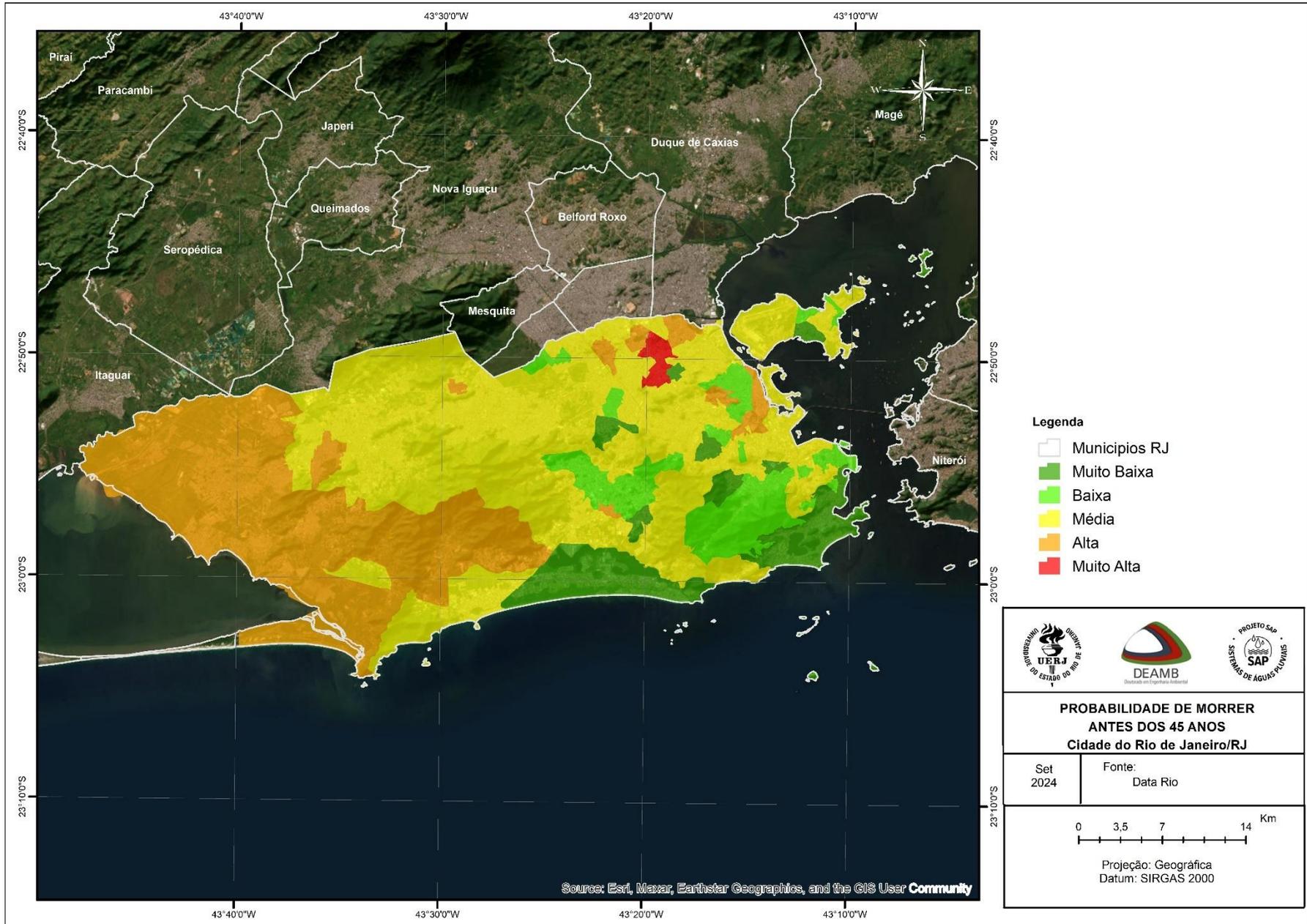


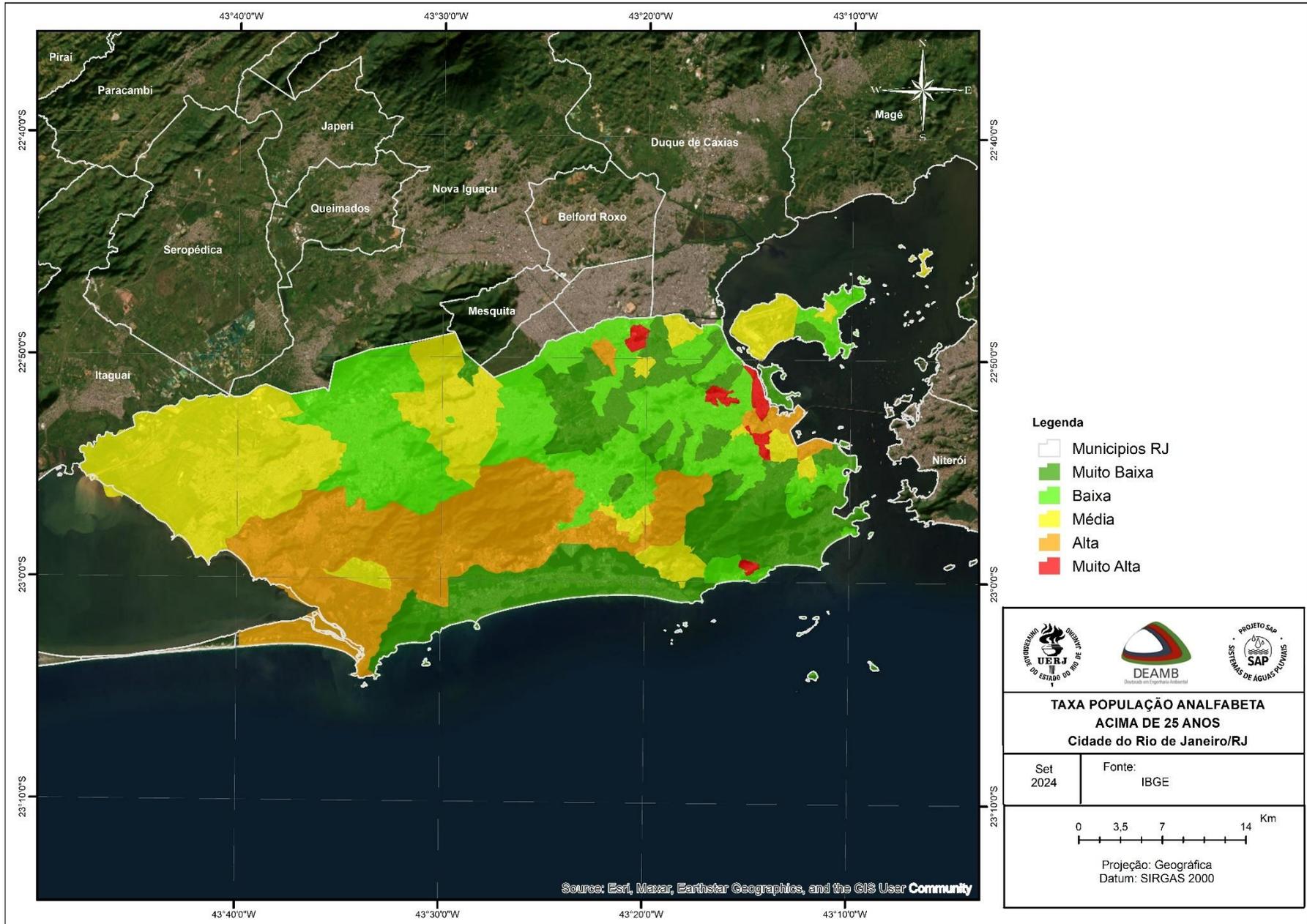


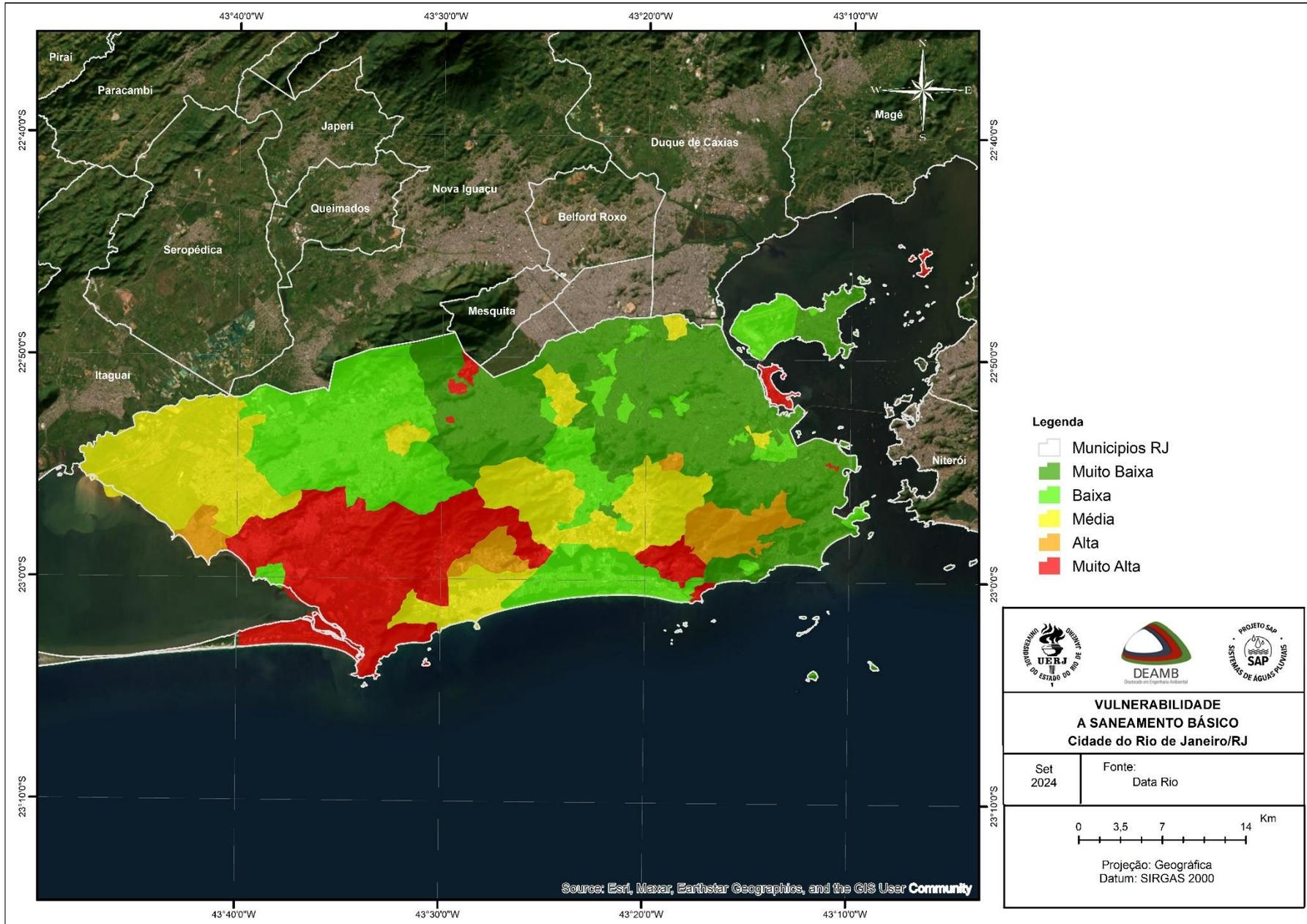


