

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE BACIAS URBANAS E PERIURBANAS:
UM ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DE GUARATIBA - CIDADE DO RIO DE
JANEIRO

Nelson Rodrigues dos Reis Filho

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

Orientador: José Paulo Soares de Azevedo

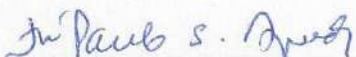
Rio de Janeiro
Novembro de 2018

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE BACIAS URBANAS E PERIURBANAS:
UM ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DE GUARATIBA - CIDADE DO RIO DE
JANEIRO

Nelson Rodrigues dos Reis Filho

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

Examinada por:



Prof. José Paulo Soares de Azevedo, Ph.D.



Prof. Otto Corrêa Rotunno Filho, Ph.D.



Prof. Amaro Olimpio Pereira Junior, D.Sc.



Prof. José Teixeira de Seixas Filho, D.Sc.



Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

NOVEMBRO DE 2018

Reis Filho, Nelson Rodrigues dos

Avaliação da Segurança Hídrica de Bacias Urbanas e Periurbanas: Um Estudo de Caso da Região de Guaratiba - Cidade do Rio de Janeiro / Nelson Rodrigues dos Reis Filho. - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

XXVIII, 360 p.: *il.*; 29,7 cm.

Orientador: José Paulo Soares de Azevedo

Tese (Doutorado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia Civil, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 332-345.

1. Segurança Hídrica. 2. Recursos Hídricos. 3. Comitê Guandu. I. Azevedo, José Paulo Soares de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

*“Não há distância e nem
obstáculo que separe o homem
quando existe amor ou
necessidade”.*

Nelson Rodrigues dos Reis

★ 27/07/1928

† 09/07/2018

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho:

- ao meu neto Francisco Rangel Reis Mutti que é uma inspiração sempre presente em minhas atuações voltadas para um ambiente sustentável para as presentes e futuras gerações;
- as minhas filhas, Mohana Rangel dos Santos Reis e Deborah Rangel dos Santos Reis, que me orgulham pelas posições que adotam nas questões sociais, públicas e profissionais;
- a minha companheira, Ivonete Maria Silva Freire, que muito suporte me proporcionou para que este trabalho fosse possível ser realizado;
- aos meus pais, Nelson Rodrigues dos Reis (*in memoriam*) e Odette Pinheiro dos Reis, a quem sempre ei de agradecer e reverenciar;
- aos meus irmãos, Roberto Rodrigues dos Reis, Neusa Rodrigues dos Reis, Rogério Rodrigues dos Reis, Renato Rodrigues dos Reis e Reinaldo Rodrigues dos Reis, pelo companheirismo e forte irmandade;
- por fim também dedico aos meus sobrinhos, cunhadas, ex cunhadas, tios e tias que me fortalecem no seio da família Reis.

AGRADECIMENTOS

Ao fim de mais uma etapa olhamos para trás e podemos avaliar o quanto foram importantes as muitas ajudas ao longo da caminhada, quantos agradecimentos devo fazê-lo, mas preciso destacar alguns:

- Ao Professor José Paulo Soares de Azevedo, que acreditou e me recebeu como orientado para o Doutorado, mesmo ainda antes da formalização acadêmica, e de quem repeti por 3 vezes sua cadeira Estudos Especiais em Gestão de Recursos Hídricos, de onde saiu a inspiração para escrever o livro Gestão Participativa no Comitê Guandu. Professor, agradeço pela sua dedicação a gestão de recursos hídricos nos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, onde nem sempre temos as mesmas linhas de pensamentos, mas que me fazem avaliar pontos de vistas;
- Ao Professor Sérgio Roberto Pereira Annibal, que foi um de suporte amigo de peso para meu retorno ao meio acadêmico. Cara sou-te muito grato!
- Ao amigo Benedito Passos pela oportunidade que me proporcionou para a volta por cima;
- Aos membros do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (Comitê Guandu) em especial ao Décio Tubbs Filho e ao Júlio Cesar Antunes, pelo Programa de Auxílio a Pesquisa que foi fundamental para etapas deste trabalho de tese. Aos mesmos também tenho muito a agradecer pelas inúmeras consultas;
- Aos membros de minha banca de qualificação que me permitiram chegar até aqui: Prof.^a Rosa Maria Formiga Johnsson (UERJ), que teve uma marcante participação nos órgãos gestores (Secretaria de Ambiente e Instituto Estadual do Ambiente) da gestão de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro; Prof. Adacto Benedicto Ottoni (UERJ), que foi o responsável pelas questões ambientais junto ao CREA/RJ e com destacada atuação também na gestão de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro; Prof. André Luis de Paula Marques, Diretor da AGEVAP, instituição executiva de vários Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro; e Prof. Claudio Freitas Neves (PENOCOPPE/UFR) que tem vasta experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Costeira;

- Ao Pessoal da AGEVAP/UD6/Comitê Guandu em especial a Fátima Rocha, Daina Gelelete, Caroline Lopes, pelas muitas prontas respostas aos inúmeros pedidos de informações, dados e esclarecimentos;
- A Associação de Produtores Rurais de Guaratiba (Rural Guaratiba), em especial ao Prof. Paulo Rodrigues Fernandes Pereira, com quem contei para ter acesso as pesquisas de campo;
- Aos funcionários do INEA, a quem agradeço a todos na pessoa da Livia Soalheiro, pelo atendimento aos meus pedidos dados e informações.
- Aos inúmeros dedicados instrutores nas redes sociais que voluntariamente ensinam os caminhos dos vários *softwares* e aplicativos que foram necessários a concepção deste trabalho, dos quais destaco os grupos do *WhatsApp* do QGIS – ClickGeo – G5, do Sprin, e TopoDRONE; as várias aulas disponíveis no YouTube. Homenageio a todos estes nas pessoas do José Hilário Delconte Ferreira e da Thamyres Silva;
- Aos meus companheiros de luta na OMA-BRASIL e na APEDEMA-RJ, a quem agradeço a todos em nome da Camilla Hellen e do Markus Stepan Bűdzynkz, por possibilitar que os aprendizados sejam possíveis de aplicações práticas nas buscas por melhorias das qualidades e quantidades de nossas águas;
- Aos colaboradores administrativos do Programa de Engenharia Civil que estão sempre prontos às ajudas nos processos acadêmicos, a quem agradeço a todos em nome do Jairo e da Márcia Reis da Secretaria Acadêmica; e
- Aos Membros da banca examinadora do Doutorado os Professores: Otto Corrêa Rotunno Filho, Amaro Olimpio Pereira Junior, José Teixeira de Seixas Filho e Celso Bandeira de Melo Ribeiro e José Paulo Soares de Azevedo.

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

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE BACIAS URBANAS E PERIURBANAS:
UM ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DE GUARATIBA - CIDADE DO RIO DE
JANEIRO

Nelson Rodrigues dos Reis Filho

Novembro / 2018

Orientador: José Paulo Soares de Azevedo

Programa: Engenharia Civil

Esta Tese foi motivada pela busca de solução para situação hídrica da população de Guaratiba, Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, que constantemente faz críticas relacionadas às questões de suas águas relacionadas ao abastecimento público em ponta de linha; das reduções das captações de águas subterrâneas, de um aquífero ainda não reconhecido oficialmente; por não contar com rede de esgotamento sanitário; de constantes inundações; aliadas as preocupações com as necessidades de irrigação para produção em um polo de plantas ornamentais e mudas de espécies da Mata Atlântica. São apresentadas as aplicações dos modelos analíticos de avaliações de segurança hídrica de bacias urbanas e periurbanas.

A conjunção de modelos visa dar suporte à elaboração e à aplicação de políticas públicas que produzam resultados que, embora afetadas por riscos estimados, sejam satisfatórias em termos promoverem a quantidade e a qualidade das águas brutas destinadas ao abastecimento público, usos de águas subterrâneas e de outros aspectos de segurança hídrica de bacias hidrográficas urbana e periurbana.

As bacias hidrográficas estão submetidas a uma série de estressores, entre eles: pressões ambientais, demanda de água, poluentes ordinários ou acidentais e eventos hidrológicos extremos, que geram impactos mais ou menos severos sobre as quantidades e qualidades das águas. Por outro lado, elas são as unidades de planejamento e gestão para os estabelecimentos das seguranças hídricas domésticas, econômicas, ambientais, urbanas e de resiliências.

Como resultados, a conjunção de modelos no estudo de caso de Guaratiba, são apontados para os aspectos relacionados ao estressor “demanda” e as seguranças hídricas urbana e ambiental, que se destacam como indicadores mais prioritários, indicando ações para vários atores envolvidos com as questões da segurança hídrica, em especial o Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim.

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

EVALUATION OF THE WATER SAFETY OF URBAN AND PERIURBAN BASINS: A
CASE STUDY OF THE REGION OF GUARATIBA - CITY OF RIO DE JANEIRO

Nelson Rodrigues dos Reis Filho

November / 2018

Advisor: José Paulo Soares de Azevedo

Department: Civil Engineering

This thesis was motivated by the search for a solution to the water situation of the population of Guaratiba, West Zone of the city of Rio de Janeiro, which constantly criticizes the water issues related to public supply at the end of the line; of the reductions of abstractions of groundwater, of an aquifer not yet officially recognized; for not having sewage network; of constant floods; allied with the needs of irrigation for production in a pole of ornamental plants and seedlings of species of the Atlantic Forest.

The applications of the analytical models of water safety assessments of urban and periurban basins are presented.

The combination of models aims to support the design and implementation of public policies that produce results that, although affected by estimated risks, are satisfactory in terms of promoting the quantity and quality of raw water intended for public supply, groundwater and water use, and other aspects of water security of urban and peri-urban river basins.

The river basins are subject to a series of stressors, among them: environmental pressures, water demand, ordinary or accidental pollutants and extreme hydrological events, which generate more or less severe impacts on the quantities and qualities of the waters. On the other hand, these stressors are the planning and management units for the establishments of the domestic, economic, environmental, urban and resilient water security establishments.

As a result, the combination of models in the Guaratiba case study are pointed to aspects related to the stressors of "demand" and urban and environmental water security, which stands out as more priority indicators, indicating actions for several actors involved with the issues of water security, especially the River Basin Committee Guandu, Guarda and Guandu Mirim.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1 ASPECTOS INTRODUTÓRIOS E METODOLÓGICOS.....	3
1.1 O PROBLEMA.....	3
1.2 HIPÓTESE BÁSICA DA TESE.....	26
1.3 OBJETIVO GERAL.....	26
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
1.5 JUSTIFICATIVAS.....	27
1.6 METODOLOGIA.....	29
CAPÍTULO II.....	32
2 O REFERENCIAL TEÓRICO.....	32
2.1 SEGURANÇA HÍDRICA.....	32
2.1.1 O CONCEITO SEGURANÇA HÍDRICA.....	32
2.1.2 A SEGURANÇA HÍDRICA PELOS ORGANISMOS INTERNACIONAIS.....	36
2.1.3 A SEGURANÇA HÍDRICA NO BRASIL.....	50
2.2 O MODELO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA DE MELO (2016).....	59
2.2.1 OS ESTRESSORES DA BACIA HIDROGRÁFICA E DO MANANCIAL.....	64
2.2.2 PROPRIEDADES DOS ESTRESSORES PARA MENSURAÇÃO DO RISCO.....	70
2.2.3 MÉTODO DE ANÁLISE DE RISCOS ASSOCIADOS AOS ESTRESSORES.....	78
2.3 O MODELO GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP, 2014).....	98
2.3.1 KD ₁ - SEGURANÇAS HÍDRICAS DOMÉSTICAS.....	100
2.3.2 KD ₂ - SEGURANÇA HÍDRICA ECONÔMICA.....	101
2.3.3 KD ₃ - SEGURANÇA HÍDRICA URBANA (CIDADES HABITÁVEIS).....	106
2.3.4 KD ₄ – SEGURANÇA HÍDRICA AMBIENTAL.....	109
2.3.5 KD ₅ – RESILIÊNCIA - PERIGOS RELACIONADOS.....	111
2.4 ANÁLISES DOS MODELOS DE AVALIAÇÕES DE SEGURANÇA HÍDRICA.....	118
CAPÍTULO III.....	120
3 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	120
3.1 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	120
3.2 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	120
3.2.1 OS INSTRUMENTOS.....	121
3.2.2 O SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	122
3.3 VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	131

3.4	A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	131
3.4.1	VIGILÂNCIA EM SAÚDE DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.....	133
	CAPÍTULO IV	136
4	CONTEXTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	136
4.1	A REGIÃO HIDROGRÁFICA II E GUARATIBA.....	136
4.1.1	CARACTERIZAÇÃO DA A REGIÃO HIDROGRÁFICA II.....	137
4.1.2	AS BACIAS E SUB BACIAS HIDROGRAFAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II.....	141
4.1.3	A CAPACIDADE DE GESTÃO E ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL	148
4.2	A CRISE HÍDRICA DE 2014-2016.....	149
4.2.1	ENFRENTAMENTO DA ESTIAGEM	150
4.2.2	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	152
4.3	GUARATIBA: CARACTERÍSTICAS E USOS DO SOLO	154
4.3.1	O SOLO DE GUARATIBA	158
4.3.2	PROJEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO DE REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	159
4.3.3	O CLIMA DE GUARATIBA.....	159
4.3.4	A ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES RURAIS DE GUARATIBA	162
	CAPÍTULO V	164
5	APLICAÇÕES DOS MODELOS.....	164
5.1	A PROPOSTA.....	164
5.2	O ABASTECIMENTO PÚBLICO	165
5.2.1	O PRINCIPAL MANANCIAL E SUA CARACTERIZAÇÃO.....	165
5.2.2	AS REPRESAS DAS TACHAS, COQUEIRO E ANDORINHA	173
5.3	AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	175
5.4	A SEGURANÇA HÍDRICA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO PARA GUARATIBA	176
5.4.1	PRESSÕES SOBRE CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	176
5.4.2	PRESSÃO POR DEMANDA DE ÁGUA	218
5.4.3	POLUENTES ORDINÁRIOS, PRESSÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA	236
5.4.4	ESTRESSOR POLUENTES ACIDENTAIS	261
5.4.5	EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS	272
5.4.6	ANÁLISE DE RISCO A SEGURANÇA HÍDRICA (R_{SHW})	288
5.5	A SEGURANÇA HÍDRICA SOB A ÓTICA LOCAL DE GUARATIBA	295
5.5.1	A SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA DE GUARATIBA	296
5.5.2	A SEGURANÇA HÍDRICA ECONÔMICA.....	304
5.5.3	SEGURANÇA HÍDRICA URBANA.....	310
5.5.4	SEGURANÇA HÍDRICA AMBIENTAL	313

5.5.5 RESILIÊNCIA: PERIGOS RELACIONADOS.....	315
CAPÍTULO VI	323
6 CONCLUSÕES, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	323
6.1 CONCLUSÕES	323
6.2 DISCUSSÕES.....	325
6.2.1 OS RESULTADOS DAS APLICAÇÕES DOS MODELOS ADOTADOS	325
6.2.2 RESULTADOS LOCAIS PARA O CASO DE GUARATIBA.....	326
6.2.3 LIMITES DA PESQUISA E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	327
6.3 RECOMENDAÇÕES.....	328
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	332
ANEXOS.....	346
I. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	347
II. REFERÊNCIAS DE VALORES ATRIBUÍDOS NO CÁLCULO DE KD_5	352
III. GLOSSÁRIO DE TERMOS	353

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Domicílios e suas formas de abastecimento de água.....	5
Figura 2 - Atendimentos de abastecimento público na XXVIª RA	5
Figura 3 - Outorgas de pontos de captações e lançamentos do Bairro Guaratiba.....	6
Figura 4 - Domicílios e os tipos de esgotamentos sanitários declarados nos censos....	7
Figura 5 – Rede de esgoto disponível na XXVIª RA	7
Figura 6 - Aquífero Guaratiba	8
Figura 7- Índice de Qualidade de Água 2013 da RH II.....	11
Figura 8 - Índice de Qualidade de Água 2014 da RH II.....	11
Figura 9 - Índice de Qualidade de Água 2015 da RH II.....	12
Figura 10 - Capa da matéria sobre a luta pela água em Guaratiba	13
Figura 11 - Carro pipa é abastecido durante à noite	14
Figura 12 - Publicação do Jornal O Globo sobre uso ilegal de água	14
Figura 13 - Leito do Rio Portinho (a)	17
Figura 14 - Leito do Rio Portinho sem Água (b)	17
Figura 15 - Leito de córrego contaminado (c).....	17
Figura 16 - Leito de corpo hídrico superficial contaminado (d); e.....	17
Figura 17 - Ligações clandestinas (e).....	17
Figura 18 - As Unidades de Conservação de Guaratiba	19
Figura 19 – Detalhamento do Perímetro da Reserva Biológica de Guaratiba.....	21
Figura 20 - Mapa da Região Hidrográfica II do Estado do Rio de Janeiro	24
Figura 21 - Componentes do risco	44
Figura 22 - Objetivos do PSA-MS.....	55
Figura 23 - Representação esquemática do Sistema de Abastecimento de Água.....	60
Figura 24 - Aspectos dos subsistemas das funções: gestão da água bruta e abastecimento de água potável.....	61
Figura 25 - Modelo Analítico de Segurança Hídrica de MELO (2016)	63
Figura 26 - Estressores da fonte de água bruta	66

Figura 27 - Influência das propriedades dos estressores sobre a água bruta.....	71
Figura 28 - Medidas do Risco da Segurança Hídrica	79
Figura 29 - Cenário de risco	82
Figura 30 - Gerenciamento contínuo de riscos.....	82
Figura 31 - Políticas urbanas, inclusive de gestão de recursos hídricos.....	91
Figura 32 - Melhoria contínua da política de recursos hídricos	91
Figura 33 - Avaliação de risco associada à quantidade e qualidade de água bruta para abastecimento urbano	92
Figura 34 - Do modelo analítico de segurança hídrica: a vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água potável.....	94
Figura 35 - As cinco dimensões da segurança hídrica da AWDO.....	99
Figura 36 - Estágios de Cidades Sensíveis às Águas.....	107
Figura 37 - Dados para avaliação da saúde do rio com análise espacial de SIG	111
Figura 38 - Índices Nacionais de Segurança Hídrica para os Recursos Hídricos <i>Per Capita</i>	117
Figura 39 - Índices Nacionais de Segurança Hídrica e os PIBs <i>Per Capita</i> (US\$ de 2009)	117
Figura 40 - Índices Nacionais de Segurança Hídrica versus Índices de Governanças	118
Figura 41 - Gráfico de CBHs Instalados por Estados Brasileiros	126
Figura 42 - Regiões Hidrográficas Brasileiras	127
Figura 43 - Organograma de Gestão de Recursos Hídricos no Brasil	128
Figura 44 - Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro	132
Figura 45 - Organograma da Secretaria Municipal de Saúde	134
Figura 46 - Localização da Região Hidrográfica II.....	137
Figura 47 - Área de Abrangência do Comitê Guandu	138
Figura 48 - Modelo Digital de Elevação da RH-II	138
Figura 49 - Esquema Geral do Complexo Hidroelétrico de Lajes.	140
Figura 50 - Sub Bacias e hidrografia da Região Hidrográfica II	145

Figura 51 - Gradiente de Altitudes da RH II.....	146
Figura 52 - Vazões naturais no Rio Paraíba do Sul, em Santa Cecília	150
Figura 53 - Evolução histórica do armazenamento (%)......	151
Figura 54 - Variação da Densidade de Cianobactérias - Trecho Funil / Campo	152
Figura 55 - IQA (dez. 2015 e jan. 2016) – Perfis do Trecho Funil / Guandu	153
Figura 56 - Ocupações em Guaratiba	154
Figura 57 - Sub-bairros de Guaratiba	155
Figura 58 - Ocupação do Solo de Guaratiba	157
Figura 59 - Série histórica das precipitações pluviométricas de Guaratiba (mm)	161
Figura 60 – Participantes da 1ª Oficina em Guaratiba para a Revisão do Plano de Bacia do Comitê Guandu.....	163
Figura 61 - Distribuição no território dos produtores mais ativos da Rural Guaratiba	163
Figura 62 - Áreas de municípios da RH II que no todo ou em parte são drenantes para montante da captação da ETA Guandu	165
Figura 63 - Esquema de Aproveitamento Hidrelétrico do Sistema Lajes da LIGHT ...	166
Figura 64 - Subsistema Lameirão.....	169
Figura 65 - O Reservatório do Marapicu e Alguns de seus Equipamentos de Recalques	171
Figura 66 - Esquema Geral do Sistema Guandu Atual	172
Figura 67 - Esquema Geral do Sistema Guandu Futuro	172
Figura 68 - Placa com Informações sobre a Ampliação do Sistema de Abastecimento de Guaratiba.....	173
Figura 69 - Tubos das Adutoras que Atenderão a Guaratiba.....	173
Figura 70 - Represa das Tachas e ao fundo Caixa de Areia (filtragem) (a)	175
Figura 71 - Represa Coqueiro (b).....	175
Figura 72 - Represa Andorinha (c)	175
Figura 73 – Ocupação e Uso da Terra a Montante da ETA Guandu em 2017	177
Figura 74 - Ocupação e Uso da Terra da Área de Rio Claro na RH II em 2017	179

Figura 75 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Rio Claro na RH II em 2017.....	179
Figura 76 - Ocupação e Uso da Terra de Piraí na RH-II em 2017	181
Figura 77 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Piraí na RH II em 2017.....	181
Figura 78 - Ocupação e Uso da Terra de Barra do Piraí na RH II em 2017.....	183
Figura 79 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Barra Piraí na RH II em 2017	183
Figura 80 - Ocupação e Uso da Terra de Mendes na RH II em 2017	184
Figura 81 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Mendes na RH II em 2017.....	185
Figura 82 - Ocupação e Uso da Terra de Engº Paulo de Frontin na RH II em 2017..	186
Figura 83 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Eng. Paulo de Frontin na RH II em 2017	186
Figura 84 - Ocupação e Uso da Terra de Vassouras na RH II em 2017.....	187
Figura 85 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Vassouras na RH II em 2017.....	188
Figura 86 - Ocupação e Uso da Terra de Miguel Pereira pertencente a RH II.....	189
Figura 87 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Miguel Pereira na RH II em 2017	189
Figura 88 - Ocupação e Uso da Terra de Paracambi da RH II.....	190
Figura 89 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Paracambi da RH II em 2017.....	191
Figura 90 - Ocupação e Uso da Terra de Seropédica da RH II.....	192
Figura 91 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Seropédica da RH II em 2017	193
Figura 92 - Ocupação e Uso da Terra de Japeri da RH II	194
Figura 93 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Seropédica da RH II em 2017	194
Figura 94 - Ocupação e Uso da Terra de Queimados da RH II	195

Figura 95 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Queimados da RH II em 2017	196
Figura 96 - Ocupação e Uso da Terra de Nova Iguaçu pertencente a RH II.....	197
Figura 97 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Nova Iguaçu da RH II em 2017.....	197
Figura 98 – Percentual de Ocupação e Uso da Terra da Área a Montante da Captação da ETA-GUANDU em 2017	198
Figura 99 - Unidades de Conservação a Montante da ETA Guandu	199
Figura 100 - Vertente do Parque Estadual da Pedra Branca para a Região Hidrográfica II.....	209
Figura 101 - Classificações obtidas software Quantum Gis de usos e ocupação da terra a Montante da ETA Guandu em 2017	210
Figura 102 - Imóveis Cadastrados no CAR nos Municípios à Montante da ETA-Guandu em 2018.....	215
Figura 103 – Reunião de Planejamento APA Guandu e Diretoria CBH Guandu	217
Figura 104 - Unidades Hidrológicas de Planejamento da RH II – Guandu	219
Figura 105 - Etapas de Integração de Dados do INEA	223
Figura 106 - Cenários de Demandas Hídricas da Área Drenante à ETA Guandu	227
Figura 107 - Capa da Cartilha Águas do Rio: Cuidando das Nossas Águas	236
Figura 108 - Mapa de distribuição do IQA médio de Tocos nos monitoramentos 2011/2012 e 2016.....	246
Figura 109 - Índice de Qualidade de Água (IQA _{NSF}) 2013 na RH II.....	247
Figura 110 - Índice de Qualidade de Água (IQA _{NSF}) 2014 na RH II.....	247
Figura 111 - Índice de Qualidade de Água (IQA _{NSF}) 2015 na RH II.....	248
Figura 112 - Índice de Qualidade de Água (IQA _{NSF}) 2016 na RH II.....	248
Figura 113 - Índice de Qualidade de Água (IQA _{NSF}) 2017 na RH II.....	249
Figura 114 – Gráficos de ICEs no Período de 2014/2017 e os Pontos de Amostragens	257
Figura 115 - Sinalização de controle de velocidade da Serra das Araras.....	271

Figura 116 - Precipitação acumulada média anual, média dos acumulados anuais e tendência para a RH II.....	275
Figura 117 - Temperatura máxima média anual, média das temperaturas máximas anuais e linha de tendência para RH II.....	276
Figura 118 - Temperatura mínima média anual, média das temperaturas máximas anuais e linha de tendência para RH II.....	277
Figura 119 - Comportamento Médio da Precipitação anual sobre a área da RH II em anos de El Niño, La Niña e Neutro	280
Figura 120 – Comportamento Médio da Temperatura Máxima Anual Sobre a Área de RH II em anos de El Niño, La Niña e Neutro	281
Figura 121 - Comportamento Médio da Temperatura Mínima Anual Sobre a Área de RH II em anos de El Niño, La Niña e Neutro	281
Figura 122 - Estações Tele pluviométricas do Sistema Alerta Rio no município do Rio de Janeiro.....	283
Figura 123 - Áreas de Coberturas dos Radares do Sistema de Alerta de Cheira do Rio de Janeiro.....	286
Figura 124 - Rede do Sistema de Alerta de Cheias do Estado do Rio de Janeiro	286
Figura 125 - Precipitações Acumuladas Diariamente de Coletas de Dados Periódicos de 15 minutos	287
Figura 126 - Aspecto de captação em poço tubular raso (1) (a)	298
Figura 127 - Aspecto de captação e poço tubular raso (2) (b)	298
Figura 128 - Aspecto de Captação e poço tubular raso (3) (c).....	298
Figura 129 - Aspecto de captação de poço cacimba (1) (d).....	298
Figura 130 - Aspecto de captação de poço cacimba (2) (e).....	298
Figura 131 - Aspecto de captação de poço cacimba (3) (f).....	298
Figura 132 - Salinidades das águas dos poços analisados (a)	303
Figura 133 - Condutividades Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas dos poços analisados (b) .	303
Figura 134 - Oxigênio dissolvido (ppm) nas águas dos poços analisados (c).....	303
Figura 135 - Redox (E_H) das águas dos poços analisados (d).....	303
Figura 136 - pH das águas dos poços analisados (e)	303

Figura 137 - Relação EH X pH das águas dos poços analisados (f).....	303
Figura 138 - Temperaturas das águas dos poços analisados (g)	303
Figura 139 - Casos de Hepatite A na área de abrangência da CAP 5.2 (2010-2018)	303
Figura 140 - Complexo de usinas e reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul...	304
Figura 141 - Comportamento do Reservatório Equivalente em 2017	305
Figura 142 - Indústrias em Guaratiba registradas pelo Google.....	310
Figura 143 – Matéria do G1 de 21/01/2013.....	312
Figura 144 - Matéria RJ1 exibida em 15/fevereiro/2018.....	313
Figura 145 – Resultado da Avaliação de Segurança Hídrica de Guaratiba	318
Figura 146 - Resultado da Avaliação de Segurança Hídrica do Brasil em GWP (2014)	319
Figura 147 - Transposição do cordão litorâneo da Marambaia.	321
Figura 148 - Erosão no flanco lagunar da Marambaia.	321
Figura 149 - Relevo da Cidade do Rio de Janeiro.....	322
Figura 150 - Áreas em Guaratiba com cotas até 2,00 metros.....	322
Figura 151 - Mensagem de Reflexão	331

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos de Monitoramentos de Águas do INEA em Guaratiba	10
Tabela 2- Balanço hídrico na Bacia do rio Guandu, atual (2014) e futuro (2030)	25
Tabela 3 - Riscos típicos que afetam a bacia hidrográfica	40
Tabela 4 - Abordagens setoriais do tema segurança hídrica	42
Tabela 5 - Matriz de Segurança Hídrica no Âmbito Nacional.....	50
Tabela 6 - Classes do ICE.....	74
Tabela 7 - Faixa dos graus de severidade do impacto dos estressores	76
Tabela 8 - Faixas dos graus de ocorrência dos estressores	77
Tabela 9 - Faixas dos graus de detectabilidade dos estressores.....	78
Tabela 10 - Pesos das propriedades dos estressores	80
Tabela 11 - Medidas de risco possíveis	81
Tabela 12 - Matriz de Categorização - Segurança Hídrica Doméstica.....	101
Tabela 13 - Informações referentes aos municípios pertencentes à RH-II	141
Tabela 14 – RPPNs à Montante da ETA Guandu	205
Tabela 15 - Áreas Aproximadas de Usos e Ocupações da Terra a Montante da ETA Guandu no ano de 2017	212
Tabela 16 - Unidades de Conservação a Montante da ETA Guandu em 2017	212
Tabela 17 – Unidades Hidrológicas de Planejamento.....	218
Tabela 18 - Vazões outorgadas por segmentos setoriais e UHPs no ano de 2017 ...	220
Tabela 19 – Número de Captações por Finalidades de Usos na área Drenante a ETA Guandu.....	222
Tabela 20 - Cenários de Demandas Hídricas por UHPs	225
Tabela 21 - Parâmetros considerados no cálculo do IQA _{NSF} e seus respectivos pesos	228
Tabela 22 - Faixas de Índice de Qualidade da Água.....	229
Tabela 23 - Índice de Qualidade da Água Superficial no ano de 2017	230
Tabela 24 - Índice de Qualidade da Água Superficial no ano de 2016	231
Tabela 25 – Demandas setoriais em 2017 (m ³ /s).....	232

Tabela 26 – Tipos de Usuários de Recursos Hídricos na área Drenante a ETA Guandu	232
Tabela 27 - Projeções de Demandas de Água pro Cenários	232
Tabela 28 – Números de Amostras e Médias Anuais das Amostragens de Águas Superficiais	233
Tabela 29 - Classificações de Impactos de Empreendimentos e atividades.....	238
Tabela 30 - Magnitudes dos Impactos Ambientais.....	239
Tabela 31 - Grupos e Atividades Sujeitas a Licenciamentos Ambientais.....	240
Tabela 32 - Documentos de Licenciamentos Emitidos pelo INEA (Ref. mar/2018) ...	241
Tabela 33 - Licenciamentos Municipais a Montante da ETA Guandu	241
Tabela 34 – Corpos de Lançamentos das Outorgas e as Respectivas Vazões.....	242
Tabela 35 - Carga Orgânica de Esgotamento Sanitário Cadastrados por UHPs a Montante da ETA Guandu	244
Tabela 36 - Carga Orgânica de Indústrias e Termelétricas Cadastradas por UHPs a Montante da ETA Guandu	244
Tabela 37 - Cargas Orgânicas de Outras Atividades Cadastradas por UHPs a Montante da ETA Guandu	245
Tabela 38 - IQA _{NSF} médios anuais dos anos de 2013 a 2017	250
Tabela 39 – Enquadramentos de corpos hídricos da Região Hidrográfica II	252
Tabela 40 - Padrões de Qualidade das Águas Utilizados no Cálculo do ICE	254
Tabela 41 - ICEs nos Pontos de Amostragens a Montante da ETA Guandu	256
Tabela 42 - Classes do Índice de Conformidade ao Enquadramento e seus Significados	258
Tabela 43 - Parâmetros nos Pontos de Amostragens no Período de 2014-2017	259
Tabela 44 - Poluentes Ordinários em 2017	260
Tabela 45 - Acidentes com produtos perigosos nas áreas de estudo, 2000 a 2015..	264
Tabela 46 - Comportamento do Estressor “Poluentes Acidentais” no ano de 2017 ...	264
Tabela 47 - Eventos Pluviométricos Significativos de 2017, 2016 e 2015	284
Tabela 48 - Cenário do estressor: eventos hidrológicos extremos em 2017.....	287

Tabela 49 - Resumo dos estressores e grau de severidade na bacia hidrográfica a montante da ETA Guandu em 2017	290
Tabela 50 - Graduações das ocorrências dos estressores em 2017	292
Tabela 51 - Graduação da detectabilidade do estressor	293
Tabela 52 - Avaliação dos impactos dos estressores	294
Tabela 53 - Medidas do risco a Montante da ETA Guandu.....	295
Tabela 54 - Scores da KD_1 para Guaratiba adotado	296
Tabela 55 – Resultados dos indicadores de Resiliência do Setor Agrícola	305
Tabela 56 – Indicadores de Dependência Agrícola de Guaratiba	306
Tabela 57 - Matriz da produtividade da água na agricultura para Guaratiba	307
Tabela 58 - Matriz da produtividade da água na indústria para Guaratiba.....	308
Tabela 59 – Matriz de produção de energia hidroelétrica em 2016	308
Tabela 60 - Resultado de KD_2 - Segurança Hídrica Econômica	309
Tabela 61 - Matriz do Abastecimento e Esgotamento Sanitário Públicos	310
Tabela 62 – Matriz de Avaliação de danos de inundação urbana.....	311
Tabela 63 - Indicador Preliminar de Segurança Hídrica Urbana	311
Tabela 64 - Indicador KD_3 - Segurança Hídrica Urbana.....	312
Tabela 65 - Operadores do Tema 1 - Distúrbio de bacias hidrográficas	315
Tabela 66 - Operadores do Tema 2 - Poluição	315
Tabela 67 - Operadores do Tema 3 - Gestão de recursos hídricos	315
Tabela 68 - Operadores do Tema 4 - Fatores bióticos.....	315
Tabela 69 - Resultado do Indicador KD_4 - Segurança Hídrica Ambiental de Guaratiba	315
Tabela 70 - Indicadores e Sub indicadores com os respectivos valores atribuídos ...	316
Tabela 71 - Valores calculados para H, E, V_B e a capacidades de enfiamentos	317
Tabela 72 – Resultados de vulnerabilidade, resiliência de cada categoria e soma de índices de resiliência	317
Tabela 73 - Índice de Desastres Relacionados à Água.....	318

Tabela 74 - Recomendações aos Atores Institucionais e Influências nos Indicadores	329
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 2 - Definições de segurança hídrica conforme levantamento da WATERAID.	49
Quadro 1 - Critérios para definição, aplicação e avaliação de metas de saúde.....	58
Quadro 3 - Estressores da fonte de água bruta	65
Quadro 4 - Critérios da atribuição de graus às propriedades dos estressores – severidade	72
Quadro 5 - Critérios da atribuição de graus às propriedades dos estressores – ocorrência	72
Quadro 6 - Critérios da atribuição de graus às propriedades dos estressores – detectabilidade.....	72
Quadro 7 - Indicadores de riscos hídricos relevantes no sector da energia.....	112

LISTA DE SIGLAS OU ABREVIATURAS

ABCMAC	Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADB	<i>Asian Development Bank</i>
AEIA	Área de Especial Interesse Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
AP-5	Área de Planejamento 5
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
APPs	Áreas de Proteções Permanentes
AWDB	<i>Asian Water Development Bank</i>
AWDO	<i>Asian Water Development Outlook</i>
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBH Guandu	Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim
CBHs	Comitês de Bacias Hidrográficas
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CEIVAP	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CEPAL	<i>Comisión Económica para América Latina y el Caribe</i>
CERHI-RJ	Conselho Estadual de Gerenciamento e Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CID 10	Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde
CIEVS	Coordenação de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde
CNARH40	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CONSEMAC	Conselho Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro
COR	Centro de Operações Rio
CREA	Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
CSD	Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável
CSD-6	Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável da Organização da Nações Unidas
CTBDBS	Câmara Técnica da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba do CONSEMAC
CTESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CTEx	Centro Tecnológico do Exército
CVAS	Coordenação de Vigilância Ambiental em Saúde
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ECO-92	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em junho de 1992
EPS	Eventos Pluviométricos Significativos
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FMEA	<i>Environmental Failure Mode and Effects Analysis</i>
FUNDRHI	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
GTAOH	Grupo de Trabalho de Acompanhamento da Operação Hidráulica
GTZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit</i> (Agência de Cooperação Técnica Alemã)
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
ICE	Índice de Conformidade do Enquadramento
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICWE	<i>United Nations Conference on the Human Environment</i> (Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente ou Conferência de Estocolmo)
IEF	Fundação Instituto Estadual de Floresta
IGeo/UFRJ	Instituto de Geociências da UFRJ
INEA	Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
INTERÁGUAS	Programa de Desenvolvimento do Setor Água
IPP	Instituto Pereira Passos
IQA	Índice de Qualidade de Água
IQANS	Índice de Qualidade de Água
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
ITERJ	Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro
IUWM	<i>Integrated Urban Water Management</i>
IWRA	<i>International Water Resources Association</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
NUDEC	Núcleo de Defesa Civil Comunitária
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONGs	Organizações Não Governamentais
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PAFs	Produtores de Água e Florestas

PAP	Plano de Aplicação Plurianual
PCHs	Pequenas Centrais Elétricas
PEPB	Parque Estadual da Pedra Branca
PERH-CBH Guandu	Plano Estratégico de Recursos Hídricos do Comitê Guandu
PERHI-RJ	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro
PETP	Parque Estadual dos Três Picos
PEU	Projeto de Estruturação Urbana
PIB	Produto Interno Bruto
PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento
PNDC	Política Nacional de Defesa Civil
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
PROÁGUA	Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos
PROGESTÃO	Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PSA-MS	Plano de Segurança da Água do Ministério da Saúde
RBG	Reserva Biológica de Guaratiba
RIO+20	Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável de 2012
RL	Reserva Legal
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SEBRAE-RJ	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio de Janeiro
SECOB	Serviço de Cadastro e Cobrança pelo Uso da Água
SECONSERMA	Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente
SEGRHI	Sistema Estadual de Gerenciamento e Recursos Hídricos
SEORH	Serviço de Outorga de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SLAM	Sistema de Licenciamento Ambiental
SMAC	Secretaria Municipal do Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro
SMS	Secretaria Municipal de Saúde
SMU	Secretaria Municipal de Urbanismo (em 2017 passou a ser Secretaria Municipal de Urbanismo, Infraestrutura e Habitação)
SMUIH	Secretaria Municipal de Urbanismo, Infraestrutura e Habitação
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
SOPEA	Serviço de Operações em Emergências Ambientais
TECLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UHPs	Unidades Hidrológicas de Planejamento
UNESCAP	<i>United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific</i>

UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VCANs	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
WRI	<i>World Resources Institute</i>
WWAP	<i>World Water Assessment Programme</i>
WWC	<i>World Water Council</i>
WWDR	<i>The United Nations World Water Development Report</i>
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem aumentando a atenção para a gestão das águas em todo mundo, tendo em vista que as mesmas permeiam a todas as necessidades humanas, pois água é vida, como diz o ditado popular.

O conceito de segurança hídrica vem sendo desenvolvido buscando abarcar os múltiplos usos deste precioso líquido, visando ampliar, cada vez mais a qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Organismos internacionais têm dedicado tempo e recursos técnicos, científicos e materiais para nortear seus usos e consumos para as atuais e futuras gerações.

Muito embora a legislação brasileira tenha estabelecido há muitos anos atrás os amparos legais para o tema recursos hídricos, é a partir da Lei Federal 9.433/97 que, efetivamente, se tem avançado nos processos de gestão dos recursos hídricos, calcados em instrumentos e sistema de gestão.

Apesar de alguns avanços ainda há muitas lacunas, tais como: 1) a falta de integrações de atores institucionais e agendas; 2) a apropriação pela sociedade do sistema e os instrumentos de gestão; 3) as implantações dos instrumentos de gestão; 4) os registros de poços e nascentes; 5) os registros e monitoramentos de corpos hídricos e de águas subterrâneas; que necessitam ser, com certa premência, estudadas e ter priorizadas ações efetivas para que se obter as necessárias seguranças hídricas locais, regionais e, por extensão também nacional.

As ações prioritárias se fazem necessárias, hajam vistos: os crescimentos populacionais, em muitos casos desordenados; usos excessivos dos recursos hídricos; disponibilidades se escasseando; cada vez mais longas distâncias para captações de águas de qualidade; desconroles públicos; dados inconsistentes ou muito desatualizados; usos da terras incompatíveis com as disponibilidades hídricas, aumento nos critérios de segurança alimentar e de preservação da saúde da população; eventos extremos frequentes e crescentes envolvendo águas, entre outras.

Assim este trabalho visa uma avaliação da segurança hídrica de bacias urbanas e periurbanas, em especial o caso da região de Guaratiba, localizada na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, e parte integrante da Região Hidrográfica II do Estado do Rio de Janeiro.

O tema abordado por este trabalho envolve multi disciplinas, assim sendo, o Capítulo I amplia a discussão sobre o problema, apresenta a hipótese básica, os objetivos gerais e específicos, justificativas e a metodologia adotada.

O Capítulo II versa sobre a revisão de literatura envolvendo vários conceitos e aspectos discutidos ao longo do trabalho, direcionados ao tema segurança hídrica, em especial os modelos de avaliações de segurança hídrica de MELO (2016) e o utilizado pela *Global Water Partnership* no ano de 2014 para *ranking* de segurança hídrica de vários países.

No Capítulo III é apresentado a gestão de recursos hídricos no Brasil, seus instrumentos e o sistema de gestão nos contextos da Política Nacional da Gestão de Recursos Hídricos e da Organização Institucional de Gestão de Recursos Hídricos Nacional; e também a Formulação da Política Estadual de Recursos Hídricos e a Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro.

No Capítulo IV é apresentado a Região Hidrográfica II, na qual se insere a localidade foco do estudo de caso.

O Capítulo V se aplicam os modelos de avaliações de segurança hídrica propostos por MELO (2016), e da *Global Water Partnership* (2014) para a localidade de Guaratiba e são apresentados os resultados de suas discussões.

Finalizando, o Capítulo VI apresenta as conclusões e as recomendações, respectivamente.

CAPÍTULO I

1 ASPECTOS INTRODUTÓRIOS E METODOLÓGICOS

1.1 O PROBLEMA

O problema que se trata neste trabalho de tese se caracteriza pelo conjunto de fatores que podem levar a insegurança hídrica para uma população de mais de 110.000 habitantes; que pode ter seu desenvolvimento econômicos, sociais e ambientais comprometidos em uma significativa área de alto interesse ambiental, que é a região de Guaratiba, Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro.

A região de Guaratiba, passa por contínuo processo de expansão urbana, crescimento demográfico e de alteração da paisagem com a expansão dos loteamentos irregulares e clandestinos (Parecer Técnico CTBDBS/CONSEMAC, maio/2015).

Esta região que outrora pertencia a XVIIIª Região Administrativa (XVIIIª RA) - Campo Grande, mas que em 1985, por conta do Decreto do Prefeito do município de nº 5.280, de 23/08/85 – passou a ser a XXVIª Região Administrativa – (XXVIª RA) Guaratiba (NAJAR *et al.*, 1998) e que é composta pelos bairros: Barra de Guaratiba; Guaratiba (Ilha de Guaratiba como é chamado o bairro pela população local e que possui a maior porção de área territorial da RA) e Pedra de Guaratiba, totalizando 152,48 km².

Como descrito pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (CONSEMAC) e a sua Câmara Técnica da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba (CTBDBS) em Parecer Técnico, a área da XXVIª RA

...estende-se ao longo da linha de costa da Baía de Sepetiba, desde o Rio do Ponto até a Serra Geral de Guaratiba, em Barra de Guaratiba. Na direção Norte/Nordeste está limitada pelas vertentes das Serras do Cantagalo, Inhoaíba e Cabuçú. Em seus limites incluem-se ainda, parte da área da Restinga da Marambaia e as ilhas mais próximas ao litoral". (Parecer Técnico CTBDBS/CONSEMAC, maio/2015).

Guaratiba vem passando por transformações significativas, como descreve FERNANDES (2015): “esse memorável lugar, inscrito em nossos corações e mentes, Ilha de Guaratiba, vem sendo metamorfoseado pela ambição e perspectivas especulativas em seus domínios”.

Segundo o Parecer Técnico CTBDBS/CONSEMAC (maio/2015):

A incorporação da região de Guaratiba à periferia da Cidade se deu na virada do século XIX para o XX.

O declínio das culturas do açúcar e do café influenciou o sucessivo parcelamento do solo que se consolidou no século XX. Este processo de transformação fundiária foi intensificado na década de 1960 quando da implantação da Avenida das Américas. A paisagem urbana da região é marcada pela transformação de usos ocorrida nos últimos 50 anos, com a superposição de usos residenciais, industriais e agrícolas.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) no censo de 2000 apontou para uma população de Guaratiba, de 87.132 habitantes, já o censo de 2010 apresentou uma população de 110.049 habitantes.

Em dez anos o número de habitantes cresceu na região em 26,30%, comparativamente no mesmo período, as taxas de crescimentos populacionais do estado e do município do Rio de Janeiro foram de 11,11% e 7,90%, respectivamente.

No mesmo período o número de unidades habitacionais saiu de 23.758 unidades para 33.389, o que corresponde ao crescimento de 40,54%. Destaca-se que a região atraiu a atenção para as ocupações, que VOIVODIC (2007) chamou de fenômeno da segunda residência para fins de veraneio.

O Abastecimento de Água

Dos dados dos censos do IBGE são possíveis extrair que a maior parte das declarações apontaram para domicílios abastecidos por água da rede geral, com um crescimento de 21,66% de domicílios atendidos por esta fonte de um censo para outro.

Por outro lado, há uma redução nas declarações, do período, de domicílios abastecidos por poços e nascentes, mas um crescimento de declarações de outras fontes de abastecimentos de água, como demonstrado na Figura 1.

Em contraste com esses dados há citações documentais, como por exemplo: o Parecer Conselho Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (CONSEMAC) e as atas da Câmara Técnica da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba (CTBDBS) que descrevem a região como desprovida de sistema de abastecimento público, ainda. Neste mesmo sentido os mapas de abastecimentos públicos disponíveis nas bases do Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ) apontam para existência de redes de abastecimentos públicos apenas para os bairros de Barra de Guaratiba e Pedra de Guaratiba, apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

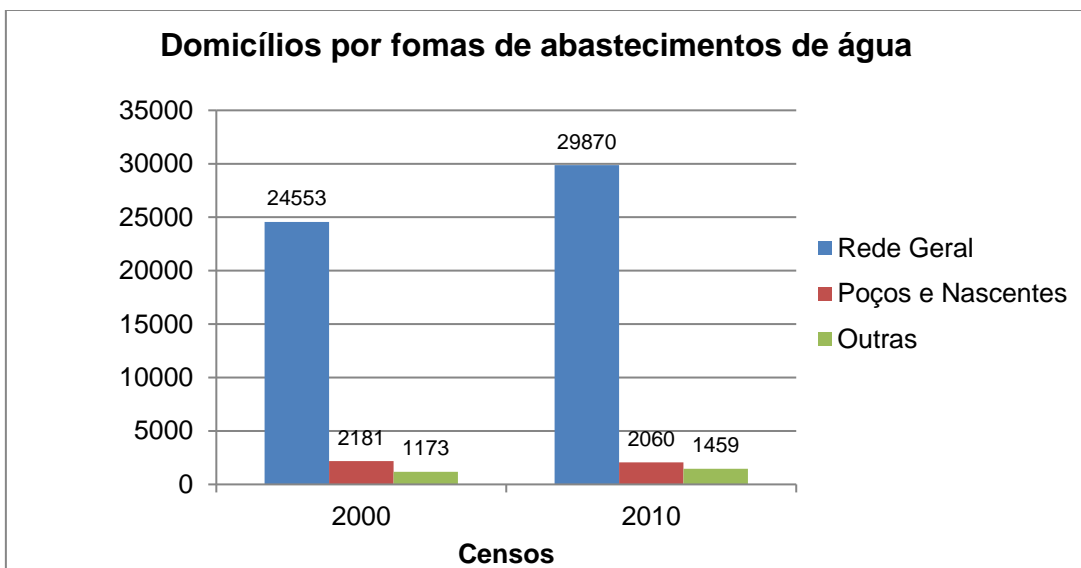


Figura 1 - Domicílios e suas formas de abastecimento de água
 Fonte: O Autor a partir de dados do IBGE

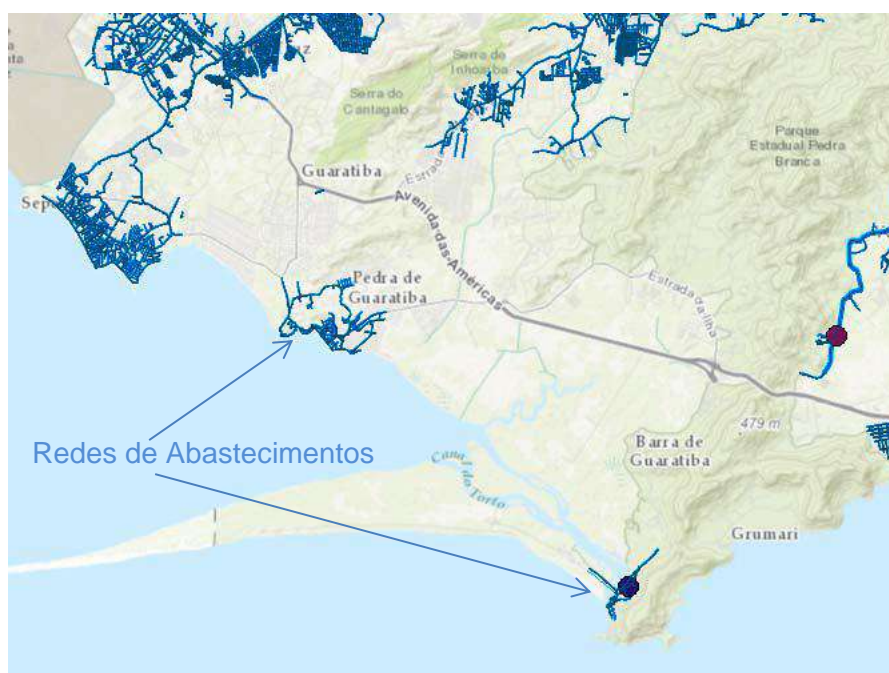


Figura 2 - Atendimentos de abastecimento público na XXVIª RA
 Fonte: O Autor a partir de http://www.iterj.rj.gov.br/iterj_site/ em 05/01/2017

Outro contraste com os dados dos censos é o referente às outorgas conferidas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) para captações em poços, que contabilizam apenas sete unidades, sendo que cinco são profundos e dois rasos. Na região há também três outorgas para captações em rio ou curso d'água. A Figura 3 apresenta estas captações legalizadas.