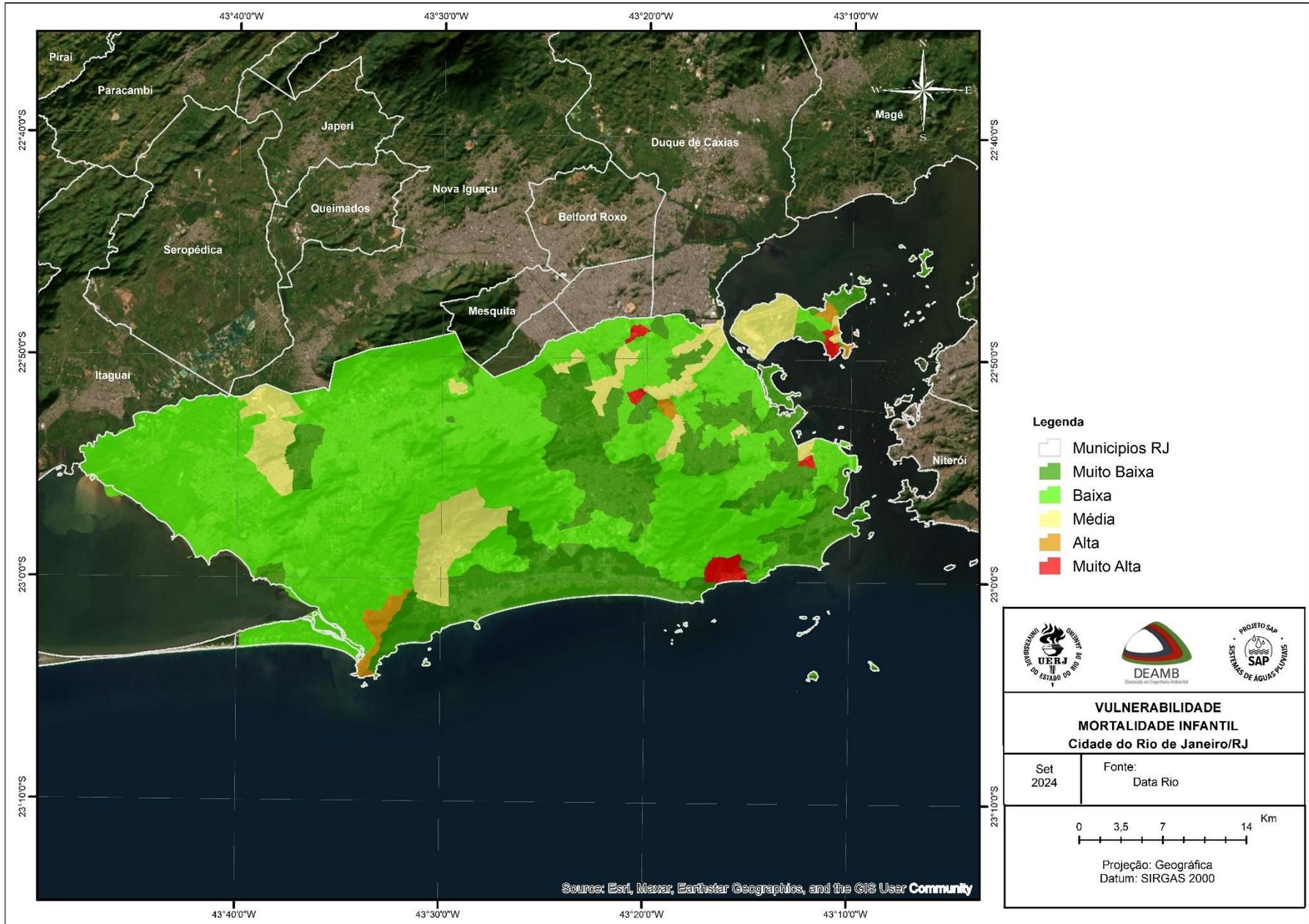
ANEXO II
MAPAS INDICE DE SENSIBILIDADE

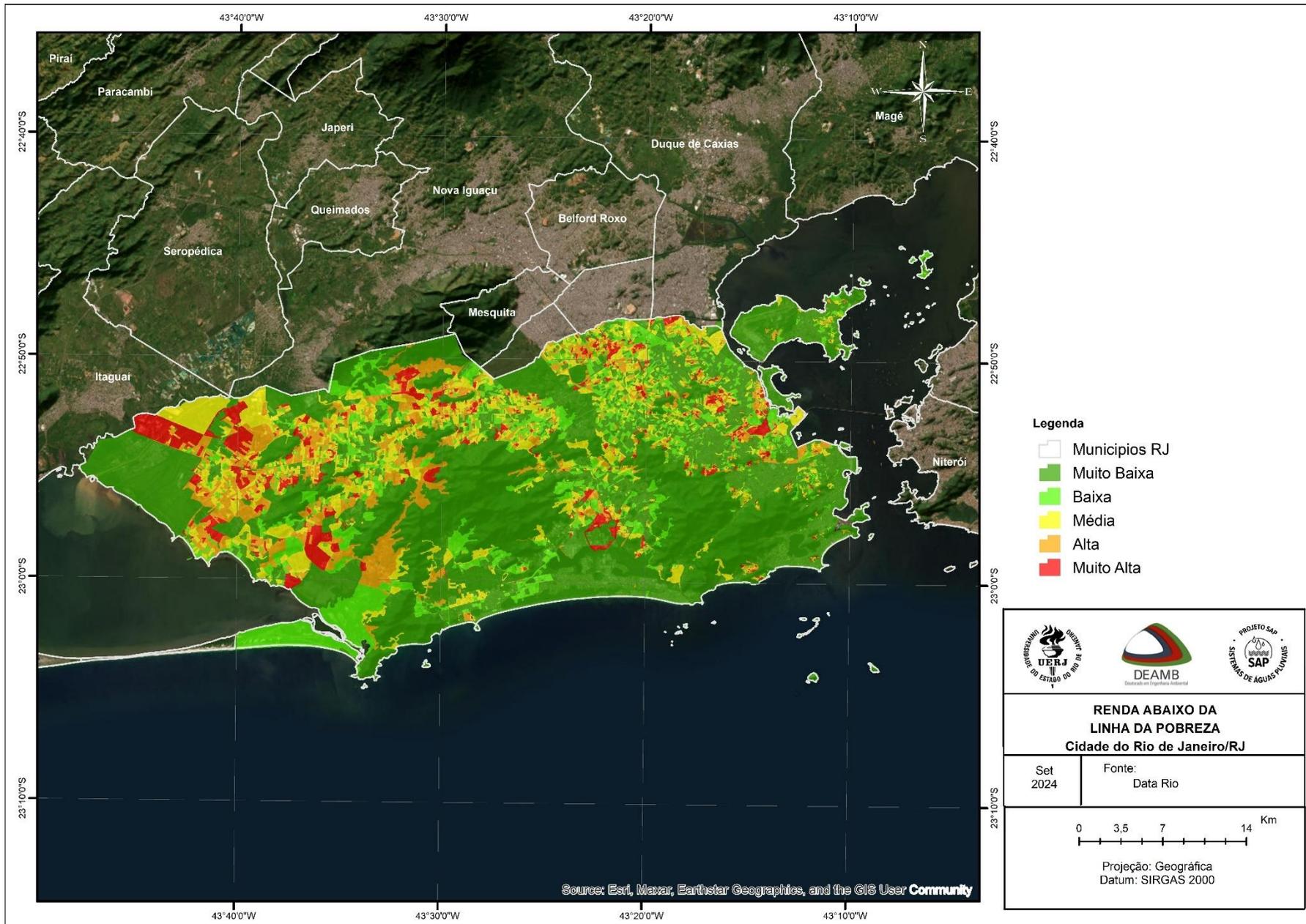