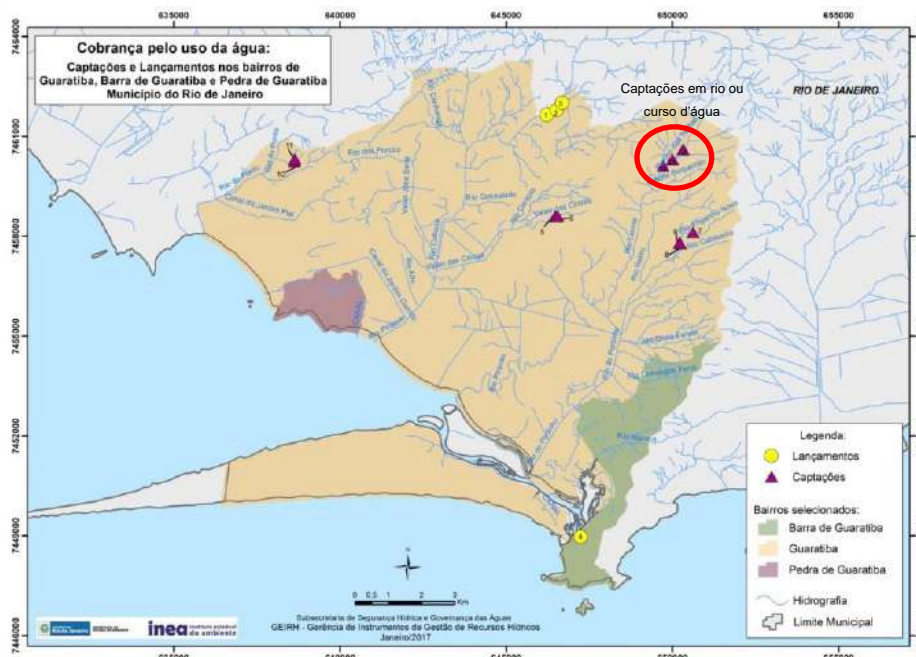


Figura 3 - Outorgas de pontos de captações e lançamentos do Bairro Guaratiba
 Fonte: INEA - Serviço de Cadastro e Cobrança pelo Uso da Água (SECOB), 2017.

Tomando como base a população e o consumo *per capita* do Rio de Janeiro, segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014 (BRASIL, 2016) que aponta para o volume de 253,1 litros/habitante/dia a região de Guaratiba demanda 27.853.402 litros de água por dia ou 27.853,4 m³/dia para uso exclusivo para consumo das pessoas, sem considerar a demanda para irrigação das muitas atividades de cultivos característicos da região, ainda com poucos registros quantitativos.

O Esgotamento Sanitário

Os números de domicílios com seus tipos de esgotamentos sanitários constantes nos censos de 2000 e 2010 são demonstrados na Figura 4.

Da mesma forma que para o abastecimento documentos, citações afirmam que oferta de infraestrutura de esgotamento sanitário é pequena, apesar de a região estar abrangida no programa de Universalização do Saneamento a cargo da prefeitura.

Conforme o cronograma de implantação do programa, a cargo de empresa privada concessionária de serviços públicos, o sistema de esgotamento sanitário chegará à região num prazo de 20 anos (Parecer Técnico CTBDBS/CONSEMAC, maio/2015).

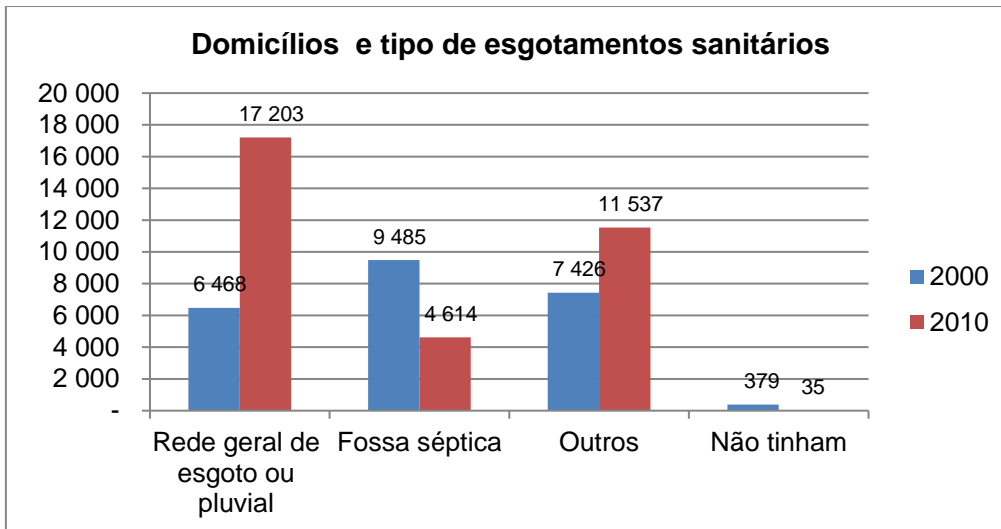


Figura 4 - Domicílios e os tipos de esgotamentos sanitários declarados nos censos
 Fonte: O Autor a partir de dados do IBGE

As redes de esgotos disponíveis nas bases do Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ) apontam para existência do serviço apenas no bairro Pedra de Guaratiba, como pode ser observado na Figura 5.



Figura 5 – Rede de esgoto disponível na XXVIª RA
 Fonte: O Autor a partir de http://www.iterj.rj.gov.br/iterj_site/ em 05/01/2017

Se for considerado que o consumo de água corresponde a um mesmo volume de esgotamento sanitário, é possível estimar que em Guaratiba tem uma carga

correspondente a 27.853,4 m³/dia de esgotos, potencialmente contaminando as águas subterrâneas, já que não há rede de esgotos ali instaladas.

O Aquífero

Conforme VICENTE *et al.* (2011) a partir dos dados levantados foi possível estabelecer a ocorrência de um aquífero inter granular na Região Administrativa de Guaratiba com área de abrangência significativa. A estes sedimentos quaternários denominou-se como “Aquífero Guaratiba” devido à dimensão do aquífero e sua importância para abastecimento humano. (Figura 6)

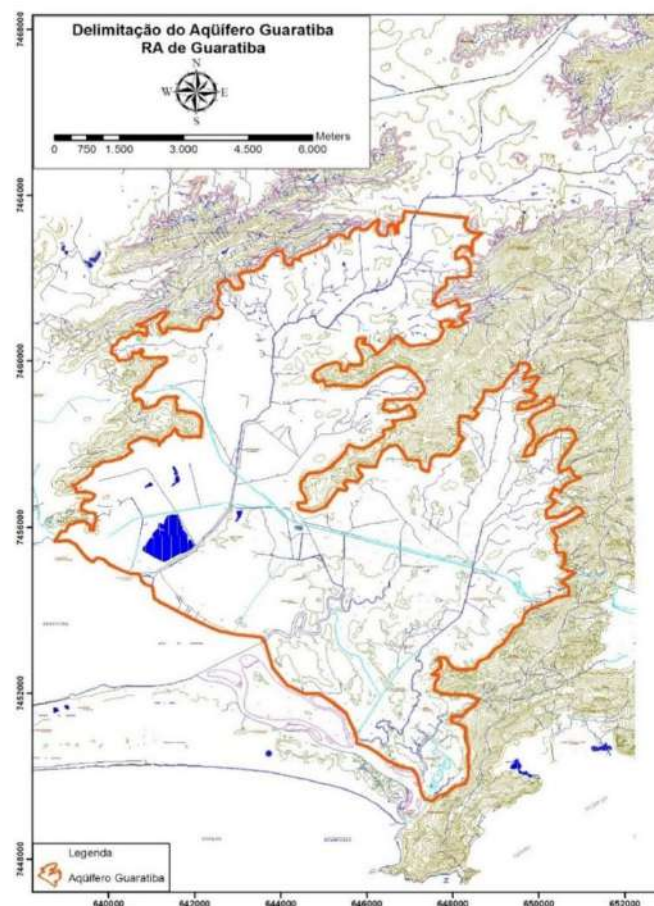


Figura 6 - Aquífero Guaratiba
Fonte: VICENTE *et al.* (2011)

O trabalho de VICENTE *et al.* (2011) também fez uma significativa caracterização:

Na Região Administrativa de Guaratiba algumas captações por nascentes são realizadas, seja para uso doméstico, seja pela empresa concessionária de abastecimento público, através do sistema constituído por armazenamento – tratamento - distribuição. Este tipo de captação está relacionado ao sistema fissural do Maciço da Pedra Branca. Há predominância de poços escavados / tubulares rasos,

sendo marcante a proporção de captações que aproveitam os sistemas aquíferos superficiais. (VICENTE *et al.*, 2011)

No monitoramento do nível da água feito e apresentado por VICENTE *et al.* (2011) foi assim descrito:

A água subterrânea está armazenada a pouca profundidade, comumente ocorrendo a um metro e meio (1,5 m) de profundidade. O fluxo regional da água subterrânea determinado para a Região Administrativa de Guaratiba está direcionado a partir das regiões montanhosas em direção às drenagens principais, onde os Rios Piraquê-Cabuçu, Portinho e Piracão caracterizam as sub-bacias de maior importância. (VICENTE *et al.*, 2011)

Outra constatação de VICENTE *et al.* (2011) foi que *a potenciometria mostra uma relação entre os mananciais subterrâneos e superficiais, caracterizando os aquíferos estudados como de caráter efluente nos canais fluviais principais.*

Nos estudos de VICENTE *et al.* (2011) sobre os aspectos hidro químicos da água subterrânea ficou constatado que os valores de nitrato acima dos limites estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde de nº 518/2004, em alguns poços, podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividade humana. Portanto impróprias para consumo humano.

Os Monitoramentos INEA

Para os monitoramentos das águas interiores o INEA conta com 317 estações de monitoramentos das qualidades das águas, dos sedimentos e das biotas, distribuídas em rios, baías, lagoas e reservatórios do Estado, com dados disponibilizados no sítio eletrônico institucional.

São caracterizadas como águas interiores, para efeito destes monitoramentos, aquelas águas compreendidas entre a costa e a linha de base reta, a partir de onde se mede o mar territorial; as águas dos portos e as águas das baías, rios, lagos, lagoas e canais.

Em Guaratiba há dois pontos de monitoramentos de águas (Tabela 1).

Tabela 1 - Pontos de Monitoramentos de Águas do INEA em Guaratiba

CORPO HÍDRICO	REGIÃO HIDROGRÁFICA	LOCALIZAÇÃO	PONTO DE COLETA COMPLETO	PONTO DE COLETA	LATITUDE	LONGITUDE
Rio	II	Rio Engenho Velho	00RJ12EN0670	EN670	22°59'31,97"	43°32'42,34"
Rio	II	Rio Guandu-Mirim	00RJ12GM0180	GM180	22°52'21,71"	43°40'34,32"

Fonte: INEA (2017a).

Os boletins consolidados anuais destes dos pontos apresentam médias dos resultados do monitoramento dos corpos de água doce, por meio da aplicação do Índice de Qualidade de Água (IQA_{NSF}). Este índice consolida em um único valor os resultados dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Nitrato (NO_3), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez (T), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Temperatura da Água e do Ar e Coliformes Termotolerantes.

Como pode ser observado nos resultados dos monitoramentos das águas interiores do Estado do Rio de Janeiro (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, Figura 8 e Figura 9) obtidos pelo INEA há um avanço na perda de qualidade da água nesses dois pontos.

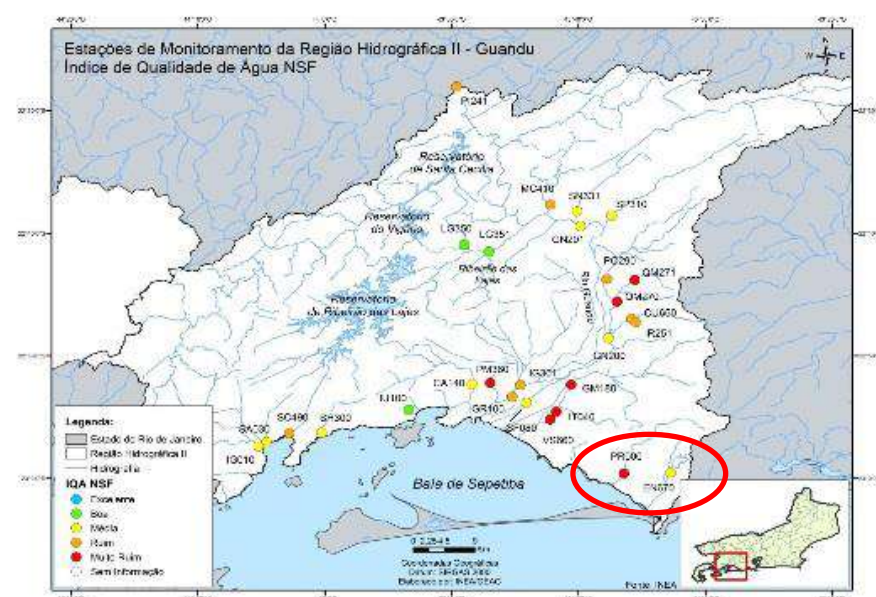
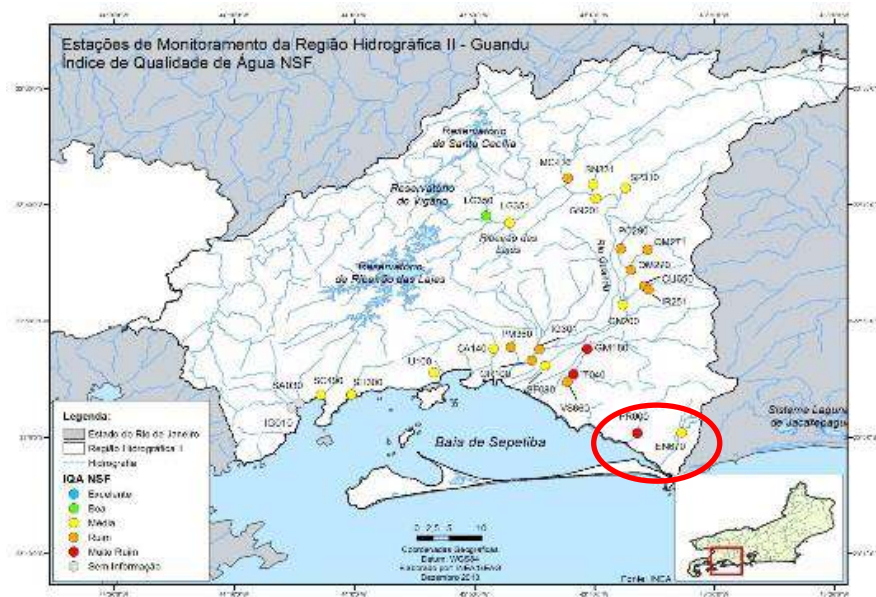


Figura 7- Índice de Qualidade de Água 2013 da RH II
Figura 8 - Índice de Qualidade de Água 2014 da RH II
Fonte: INEA (2017a)

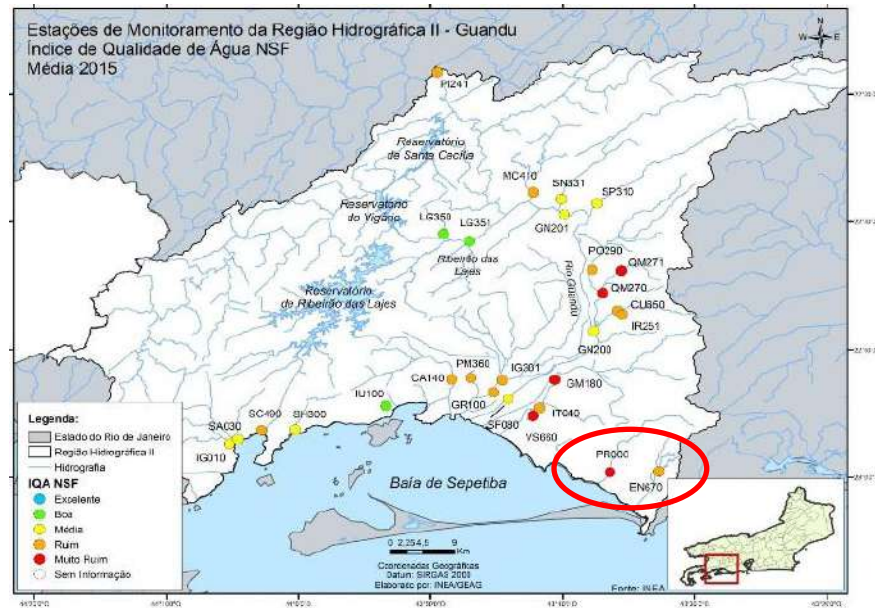


Figura 9 - Índice de Qualidade de Água 2015 da RH II
Fonte: INEA (2017a)¹

¹ BOLETINS CONSOLIDADOS DE QUALIDADES DAS ÁGUAS POR REGIÃO HIDROGRÁFICA – 2013/2014/2015. INEA, 2017(a), Disponíveis em <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/como-e-feito-o-monitoramento-das-aguas-interiores/> Acessos em 22/01/2017.

A Água de Guaratiba na Mídia

A comunidade de Ilha de Guaratiba, assim chamada pelos seus moradores, vem lutando pela falta d'água na região e o tema já foi assunto de várias ações, dentre elas a que foi publicada no Portal Guaratiba, em 16/12/2014, onde moradores do Caminho do Morgado se reuniram para buscar soluções para a questão do abastecimento de água. A Figura 10 retrata o evento.



Figura 10 - Capa da matéria sobre a luta pela água em Guaratiba

Fonte: Portal Guaratiba (2014)

A matéria do Portal de Guaratiba (2014) aponta que: 1) os lixões que estão se formando nos manguezais limítrofes com a Avenida D. João VI (conhecida como Avenida das Américas); 2) os empreendimentos irregulares que vão sendo instalados na localidade; 3) a mais nova modalidade de exploração dos recursos naturais local é a captação de água subterrânea de forma intensiva; 4) a região não é servida de água pela companhia de águas do estado e os moradores e produtores rurais utilizam-se de poços ou de captações de águas superficiais para manutenção das casas e de seus empreendimentos; 5) o Caminho do Morgado, pequena estrada na comunidade do Retiro na Ilha de Guaratiba, os moradores estão sendo prejudicados pela exploração de água de um poço, que possui mais de 120 metros de profundidade houve denúncia ao Ministério Público da utilização com indicativo de uso comercial da água captada, inclusive com abastecimento de caminhões pipa durante a noite (Figura 11); e 6) os

poços dos moradores das casas vizinhas ao poço profundo já começaram a apresentar problemas de vazão, ficando secos em determinados períodos, fato que nunca havia ocorrido.



Figura 11 - Carro pipa é abastecido durante à noite
Fonte: Portal Guaratiba (2017)

Dois anos depois o Jornal O Globo de 08/02/2016 publicou matéria com a seguinte manchete: *Polícia investiga venda de água por milícias na Zona Oeste - Poços artesanais perfurados clandestinamente secam reservatórios de moradores da região de Guaratiba.* A Figura 12 apresenta a capa da matéria no jornal.



Figura 12 - Publicação do Jornal O Globo sobre uso ilegal de água
Fonte: ARAÚJO (2016)

A matéria aponta para o caso de um poço com seis metros de profundidade, que atendia a toda uma família por 40 anos e secou.

A exploradora do poço atribuiu o fato de seu poço ter secado pela extração de água para comercializações em carros-pipas.

O quadro atual das águas superficiais

Em pesquisa de campo realizada em 28/01/2017 foi possível constatar que o Rio Portinho na passagem pela Estrada da Ilha de Guaratiba apresenta seu leito tomado por vegetação (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Na busca da avaliação visual da água no curso do rio Portinho observou-se que seu leito apenas apresenta um solo úmido (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

O quadro de degradação do Rio Portinho é retratado por FERNANDES, 2005:

O Rio Portinho exerceu ao longo da história de Ilha de Guaratiba um importantíssimo papel econômico. Em PINTO (1986) há relatos sobre os naufrágios de alguns barcos (ao final do século XVIII) quando estes escoavam a produção de açúcar dos mudinhos (FERNANDES, 2003). O mesmo rio do Portinho que no início do século XIX era usado para escoar os produtos dos engenhos do interior, por meio de embarcações de médio calado, hoje se encontra quase que totalmente assoreado e não navegável (CASTRO, 2002). Sua piscosidade² que era abundante, principalmente no canal da Maré, hoje está comprometida pela deposição de resíduos líquidos e sólidos (esgotos) e praticamente não existe mais. (FERNANDES, 2005, p.19)

Outros corpos hídricos observados ao longo da Estrada da Ilha de Guaratiba também apresentam características de altas contaminações como pode ser observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** também apresentam a canalização de abastecimento público da CEDAE.

Há também uma comunidade denominada de Retiro, que segundo alguns moradores, tem seu abastecimento com água represada no Rio das Taxas, na parte alta da localidade conhecida como Rio da Prata, na antiga fazenda Leocádia.

Consultas feitas informalmente com alguns moradores constatou-se que há um significativo número irregularidades nas tomadas d'águas para abastecimento das residências. A Figura 17 demonstra alguns destes casos.

² Piscosidade é capacidade de um local aquoso (rio, lagos etc) de ter muitos peixes.



(a)



(b)



(c)



(d)

(e)



Figura 13 - **Leito do Rio Portinho** (a)

Figura 14 - **Leito do Rio Portinho sem Água** (b)

Figura 15 - **Leito de córrego contaminado** (c)

Figura 16 - **Leito de corpo hídrico superficial contaminado** (d); e

Figura 17 - **Ligações clandestinas** (e)

Fonte: O Autor

A Produção Agrícola

Conforme se pode apurar em reuniões junto a Associação de Produtores Rurais de Guaratiba (Rural Guaratiba), uma das mais fortes atividades econômicas da região de Guaratiba é produção rural, com destaques para plantas ornamentais e mudas, mas há também a produção de alimentos, de leite e processamento de derivados e minimamente processados, como queijos, iogurtes, sorvetes, farinhas, óleos e outros produtos.

Há estimativas de que na região se concentram aproximadamente 350 propriedades voltadas para estas atividades produtivas agrícolas, entretanto na grande maioria das mesmas as atividades são realizadas por grupos familiares e é significativa a postura pelas informalidades.

A atividade local é reconhecida pela Prefeitura do Rio de Janeiro, através do decreto nº 29.683, de 11 de agosto de 2008, que instituiu o Polo de Plantas Ornamentais de Guaratiba, inicialmente intitulado de Polo de Plantas ornamentais da Grota Funda.

Na produção agrícola local e demandante de irrigações e não se tem disponível, os tipos utilizados para tais práticas, entretanto é comum se observar o uso de mangueiras esguichando fortes jatos de águas, nas passagens por algumas propriedades locais.

A Rural Guaratiba, que é uma associação civil sem fins lucrativos, vem exercendo atividades representativas entre os produtores rurais da região de Guaratiba, e está sediada em Ilha de Guaratiba, e congrega 58 produtores rurais.