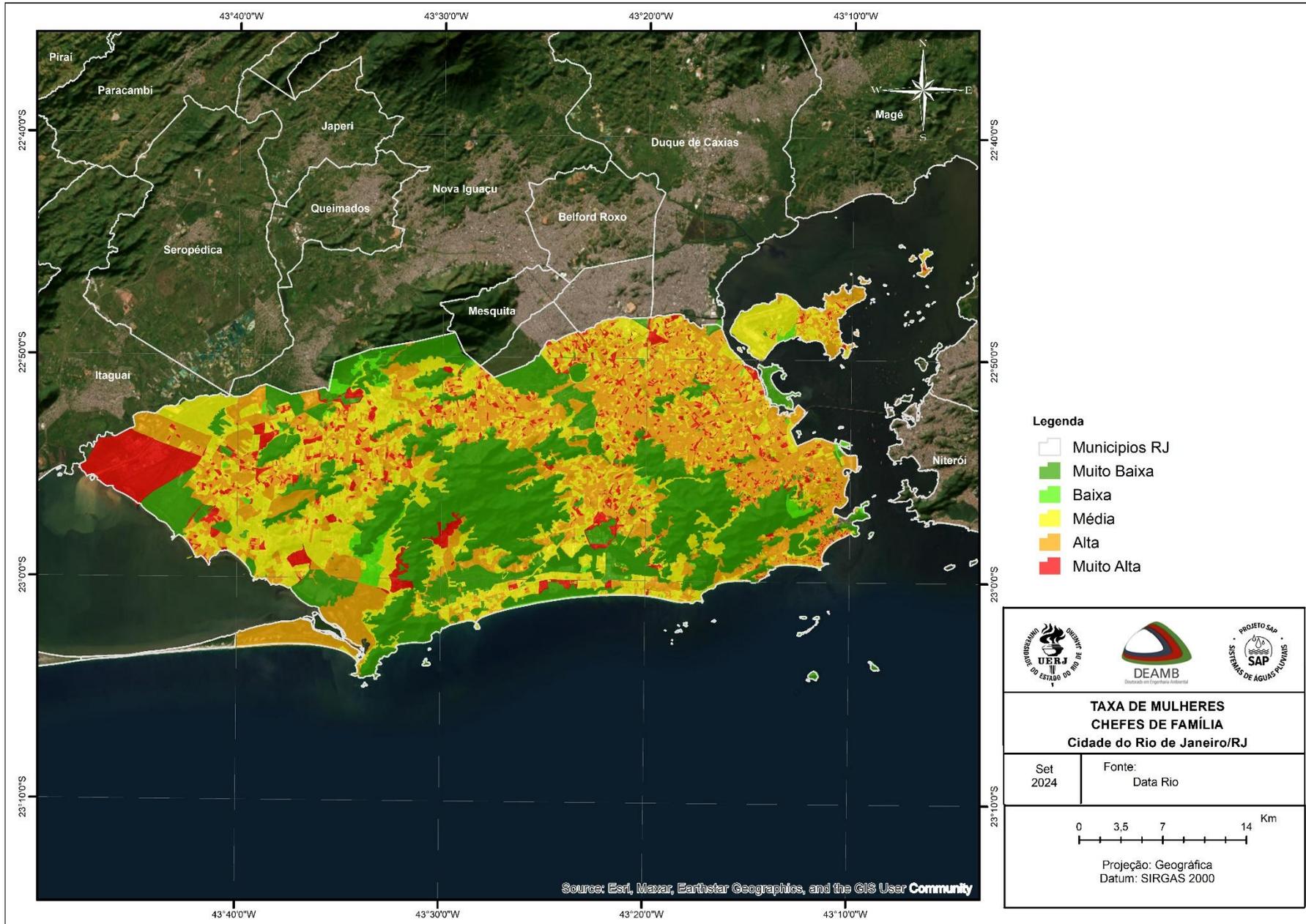


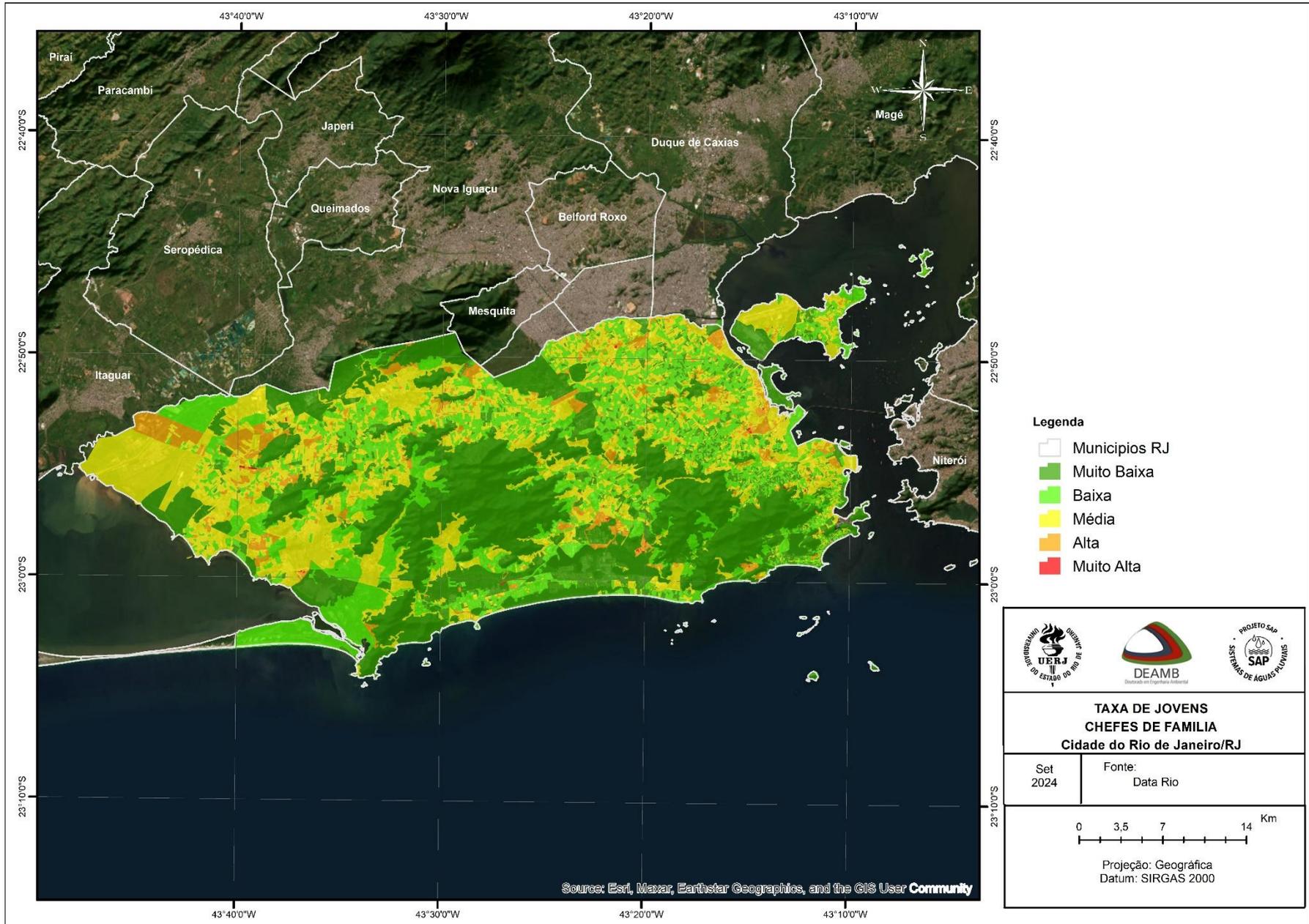


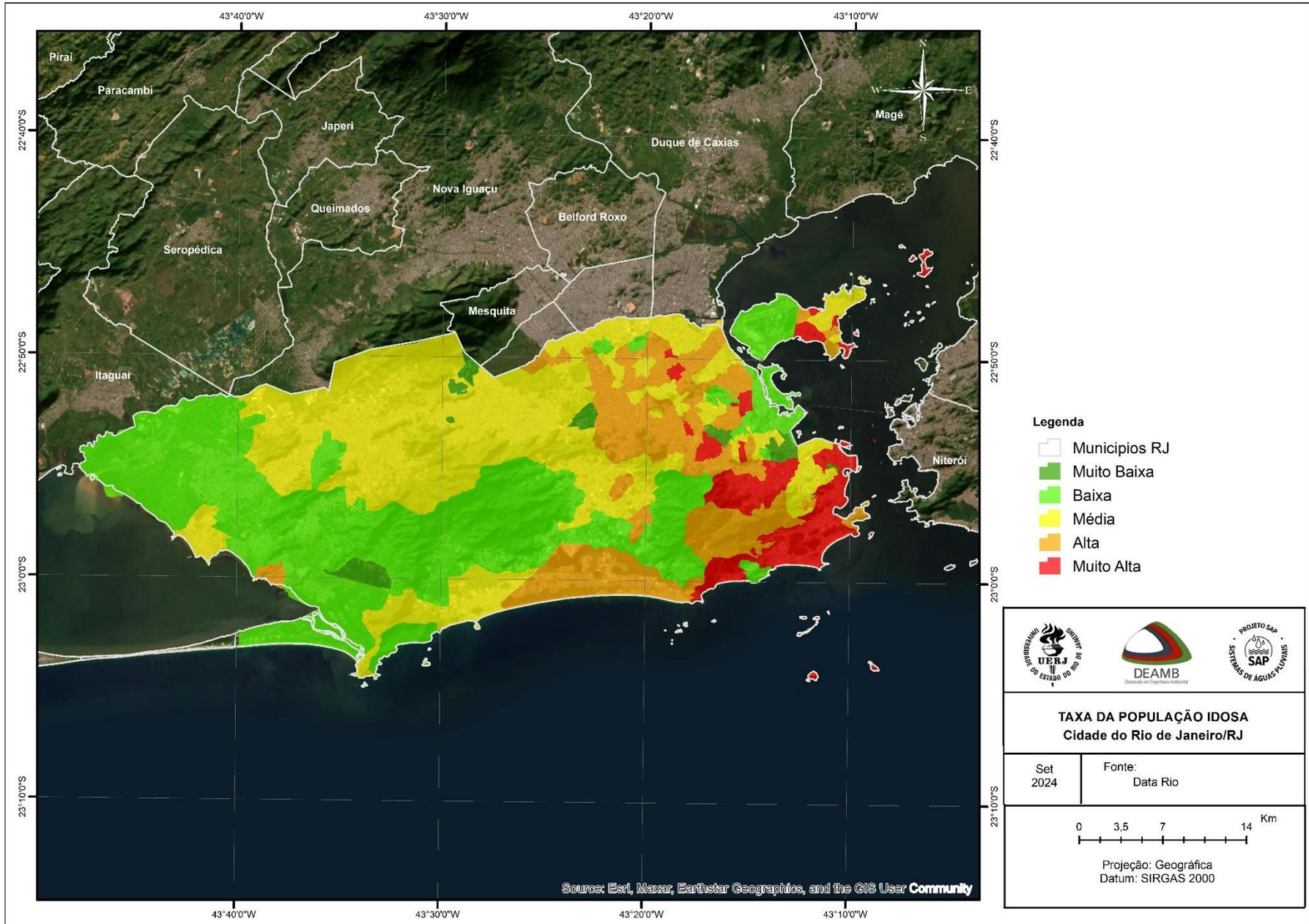