Além das lutas relacionadas aos reconhecimentos, pelo setor público, da caracterização local como uma região de produção agrícola, portanto rural, ou periurbana, que contraria as classificações do IBGE e também da Prefeitura do Rio de Janeiro, proporcionando muitos problemas e entraves aos produtores, a Rural Guaratiba também demonstra preocupação e interesse com as questões relacionadas as águas e esgotos locais, vindo recentemente, inclusive, a se inserir como a primeira entidade representativa local no Comitê de Bacias Hidrográficas do Guandu.

As Unidades de Conservação

O Bairro de Guaratiba possui em sua área territorial duas Unidades de Conservação: parte da vertente Sudoeste do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) e a Reserva Biológica de Guaratiba (Figura 18).



Figura 18 - As Unidades de Conservação de Guaratiba

Fonte: Google My Maps (atualizado até 2014)

O Parque Estadual da Pedra Branca

O PEPB, segundo foi criado pela Lei Estadual nº 2.377 de 28 de junho de 1974 e possui uma área total de aproximadamente 12.492 hectares com abrangência em todas as áreas situadas acima da linha da cota de 100 m do Maciço da Pedra Branca e seus contrafortes, em partes de 17 bairros: Jacarepaguá, Taquara, Camorim, Vargem Pequena, Vargem Grande, Recreio dos Bandeirantes, Grumari, Padre Miguel, Bangu, Senador Camará, Jardim Sulacap, Realengo, Santíssimo, Campo Grande, Senador Vasconcelos, Guaratiba e Barra de Guaratiba. (INEA, 2012a)

O objetivo básico do PEPB é: 1) preservar este remanescente florestal localizado em ponto estratégico do Rio de Janeiro e área núcleo de biodiversidade da Mata Atlântica; 2) preservar mananciais hídricos ameaçados pela expansão urbana; 3) proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica no seu interior; proteger e revitalizar construções históricas, ruínas e sítios arqueológicos; 4) proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica e monitoramento; 5) promover aos visitantes oportunidades de recreação ao ar livre e valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica, com o aproveitamento dos serviços ambientais que o parque disponibiliza.

O principal conflito identificado na região, segundo INEA (2012a) são as áreas de cultivo, onde predominam os bananais, mas também são encontrados plantas ornamentais e caquis. As ocupações humanas do entorno da UC são constituídas, em sua maioria, por sítios e chácaras. Essa é uma área considerada estratégica para a agricultura. Nesse

local, os principais cultivos são as culturas de plantas ornamentais, banana, caqui e hortaliças.

O documento INEA (2012a) apontou que de acordo com as oficinas de diagnóstico e entrevistas em uma amostragem dos moradores, verificou-se que a maioria dos agricultores da zona oeste não tem documento de posse da sua propriedade.

Ainda diz o documento INEA (2012a) que:

O bairro de Guaratiba é o maior bairro limítrofe ao PEPB, com 13.950,11 ha, dos quais estima-se que 40,05% sejam constituídos por áreas antropizadas e 48,59% estejam acima da cota 100, ou seja, no interior do PEPB. Dos bairros contíguos ao parque é o que apresenta a quinta maior população, com 110.049 habitantes. (INEA, 2012a, p. 65)

A Reserva Biológica de Guaratiba

A Reserva Biológica de Guaratiba (RBG) *foi criada pelo Decreto Estadual nº 7.549, de 20 de novembro de 1974, com o objetivo de preservar os manguezais e os sítios arqueológicos que lá se encontram, sendo inicialmente denominada Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.* (INEA, 2012b).

O Decreto nº 32.365 promulgado no ano de 2002 alterou o decreto de 1982, acrescentando à RBG os manguezais e terrenos de marinha situados entre os rios Piraquê e Piracão INEA (2012b).

Com uma área de aproximadamente 3.360 hectares, a RGB protege o importante remanescente de manguezal da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), associado à Baía de Sepetiba.

Conforme a publicação do INEA (2012b) com o título: *Resumo Executivo do Plano de Manejo, Módulo I:*

A RBG protege um importante remanescente de manguezal na região metropolitana do Rio de Janeiro, associada à baía de Sepetiba. Esse ecossistema apresenta um grande valor ambiental, econômico e social, que oferece inúmeros serviços ambientais, dentre os quais podemos destacar:

- a manutenção da diversidade biológica; a oferta de pontos de repouso e alimentação para diversas espécies de aves migratórias;
- a prevenção de inundações;
- além de servir como fonte de matéria orgânica para águas adjacentes, constituindo a base da cadeia trófica de espécies de importância econômica e ecológica;
- representar uma fonte de subsistência e alimento para inúmeras comunidades litorâneas; e ainda
- a sua beleza cênica e seu valor estético e recreacional (SOARES *et al.*, 2011).

Cabe ressaltar ainda o papel que esse ecossistema tem como estabilizador das terras costeiras e controlador dos processos erosivos, além de servir de filtro de resíduos poluentes, que reduzem a contaminação dos ambientes costeiros (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991; KHATIRESAN e BINGHAM, 2001).

A RBG também tem uma importância no contexto histórico e arqueológico, pela proteção dos sambaquis existentes em seu território. (INEA, 2012b, p.5)

A Figura 19 apresenta o detalhamento do perímetro da RBG.

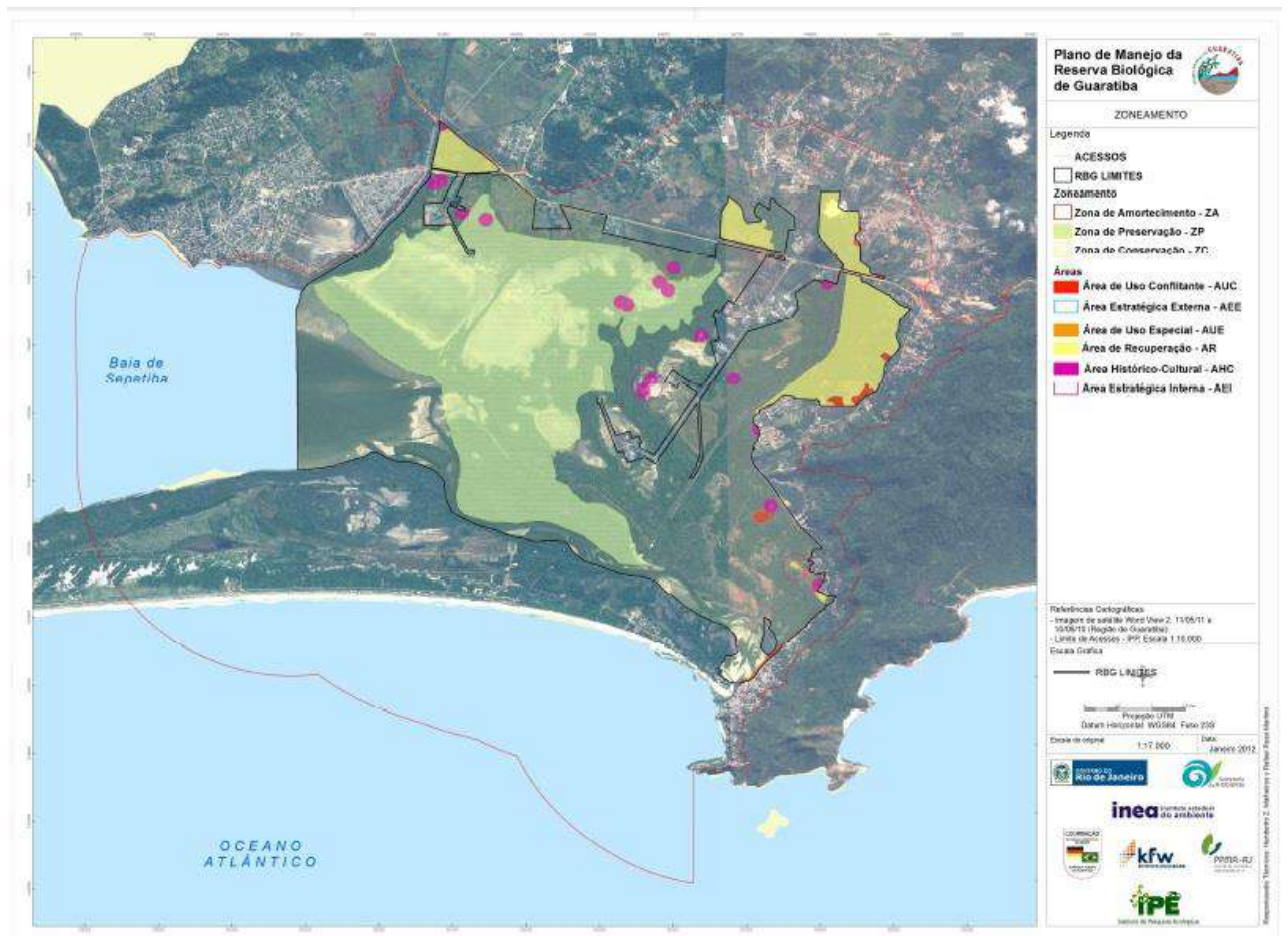


Figura 19 – Detalhamento do Perímetro da Reserva Biológica de Guaratiba
Fonte: INEA, 2012b

O Projeto de Estruturação Urbana (PEU)

A revista CONSTRUÇÃO – MERCADO (2012), disponível na Rede Mundial de Computadores, assim publicou em sua edição nº 134 de novembro de 2012: *Novos PEUs no Rio de Janeiro: Projeto de Estruturação Urbana deve ampliar taxa de ocupação dos terrenos e reduzir metragem do lote mínimo, viabilizando novos empreendimentos.*

A publicação diz que a região de Guaratiba, na zona Oeste do Rio de Janeiro, tem sido foco de estudos para implantação de um Projeto de Estruturação Urbana (PEU) que detalha regras, definindo quesitos como gabarito e contrapartida para aquisição de potencial construtivo. Destaca ainda que Guaratiba foi beneficiada por recentes obras de infraestrutura, como o BRT Transoeste e o túnel da Grota Funda, que encurtaram o trajeto até a Barra da Tijuca. (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2012)

O Portal Guaratiba publicou em 11.08.2012 em sua página na Rede Mundial de Computadores a preocupação pela demora da definição do PEU de Guaratiba que a população de Guaratiba acompanha com preocupação a demora da Prefeitura em definir os padrões urbanísticos do bairro, já que mesmo é o instrumento indispensável para assegurar uma ocupação racional do *enorme quintal do Rio de Janeiro que se abriu após a abertura do túnel José de Alencar*. (PORTAL GUARATIBA, 2012)

Cabe destacar que Guaratiba tem como principal atividade econômica a produção de plantas ornamentais e mudas de espécies da Mata Atlântica, se constituindo em um dos maiores polos de fornecimento de mudas usadas para reflorestamento de áreas que originalmente eram com estas características.

Estas atividades são demandantes intensivas de água e a mesma é retirada de inúmeros poços, sem os devidos cadastros legais.

A Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA)

Em 31 de julho de 2013 o Prefeito do Rio de Janeiro, baixou o Decreto nº 37.483, que criou a Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA) da Região de Guaratiba.

Em uma das considerações no decreto para a criação do AEIA são citados os riscos de adensamento da região “a partir da implantação do BRT Transoeste e da abertura do Túnel da Grota Funda”, bem como a necessidade de “evitar a degradação de suas condições ambientais”.

No Artigo 2º, o Decreto suspendeu todos os processos de licenciamento de demolição, construção, acréscimo, modificação, reforma, transformação de uso, parcelamento do solo ou abertura de logradouro nos limites da AEIA.

Após o prazo de suspensão prevista no Artigo 2º de 180 dias da data original, mais oito decretos posteriores já prorrogaram o efeito da suspensão em mais um ano. Finalmente o Decreto 41.242 de 17 de fevereiro de 2016 prorrogou o prazo até o final do ano de 2016.

Posições da Câmara Técnica da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba

A Câmara Técnica da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba (CTBDBS), do Conselho Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (CONSEMAC), em parecer de maio de 2015 sugere:

A criação combinada da Área de Proteção Ambiental do Complexo das Serras de Inhoaíba e Aquífero Guaratiba e do Projeto de Estruturação Urbana (PEU) de Guaratiba, cujos limites se superpõem em parte, visando conjugar esforços de elaboração de uma legislação de uso e proteção coerente e duradoura. A Secretaria Municipal do Ambiente da Cidade (SMAC) e Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU) deverão fazer valer a oportunidade dada pela Área Especial de Interesse Ambiental (AEIA) de Guaratiba em criar alternativas viáveis de ordenamento da ocupação da Região.

Formulação de Plano para Gestão Integrada dos Recursos Hídricos de Guaratiba, implementado por diversos órgãos municipais (incluindo SMAC, SMU e Rio Águas) e INEA. O aproveitamento indiscriminado das fontes de água subterrânea (Aquífero Guaratiba) e o lançamento de efluentes sobre cursos superficiais, contaminando ambos, exigirá uma nova estratégia integrada que envolva monitoramento, planejamento e controle.

Implantação do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê-Cabuçu. Ao lado de intervenções hidráulicas de controle de vazão, auxiliará o controle da ocupação em faixas marginais de proteção, com a criação de Parques Fluviais em algumas seções destes rios e minorar os possíveis impactos da elevação do nível do mar na região. (Parecer Técnico CTBDBS/CONSEMAC, maio/2015)

O Bairro de Guaratiba Inserido na sua Região Hidrográfica

A região de Guaratiba está contida na Região Hidrográfica II que é a área de abrangência do Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim (CBH Guandu) que foi criado pelo Decreto Estadual nº 31.178, em 3 de abril de 2002. Em 25 de novembro de 2015, foi dada nova redação a este Decreto pelo Decreto nº 45.463, de 25 de novembro de 2015. A Figura 20 apresenta o mapa da área de abrangência de gestão do Comitê Guandu.



Figura 20 - Mapa da Região Hidrográfica II do Estado do Rio de Janeiro
 Fonte: Comitê Guandu (2017)

Com sede no município de Seropédica (RJ) o CBH Guandu é um órgão colegiado vinculado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), com atribuições consultivas, normativas e deliberativas, em nível regional. É integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento e Recursos Hídricos (SEGRHI), nos termos da Lei Estadual nº 3.239/1999. E tem como objetivo promover a Gestão descentralizada e participativa dos Recursos Hídricos na sua bacia hidrográfica.

Embora o CBH Guandu seja atuante e com avanços em vários programas de seu Plano Estratégico de Recursos Hídricos (PERH CBH Guandu), para gestão da sua bacia hidrográfica, aprovado em 2006, para a região de Guaratiba não foi estabelecido qualquer programa, pois a prioridade foi dada para os rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim.

Uma das poucas atuações do CBH Guandu na região de Guaratiba se deu no projeto Minas D'água inventariou a Mina do Bicão (SEP CONSULTORIA, 2014).

Está em processo de atualização o Plano Estratégico de Recursos Hídricos (PERH-CBH Guandu) da Região Hidrográfica II - Guandu que tem prazo de execução de 2016 a 2018.

A atualização e aperfeiçoamento do PERH-CBH Guandu tem por objetivo geral construir um instrumento de planejamento fortemente pactuado e de integração das bacias hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim que permita ao Comitê Guandu, aos órgãos gestores e aos demais componentes do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos com responsabilidade sobre a bacia, gerirem efetiva e

sustentavelmente seus recursos hídricos superficiais e subterrâneos em benefício das gerações presentes e futuras.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos

É importante ressaltar que o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ), de maio de 2014, cita que a situação mais crítica de consumo de água que ocorre do estado do Rio de Janeiro é a que é demandada da captação do rio Guandu, com o comprometimento de 73,6% da vazão disponível. Parte desta demanda é absorvida também pela população de Guaratiba.

Nesse resultado, não estão incluídas ampliações previstas e em execução para o Sistema Guandu, que já opera com déficit, de acordo com o relatório "Fontes de Alternativas de Abastecimento" do PERHI-RJ.

No balanço hídrico dos rios estaduais, projetados pelo PERHI-RJ, o rio Guandu continua na pior situação quanto ao consumo, com a maior parte de sua vazão comprometida pelas demandas setoriais, que chegaria a utilizar mais de 90% nos cenários tendencial e factível.

O balanço hídrico atual e futuro constante no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro para a bacia do Guandu é descrito na Tabela 2.

Tabela 2- Balanço hídrico na Bacia do rio Guandu, atual (2014) e futuro (2030)

Cenários	Q _{95%} (m ³ /s) ³	Demandas de consumo (m ³ /s)				Indicador (%)	Saldo Hídrico (m ³ /s)
		Abastecimento Humano	Indústria / Mineração	Agropecuária	Total ⁽¹⁾		
Atual	129,3	41,05	29,08	0,02	95,16	73,6%	34,1
Otimista (2030)	129,3	48,08	42,25	0,03	115,36	89,2%	14,0
Factível (2030)	129,3	52,71	42,31	0,02	120,04	92,8%	9,3
Tendencial (2030)	129,3	58,47	38,93	0,02	122,42	94,7%	6,9
Tendencial (2030) + Reserva Hídrica ETA Guandu (CEDAE)	129,3	64,78	38,93	0,02	128,73	99,6%	0,57

Obs: (1) – O total das demandas de consumo inclui a vazão ecológica de 25 m³/s.
Fonte: RIO DE JANEIRO (2014)

Pelo exposto fica evidente a necessidade de elementos para gestão dos recursos hídricos de Guaratiba, que possibilitem a sua própria sustentabilidade e que possam,

³ Unidade de vazão

inclusive, reduzir a pressão pela necessidade hídrica do sistema de abastecimento da Estação de Tratamento de Água do Guandu.

1.2 HIPÓTESE BÁSICA DA TESE

Existe uma “zona de sombra” na gestão de recursos hídricos no que concerne às áreas com usos intensivos de águas subterrâneas. Como resultado abrem-se caminhos para doenças de veiculação hídrica, inúmeras irregularidades, crimes, sobretudo em bacias hidrográficas de regiões metropolitanas, com perdas econômicas, restrições aos desenvolvimentos sociais e econômicos, agravamentos de problemas ambientais, dificuldades urbanas e um maior tempo necessário para resiliência quando as áreas com as características apontadas ficam expostas a eventos extremos.

A apropriação de ferramental de avaliações existentes pode contribuir para reversão de quadros com tendências a degradações socioeconômicas e ambientais.

1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a segurança hídrica de bacias urbanas e periurbanas visando a dar suporte à elaboração e à aplicação de políticas de segurança hídrica que produzam resultados satisfatórios, em termos de quantidade e qualidade, para o abastecimento público, bem como para gestão hídrica de regiões urbanas e periurbanas.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Atualizar o estado da arte do conceito de segurança hídrica na bibliográfica técnica, científica e institucional;
- Identificar propostas conceituais e metodológicas de segurança hídrica na literatura, aplicáveis à segurança hídrica aplicáveis às regiões urbanas e periurbanas;
- Validar o modelo proposto por MELO (2016) no estudo de segurança hídrica ao abastecimento público da Região Hidrográfica II do Rio de Janeiro do ponto de vista do bairro de Guaratiba, Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro; e
- Aplicar proposta conceitual e metodológica que cubra outros aspectos de segurança hídrica para o caso característico de Guaratiba, onde se faz usos intensivos de águas subterrâneas, é localizada em zona costeira e não tem rede de coleta de esgotos.

1.5 JUSTIFICATIVAS

A Organização das Nações Unidas define segurança hídrica como:

A capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem-estar humano, o desenvolvimento socioeconômico; para assegurar proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política. (EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO, 2013)

Conforme apontou MELO (2016):

Água é vital para a sobrevivência da população e os desenvolvimentos econômico, social e ambiental das cidades. Água é um fator da segurança alimentar, da geração de energia, da atividade industrial, do equilíbrio de ecossistemas aquáticos, da preservação das identidades social e cultural. O aumento crescente da população, que gera aumento da demanda por água, e as alterações climáticas globais, ainda pouco modeladas, associados à disponibilidade limitada de recursos hídricos na natureza, impõem sérios desafios à gestão de águas para abastecimento urbano. (MELO, 2016, p. 1)

Face estas e outras abordagens conceituais sobre a segurança hídrica justifica a análise da Região de Guaratiba, na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, que passa por contínuo processo de expansão urbana, crescimento demográfico e de alteração da paisagem com a expansão dos loteamentos irregulares e clandestinos (CTBDBS/CONSEMAC, 2015).

O local bucólico, visitado esporadicamente por proprietários de residências secundárias – tradicional produtor agrícola – passa por um constante processo de valorização fundiária/imobiliária e por um aumento considerável em sua população residente. A localidade em tela há anos é apresentada como o mais provável alvo sobre o qual incidirá o volátil capital especulativo imobiliário. Muitos especialistas apontam que a cidade do Rio de Janeiro crescerá em direção à Ilha de Guaratiba, notadamente os segmentos mais abastados (FERNANDES, 2015 *apud* LESSA, 2001; REDONDO, 2012; JANOT, 2013, p.17).

Trata-se de uma área periurbana com uma população apontada pelo censo do IBGE de 2010 para 110.049 habitantes, com 33.389 domicílios, precário abastecimento público e sem rede de tratamento de esgoto instalada.

A oferta de infraestrutura de saneamento é pequena, apesar de a Região estar abrangida no programa de Universalização do Saneamento a cargo da Prefeitura. Conforme o cronograma de implantação do Programa, a cargo de empresa privada concessionária de serviços públicos, o sistema de esgotamento

sanitário chegará à região num prazo de 20 anos (Parecer CTBDBS/CONSEMAC, 2015).

Como em muitas áreas rurais tradicionais o consumo de água advém de captações de nascentes e/ou poços, e é esse também o caso de Guaratiba, já que o abastecimento público é precário, pois está na ponta de sistema.

Apesar do censo de 2010 ter apontado que 2.060 domicílios tinham como fonte de abastecimento nascentes e/ou poços, o número de registros destas captações, no órgão gestor, são em apenas de dez, sendo que destas, só dois são poços rasos e cinco poços profundos, todos se valendo de bombeamentos. Há também três captações em rio ou cursos d'água.

O órgão gestor tem, para toda a região de Guaratiba, apenas dois pontos de monitoramentos e estes pontos apresentaram do ano de 2013 para 2015 perdas nos níveis de qualidade das águas.

Embora seja estimado que haja cerca de 350 produtores rurais na região, em sua grande maioria caracterizada por unidades produtivas familiares, ainda não se dispõe de um censo que melhor caracterize este que é o principal segmento produtivo local, por outro lado na região há também uma forte informalidade sobre diversos aspectos, razão pela qual se está focando, neste trabalho, nos associados da Rural Guaratiba, que estão organizados e são sensíveis aos problemas locais, e manifestam alguma consciência de que medidas de enquadramentos regulatórios se fazem necessários.

A Rural Guaratiba, que é uma associação civil sem fins lucrativos, que exerce atividade representativa dos produtores rurais da região de Guaratiba, está sediada na Ilha de Guaratiba e conta com 58 associados.

Além das avaliações perseguidas pelo trabalho dos aspectos referentes ao abastecimento público são também abordados os aspectos das captações de águas subterrâneas.

A importância das águas subterrâneas, e dos aquíferos, ficou mais evidenciada com o aumento da demanda e a diminuição da disponibilidade das águas superficiais, gerando o aparecimento de inúmeros conflitos relacionados à sua gestão e ao seu gerenciamento. A demanda é variável local e regionalmente, mostrando a necessidade de gestão e gerenciamentos.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro, para horizonte de planejamento até 2030, foi concluído e aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (CERHI-RJ) em fevereiro de 2014.

Dentre seus eixos temáticos foi contemplado nos *Objetivos e Custos das Ações sob Coordenação Direta do Sistema de Gestão das Águas*, no item 1.10 as Águas Subterrâneas, que como programa estabeleceu a necessidade de ampliar o conhecimento sobre as águas subterrâneas do estado do Rio de Janeiro (1.10.1) e que apontou para o objetivo de:

Ampliar o conhecimento hidro geológico dos aquíferos do estado do Rio de Janeiro, especialmente nas áreas de origem sedimentar e naquelas regiões de maior adensamento populacional e/ou de desenvolvimento industrial, apontando áreas que apresentem ou venham a apresentar restrições de uso quanto à quantidade ou qualidade de suas águas. (RIO DE JANEIRO, 2014)

Dentre os vários programas o tema obteve escala de importância 5, em uma escala de importância que variou de 1 (menor importância) a 7 (maior importância).

Destaca-se que há um aquífero na região, o aquífero Guaratiba, que ainda não possui o reconhecimento de órgãos governamentais, mas que foi objeto de artigo científico no trabalho de VICENTE *et al.* (2011).