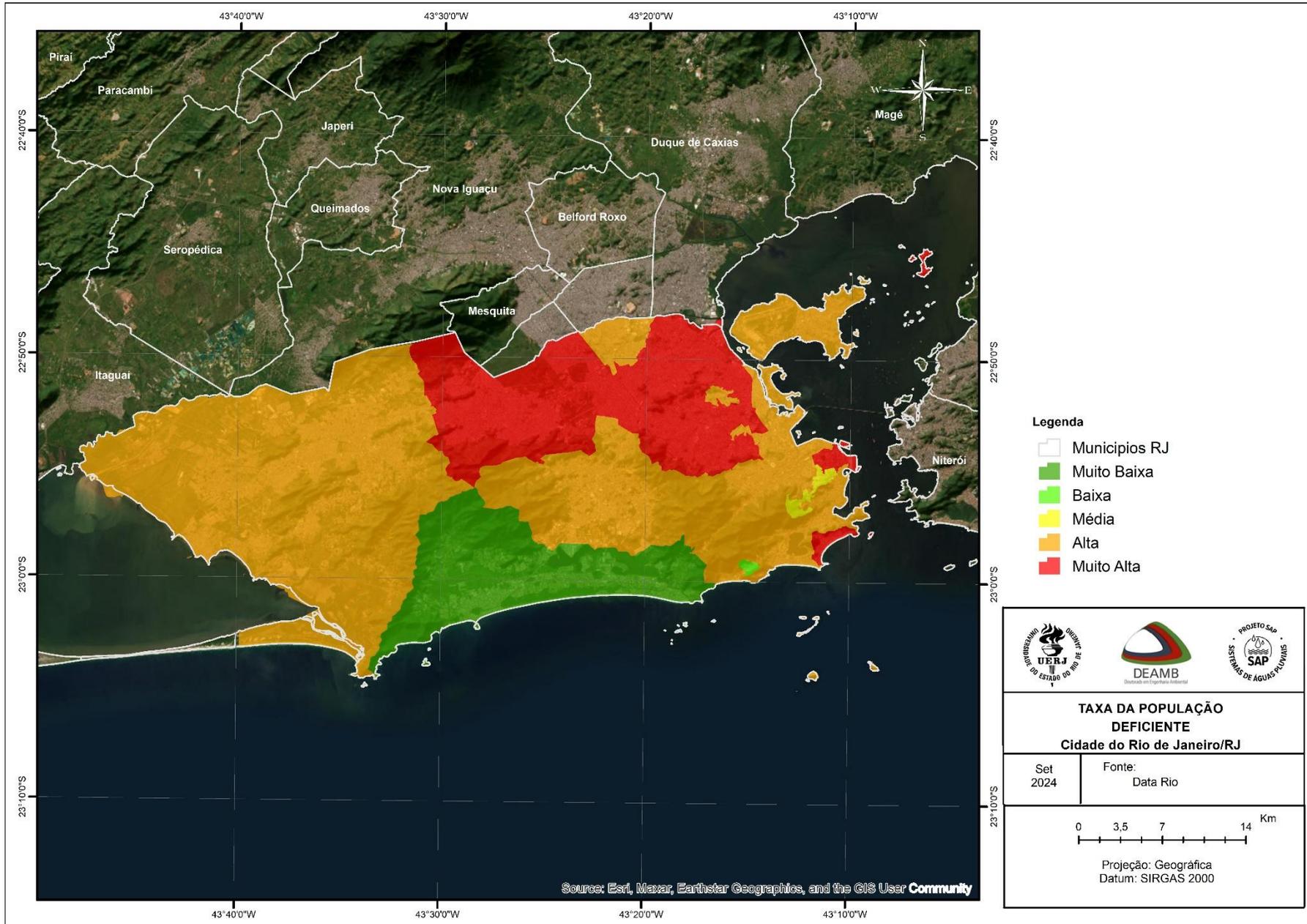


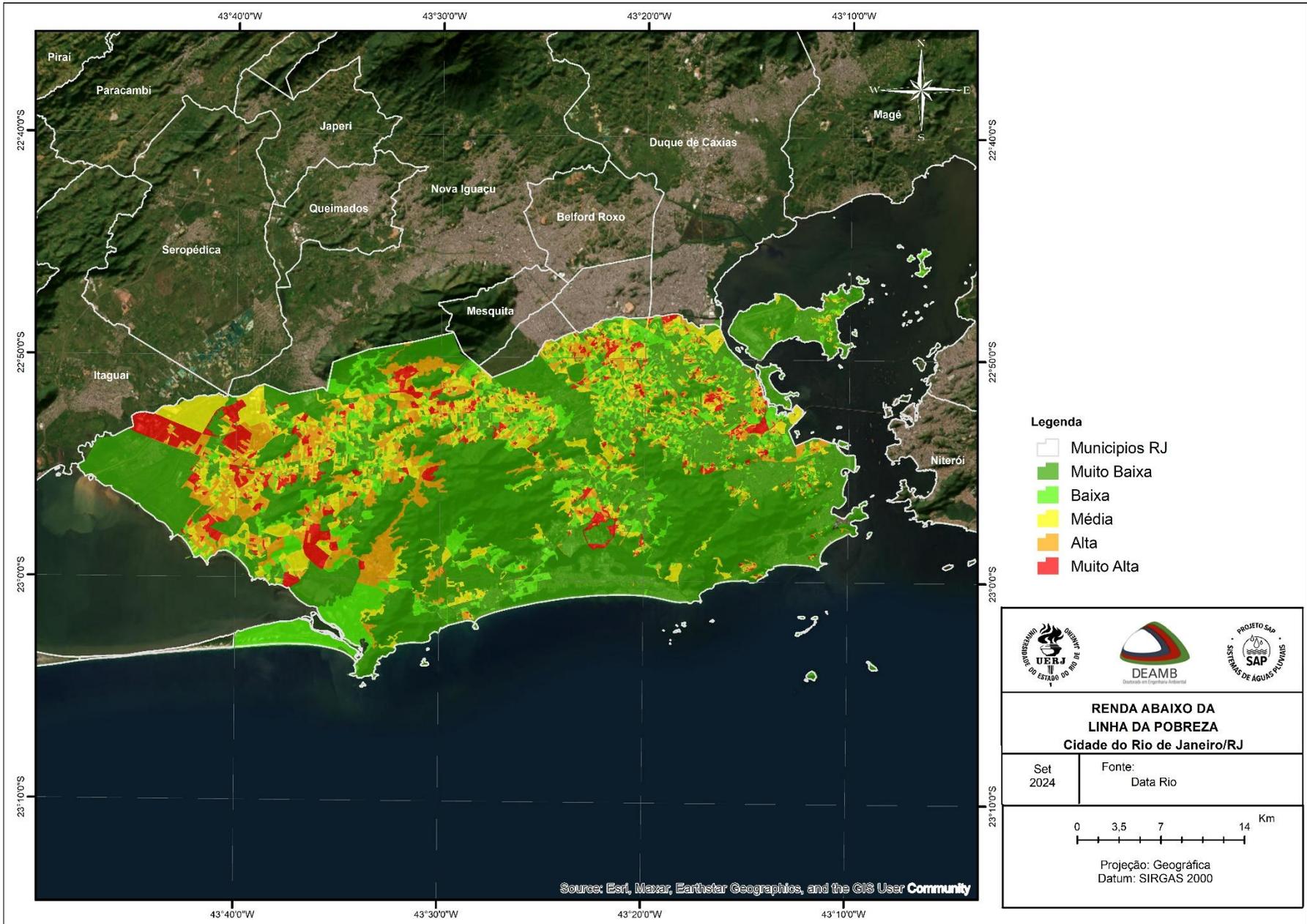


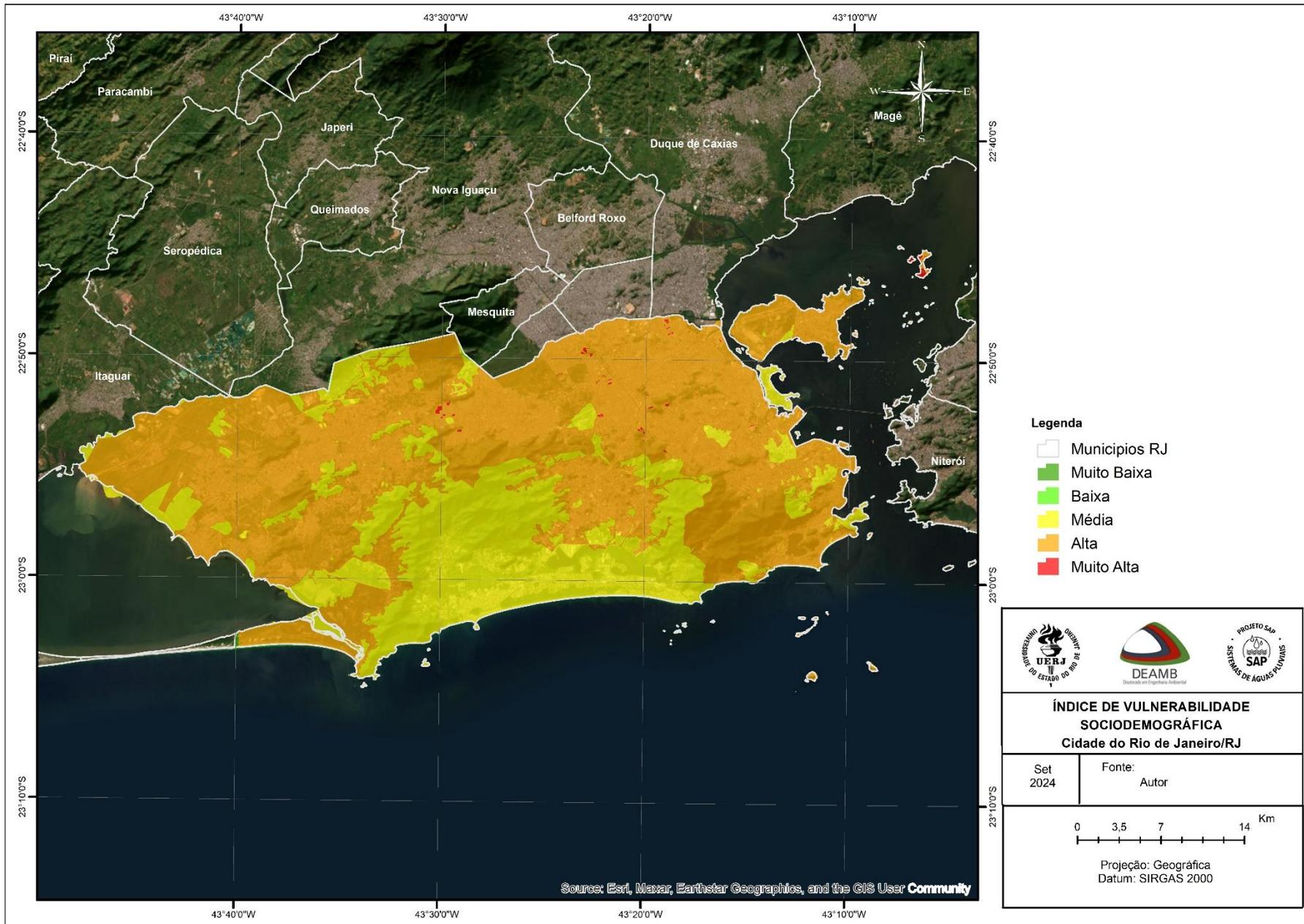


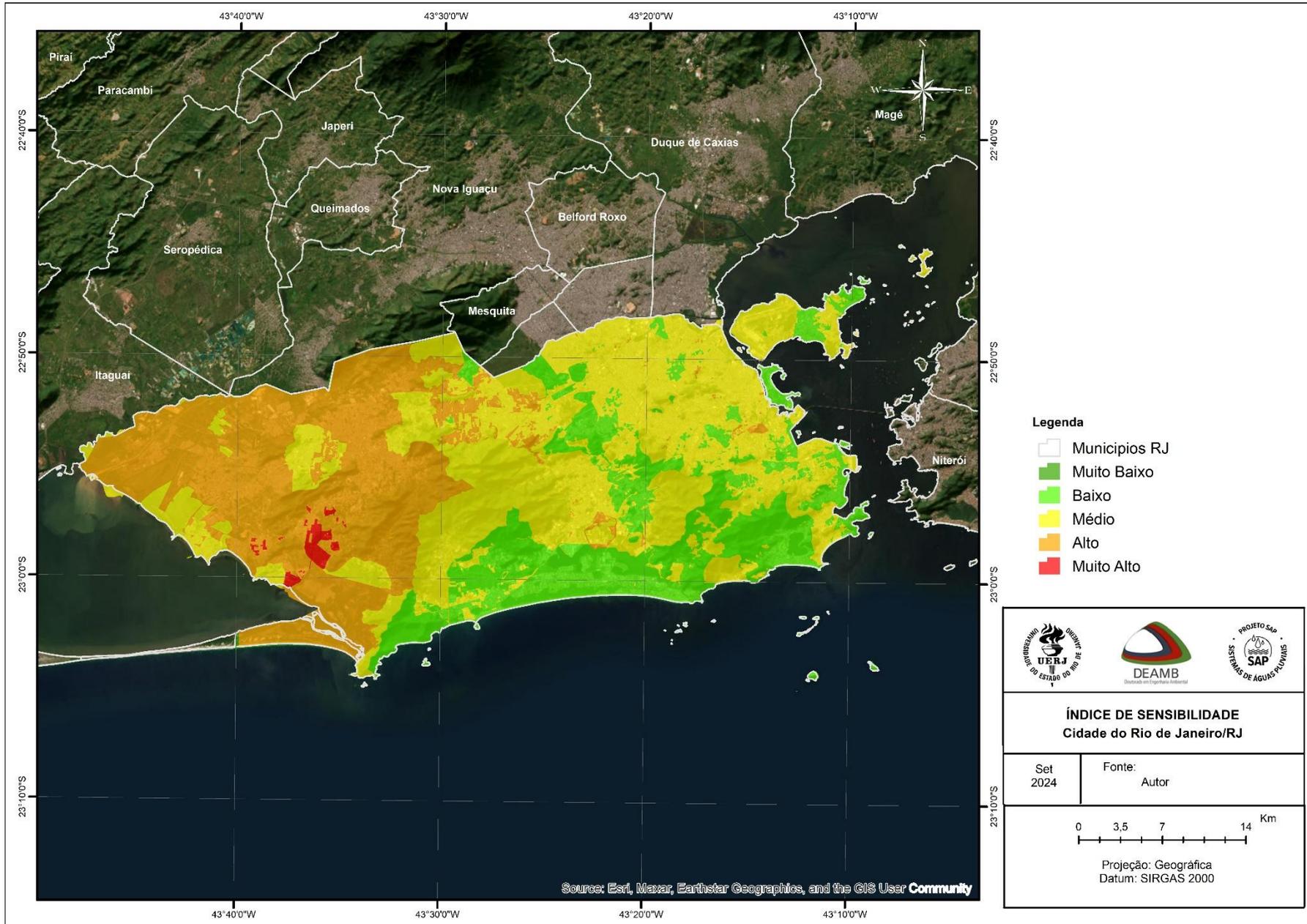






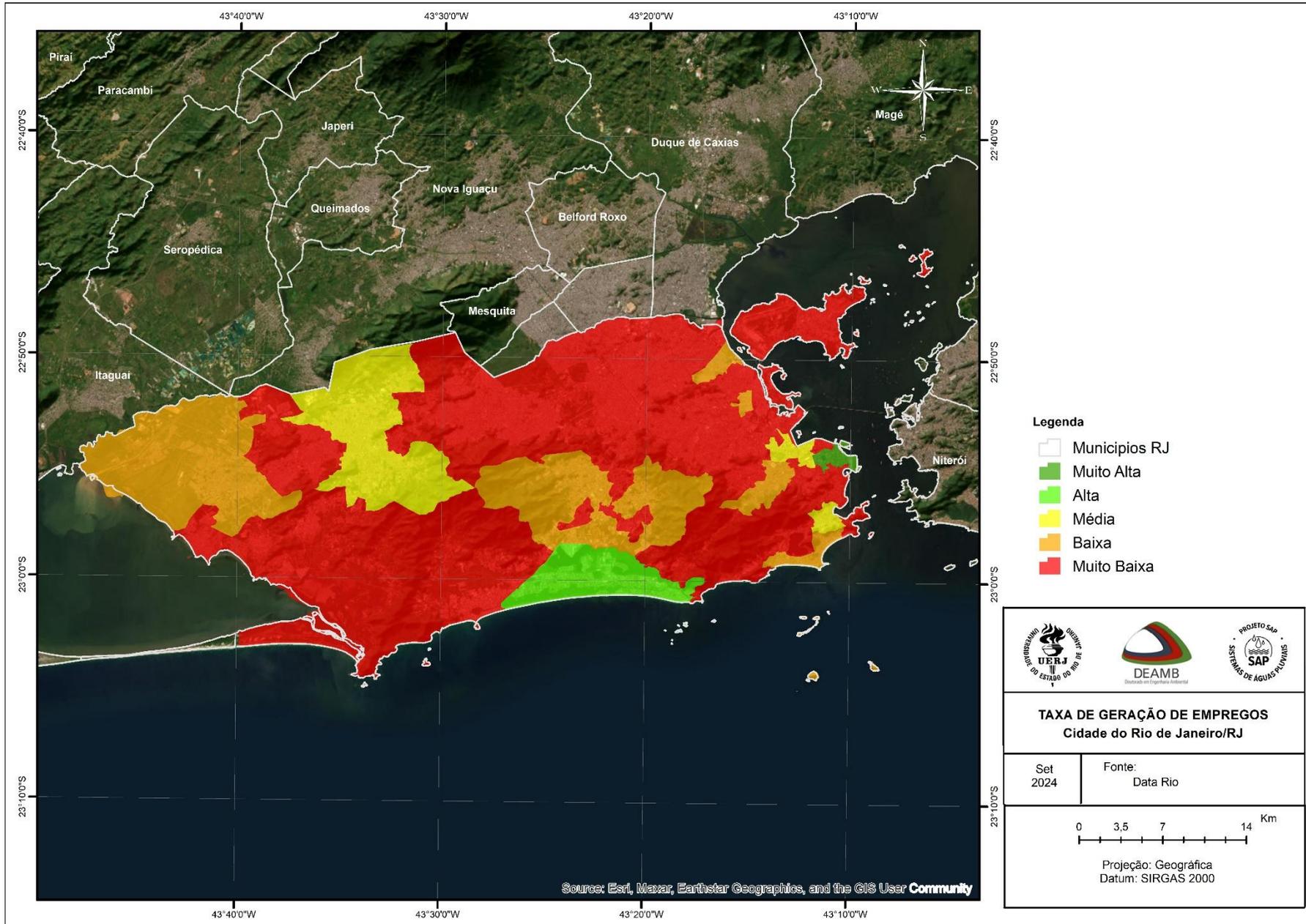