1.6 METODOLOGIA

1. Revisão bibliográfica, a partir de MELO (2016), sobre tema segurança hídrica, visando uma base científica que contemplasse as possíveis soluções apontadas na caracterização do problema, como sendo um conjunto de fatores, que podem levar a insegurança hídrica para uma população de mais de 110.000 habitantes; comprometer ao desenvolvimento econômico e social da população local e também a uma significativa área de alto interesse ambiental, que é a região periurbana de Guaratiba.
2. Levantamento, por meio de consultas à relatórios técnicos, diagnósticos, banco de dados existentes e entrevistas com especialistas dos órgãos públicos e outras entidades sobre:
 - a) os volumes de águas fornecidas atualmente e projeções futuras junto a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE);
 - b) projeções para implantações de redes de esgotamentos sanitários junto a concessionária Foz Águas 5 que é a empresa responsável pela implantação de redes coletoras, coletores-tronco e estações de tratamento e serviços de esgotamento sanitário na Zona Oeste da cidade;

- c) estatísticas sobre doenças de veiculação hídrica, de acompanhamentos de saúde comunitária e de vigilância sanitária junto a Secretaria Municipal de Saúde (SMS);
 - d) informações sobre o Projeto de Estruturação Urbana (PEU) junto a Secretaria Municipal de Urbanismo, Infraestrutura e Habitação (SMUIH);
 - e) registros de vulnerabilidades de Guaratiba;
 - f) programas de gestão hídrica voltado para região junto a Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente (SECONSERMA) e Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Guandu; da Guarda e Guandu-mirim e outros órgãos afins; e
 - g) os aspectos estressores à segurança hídrica nos acervos do Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Guandu; da Guarda e Guandu-mirim.
3. Avaliações das características mensuráveis, seus efeitos (impactos) e severidades, correlacionando-os aos usos de águas do abastecimento público que atende a região.
4. Entrevistas e levantamentos de dados e informações, com visitas *in loco*, e atendendo os aspectos Éticos da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS) de números 466/2012 e 510/2016, junto aos produtores rurais, associados a Rural Guaratiba:
- a) as fontes de fornecimentos e/ou captações de águas;
 - b) as formas de captações;
 - c) os seus usos e os volumes estimados de consumos vinculados às fontes de fornecimento e/ou captações;
 - d) as percepções de consumo X escassez hídrica dos produtores rurais, com entrevistas semiestruturadas;
 - e) as qualidades das águas consumidas, com coleta de amostras para as análises biológicas, físicas e químicas com o uso da sonda profissional YSI 603223 multe parâmetros de qualidade de água; e
 - f) dados sobre usos de defensivos agrícolas e acumulações e destinações de resíduos. Os pontos de captações de águas serão georreferenciados e caracterizados por tipos de fontes hídricas, bem como as saídas de esgotos entre outros.
5. Aplicação do modelo proposto por MELO (2016) e avaliações dos os riscos à segurança hídrica de Guaratiba, com base no método *Environmental Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) e para uma análise mais local o modelo aplicado por GWP em 2014, com as avaliações de dimensões chaves: 1)

Segurança Hídrica Doméstica; 2) Segurança hídrica Econômica; 3) Segurança Hídrica Urbana; 4) Segurança Hídrica ambiental e; 5) Resiliência para perigos relacionados.

6. Finalizando as apresentações dos resultados, conclusões e sugestões.

CAPÍTULO II

2 O REFERENCIAL TEÓRICO

Para tratar o problema apresentado no Capítulo I deste trabalho são apresentados os referenciais teóricos que permitam trazer a luz os entendimentos que possíveis de aplicações no estudo de caso que se pretende.

2.1 SEGURANÇA HÍDRICA

Neste tópico são apresentados os Primeiros Conceitos de Segurança Hídrica, a Segurança Hídrica pelos Organismos Internacionais e a Segurança Hídrica no Brasil.

2.1.1 O CONCEITO SEGURANÇA HÍDRICA

O conceito de segurança hídrica ainda está sendo evoluído, por ser um tema relativamente novo, entretanto o mesmo passou por diversas atualizações desde que incorporou os aspectos relacionados aos focos na produção agrícola e na produção de alimento e os aspectos relacionados aos impactos adversos da água e seguranças nacionais. (MELO, 2016).

As evoluções nas tentativas de conceituar segurança hídrica começaram em Mar del Plata, em 1977, continuou através de Dublin e consolidaram-se no capítulo 18 da Agenda 21 no Rio de Janeiro em 1992.

Os conceitos de até então foram referendados nas reuniões da Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável (CSD-6), na sede da ONU em Nova Iorque em 1997, também em 1998, na Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável realizada de 19 a 21 de março, na sede da UNESCO em Paris.

A Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, patrocinada pelo governo da França, reuniu cerca de 600 participantes, incluindo ministros e altos funcionários de organismos públicos, responsável pela gestão dos recursos hídricos em 84 países e representantes da sociedade civil, agências da ONU, organizações internacionais e bancos de desenvolvimento envolvidos no setor da água. O objetivo da conferência foi a contribuir para a elaboração de estratégias necessárias para melhorar a conservação de recursos de água doce e de gestão nas áreas urbanas e rurais para garantir melhor controle da água potável, saneamento e irrigação, bem como integrar o controle de desertificação destes objetivos. (INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1998)

O objetivo de proporcionar a segurança hídrica no século XXI é refletido no processo sem precedentes de ampla participação e discussão por parte de peritos, as partes interessadas e funcionários de governos em muitas regiões do mundo. Estes processos aproveitaram das importantes contribuições do Conselho Mundial de Água, que lançou o processo da visão mundial da água no I Fórum Mundial da Água que aconteceu em Marrakech, Marrocos, em março de 1997, onde ocorreu a formação da Comissão Mundial sobre a Água no século XXI e o desenvolvimento do quadro de ação da Parceria Global da Água.

O conceito começou a ser difundido a partir do ano 2000 quando, motivado pelo Segundo Fórum Mundial da Água, o Conselho Mundial da Água deu início ao seu desenvolvimento integrando uma “*Visão para a Água*”, “*a Vida*” e “*o Meio Ambiente no Século 21*”, na sua declaração:

A água é vida. Todo ser humano, agora e no futuro, deve ter água potável suficiente para beber, saneamento adequado, comida e energia suficientes, a um custo razoável. A provisão de água adequada para atender a essas necessidades básicas deve ser feita de forma eqüitativa e que funcione em harmonia com a natureza" (GWP, 2000, p.3).

Segundo RENO (2014)⁴

A primeira definição abrangente de segurança hídrica foi fornecida pela Global Water Partnership no segundo Fórum Mundial da Água, em 2000: A segurança da hídrica nos domicílios e ao planeta implica que cada pessoa tenha acesso a água potável em quantidades suficientes e a preços acessíveis que aumente suas chances para uma vida limpa, saudável e produtiva, tendo o cuidado de proteger e melhorar o meio ambiente natural.

Posteriormente, segundo MELO (2016), SWAMINATHAN no ano de 2001 afirmou que *segurança hídrica é relacionada à disponibilidade de água em quantidade e qualidade apropriadas, considerando a permanência temporal que atenda aos usos domésticos, à agricultura, à indústria e às necessidades do ecossistema.*

O processo continuará na reunião em Bonn em 2002 (Dublin 10), através da revisão de 10 anos de implementação da Agenda 21. Estas e outras reuniões internacionais seguiram produzindo uma série de acordos e princípios que são a base sobre a qual declarações futuras foram construídas.

Ainda segundo MELO (2016), CHENG *et al.* em 2004 fez uma nova versão do conceito anterior: *Segurança hídrica é acesso à água potável, a um custo possível, para permitir*

⁴ Disponível em <http://informations-et-commentaires.nursit.com/spip.php?article29> Acesso em 22/03/2017.

uma vida saudável e a produção de alimentos, garantindo, ao mesmo tempo, a proteção do meio ambiente e a prevenção de desastres associados à água, como secas e enchentes.

A partir destas o conceito de segurança hídrica teve agregado a gestão dos riscos relacionados com a água, como descrito por MELO (2016):

GREY e SADOFF (2007) definiram segurança hídrica como “disponibilidade de água em quantidade e qualidade aceitáveis para saúde, meios de subsistência, ecossistemas, juntamente com um nível aceitável de risco relacionado à água para as pessoas, para o ambiente e para a economia”.

MASON e CALOW (2012) reconhecem a importância da “variabilidade e risco no seu conjunto pragmático de indicadores de segurança hídrica”.

A ONU (2013) incorpora a proteção contra desastres relacionados com a água na sua definição.

GREY *et al.* (2013) colocaram o foco sobre “as ameaças relacionadas com a água”, dando um passo adiante, para definir segurança hídrica como os riscos toleráveis no que dizem respeito à água para a sociedade. Esse conceito não só parece ser congruente com a linguagem da “segurança”, mas também traz substâncias teórica, empírica e operacional para “segurança hídrica” (LAUTZE; MANTHRITHILAKE, 2012; HALLAND; BORGOMEIO, 2013)

Segundo análise de HALLAND e BORGOMEIO (2013), a segurança hídrica adquiriu crescente proeminência como conceito e objetivo na política mundial da água, embora a forma que ela se difere de enquadramentos e conceitos anteriores de desafios globais da água nem sempre seja clara.

Em contraponto, BAKKER e COOK (2011) estabeleceram uma comparação entre a segurança hídrica e a Gestão Integrada de Recursos Hídricos, que, segundo a GWP (2008), é “o processo que promove um desenvolvimento coordenado e a gestão das águas, solo e recursos relacionados de modo a maximizar a resultante econômica e o bem-estar social sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais”. Já o termo segurança hídrica emerge para atender a necessidade de uma percepção clara ou de procurar um *status* final almejado de uma bacia hidrográfica (HENSEL; MITCHELL; SOWERS, 2006), ou seja, a segurança hídrica fornece um quadro que se desprende de uma visão normativamente orientada por metas (BAKKER & COOK, 2011). (MELO, 2016, p.63)

Segundo MELO (2016): O novo paradigma, a segurança hídrica, embora emergente, já apresenta vasta literatura e bons resultados práticos de gestão de recursos hídricos em vários países listados a seguir:

- FRANÇA (MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER, 2010);
- ALEMANHA (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT, 2010);
- USA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2012);

- BRASIL (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013);
- países da AFRICA (ECONOMIC COMMISSION FOR AFRICA, 2006);
- países da América Latina e Caribe (CEPAL, 2016);
- países da Ásia (ADB, 2016).

MELO (2016) afirma que no Brasil, *o assunto é ainda pouco explorado, tanto pelos estudiosos quanto pelos gestores públicos, e precisa ser discutido.*

Da mesma forma RENO (2014) também afirma que:

O conceito de segurança hídrica contém potencialidades que necessitam de consolidação analiticamente para orientar de forma sustentável as políticas hídricas durante as próximas décadas. No entanto, ele é apresentado em uma versão fraca, mesmo caricaturado em alguns documentos de grandes instituições internacionais sobre a água. A fim de explorar o reformador potencial, deve este conceito estar em um repositório analítico integrando uma variedade de conceitos institucionais sócio sistêmicos. Assim, garantir que tal conceito pode funcionar de forma eficaz dentro de uma realidade complexa enraizada em um tecido institucional rico e variado.

A segurança hídrica como um objetivo comum para enfrentar a crise global da água, aponta aos povos para trabalharem para a segurança como um objetivo global, tal como aprovado pelo Conselho Mundial da Água. A segurança hídrica, a qualquer nível, do agregado familiar ao global, que é acessível e acessível para uma vida limpa, saudável e produtiva, assegurando simultaneamente que ecossistemas estejam protegidos e melhorados.

Aqueles que usam e compartilham bacias hidrográficas e aquíferos devem gerenciar suas águas de forma sustentável, que possibilite o desenvolvimento humano com a proteção de ecossistemas vitais e ecológicos que apontam o termo "segurança hídrica" que visa captar o conceito complexo de gestão da água e o equilíbrio entre a proteção dos recursos e a utilização dos recursos.

A segurança dos recursos hídricos deve ser considerada em nível local, nacional e regional. Com melhorias na saúde, educação. O aumento da segurança hídrica pode prevenir e apoiar a meta geral de redução da pobreza, melhorando o bem-estar humano e sustentabilidade ambiental.

A implementação da Visão Mundial da Água exigirá que se atinja a segurança hídrica, com especial ênfase na extensão dos serviços aos que não são atingidos pelos impactos dos problemas hídricos.

Em todos os níveis, o desafio será encontrar o equilíbrio adequado para proteger os próprios recursos - águas subterrâneas e águas superficiais - às necessidades sociais e promover o desenvolvimento econômico. Também será essencial encontrar e aplicar exemplos de boas práticas, boas ferramentas e métodos, recursos que ajudam a alcançar o equilíbrio e promover decisões sábias e ações em todos os níveis, desde a casa da aldeia até os topos dos governos.

2.1.2 A SEGURANÇA HÍDRICA PELOS ORGANISMOS INTERNACIONAIS

➤ A Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente (ICWE)

A Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente (ICWE) em Dublin, Irlanda, de 26 a 31 de janeiro de 1992 (ICWE,1992) teve quinhentos participantes, incluindo especialistas designados por governos de centenas de países e representantes de oitenta organismos internacionais, intergovernamentais e não governamentais

Os peritos diagnosticaram como crítica a situação futura dos recursos hídricos no mundo. Na sua sessão de encerramento, a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente aprovou a Declaração de Dublin e o seu Relatório.

Os participantes da ICWE,1992, exigiram novas abordagens fundamentais para avaliação, desenvolvimento e gestão de recursos de água doce, o que só pode ser provocado por meio de comprometimento político e do envolvimento dos mais altos níveis de governo até as menores comunidades.

Apontaram que o compromisso tinha que ser apoiado por imediatos e substanciais investimentos, campanhas de conscientizações públicas, mudanças legislativas e institucionais, desenvolvimentos tecnológicos e programas de capacitações. Em conjunto a todos estes itens deveria haver um maior reconhecimento da interdependência de todos os povos e de seu lugar no mundo natural.

Ao recomendar a Declaração de Dublin a todos os líderes mundiais reunidos na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em junho de 1992 (ECO-92), os participantes da Conferência de Dublin incentivaram todos os governantes a estudar cuidadosamente as atividades específicas e as medidas de implementações recomendadas no Relatório da Conferência e traduzir aquelas recomendações em urgentes programas de ações para Água e Desenvolvimento Sustentável.

Princípios Orientadores da Declaração de Dublin e da ECO-92

É necessária uma ação concentrada para reverter a atual tendência de consumo excessivo, poluição e ameaças crescentes de secas e enchentes. As recomendações de ações focaram nos níveis local, nacional e internacional, com base em quatro princípios orientadores:

Princípio 1- A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente.

Desde que a água sustenta a vida, a gestão eficaz dos recursos hídricos exige uma abordagem holística, vinculando o desenvolvimento social e econômico com a proteção dos ecossistemas naturais. Uma gestão eficaz conecta os usos da terra e da água em toda a área de uma bacia hidrográfica ou aquífero de águas subterrâneas. (ICWE, 1992)

Princípio 2 – O desenvolvimento e gestão da água deverão ser baseados numa abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e agentes políticos em todos os níveis.

A abordagem participativa envolve ações de sensibilização a respeito da importância da água entre os formuladores de políticas e o público em geral. Isto significa que as decisões são tomadas no nível apropriado mais baixo com ampla consulta pública e envolvimento dos usuários no planejamento e na implementação de projetos de água. (ICWE, 1992)

Princípio 3 - As mulheres desempenham um papel central no fornecimento, gestão e proteção da água.

Este papel central das mulheres como provedoras e usuárias da água e guardiãs do ambiente em que vivem raramente têm sido refletidos nos arranjos institucionais para o desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos. A aceitação e implementação deste princípio exige políticas positivas para atender às necessidades específicas das mulheres e equipar e empoderar mulheres para participar em todos os níveis nos programas de recursos hídricos, incluindo a tomada de decisões e implementação, de maneira definida por elas mesmas. (ICWE, 1992)

Princípio 4 - A água tem um valor econômico em todos os usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Dentro desse princípio é vital reconhecer primeiramente o direito básico de que todos os seres humanos têm acesso à água potável e saneamento a um preço acessível. O erro no passado de não reconhecer o valor econômico da água tem levado ao desperdício e usos nocivos deste recurso para o meio ambiente. A gestão da água como bem econômico é uma forma importante para chegar a um uso eficaz e equitativo, e para incentivar a conservação e proteção dos recursos hídricos. (ICWE, 1992)

A Organização das Nações Unidas (ONU)

A segurança hídrica para a ONU é definida como a capacidade de uma população ter salvaguardado o acesso sustentável a quantidades adequadas de água em qualidade aceitável para manter os meios de subsistências, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconómico, garantir a proteção contra a poluição e os desastres hídricos, e para preservação dos ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política. (UN WATER, 2013)

A definição da ONU implica que a água deve ser gerida de forma sustentável ao longo de todo o seu ciclo e através de um enfoque interdisciplinar, de modo a contribuir para o desenvolvimento socioeconómico, reforçar a resiliência social aos impactos ambientais e às doenças transmitidas pela água, sem comprometer o presente e o futuro da saúde das populações e dos ecossistemas. (UN WATER, 2013)

Alcançar a segurança hídrica exige: 1) uma repartição entre todos os usuários para ser justa, eficiente e transparente; 2) que a água para satisfazer necessidades humanas básicas seja acessível a todos a um custo acessível; 3) que a água ao longo do ciclo da água seja recolhida e tratada para prevenir a poluição e as doenças; e 4) que existam mecanismos justos, acessíveis e eficazes para gerir ou resolver as disputas ou conflitos que possam surgir.

O conceito opera em todos os níveis, desde o individual, doméstico e o comunitário até local, subnacional, nacional, regional e internacional e leva em conta a variabilidade da disponibilidade de água ao longo do tempo.

O conceito de segurança hídrica, conforme descrito em (UN WATER, 2013)⁵, que foram desenvolvidos através dos anos contém uma série de elementos-chave comuns. A seguir, apresenta-se um resumo dos principais elementos necessários para alcançar e manter a segurança hídrica:

- acesso à água potável segura e suficiente a um custo acessível, a fim de satisfazer as necessidades básicas, que incluem saneamento e higiene e a salvaguarda da saúde e bem-estar;
- proteção à vida e aos direitos humanos, a valores culturais e recreativos;
- preservação e proteção de ecossistemas;

⁵ Adapted from the UN Water Concept Note “Water Security – A Working Definition” [internal document, 4th Draft, 2011] and the Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century, Second World Water Forum, 22 March, 2000.

- preservação e proteção dos ecossistemas na alocação e gestão do sistema de água, a fim de manter a sua capacidade de fornecer e manter a função dos serviços essenciais dos ecossistemas;
- fornecimento de água para o desenvolvimento socioeconômico e atividades produtivas, como energia, transportes, indústria e turismo;
- coleta e tratamento de água devem ser usadas para protegerem a vida humana e do ambiente contra a poluição;
- abordagens colaborativas para gestão de recursos hídricos transfronteiriços dentro e entre países, para promover a sustentabilidade de água doce e a cooperação;
- capacidade de lidar com as incertezas e os riscos de perigos relacionados à água, como inundações, secas e poluição, entre outros;
- boa governança e prestação de contas (*accountability*), e a devida consideração aos interesses de todas as partes envolvidas, por meio de regimes jurídicos adequados e eficazes; instituições transparentes, participativas e responsáveis; infraestrutura devidamente planejada, operada e mantida; e desenvolvimento de capacidades.

O documento final da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável de 2012 (Rio+20) - *O Futuro que Queremos* -, reconheceu que “a água está no centro do desenvolvimento sustentável”, mas ao mesmo tempo o desenvolvimento e o crescimento econômico criam pressões sobre esse recurso e desafios à segurança hídrica para os seres humanos e a natureza. Ademais, permanecem enormes as incertezas sobre a quantidade de água necessária para atender a demanda de alimentos, energia e outros usos humanos, e para sustentar os ecossistemas. Essas incertezas são exacerbadas pelo impacto das alterações climáticas. (WWDR, 2015)

A gestão de recursos hídricos é responsabilidade de muitos tomadores de decisão, nos setores público e privado. A questão que se coloca é de como a responsabilidade compartilhada pode ser transformada em algo construtivo e ser elevada a um ponto de convergência em torno do qual os diversos interessados possam se reunir e participar coletivamente em tomadas de decisão informadas. (WWDR, 2015)

No âmbito da Organização Mundial de Saúde (OMS) vinculada a ONU foi publicado em 2009 o manual para elaboração de planos de segurança hídrica, no qual um dos passos necessários de avaliação para a construção desse documento foi a identificação de perigos que as bacias hidrográficas podem estar expostas nos

mananciais de abastecimentos e que podem gerar fatores de risco à segurança hídrica e que são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Riscos típicos que afetam a bacia hidrográfica

Evento perigoso (fonte de perigo)	Riscos associados (e questões a considerar)
Padrões de meteorologia e climatologia	Inundações e mudanças rápidas na qualidade da fonte de água
Variações sazonais	Alterações na qualidade da fonte de água
Geologia	Arsênico, flúor, chumbo, urânio e radônio Contaminação de água subterrânea por entrada de água de superfície
Agricultura	Contaminação microbiana, pesticidas e nitrato Espalhamento de chorume e estrume Eliminação de animais mortos
Silvicultura	Pesticidas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) (incêndios)
Indústria (incluindo as abandonadas e os antigos terrenos industriais)	Contaminação química e microbiana Perda de potencial fonte de água devido à contaminação
Mineração (incluindo minas abandonadas)	Contaminação química
Transporte – estradas	Pesticidas e produtos químicos (acidentes de trânsito)
Transporte – ferroviários	Pesticidas
Transporte - aeroportos (incluindo aeródromos abandonados)	Produtos químicos orgânicos
Desenvolvimento	Escoamento superficial
Habitação - fossas sépticas	Contaminação microbiana
Matadouros	Contaminação orgânica e microbiana
Animais selvagens	Contaminação microbiana
Uso recreativo	Contaminação microbiana
Uso da água competitivo	Suficiência
Armazenamento de água bruta	Proliferação de algas e toxinas Estratificação
Aquífero freático	Qualidade da água sujeita à mudança inesperada
Poço/perfuração construída sem impermeabilização	Intrusão de água de superfície
Perfuração com revestimento corroído ou incompleto	Intrusão de água de superfície
Inundação	Qualidade e suficiência de água bruta

Fonte: MELO (2016)

No âmbito da Organização das Nações Unidas uma definição funcional de segurança hídrica foi estabelecida para fornecer uma estrutura comum para colaboração em todo o sistema das Nações Unidas (UN WATER, 2013, p.vi):

A segurança hídrica é definida como a capacidade de uma população garantir o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade aceitável para sustentar os meios de subsistência, bem-estar humano e desenvolvimento socioeconômico, para assegurar proteção contra a poluição da água e desastres relacionados à água e para preservar os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política.

Em UN WATER (2013) é citado que existem várias definições e interpretações do termo segurança hídrica (ver UNESCO-IHP, 2012; GTZ, 2010; GRAY *and* SADOFF, 2007) e

o uso do termo é divulgado dentro e fora do sistema das Nações Unidas, definidos ou não. Mas uma definição mutuamente acordada, especialmente em todo o sistema das Nações Unidas, é a necessária para garantir a segurança hídrica e proporcionar uma compreensão partilhada do conceito e das suas várias dimensões complexas.

Sobre a segurança hídrica em UN WATER (2013) foi citado que:

A segurança hídrica engloba desafios complexos e interconectados e destaca a centralidade da água para alcançar um maior senso de segurança, sustentabilidade, desenvolvimento e bem-estar humano. Muitos fatores contribuem para a segurança hídrica, variando de biofísica a infraestrutural, institucional, política, social e financeira - muitos dos quais estão fora do âmbito hídrico. A este respeito, a segurança hídrica está no centro de muitas áreas de segurança, cada uma delas intrinsecamente ligada à água. A abordagem dessa meta requer, portanto, a colaboração interdisciplinar entre os setores, comunidades e fronteiras políticas, de modo que a competição ou os potenciais conflitos sobre os recursos hídricos, entre os setores e entre os usuários ou estados da água, sejam adequadamente gerenciados. Em reconhecimento às suas implicações de segurança nas tensões e conflitos, a UN Water apoia a inclusão da segurança hídrica na agenda do Conselho de Segurança da ONU. (UN WATER, 2013, p.vi)

Em UN WATER (2013) ainda cita que:

As questões da água devem ser colocadas dentro do paradigma existente de segurança humana. Nas últimas décadas, as definições de segurança ultrapassaram um foco limitado em riscos e conflitos militares e se expandiram para abranger uma ampla gama de ameaças à segurança, com ênfase especial na segurança humana e sua conquista através do desenvolvimento. A água é a melhor colocada dentro dessa definição mais ampla de segurança e atua como um elo central entre a gama de valores mobiliários, inclusive políticos, de saúde, econômicos, pessoais, alimentares, energéticos e ambientais, entre outros. (UN WATER, 2013 *apud* UNDP, 1994; LEB and WOUTERS, 2013, p. 6)

Conforme MELO (2016) *apud* BAKKER & COOK (2011) apresentam que os focos principais dos conceitos de segurança hídrica revisados são fortemente influenciados pela área do conhecimento que os propõem, conforme consta na Tabela 4, sendo esse um enfoque importante para a definição dos objetivos setoriais da segurança hídrica.

Tabela 4 - Abordagens setoriais do tema segurança hídrica

Área	Foco da segurança hídrica ou definição
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • <i>input</i> para produção agrícola e segurança alimentar.
Engenharia	<ul style="list-style-type: none"> • <i>proteção contra desastres relacionados à água (cheias, secas, contaminação e terrorismo);</i> • <i>segurança de suprimento (porcentagem da demanda suprida).</i>
Ciência ambiental e estudos ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • <i>acesso às funções e aos serviços da água para o ser humano e o meio ambiente;</i> • <i>disponibilidade de água em termos de quantidade e qualidade;</i> • <i>minimização dos impactos da variabilidade hidrológica.</i>
Ictiólogos, geologia ou geociência e hidrologia	<ul style="list-style-type: none"> • <i>variabilidade hidrológica (incluindo águas subterrâneas);</i> • <i>segurança em todo o ciclo hidrológico.</i>
Saúde pública	<ul style="list-style-type: none"> • <i>segurança no abastecimento e na potabilidade da água;</i> • <i>prevenção e avaliações em relação à contaminação nos sistemas de distribuição de água.</i>
Antropologia, economia, geografia, história, direito, gestão e ciências políticas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>segurança na infraestrutura de abastecimento humano;</i> • <i>input para produção de alimentos e bem-estar humano;</i> • <i>conflito violento ou armado;</i> • <i>minimização da vulnerabilidade das variações hidrológicas.</i>
Política	<ul style="list-style-type: none"> • <i>ligações interdisciplinares (alimento, clima, energia, economia e segurança humana);</i> • <i>desenvolvimento sustentável;</i> • <i>proteção contra desastres relacionados à água;</i> • <i>proteção dos sistemas de água e contra secas e enchentes: desenvolvimento hídrico sustentável para garantir as funções e os serviços relacionados à água.</i>
Recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>escassez hídrica;</i> • <i>segurança de suprimento (gestão da demanda);</i> • <i>green versus blue na segurança hídrica: vazão no rio e água na atmosfera e no solo.</i>

Fonte: MELO (2016) *apud* OMS (2009)

Considerando a vulnerabilidade potencializada pelas mudanças climáticas na África, Américas e Ásia, foram feitas as seguintes recomendações (UNESCO-IHP, 2015):

- melhoria das informações, assegurando a credibilidade das metodologias de coleta de dados e a criação de uma base de conhecimentos sobre a avaliação da vulnerabilidade, aumentando o compartilhamento de dados e evitando a duplicação dos mesmos;
- ajuste da avaliação da vulnerabilidade de acordo com a escala local e o monitoramento contínuo, e reforçando as capacidades locais, incluindo governos, comunidades e conhecimentos tradicionais;
- implementação da avaliação da vulnerabilidade multissetorial e multiriscos com foco sobre as alterações climáticas e considerando o uso da terra e as alterações demográficas;
- prioridade para abordagens da avaliação integrada, reconhecendo características humanas e sociais, mas também oportunidades para fortalecer a capacidade de adaptação das comunidades;
- reforço da colaboração internacional para a sensibilização sobre a importância da segurança hídrica.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

A Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é uma organização intergovernamental multidisciplinar, que remonta ao Plano Marshall pós-Segunda Guerra Mundial. Hoje, é composto por 34 países membros que estão comprometidos com o governo democrático e a economia de mercado e a Comissão Europeia. A OCDE fornece um fórum único e a capacidade analítica para auxiliar os governos a comparar e trocar experiências políticas e a identificar e promover boas práticas através de decisões políticas e recomendações.

Conforme descrito em OCDE (2013) foi incluso a variável “risco” ao conceito de segurança hídrica, apontando que para atingi-la significa manter aceitável o nível de quatro ameaças associadas à água:

- 1- risco de armazenamento (incluindo seca): falta de água para atender as demandas, em curto e longo prazos, para os usos que a água se destina (doméstico, produção e meio ambiente);
- 2- risco de qualidade inadequada: ausência de qualidade apropriada para um determinado propósito ou uso;
- 3- risco relacionado ao excesso (incluindo enchentes): extravasamento ou transbordamento dos limites normais do sistema de água (natural ou construído), ou acúmulo destrutivo de água em áreas que normalmente não são submersas;
- 4- risco de enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce: exceder a capacidade de resposta dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos e suas interações (o sistema propriamente), possivelmente superando os pontos de ruptura, causando danos irreversíveis aos sistemas hidráulicos e às funções biológicas.

Conceituando risco a OCDE (2013) descreve a probabilidade e consequência de um evento incerto, onde a probabilidade de ocorrência possa ser estimada de forma confiável. Na verdade, o risco está na intersecção entre perigo, exposição e vulnerabilidade. A redução de qualquer um dos três fatores para zero, conseqüentemente, eliminaria o risco.

A Figura 21 apresenta os componentes de risco conforme descrito em OCDE (2013).

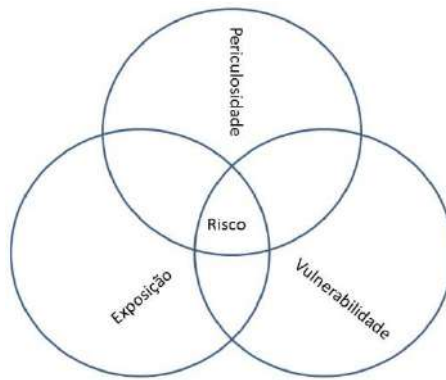


Figura 21 - **Componentes do risco**
Fonte: OCDE, 2013

Portanto, conforme MELO (2016, p. 20):

Seguindo a abordagem da OCDE baseada em risco, este é considerado aceitável se a probabilidade e o impacto de um determinado evento são baixos. Nesse caso, não há pressão para reduzir riscos aceitáveis, ao menos que se justifiquem medidas em termos do seu custo. Em contrapartida, ações são necessárias para reduzir um risco com nível tolerável para o nível aceitável. No extremo, riscos intoleráveis requerem ações urgentes para reduzi-los a um nível aceitável devido a sua probabilidade muito elevada ou seu alto potencial de dano. O processo de julgamento (mensuração) de aceitabilidade e tolerância permite aos tomadores de decisões políticos priorizarem as ações de gestão do risco.

Desta forma, entendendo a segurança hídrica como o objetivo (materialidade) que se pretende atingir, devem-se identificar as variáveis que possam gerar riscos ao objetivo, avaliar a probabilidade de ocorrência desta variável e o impacto da sua ocorrência.

➤ Conselho Mundial da Água (*World Water Council - WWC*)

O Conselho Mundial da Água (WWC, 2013) foi fundado em 1996, e é uma organização internacional de plataforma multi-*stakeholder* cuja missão é mobilizar ações incluindo o mais alto nível de tomada de decisão, envolvendo as pessoas no debate desafiador e pensamento convencional em questões críticas de água em todos os níveis. O Conselho centra-se nas dimensões políticas da segurança da água, da adaptação e da sustentabilidade.

Busca promover, assim, a sua proteção, o planejamento dos sistemas de gestão e o uso eficiente, com vistas ao equilíbrio ambiental e ao benefício para os seres humanos. Como principal atuação promove os Fóruns Mundiais de Águas e vem influenciando discussões internacionais, bem como políticas de governo. No ano 2000, o Conselho Mundial da Água, em Haia, declarou que:

A água é vital para a vida e a saúde das pessoas e dos ecossistemas e um requisito básico para o desenvolvimento dos países, mas em todo o mundo as mulheres, homens e crianças não têm acesso a água adequada e segura para satisfazer suas necessidades mais básicas. Os recursos hídricos e os ecossistemas relacionados que os fornecem e sustentam estão sob ameaça de poluição, uso não sustentável, mudanças no uso da terra, mudanças climáticas e muitas outras forças.

A ligação entre essas ameaças e a pobreza é clara, pois são os pobres que são os primeiros a serem atingidos e os mais difíceis. Isso leva a uma conclusão simples: negócio como o usual não é uma opção. Há, é claro, uma enorme diversidade de necessidades e situações em todo o mundo, mas juntos temos um objetivo comum: fornecer segurança hídrica no século XXI.

Garantir que ecossistemas de água doce, costeira e outros relacionados sejam protegidos e melhorados; que o desenvolvimento sustentável e a estabilidade política sejam promovidos; que cada pessoa tenha acesso à água potável suficiente a um custo acessível para levar uma vida saudável e produtiva, e que a população vulnerável seja protegida contra os riscos relacionados à água. (WWC, 2000)

O Conselho Mundial da Água estabeleceu estratégias de 2013-2015 onde é afirmado que:

A segurança hídrica consiste primeiro em cobrir as necessidades essenciais da vida cotidiana, da alimentação e da saúde: água para produzir alimentos e melhorar os rendimentos agrícolas; Água limpa e segura para ajudar a conter doenças transmitidas pela água que continuam sendo uma das principais causas de morte.

Segurança hídrica representa a garantia de segurança econômica e social para a produção de bens e serviços necessários ao desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida. Abrange também a segurança ecológica, para retornar à natureza, cumprindo seu papel essencial de preservação da biodiversidade e manutenção de ecossistemas. (WWC, 2013)

Parceria Mundial da Água (*Global Water Partnership - GWP*)

O GWP é uma rede de ação global. Seu foco principal é apoiar processos de mudança social que promovam a gestão sustentável e o desenvolvimento dos recursos hídricos. Para fazer isso, a rede convida as organizações afins a aderir a este movimento global.

A GWP tem como missão estabelecer o conceito de um mundo com segurança hídrica para garantir desenvolvimento social, crescimento sustentável e inclusivo, além de proteção dos ecossistemas. Sua atuação prioritária é garantir segurança hídrica para presentes e futuras gerações, agregado ao fato de seu conceito de segurança hídrica ser citado em diversas referências, inclusive pelo governo canadense.

Para a GWP (2000):

O termo "segurança da água" visa capturar o conceito complexo de gestão holística da água e o equilíbrio entre a proteção de recursos e o uso de recursos. A segurança hídrica precisa ser considerada em nível local, nacional e regional. Juntamente com melhorias na saúde, educação, energia e segurança alimentar, o aumento da segurança da água pode evitar ameaças da poluição e apoiar o objetivo geral de alívio da pobreza, melhoria do bem-estar humano, produtividade e capacidade, juntamente com a sustentabilidade ambiental.

Cumprir a Visão Mundial da Água exigirá a obtenção da segurança hídrica em todos os níveis, com ênfase especial em estender os serviços aos não alcançados. Em todos os níveis, o desafio será encontrar o equilíbrio certo entre a proteção do próprio recurso - águas subterrâneas e superficiais -, atendendo às necessidades sociais e

promovendo o desenvolvimento econômico. Também será essencial encontrar e aplicar exemplos de boas práticas, boas ferramentas, métodos e recursos que ajudem a alcançar o equilíbrio e promover decisões e ações sábias de todos os níveis, desde a casa da aldeia mais pobre até a sede máxima do governo. (GWP, 2000, p.12)

Para a GWP (2010) a essência da segurança hídrica é que o interesse pelo recurso base está acompanhado do interesse ao serviço que explora ou utiliza o recurso base, como a sobrevivência e o bem-estar humano, a agricultura e outras demandas de produção. Conceitua, então, segurança hídrica como sendo o aproveitamento do potencial da água, assim, todas as pessoas terão água potável suficiente e água disponível para uma vida produtiva, ao mesmo tempo em que protege o meio ambiente.

Para tanto, ambos os aspectos, qualidade e quantidade de água, devem ser considerados, uma vez que a qualidade afeta o valor da água e impacta o meio ambiente. Adicionalmente, segurança hídrica significa combater os efeitos destrutivos da água, ou seja, os danos causados por inundações, secas, deslizamentos de terra, erosão, poluição e doenças transmitidas pela água. Portanto, a segurança hídrica é a teia que une alimento, energia, clima, crescimento econômico e segurança humana, desafios que o mundo encara.

Foi defendido que para atingir a segurança hídrica requer cooperação entre diferentes tipos de usuários de água, entre bacias vizinhas e aquíferas, dentro de uma estrutura que permita a proteção aos ecossistemas aquáticos, e o combate da poluição e de outras ameaças. O relatório também abordou que as decisões, para se atingir a segurança hídrica, podem ser impopulares em alguns casos, como, a determinação de padrões setoriais de eficiência de uso, restrição de uso da água, sobretaxas, entre outras. Entretanto, os agentes tomadores de decisões devem tomá-las e seguirem com as implementações.

Conforme sugerido por GWP (2010) as instituições podem garantir a segurança hídrica:

- Promovendo a segurança hídrica nos eixos água-energia-alimentos;
- Identificando oportunidades de cooperações regionais;
- Incentivando agendas econômicas regionais para integrar a água;
- Reforçando o papel da *IWRM*⁶ na segurança hídrica nos diálogos técnicos e políticos.
- Catalisando diálogos multisetoriais sobre desafios e soluções em água.

⁶ *Integrated Water Resources Management* - Gestão Integrada de Recursos Hídricos.

De maneira específica, aumentar a segurança hídrica, muitas vezes, requer uma combinação de intervenções técnicas, econômicas, operacionais, legais e institucionais. O entendimento do conceito de segurança hídrica pode ajudar a determinar as medidas que têm prioridade.

Em GWP (2013) é apontado que o estresse hídrico é uma grande preocupação em muitas áreas urbanas. O aspecto central da urbanização é o rápido crescimento da população urbana, juntamente com o planejamento inadequado, a poluição, a pobreza, as exigências concorrentes sobre o recurso, todos estes aspectos contribuem para o estresse hídrico: principalmente pelo fato das projeções de que consumo de água urbana deverá dobrar até 2025.

As mudanças significativas também nos padrões de precipitação afetarão a disponibilidade de água e induzirão aos desastres relacionados à água. Por outro lado, espera-se que a população urbana mundial aumente em 72% até 2050, se mantida as atuais projeções, passando de 3,6 mil milhões em 2011 para 6,3 mil milhões em 2050. (GWP, 2013)

Os modelos atuais de planejamento urbano e gestão da água já falharam ou provavelmente fracassarão na perspectiva de custo-eficácia, desempenho técnico, equidade social e sustentabilidade ambiental. (GWP, 2013)

É necessária uma mudança de paradigma ao nível do sistema. A Gestão Integrada das Águas Urbanas (*IUWM*⁷) fornece uma estrutura para intervenções ao longo de todo o ciclo da água e uma reconsideração da forma como a água é utilizada (e reutilizada). (GWP, 2013)

A *IUWM* equilibra demandas concorrentes entre usuários de água: agricultura, indústria, lar e ecossistemas. Mas os governos devem reconhecer a importância de tomar tal abordagem para enfrentar os desafios das cidades. (GWP, 2013)

Ainda em GWP (2013) é afirmado que há consensos crescentes em torno dos princípios da Gestão Integrada de Águas Urbanas que incluem as três principais dimensões interconectadas:

- **Governança:** É um aspecto crítico para apoiar Gestão Integrada de Águas Urbanas. Sem uma política governamental e um apoio estrutural e uma participação abrangente das partes interessadas, a gestão ótima dos recursos hídricos não pode ser alcançada.

⁷ Integrated Urban Water Management

- **Serviço:** Este componente inclui sistemas de ciclo fechado para abastecimento de água e esgotamento sanitário (fazendo o ciclo da água inteira como um só), gerenciamento de águas pluviais, boas operações e manutenções e ao mesmo tempo mantendo a qualidade da água conforme necessário para o uso. Recomendam-se sistemas descentralizados de tratamento de águas residuais e tecnologias inovadoras e acessíveis.
- **Recurso:** É de extrema importância fazer uso de todos os recursos disponíveis; convencionais ou não convencionais, sob a forma de águas residuais, águas pluviais, águas superficiais, águas cinzentas, águas negras etc. As águas residuais não devem ser água desperdiçada! Simultaneamente, a gestão do lado do consumo deve ser utilizada para diminuir o *stress* nos recursos hídricos.
- **Cidades:** uma riqueza de oportunidades. A urbanização também traz oportunidades para uma gestão mais eficiente da água, bem como para a prestação de serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário para muitas pessoas. As cidades são geradoras de riqueza e emprego, incubadoras de inovação e criatividade e, oferecem as melhores oportunidades para melhorar os meios de subsistências.

Rede de Pegada Hídrica (*Water Footprint Network*)

Segundo MELO (2016) a *WATER FOOTPRINT NETWORK* é uma organização não governamental, com atuação em questões relacionadas a água, o esgotamento sanitário e a higiene, desde 1981 e influencia políticas e promove ações nesses três temas como base para a redução da pobreza.

Ainda segundo MELO (2016) *apud* WATERAID (2012) a *WATER FOOTPRINT NETWORK* traz uma abordagem mais humanitária sobre a segurança hídrica, considerando a sua linha de atuação, tratando a questão em menor escala, referente às comunidades, e conceitualmente simplificando a abordagem para um modelo que garanta meios de subsistência para essas comunidades. Na mesma publicação, a organização apresenta oito definições de segurança hídrica, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 1 - Definições de segurança hídrica conforme levantamento da WATERAID

Definições
David Grey e Claudia Sadoff (2007) – Banco Mundial <i>"A segurança hídrica é a disponibilidade de uma quantidade e qualidade aceitável de água para a saúde, meios de subsistência, ecossistemas e produção, juntamente com um nível aceitável de riscos relacionados à água para as pessoas, ambientes e economias."</i>
Len Abrams (2012) - Hidrologista <i>"A segurança hídrica é uma situação de acesso confiável e seguro à água ao longo do tempo. O que não equivale à quantidade constante da oferta, mas à previsibilidade, o que permite tomar medidas em tempos de escassez de evitar o estresse."</i>
Eric Gutierrez e Patricia Wouter (2005) – Acadêmicos Jurídicos <i>"A definição abrangente de segurança hídrica vai além de disponibilidade para questões de acesso. Acesso envolve desde a discussão dos direitos individuais fundamentais aos direitos de soberania nacional sobre a água. Envolve também a equidade e acessibilidade, bem como o papel dos Estados e dos mercados na alocação, preços, distribuição e regulação da água. A segurança hídrica implica também na tomada de decisão social e política em relação ao uso. A prioridade a ser dada aos usos concorrentes do recurso: domésticos, demandas agrícolas ou industriais."</i>
Bangladesh Institute of Peace and Security Studies think tank (2009) <i>"A segurança hídrica é essencial para o acesso humano à saúde, ao bem-estar, à economia e à estabilidade política. É essencial para limitar os riscos de desastres relacionados à água. Uma valoração completa e justa dos recursos, a sustentabilidade dos ecossistemas em todas as partes do ciclo hidrológico e uma partilha equitativa e cooperativa dos recursos hídricos são necessários."</i>
Malin Falkenmark (2001) – Acadêmico <i>"O maior problema da água é a nossa incapacidade de integrar a segurança ambiental, a segurança hídrica e a segurança alimentar. A segurança hídrica está ligada à segurança no abastecimento de água potável e saneamento, água para produção de alimentos, "hidro solidariedade" entre as pessoas que vivem a montante e aqueles que vivem a jusante de bacia hidrográfica e prevenção à poluição da água para que a água nos aquíferos e rios possam permanecer utilizáveis, por exemplo, não muito poluída para uso para abastecimento humano, produção industrial, utilização agrícola ou para a proteção da biodiversidade, zonas húmidas e dos ecossistemas aquáticos em rios e águas costeiras."</i>
Tony Allan (2012) - Acadêmico <i>"A segurança hídrica é apenas o que nós escolhemos para comer [e] nada a ver com o ambiente ou a ciência etc. A segurança hídrica está relacionada com o comércio de alimentos – como segurança energética é (mais obviamente, talvez) ligada ao comércio de petróleo. O uso seguro de água é definido por processos políticos. A segurança hídrica é atingida fora da bacia hidrográfica (na 'fonte do problema')."</i>
Patricia Wouters (2005) – Acadêmica <i>"Há três elementos importantes da 'segurança hídrica': 1 - A segurança hídrica é baseada em três liberdades fundamentais: liberdade de desejo, a liberdade do medo e liberdade para viver com dignidade humana; 2 - Garantir a segurança hídrica pode levar a um conflito de interesses, que deve ser capaz de serem identificados e tratados com eficácia em nível internacional, nacional e local; 3 - A segurança hídrica, como a água, é um conceito dinâmico, e que precisa de defensores locais e manejo sustentado."</i>
Mark Zeitoun (2012) - Acadêmico <i>"Processos físicos e sociais se combinam para criar ou negar a segurança hídrica. Segurança hídrica sustentável é interpretada como uma função do grau de equidade e equilíbrio entre as interdependências das áreas de segurança relacionadas, disputadas dentro de uma teia de forças socioeconômicas e políticas em vários níveis espaciais ... A 'rede' de segurança hídrica identifica áreas relacionadas com a segurança nacional da água, que incluem recursos naturais (energia, clima, comida), bem como grupos sociais envolvidos (indivíduo, comunidade, nação). A 'rede' reconhece a interação que ocorre em todas as escalas espaciais desde o indivíduo até a bacia hidrográfica e os níveis globais. Nesse sentido, a segurança hídrica de um indivíduo pode coexistir com a insegurança nacional da água, como no caso dos ricos agricultores-sheikhs com os poços mais profundos (que podem estar temporariamente seguros em relação à água) nas terras altas e secas do Yemen (que não é, no seu conjunto, água segura)."</i>

Fonte: MELO (2016) *apud* WATERAID (2012)

Assim aponta MELO (2016):

De maneira específica, aumentar a segurança hídrica, muitas vezes, requer uma combinação de intervenções técnicas, econômicas, operacionais, legais e institucionais. O entendimento do conceito de segurança hídrica pode ajudar a determinar as medidas que têm prioridade. (MELO, 2016, p.23)

A Tabela 5 apresenta uma matriz de capacidades de enfrentamento, combinando os diversos tipos de intervenções, para lidar com maior ou menor estresse relacionado à água, visando a atingir a segurança hídrica (MELO, 2016 *apud* AIT KADI; ARRIENS, 2012).

Tabela 5 - Matriz de Segurança Hídrica no Âmbito Nacional

Estresse relacionado à água	Capacidade de enfrentamento	
	Baixa	Alta
Baixo	<p>Questões de segurança hídrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vulnerabilidade a inundações; • poluição; • aumento das necessidades dos serviços de água e saneamento, principalmente para as grandes cidades; • aumento da segurança hídrica por meio de desenvolvimento de um estoque adequado de infraestrutura (armazenamento, controle de enchentes etc.); • legislação apropriada e instituições adequadas; • planejamento de água abrangente e integrado. 	<p>Questões de segurança hídrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mitigação da poluição do passado, presente e futuro; • necessidade de água dos ecossistemas; • marcos legais que garantam o acesso de todos; • aumentar da segurança hídrica por meio de marcos legais eficazes a um conjunto de escalas; • incentivos econômicos; • gestão mais ética.
Alto	<p>Questões de segurança hídrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rápido crescimento da demanda de água; • disponibilidade de água abaixando para o nível de crise; • exploração excessiva das águas subterrâneas; • escassez agravada pela poluição; • baixa eficiência da irrigação; • vulnerabilidade a enchentes/secas; • aumento da segurança hídrica por meio de: combinação ideal do aumento da oferta e gestão da demanda, reforço das capacidades institucionais e da adoção de um arcabouço jurídico mais coeso e integrado, desenvolvimento de mecanismos adequados para alocação de água entre os setores. 	<p>Questões de segurança hídrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • redução dos recursos hídricos; • redução da poluição; • requerimentos ambientais; • conflitos de uso; • aumento da segurança hídrica por • meio de: conservação e reutilização da água, políticas sustentáveis, bem como estruturas legais e instituições para a gestão da água e a prevenção e resolução de litígios, reforço do controle do desperdício de águas e poluição por meio de mecanismos legais e institucionais executáveis.