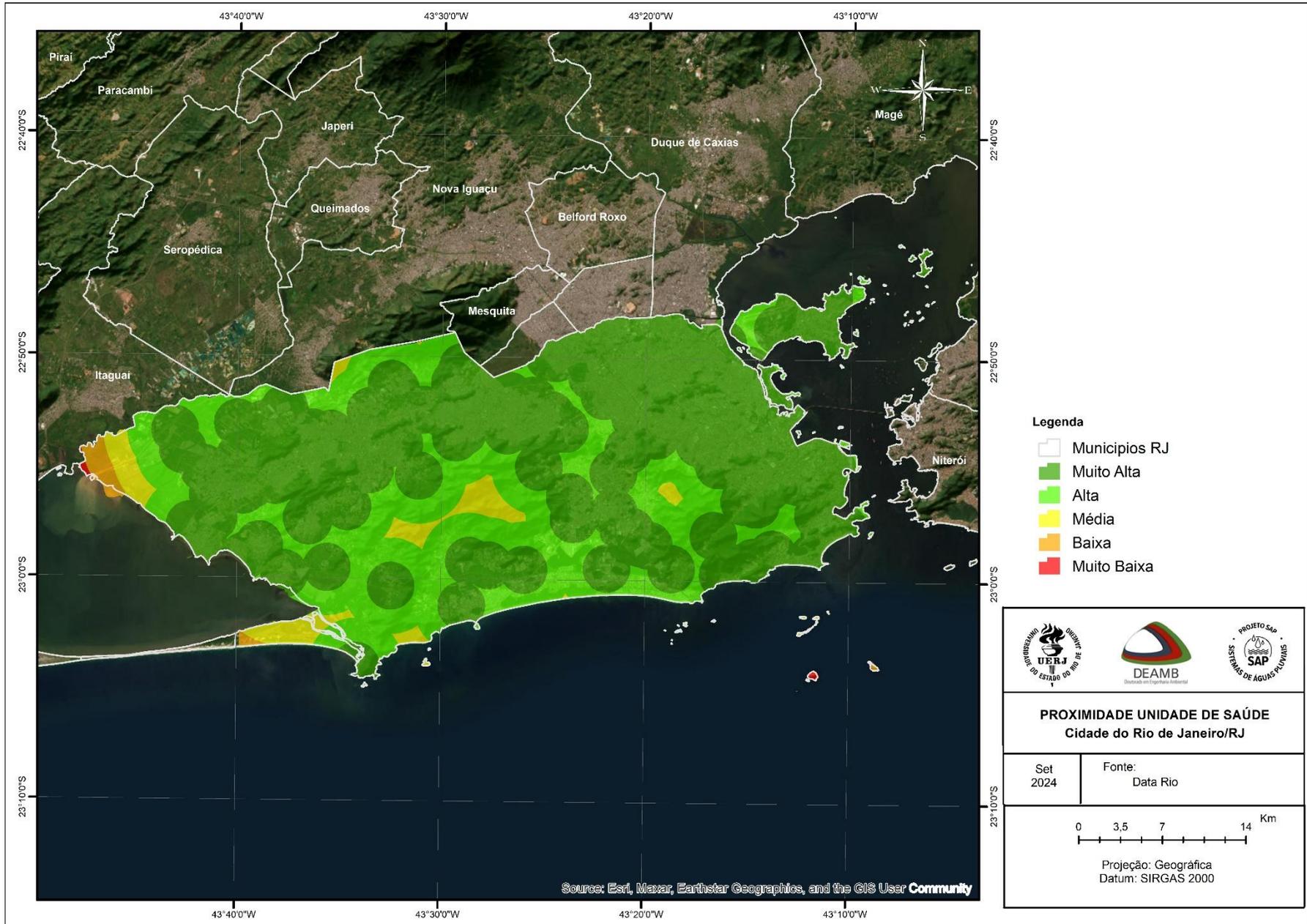


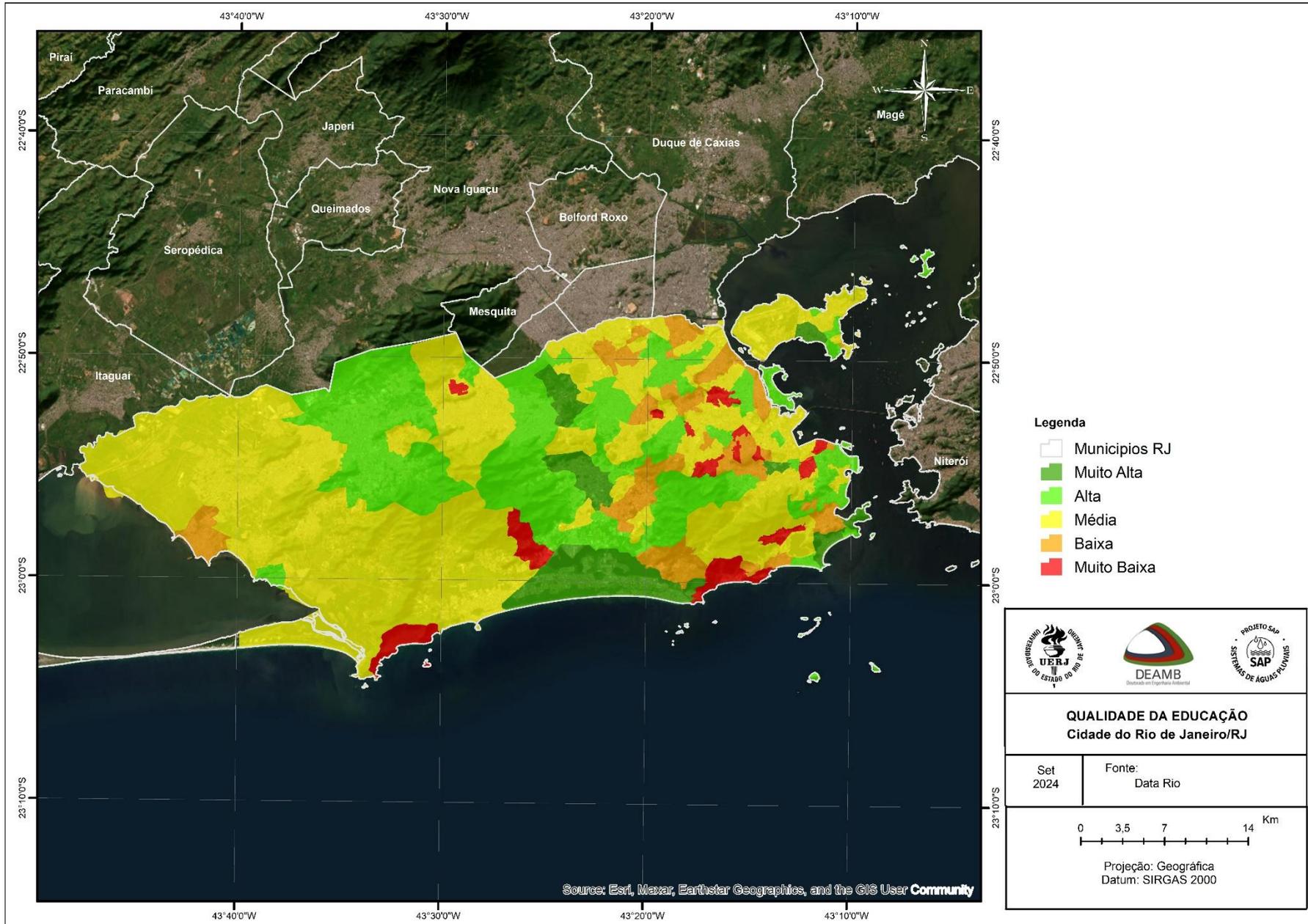


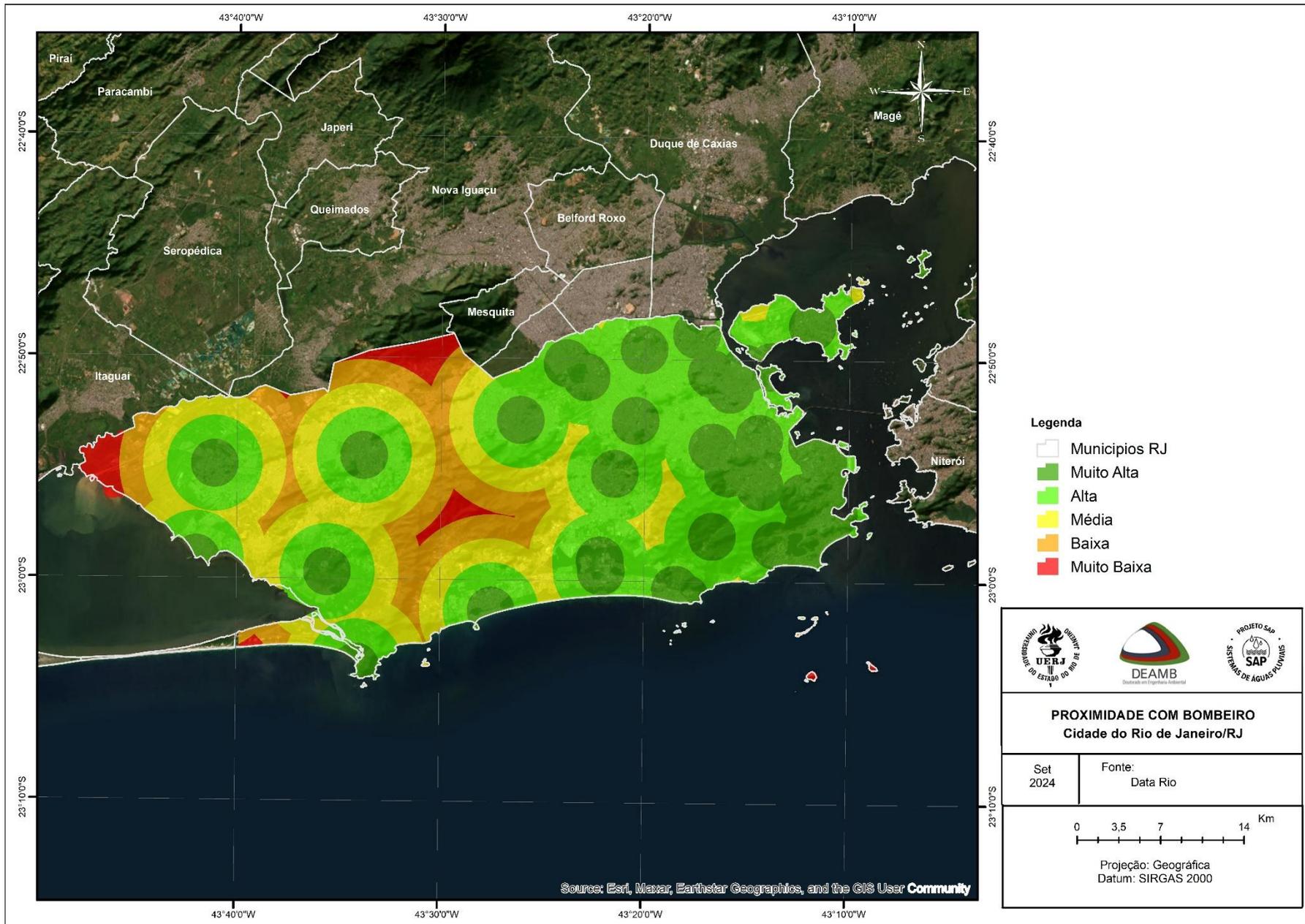