Fonte: MELO (2016, p.24)

2.1.3 A SEGURANÇA HÍDRICA NO BRASIL

Segundo a *Lista de Termos para o Thesaurus de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas*, aprovada pela Portaria n^o 271, de 3 de dezembro de 2013, traduzido no documento “Lista de Termos para o Thesaurus de Recursos Hídricos” (ANA, 2014), as notas de definições para o termo segurança hídricas são:

1. Condição que visa garantir quantidade e qualidade aceitável de água para abastecimento, alimentação, preservação de ecossistemas e demais usos, associados a um nível aceitável de riscos relacionados com a água para as pessoas, economias e meio ambiente. (ANA, 2014)

2. Garantia de disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. (CNRH, 2013)

Em 20/08/2014 foi lançado, pelo Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), com o objetivo de definir as principais intervenções estruturantes e estratégicas de recursos hídricos para todo o país, tais como barragens, sistemas adutores, canais e eixos de integração, que são necessárias para garantir a oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas bem como reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e cheias).

O PNSH foi previsto para ter dois horizontes de trabalho:

- O primeiro, até 2020, para identificação das demandas efetivas do setor de recursos hídricos, o que inclui um estudo integrado dos problemas de oferta de água e de controle de cheias em áreas vulneráveis, além da análise de estudos, planos, projetos e obras; e
- No segundo, o Plano considera 2035 como prazo para o alcance das intervenções propostas pelo estudo, que visa a integrar as políticas públicas do setor de recursos hídricos.

O PNSH anunciado previu a realização por meio de parceria entre a ANA, o Ministério da Integração Nacional e o Banco Mundial, no âmbito do Programa de Desenvolvimento do Setor Água (INTERÁGUAS).

O INTERÁGUAS visa buscar uma melhor articulação e coordenação de ações no setor água, melhorando sua capacidade institucional e de planejamento integrado e criando um ambiente integrador no qual seja possível dar continuidade à programas setoriais exitosos, tais como: o Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) e o Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (PROÁGUA), bem como fortalecer iniciativas de articulação Inter setorial que visem a aumentar a eficiência no uso da água e na prestação de serviços associados.

Nesse contexto, são apontadas constatações que retratam o cenário da questão hídrica no Brasil e que fundamentaram o desenho proposto para o Programa INTERÁGUAS (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012), são elas:

- a água é essencial ao desenvolvimento socioeconômico e vários setores dependem dos recursos hídricos diretamente, ou os impactam, sendo necessário e oportuno avançar tanto nos contextos específicos de cada um desses setores como na articulação e coordenação Inter setorial;

- embora se tenha observado, em anos recentes, notável avanço na institucionalização de instrumentos legais e operacionais, a gestão de recursos hídricos e os serviços associados à água no Brasil ainda se caracterizam por disparidades e conflitos, seja entre os níveis federal e estadual, seja entre setores que competem pelo mesmo recurso, seja entre regiões e Unidades da Federação, o que compromete a eficiência e a eficácia do setor água e da ação governamental em todo esse campo;
- impõe-se fortalecer as instituições incumbidas da formulação e da implementação das políticas de gestão do setor água, incluindo todas aquelas responsáveis pelas políticas setoriais que se utilizam da água, de maneira a obter a sustentabilidade da gestão;
- é necessário que a regulação, a fiscalização, o planejamento e o controle social sejam implantados e que as metas traçadas a partir dessa prática tornem-se metas dos prestadores de serviço e dos órgãos responsáveis, de forma a se garantir a sustentabilidade dos investimentos;
- amplos investimentos têm sido realizados pelo governo no setor água; não obstante, muitas obras têm sido projetadas e implantadas sem planejamento adequado da utilização múltipla e integrada dos recursos hídricos, decorrendo, desse fato, conflitos potenciais ou já estabelecidos entre diferentes setores usuários, resultando em indesejável subaproveitamento desses recursos.

Devido à amplitude da problemática a ser enfrentada, o INTERÁGUAS foi estruturado para ter abrangência nacional, com concentração em áreas e temas prioritários onde a água condiciona de forma mais forte os desenvolvimentos social e econômico sustentáveis, com especial atenção às regiões mais carentes, de modo a contribuir para a redução das desigualdades regionais. Assim, é esperada uma maior atuação voltada para a região Nordeste e áreas menos desenvolvidas das regiões Norte e Centro-Oeste, onde a ação governamental é relativamente mais necessária. Nesse sentido, o Programa INTERÁGUAS buscará, prioritariamente, ter uma atuação mais concentrada e integrada nas Bacias Hidrográficas dos rios São Francisco e Araguaia-Tocantins. (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012)

O Plano de Segurança da Água do Ministério da Saúde (PSA-MS)

O PSA-MS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012) é uma metodologia de avaliação e gerenciamento dos riscos à saúde, que foi elaborada pela Organização Mundial da Saúde em 2004.

A metodologia apresenta procedimentos a serem desenvolvidos em todas as etapas dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água, desde o manancial de captação até o ponto de consumo.

O PSA-MS visa melhorar a qualidade e segurança da água para consumo humano distribuída à população, por meio da minimização da contaminação no manancial, eliminação ou remoção da contaminação pelo tratamento e prevenção da (re)contaminação no sistema de distribuição, identificando perigos e riscos à saúde em todas as etapas dos sistemas ou soluções alternativas e estabelecendo medidas de controle para reduzi-los ou eliminá-los.

O Ministério da Saúde vem desenvolvendo ações de indução e incentivo à implantação de Planos de Segurança da Água (PSA-MS) no Brasil, visando promover a saúde, reduzindo os riscos e a morbimortalidade de doenças de transmissão hídrica.

A Portaria GM/MS nº 2.914/2011 estabelece como competência dos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano manter avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:

- ocupação da bacia contribuinte ao manancial;
- histórico das características das águas;
- características físicas do sistema;
- práticas operacionais;
- na qualidade da água distribuída, conforme os princípios dos PSA recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no País;

Neste contexto, o Ministério da Saúde publicou o documento “Plano de Segurança da Água: Garantindo Qualidade e Promovendo Saúde – Um Olhar do SUS”, que define diretrizes gerais para orientar a elaboração, implantação e desenvolvimento de PSA-MS no Brasil. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012)

Ainda:

O gerenciamento da qualidade da água, baseado em uma abordagem preventiva de risco, auxilia na garantia da segurança hídrica para consumo humano. O controle da qualidade microbiológica e química da água para consumo humano requer o desenvolvimento de planos de gestão que, quando implementados, forneçam base para a proteção do sistema e o controle do processo, garantindo-se que o número de patógenos e as concentrações das substâncias químicas não representem risco à saúde pública, e que a água seja aceitável pelos consumidores. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012 *apud* WHO, 2011, p.11)

O plano de gestão proposto pela OMS para manutenção da segurança hídrica ao consumo humano passa pelas seguintes etapas:

1. **Etapas preliminares**, que envolvem o planejamento das atividades; o levantamento das informações necessárias; e a constituição da equipe técnica multidisciplinar de elaboração e implantação do PSA-MS;
2. **Avaliação do sistema**, que envolve a descrição do sistema de abastecimento de água, a construção e validação do diagrama de fluxo; a identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos; e o estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos;
3. **Monitoramento operacional**, cujo objetivo é o de controlar os riscos e garantir que as metas de saúde sejam atendidas. Envolve a determinação de medidas de controle dos sistemas de abastecimento de água; a seleção dos parâmetros de monitoramento; e o estabelecimento de limites críticos e de ações corretivas;
4. **Planos de gestão**, que possibilitem a verificação constante do PSA-MS e envolvam o estabelecimento de ações em situações de rotina e emergenciais; a organização da documentação da avaliação do sistema; o estabelecimento de comunicação de risco; e a validação e verificação periódica do PSA-MS;
5. **Revisão do PSA-MS**, que deve considerar os dados coletados no monitoramento; as alterações dos mananciais e das bacias hidrográficas; as alterações no tratamento e na distribuição; a implementação de programas de melhoria e atualização; e os perigos e riscos emergentes. O PSA-MS deve ser revisado após desastres e emergências para garantir que estes não se repitam;
6. **Validação e verificação do PSA-MS**, com o objetivo de avaliar o funcionamento do PSA-MS e saber se as metas de saúde estão sendo alcançadas.

O PSA-MS é um instrumento com abordagem preventiva, com o objetivo de garantir a segurança hídrica para consumo humano. Seus objetivos específicos são apresentados na Figura 22.

Figura 22 - **Objetivos do PSA-MS**



Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012)

Segundo o MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) *apud* WHO (2011) esses objetivos são aplicáveis aos sistemas de abastecimento de água (grandes e pequenos) e às soluções alternativas coletivas, sendo alcançados por meio de:

- Desenvolvimento da compreensão do sistema específico e de sua capacidade para fornecimento de água, para cumprir as metas da qualidade da água;
- Identificação de fontes potenciais de contaminação e de medidas para eliminá-las ou controlá-las;
- Validação de medidas de controle de riscos;
- Implementação do monitoramento operacional das medidas de controle dentro do sistema de abastecimento de água;
- Implementação de ações corretivas oportunas para garantir que água segura seja fornecida de forma continuada;
- Verificação da qualidade da água para consumo humano para garantir que o PSA-MS seja implementado corretamente e atinja o desempenho necessário, atendendo às normas de qualidade da água.

O MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) afirma que os PSA-MS:

... devem ser desenvolvidos pelos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, acompanhados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica da respectiva área e por representantes do setor saúde da esfera federativa correspondente. Eles devem abranger a avaliação do sistema, o monitoramento operacional e os planos de gestão, incluindo a organização da documentação e a comunicação de risco. Os planos devem abordar todas as etapas do abastecimento de água para consumo humano e devem manter o foco no controle da captação, no tratamento e na distribuição da água para consumo humano. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012, p.14)

O MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) ainda indica que os benefícios da implementação do PSA-MS para os responsáveis pelo abastecimento de água incluem:

- Identificar perigos e riscos, oportunamente;
- Otimizar investimentos;
- Reduzir custos de tratamento;
- Otimizar processos de trabalho, por meio da organização da documentação e dos procedimentos operacionais existentes, levando a ganhos em eficiência, melhoria de desempenho e resposta mais rápida em caso de incidentes;
- Qualificar profissionais;
- Garantir a qualidade da água, atendendo ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente;
- Garantir maior segurança e confiabilidade, por parte dos consumidores, diminuindo as reclamações; e
- Melhorar a atuação Inter setorial.

O MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) aponta os princípios e conceitos em que o PSA-MS deve estar embasado, são eles:

- Princípio de Múltiplas Barreiras – que se constitui de etapas do sistema onde se estabelecem procedimentos para prevenir, reduzir, eliminar ou minimizar a contaminação;
- nas Boas Práticas - medidas de controle que possibilitem a eficácia de cada uma das barreiras, com o objetivo de prevenir risco;
- na Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC) - um enfoque sistemático para identificar perigos e estimar os riscos que podem afetar a inocuidade da água, a fim de estabelecer as medidas para controlá-los (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012 *apud* WHO, 1998, p.16); e
- na Análise de Risco – que tem por objetivo hierarquizar e priorizar os riscos para auxiliar na avaliação e no gerenciamento. Inclui as etapas de Avaliação, Gestão e Comunicação de Risco (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012 *apud* AS/NZS, 2004, p.16).

Definições de Metas e Objetivos de Saúde

Nas definições de metas e objetivos de saúde, segundo o MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) *apud* WHO (2011), devem ser incluídas nas políticas de saúde pública, como um componente fundamental, a estrutura de segurança hídrica para o consumo humano.

As metas de saúde podem ser estabelecidas por meio de um ou mais critérios ou recursos, tais como: evidências epidemiológicas; avaliação

quantitativa de risco químico e microbiológico; estabelecimento de nível de risco ou carga de doença tolerável; e avaliação de desempenho do tratamento e da qualidade da água. A conjugação desses critérios permite estabelecer as medidas de proteção do sistema de abastecimento de água. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012, p.20)

É ainda, chamada a atenção para, ao se estabelecer metas de saúde, se ter cuidados com os eventos de curto prazo e as oscilações na qualidade da água, que pode deteriorar-se significativamente, em curto prazo, após fortes chuvas. Também que “alguns desastres podem afetar o sistema de abastecimento de água e diminuir a eficiência dos processos, ou até mesmo resultar em falhas no sistema, aumentando a probabilidade de um surto”. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012, p.21)

Os principais tipos de metas de saúde descritos pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) são:

- a. Resultados de saúde;
- b. Qualidade da água; e
- c. Metas de desempenho dos processos de tratamento.

Metas de Resultados de Saúde

As metas de resultados de saúde são as mais precisas e sustentam a derivação das demais metas, com exigência de maior insumo técnico científico.

São relacionadas ao nível de proteção da saúde, com evidências epidemiológicas, e aos perigos microbiológicos ou químicos associados a doenças relacionadas com a água. Caracterizam-se pela redução quantificável da incidência ou prevalência das doenças de transmissão hídrica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012 *apud* WHO, 2011).

Metas de Qualidade da Água

São, normalmente, expressas como valores de referência das substâncias microbiológicas ou químicas de interesse (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012 *apud* WHO, 2011). A qualidade da água pode ser representada por meio de diversos parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas, e podem ser utilizados para caracterizar águas de abastecimentos, residuais, mananciais e de corpos receptores.

No Brasil, a norma de potabilidade da água do Ministério da Saúde (Portaria MS nº 2.914/2011) recomenda a análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, a saber:

- Físicos: cor; turbidez – para água pós-filtração ou pré desinfecção; gosto e odor; temperatura; e radioatividade;

- Químicos: pH; cloraminas; dióxido de cloro; cloro residual livre; fluoreto; e produtos secundários da desinfecção; e
- Microbiológicos: coliformes totais, *Escherichia coli*, cianobactérias e cianotoxinas.

Metas de Desempenho dos Processos de Tratamento

A aplicação mais comum das metas de desempenho dos processos de tratamento dá-se na identificação de processos de tratamento que reduzam as concentrações de micro-organismos ou outros contaminantes no sistema de abastecimento de água. A seleção das tecnologias de tratamento é, geralmente, baseada em avaliações qualitativas do tipo e do sistema de abastecimento de água, podendo ser aplicadas tanto para riscos microbiológicos como para os riscos químicos.

O Quadro 1 apresenta um resumo dos critérios para estabelecimento das metas, suas características, principais aplicações e instrumentos de avaliação.

Quadro 2 - Critérios para definição, aplicação e avaliação de metas de saúde

Critério	Características das metas	Aplicação	Instrumentos de avaliação
Base epidemiológica	Redução quantificável da incidência ou prevalência das doenças relacionadas com a água.	Perigos microbiológicos ou químicos associados a doenças relacionadas com a água, com elevada e mensurável carga de doença.	Vigilância em saúde e epidemiologia analítica.
Qualidade da água	Valores máximos permitidos, em geral expressos como padrão de potabilidade.	Micro-organismos ou substâncias químicas.	Monitoramento dos parâmetros para verificar a conformidade com os valores de referência.
	Valores de referência aplicados a procedimentos de análises de materiais e produtos químicos.	Aditivos químicos e subprodutos.	Procedimentos de análises aplicados a materiais e produtos químicos.
Eficiência do tratamento	Definição de metas de desempenho dos processos de tratamento para a remoção de determinado contaminante, ou grupos de contaminantes.	Micro-organismos ou substâncias químicas.	Verificação da eficiência do tratamento.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012)

Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

A vigilância da qualidade da água para consumo humano consiste, conforme MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012), no conjunto de ações adotadas, continuamente, pelas autoridades de saúde pública, para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade da água, para avaliar os riscos que sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água representam à saúde humana e para prevenir enfermidades transmitidas pela água utilizada para consumo humano.

A vigilância da qualidade da água para consumo humano apresenta, como objetivos específicos:

- Redução da morbimortalidade por doenças e agravos de transmissão hídrica, por meio de ações de vigilância sistemática da qualidade da água consumida pela população;
- Busca da melhoria das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano;
- Avaliação e gerenciamento do risco à saúde das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água;
- Monitoramento sistemático da qualidade da água consumida pela população, nos termos da legislação vigente;
- Informar à população sobre a qualidade da água e os riscos à saúde; e
- Apoiar o desenvolvimento de ações de educação em saúde e mobilização social.

Assim, a vigilância da qualidade da água para consumo humano desenvolve ações para garantir a segurança da água consumida pela população, tais como o acompanhamento dos PSA, desde a elaboração até o monitoramento.

2.2 O MODELO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA DE MELO (2016)

O modelo de MELO (2016) partiu da conceituação de que “Segurança hídrica é a garantia de provimento de quantidade e qualidade de água bruta para o abastecimento urbano, associado a um determinado risco, tendo como referencial a bacia hidrográfica”. E foi focado na água bruta para o abastecimento público em áreas urbanas.

O modelo, portanto, estabeleceu o nexo entre a Gestão de Recursos Hídricos e o Serviço de Abastecimento Público de Água que mantem uma relação direta com a quantidade e a qualidade de água bruta, tendo como resultado o conhecimento do risco associado a segurança hídrica em uma determinada situação.

Logo, o conhecimento do risco constitui a essência de uma política pública que seja capaz de gerar ações efetivas para garantir a segurança hídrica. A situação a que o modelo é aplicável é dada pelas características particulares da cidade e da bacia hidrográfica. (MELO, 2016, p.122)

O modelo de MELO (2016) designou como *Sistema de Abastecimento Urbano de Água* todo o conjunto que garante a segurança hídrica em territórios urbanos. Sistema que

pode ser livremente representado conforme a Figura 23, composto por três funções ou etapas:

- 1ª. Onde a primordial função é a gestão da água bruta, normalmente desempenhada pelo órgão gestor de recursos hídricos, que deve se articular com o sistema de gestão ambiental e demais políticas correlatas. A garantia da segurança hídrica do sistema de abastecimento urbano, em termos de quantidade e qualidade de água bruta, depende principalmente desta função, que tem como domínio a bacia hidrográfica à montante do ponto de captação;
- 2ª. É o abastecimento de água potável, que geralmente fica a cargo dos municípios e de seus concessionários que prestam os serviços decorrentes dessa função. Caso falhem os dispositivos de controle dos subsistemas associados a esta função (captação; tratamento; distribuição e consumo) pode ocorrer diminuição significativa da segurança hídrica de abastecimento de água tratada para o consumidor final; e
- 3ª. Abastecimento de água não-potável, incomum nos sistemas brasileiros, pode resultar em um aumento significativo de disponibilidade de água para usos cujo requisito de qualidade é menos restritivo, e que tem origem em insumos normalmente muito mais baratos, como águas pluviais e água de reuso, por exemplo: de esgoto doméstico tratado. No Brasil, não há um responsável previamente definido para esta função, nem pela legislação nem pelas práticas de gestão. (MELO, 2016, p.123)

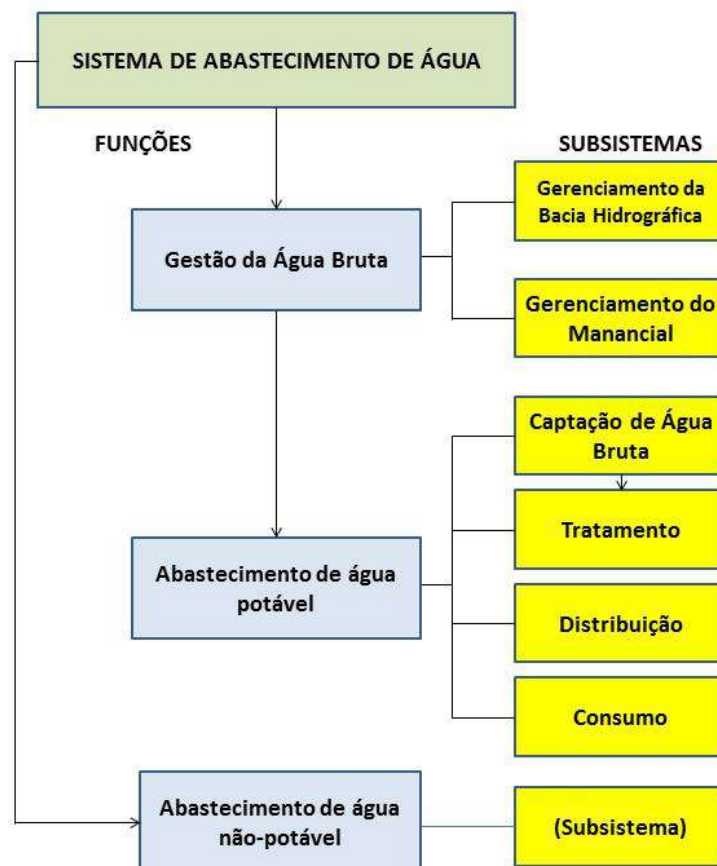


Figura 23 - Representação esquemática do Sistema de Abastecimento de Água
Fonte: MELO (2016)

O modelo de MELO (2016) foi focado na gestão da água bruta, embora ressaltando que para atingir a segurança hídrica são necessários mecanismos que garantam a inter-relações das funções de abastecimento de água potável e não potável, pois há uma relação de dependência entre a função gestão da água bruta e o abastecimento de água potável, assim como há relações de dependência entre os subsistemas dessas funções. É ressaltado também que o abastecimento de água não-potável, incomum nos sistemas brasileiros, pode resultar em um aumento significativo de disponibilidade de água para usos cujo requisito de qualidade é menos restritivo, e que tem origem em insumos normalmente muito mais baratos, como águas pluviais e água de reuso.

MELO (2016) aponta que cada componente do sistema de abastecimento urbano de água, à sua maneira, contribui para a segurança hídrica; cada um apresenta também aspectos com vulnerabilidades. A Figura 24 detalha esquematicamente os aspectos dos subsistemas gestão da água bruta e abastecimento de água potável que podem influenciar a segurança hídrica.

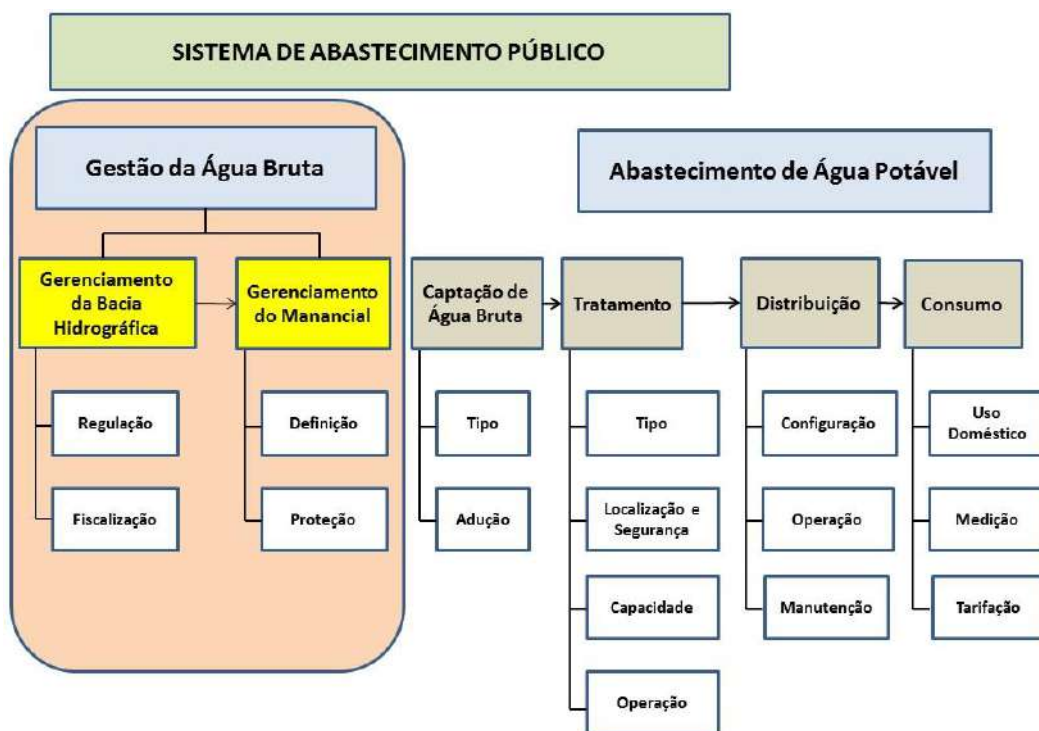


Figura 24 - Aspectos dos subsistemas das funções: gestão da água bruta e abastecimento de água potável
 Fonte: MELO (2016)

De acordo com MELO (2016, p. 126):

Os dois subsistemas devem sempre ser tratados no seu conjunto para ser possível avaliar o nível de garantia da segurança hídrica para o consumidor final de água tratada, pois uma análise global da

segurança do abastecimento de uma determinada área urbana deveria compreender tanto a gestão quali-quantitativa da água bruta quanto a capacidade do serviço de abastecimento público de captar, tratar e distribuir água tratada para toda a população urbana.