ANEXO III

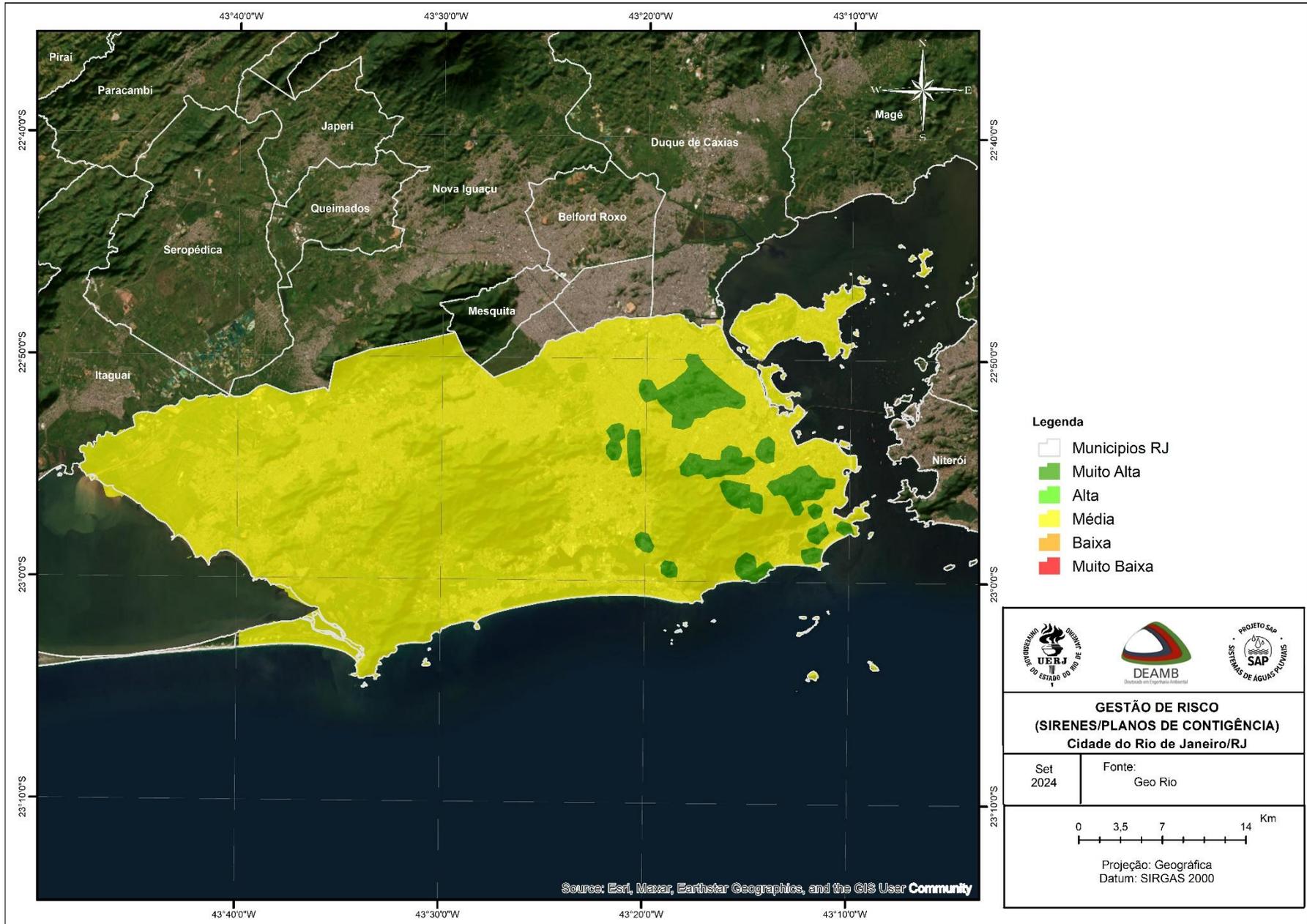
MAPAS INDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA

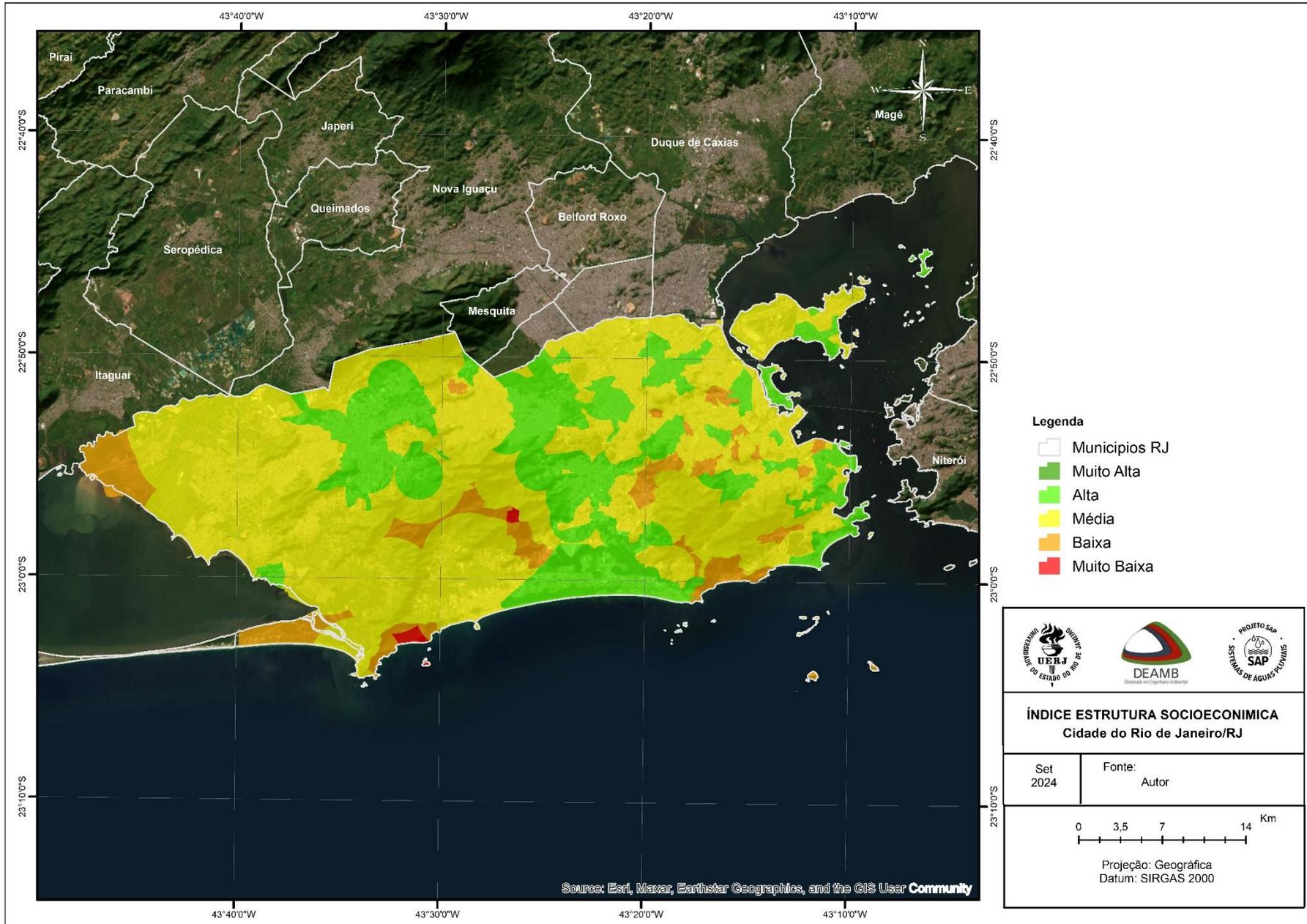


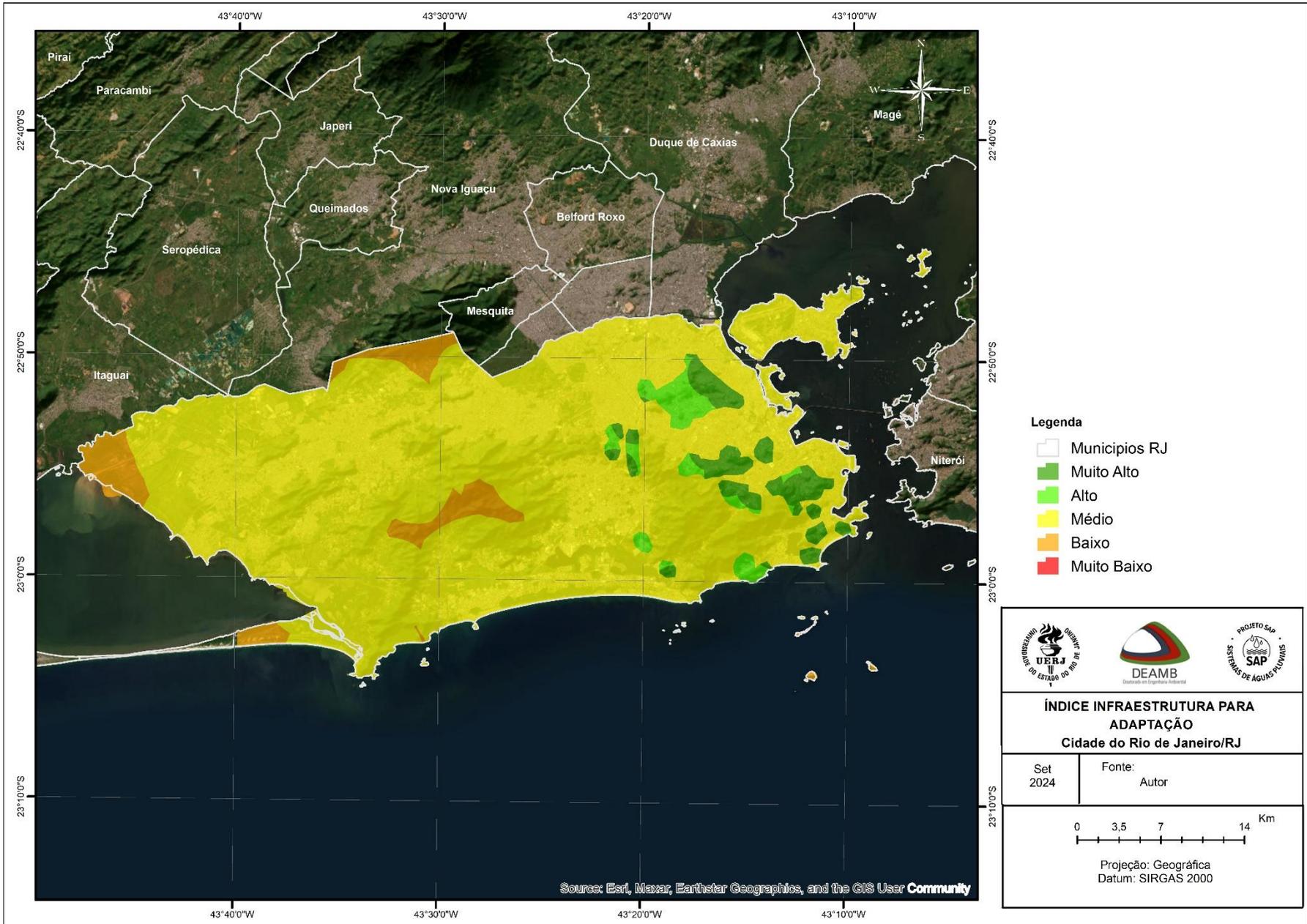


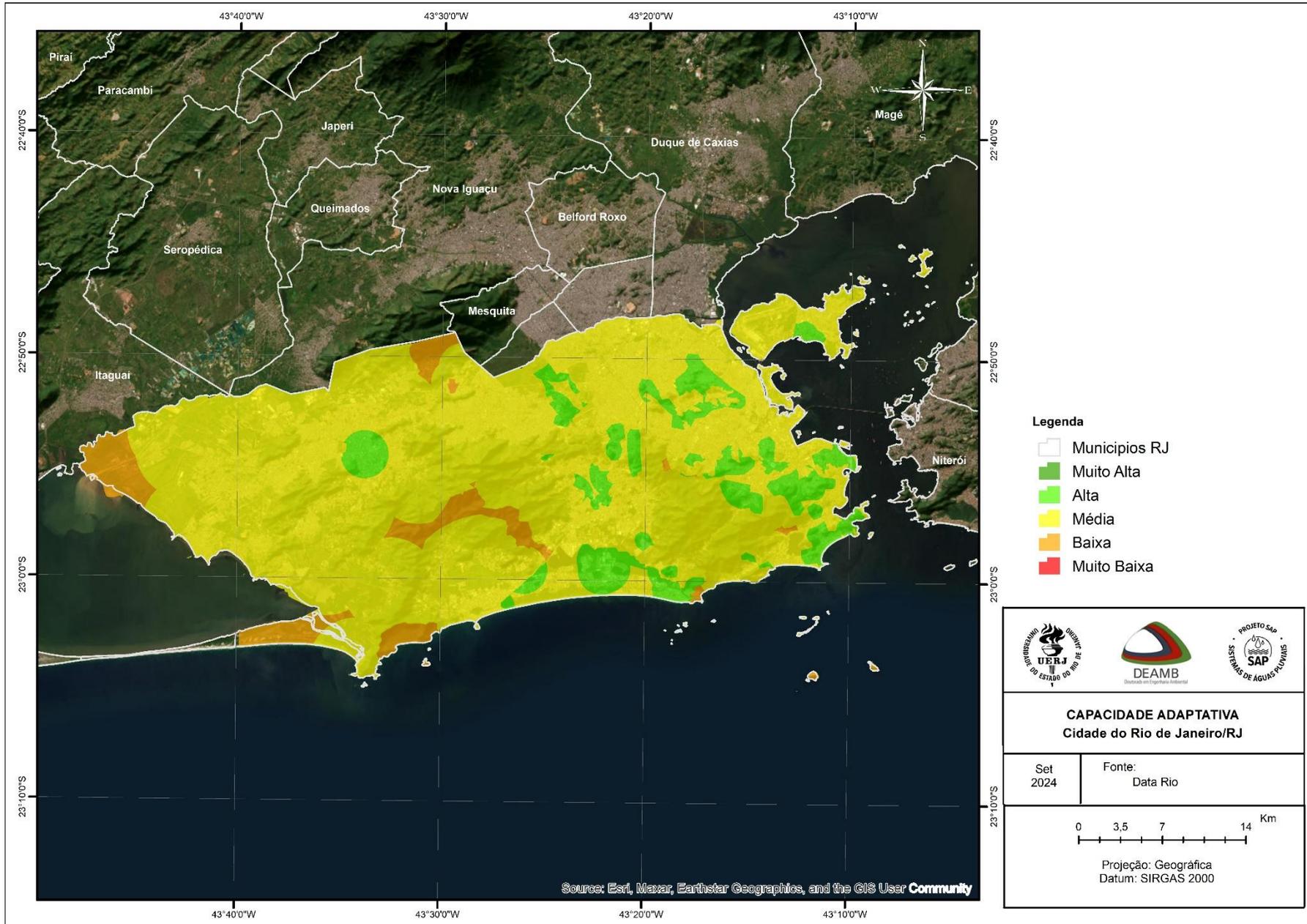












ANEXO IV
CERTIFICADO DE PATENTE APLICATIVO



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA ECONOMIA
 INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: BR512022001757-1

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 29/11/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Mapeamento das vulnerabilidades e riscos do território da cidade do Rio de Janeiro

Data de publicação: 29/11/2021

Titular(es): UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Autor(es): ALFREDO AKIRA OHNUMA JR.; FABRÍCIO RIMENTA DA CUNHA

Linguagem: JAVA SCRIPT; OUTROS

Campo de aplicação: AN-02; IF-01; IF-10; MA-01; SM-01

Tipo de programa: AP-01; FA-01

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:
 149962ac62e59de271e6cbbd6e8240b5863b68721c733ac1f17e50944844a7bb6bd216f12e7d9ea3b120fa9581bc234cddb
 dc73430c4ef17ddc186fba669cc853a

Expedido em: 19/07/2022

Aprovado por:

Joséilson Gomes Pequeno

Chefe Substituto da DIPTO - PORTARIA/INPI/DIRPA Nº 02, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2021