O gerenciamento da bacia hidrográfica vem, de modo crescente, se tornando o componente mais importante e complexo do sistema, uma vez que, em geral, é afetado por estressores que ocorrem em maior número, com maior diversidade e que estão sujeitos ao menor grau de controle dentre todos os que afetam o conjunto dos subsistemas. A principal característica dos estressores desse subsistema é ser fortemente ligados às questões fundiárias e ambientais. Sua ocorrência pode impactar significativamente a quantidade e a qualidade da água disponível.

Assim o trabalho de MELO (2016) somente considerou a parte do todo do sistema de abastecimento público que tem uma relação direta com a água bruta, a saber: os sistemas de captação e tratamento (que podem ser mais ou menos adaptativos à quantidade e à qualidade de água bruta), distribuição e consumo ou ainda medidas de uso racional que possam aumentar a disponibilidade de água para o abastecimento urbano e diminuir assim a pressão do consumo urbano sobre o manancial de abastecimento.

O modelo analítico concebido por MELO (2016), para avaliação do nível de segurança hídrica de abastecimentos urbanos, compreende duas partes distintas e complementares:

- 1) avaliação do nível de segurança da disponibilidade de água bruta, em quantidade e qualidade, para o abastecimento urbano em determinado ponto de captação do manancial de abastecimento, envolvendo a gestão da bacia hidrográfica, utilizando-se, sobretudo, de cinco componentes-chave:
 - a. fator de estresse ou estressor sobre as águas e sua bacia hidrográfica, a montante do ponto de captação. Para o qual foi definido arbitrariamente um conjunto de cinco estressores;
 - b. impactos sobre a qualidade e quantidade de água;
 - c. a probabilidade de ocorrência dos impactos - ou perigo ou ameaça - sobre o manancial de abastecimento;
 - d. a detectabilidade do estressor; e
 - e. ações de resposta dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e da gestão ambiental. Para as quais foram elencadas várias ações de gestão como sendo de maior interesse para a segurança hídrica em termos de quantidade e qualidade de água bruta;
- 2) dimensionamento da vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água potável em relação à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, que

envolvem os sistemas de captação, de tratamento ou ainda ações de gestão como redução de perdas ou indução ao uso racional da água potável.

O que determina o nível de segurança hídrica de um sistema urbano específico de abastecimento é a combinação dessas duas partes, associada a um determinado risco em termos de água bruta, sob o enfoque de uma análise semi quantitativa. A Figura 25 demonstra o modelo analítico de MELO (2016).

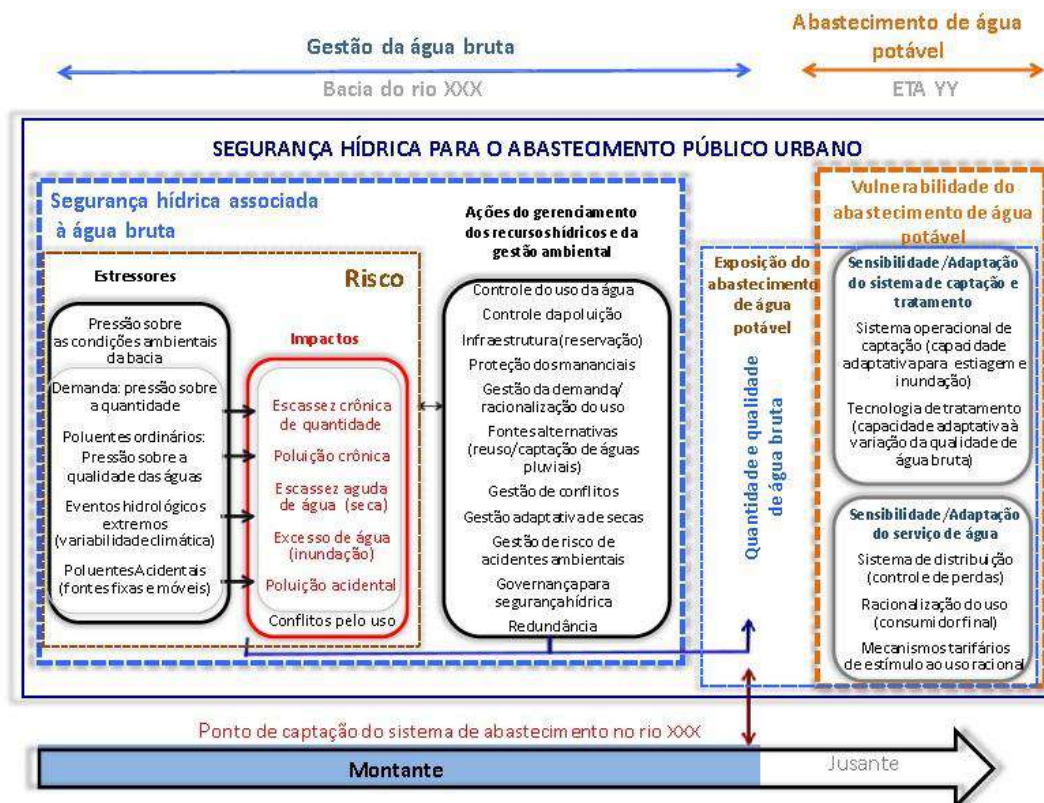


Figura 25 - Modelo Analítico de Segurança Hídrica de MELO (2016)
Fonte: MELO (2016)

No seu modelo analítico de segurança hídrica MELO (2016) adotou as seguintes definições aplicadas ao abastecimento público de uma cidade, de uma determinada bacia hidrográfica, associado a um determinado risco em termos de quantidade e qualidade de água bruta:

- **risco:** probabilidade de ocorrência de efeitos combinados de estressores, naturais ou antrópicos, com prejuízos mensuráveis ao abastecimento urbano em termos da quantidade ou da qualidade de água bruta;
- **estressor:** fator que pode induzir a um efeito adverso na segurança hídrica, em termos de quantidade ou de qualidade de água, o que pode impactar subsistemas componentes do sistema de abastecimento público.

- **efeito:** é a consequência da ação de um estressor;
- **impacto:** resultado (severidade do efeito), sobre o sistema de abastecimento urbano de água, do efeito de um ou mais estressores. O impacto é função da magnitude e da ocorrência de estressores, isolada ou simultaneamente, e da vulnerabilidade específica dos componentes do sistema;
- **vulnerabilidade:** susceptibilidade dos componentes de um sistema de abastecimento de água à ação de estressores que podem impactar a quantidade ou qualidade de água bruta ou tratada. Vulnerabilidade é função das características intrínsecas de um componente, tais como sua integridade funcional e sua robustez⁸, e também do grau de exposição e da sensibilidade à ação do estressor;
- **ações de gerenciamento:** são intervenções do sistema de gerenciamento integrado de gestão de recursos hídricos e do sistema de gestão ambiental que permitem prevenir a ação e mitigar e controlar os efeitos dos estressores sobre a água bruta, visando a garantir assim que os riscos permaneçam em níveis aceitáveis associados à segurança hídrica.

2.2.1 OS ESTRESSORES DA BACIA HIDROGRÁFICA E DO MANANCIAL

O modelo analítico de segurança hídrica de MELO (2016) tomou por base o conhecimento dos estressores e os seus efeitos, dos padrões de ocorrências e das probabilidades associadas, assim como das detectabilidades de cada um deles. Em particular, a exposição da bacia hidrográfica e do manancial aos estressores determina os riscos da ocorrência de efeitos adversos, quantitativos e qualitativos, ao abastecimento urbano.

Os efeitos quantitativos da ação dos estressores podem ser a escassez ou o excesso de água; os efeitos qualitativos se caracterizam pela inadequação aos requisitos dos subsistemas encadeados, como o imediatamente subsequente, o tratamento, e o final, que interessa diretamente aos usuários da água potável, o consumo. Com o detalhe que há ainda o possível efeito da quebra da resiliência dos ecossistemas aquáticos (MELO, 2016 *apud* OCDE, 2013), que ficou fora do escopo deste trabalho.

O Quadro 3 apresenta os estressores da fonte de água bruta propostos por MELO (2016), suas características mensuráveis e os parâmetros que os quantificam. As características mensuráveis de um estressor servem para avaliar a sua detectabilidade

⁸ Robustez – capacidade de um sistema permanecer inalterado ao sofrer influências externas mutantes.

imediate ou previsível, segundo um modelo de recorrência. Conforme a frequência observada de incidência, os estressores podem ser classificados como frequentes ou contingentes. Os estressores frequentes são os que ocorrem de forma quase contínua, enquanto que os contingentes são aqueles que ocorrem esporadicamente.

Quadro 3 - Estressores da fonte de água bruta

Estressor		Incidência	Característica mensurável	Parâmetro	Unidade
Código	Nome				
A	Pressão sobre as condições ambientais	Frequente	Uso e ocupação do solo	Área antropizada	m ²
			Desmatamento da cobertura vegetal na bacia (exceto a área de preservação permanente – APP fluvial)	Área desmatada	m ²
			Degradação da cobertura vegetal na APP fluvial	Área sem cobertura vegetal APP Fluvial	m ²
B	Demanda	Frequente	Usos atuais e usuários da água	Vazão outorgada e cadastrada	m ³ /s
			Projeção de demanda	Vazão demandada futura (20 anos)	
C	Poluentes ordinários	Frequente	Condição qualitativa do corpo de água, com relação ao enquadramento	ICE: pH, OD, DBO, Ptot, Turbidez e Coli-TT (ANA, 2012)	-
D	Poluentes acidentais	Contingente	Concentração no corpo de água de poluentes acidentalmente lançados por fontes fixas	elemento característico	mg/L
			Concentração no corpo de água de poluentes acidentalmente lançados por fontes móveis		
E	Eventos hidrológicos extremos	Contingente	Redução de vazão gerada pelo extremo hidrológico	Vazão	m ³ /s

Fonte: MELO (2016)

A Figura 26 demonstra de forma esquemática os estressores que agem na fonte de água bruta.



Figura 26 - Estressores da fonte de água bruta
Fonte: MELO (2016)

Os estressores são assim descritos por MELO (2016, p. 133-139):

Pressões Ambientais

As bacias hidrográficas estão sujeitas as pressões antrópicas, que podem alterar suas condições ambientais, com efeitos na quantidade e na qualidade das suas águas. As vulnerabilidades de uma bacia hidrográfica a um determinado estressor dependem de suas características originais, principalmente a extensão geográfica, os tipos de solo que a compõem, o tipo de vegetação preponderante, a cobertura vegetal, a topografia do terreno, entre outros fatores que compõem a paisagem natural e urbana da bacia.

A ação desse estressor específico é normalmente dinâmica e sua intensidade em um momento ou ao longo do tempo depende do uso dos recursos da bacia. A principal característica importante do uso é o tipo de atividade que exerce a pressão sobre o recurso água bruta, tal como urbanização, indústria, mineração e agricultura. Outra característica é a intensidade e as áreas atingidas pelo desmatamento ou remoção da cobertura vegetal, que resultam no aumento da velocidade de *run-off* e diminuição da taxa de infiltração no solo. O desmatamento provoca, em geral, a destruição da vegetação de proteção de nascentes, da cobertura de solo, e da integridade do solo, o que propicia erosão e assoreamento dos cursos de água.

Em curto prazo, a ação do estressor é sentida principalmente sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica e do manancial. Ao longo do tempo, o estressor pode levar a situações em que a quantidade de água disponível e alteração do regime de escoamento são diminuídas pela impermeabilização e, conseqüentemente, há um aumento da velocidade de escoamento.

A exacerbação dos efeitos desse estressor é sentida quando ele atua sobre as APPs⁹ fluviais. A destruição das matas ciliares pode acelerar o assoreamento e potencializar a ação da poluição difusa sobre as águas.

⁹ Áreas de Preservação Permanente

O estressor ocorre com maior frequência em suas manifestações menos intensas, que são os casos menos facilmente observáveis. A asserção contrária se aplica em todos os termos.

Demanda

A variabilidade quantitativa é inerente a qualquer sistema de água em condições naturais. Ela é função do regime hidrológico anual, que determina as vazões sazonais disponíveis nos corpos de água, com disponibilidade maior no período de chuva e menor no período de estiagem. Por sobre as condições naturais, que impõem variabilidade à quantidade disponível, frequentemente ocorre o crescimento da demanda como função da dinâmica do desenvolvimento econômico e da taxa de crescimento populacional na cidade e em outras atividades socioeconômicas na bacia.

A demanda estressa quantitativamente o manancial, de maneira proporcional à taxa da demanda, porque aponta para a diminuição do balanço hídrico da bacia. Essa demanda advém dos usos – crescentes – originalmente conhecidos ou novos, que não tenham sido levados em conta no projeto do sistema de abastecimento. Os usos crescentes – consuntivos, não consuntivos e ecossistêmicos – tomam água a montante da captação.

Os usos consuntivos são o uso urbano, o uso industrial e para a mineração, assim como o uso para as atividades agrícolas, tais como a irrigação e a dessedentação de animais.

Os usos não consuntivos incluem o uso para geração de energia e para a manutenção de estruturas de lazer, da paisagem e de esportes. Os usos ecossistêmicos são os que têm por objetivo a manutenção das funções ecológicas.

Embora menos que no caso da quantidade, o estressor afeta a qualidade das águas, visto que a diminuição do volume remanescente reduz a capacidade de autodepuração.

O estressor pode se apresentar sob a forma extrema de conflito pelo uso, provocado por uma falha qualquer do subsistema de gerenciamento da bacia e do manancial. As falhas no gerenciamento estão propensas a acontecer na maioria dos casos das cidades brasileiras, uma vez que o potencial de crescimento urbano supera o potencial de suprimento da fonte de água bruta.

A legislação no Brasil estabelece prioridade de uso para o abastecimento público¹⁰, mas em alguns casos os conflitos podem ocorrer entre cidades que dependem das águas da mesma bacia hidrográfica para suprir as necessidades dos seus cidadãos.

O estressor ocorre com frequência inversamente proporcional à sua intensidade. O fato de o crescimento das cidades ser geralmente contínuo faz com que surjam demandas pouco intensas mais frequentemente. A demanda é um estressor facilmente detectável, independentemente de ocorrer mais ou menos intensamente, por causa dos alertas emitidos pelos usuários e pelos operadores da função abastecimento de água potável.

Poluentes Ordinários

Os poluentes ordinários, aqui são considerados aqueles continuamente lançados na bacia, constituem um estressor que pode resultar na deterioração da qualidade da bacia hidrográfica e do manancial. Os poluentes ordinários são aqueles que advêm de lançamentos, pontuais e difusos, de carga poluidora com origem principalmente nos esgotos sanitários, nos efluentes industriais, na aplicação de agrotóxicos e na disposição dos resíduos sólidos. O impacto do estressor é função direta da intensidade com que ocorre.

¹⁰ BRASIL. Lei 9.433/97 - Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: ... III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o **consumo humano** e a dessedentação de animais.

O estressor pode ter origens diversas e se apresenta de diferentes formas, conforme a natureza dos poluentes. As origens somente serão plenamente conhecidas a partir do tratamento dos dados de monitoramento da qualidade das águas da bacia e do manancial, que permita identificar os poluentes e a evolução temporal de sua concentração, diferenciá-los dos valores de *background* e correlacioná-los, entre si e com outros dados, por exemplo: com os padrões de qualidade e com os dados socioeconômicos da bacia.

O desenvolvimento não planejado das grandes cidades, agravado pelo tradicional descaso com o lançamento de rejeitos e efluentes industriais e domésticos *in natura* no meio ambiente, é um determinante das origens do estressor (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). Em muitos casos, os efluentes sequer são adequadamente coletados.

Mesmo quando há coleta, parte dos lançamentos de efluentes em bacias hidrográficas urbanas não atende ao padrão regulamentar de lançamento. Para efluentes domésticos, apenas 48% da população brasileira tem coleta de esgoto e apenas 40% do esgoto é tratado. Para as 100 maiores cidades do país, o índice de esgoto tratado aumenta para cerca de 50% (TRATA BRASIL, 2016). Em geral, os lançamentos se concentram em um espaço restrito do território, o que produz um impacto cumulativo de sucessivos lançamentos no corpo de água. Considerando a capacidade de autodepuração ou capacidade de suporte de um corpo de água, que representa a sucessão ecológica, o adensamento de lançamentos pode enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce (OCDE, 2013; VON SPERLING, 2007). Assim, as águas de muitos rios urbanos tornam-se impróprias para o abastecimento público por causa da degradação da qualidade, ou devido a altos custos de tratamento.

A realidade brasileira é tal que o estressor ocorre de modo quase contínuo. Os poluentes ordinários são facilmente detectáveis, independentemente da intensidade com que ocorram. Para tanto, basta à implementação de um sistema de monitoramento da qualidade das águas na bacia hidrográfica.

Poluentes Acidentais

Tal como os ordinários, os poluentes acidentais podem comprometer a qualidade das águas do manancial. Também como no caso dos poluentes ordinários, o impacto do estressor é função direta da intensidade com que ocorre. Os poluentes acidentais podem ser provenientes de fontes fixas, como é o caso do lançamento irregular, proposital ou não, de efluentes industriais, minerários, entre outros, ou de fontes móveis, como é o caso de cargas poluidoras liberadas em acidentes com meios de transporte. Em alguns lugares, os poluentes acidentais podem ainda ter origem em ações nocivas de grupos terroristas. Em resumo, o estressor surge como consequência de qualquer evento anormal, indesejado e inesperado, com potencial para causar danos diretos ou indiretos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (CETESB, 2003)¹¹.

O estressor atua na bacia, a montante da captação. A ocorrência do estressor depende da existência de atividades ou estruturas fixas propensas a provocar acidentes ambientais, também depende da proximidade do manancial com vias terrestres ou fluviais de transporte. O estressor ocorre em frequências baixas. Os poluentes acidentais são facilmente detectáveis quando ocorrem com alta intensidade. Ao contrário, quando sua intensidade é menor, a detecção é mais difícil,

¹¹ A CETESB (2009) define acidente ambiental como qualquer evento anormal, indesejado e inesperado, com potencial para causar danos diretos ou indiretos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.

pois os efeitos do estressor podem se confundir com os efeitos dos poluentes ordinários.

Ambos os estressores, os poluentes ordinários e acidentais, provocam a degradação da qualidade da água bruta, cuja extensão pode ser avaliada por comparação¹² de valores determinados para os parâmetros de qualidade do corpo de água com os padrões estabelecidos para a sua classe¹³ ou pela comprovação de variação significativa no valor de um ou mais desses parâmetros ao longo do tempo.

Eventos Hidrológicos Extremos

Os eventos hidrológicos extremos, em geral, têm associados a si uma pequena probabilidade, porque ocorrem nas poucas situações diferentes das normais. Esses eventos são os períodos de seca acentuada ou de chuvas intensas. O estressor ocorre com frequência maior quando sua intensidade é menor, e vice-versa. Ao ocorrer, o estressor pode perturbar a segurança hídrica tanto quantitativa, quanto qualitativamente.

Já é sabido que o comportamento hidrológico se caracteriza naturalmente por variações sazonais. Em períodos de estiagem severa ou prolongada, há uma diminuição da disponibilidade de água, em quantidade e, por vezes, há o comprometimento em alguns parâmetros que descrevem a qualidade. Por causa da natureza do estressor, a severidade do impacto de uma estiagem sobre a segurança hídrica é mais significativa em termos da quantidade do que da qualidade da água.

Neste início do século XXI, parece haver evidências de que o mundo vem atravessando um período de aumento da temperatura média, com influência direta no comportamento hidrológico de corpos de água (MELO, 2016 *apud* GWP, 2014, UNESCO, 2015).

Parece também haver evidências de que, por causa do aumento da temperatura global, o comportamento hidrológico dos corpos de água em geral vem se alterando por causa da correspondente extensão dos períodos e da intensidade das estiagens (MELO, 2016 *apud* GWP, 2013; KUNDZEWICZ; MATCZAK, 2012). Contudo, ainda não há clareza sobre a forma com que as alterações climáticas estão ocorrendo – Plano de Saskatchewan de Segurança Hídrica - 25 anos (WATER SECURITY AGENCY, 2012). A observação das possíveis mudanças climáticas ainda não acumulou dados suficientes para descrever o comportamento desse estressor.

Inundação é o fenômeno caracterizado pelo transbordamento de água de calha normal de um curso d'água, ou pela acumulação de água, por drenagem, em áreas não habitualmente submersas (ANA, 2012 *apud* UNESCO, 1983), que pode afetar a segurança hídrica por causa da deterioração da qualidade da água, do comprometimento da integridade física e operacional do subsistema de captação ou até mesmo da planta de tratamento¹⁴.

Segundo o modelo de desenvolvimento urbano adotado no Brasil, a expansão urbana ocorreu sem a devida preocupação com a proteção das margens dos corpos de água, ou seja, ocorreu desconsiderando-se a importância das APPs nas várzeas, que geralmente foram ocupadas (CASTRO, 2007).

Com a expansão urbana, o solo foi vastamente impermeabilizado, dificultando a infiltração das águas e conseqüentemente aumentando-se a quantidade e a velocidade do escoamento superficial. A expansão urbana diminuiu o limiar pluviométrico capaz de provocar inundação,

¹² A comparação busca verificar se há alterações estatisticamente significativas no valor dos parâmetros.

¹³ A classe de um corpo de água é definida na Resolução CONAMA No 357/2005.

¹⁴ Isto quer dizer que estão excluídos da análise os efeitos sobre outras estruturas urbanas, por exemplo, as vias públicas e as encostas.

assim aumentou a vulnerabilidade da bacia e do manancial à ação desse estressor, particularmente a degradação dos índices de qualidade da água.

2.2.2 PROPRIEDADES DOS ESTRESSORES PARA MENSURAÇÃO DO RISCO

De acordo com MELO (2016, p. 139-140) assim descreve as propriedades dos estressores para mensuração do risco:

As propriedades dos estressores que influem diretamente na medida do risco são a severidade do impacto, a probabilidade de ocorrência e a detectabilidade do estressor. Nos dois primeiros casos, riscos maiores estão vinculados a impactos mais severos e a maiores probabilidades de ocorrência do estressor. No último caso, o risco cresce com a dificuldade de detecção da ocorrência do estressor. As três propriedades são praticamente independentes.

Quando os estressores agem mais ou menos intensamente, suas propriedades, combinadas em diferentes graus¹⁵, oferecem uma medida do risco à segurança hídrica... Das três, a severidade do impacto é a propriedade do estressor que mais afeta a segurança hídrica, uma vez que essa propriedade representa o problema em si. A probabilidade de ocorrência é uma propriedade secundária, que descreve a frequência com que o estressor ameaça a segurança hídrica. Por fim, a detectabilidade é uma propriedade externa à ação do estressor, dado que descreve a capacidade de controle dos efeitos, ou seja, a precisão e a agilidade da resposta dos subsistemas de gerenciamento.

A severidade do impacto, a probabilidade de ocorrência e a detectabilidade dos estressores dependem das características do ambiente antrópico e do ambiente natural em que se insere a bacia hidrográfica, e da recorrência observada. Em muitos casos, não há dados, em quantidade e medidos com frequência suficiente, para permitir a avaliação das propriedades de um estressor ou de um conjunto de estressores. Noutros, ainda não estão estabelecidos modelos físicos e matemáticos capazes de permitir a avaliação. É, por exemplo: o caso da estimação da probabilidade de ocorrência do estressor pressão sobre as condições ambientais. Em casos como esse, os graus das propriedades podem ser razoavelmente arbitrados pelo gestor da bacia hidrográfica. Os princípios que regem a arbitragem são os mesmos que orientam a estimativa da incerteza de medição associada a resultados de ensaios e medições ainda não devidamente modelados (ABNT, 2005)¹⁶.

¹⁵ Valor semi quantitativo de uma propriedade do estressor. No trabalho de MELO (2016), o grau foi razoavelmente arbitrado, conforme o estressor ocorra com maior ou menor intensidade.

¹⁶ Os laboratórios de ensaio devem ter e devem aplicar procedimentos para a estimativa das incertezas de medição. Em alguns casos, a natureza do método de ensaio pode impedir o cálculo rigoroso, metrológico e estatisticamente válido da incerteza de medição. Nesses casos, o laboratório deve pelo menos tentar identificar todos os componentes de incerteza e fazer uma estimativa razoável. O laboratório deve garantir que a forma de relatar o resultado não dê uma impressão errada da incerteza. A estimativa razoável deve estar baseada no conhecimento do desempenho do método e no escopo da medição, e deve fazer uso, por exemplo: de experiência e dados de validação anteriores (ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, item 5.4.6.2. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1582>>. Acesso em: 12 jun. 2016).

A Figura 27 apresenta a representação esquemática da influência das propriedades dos estressores sobre a fonte de água bruta.

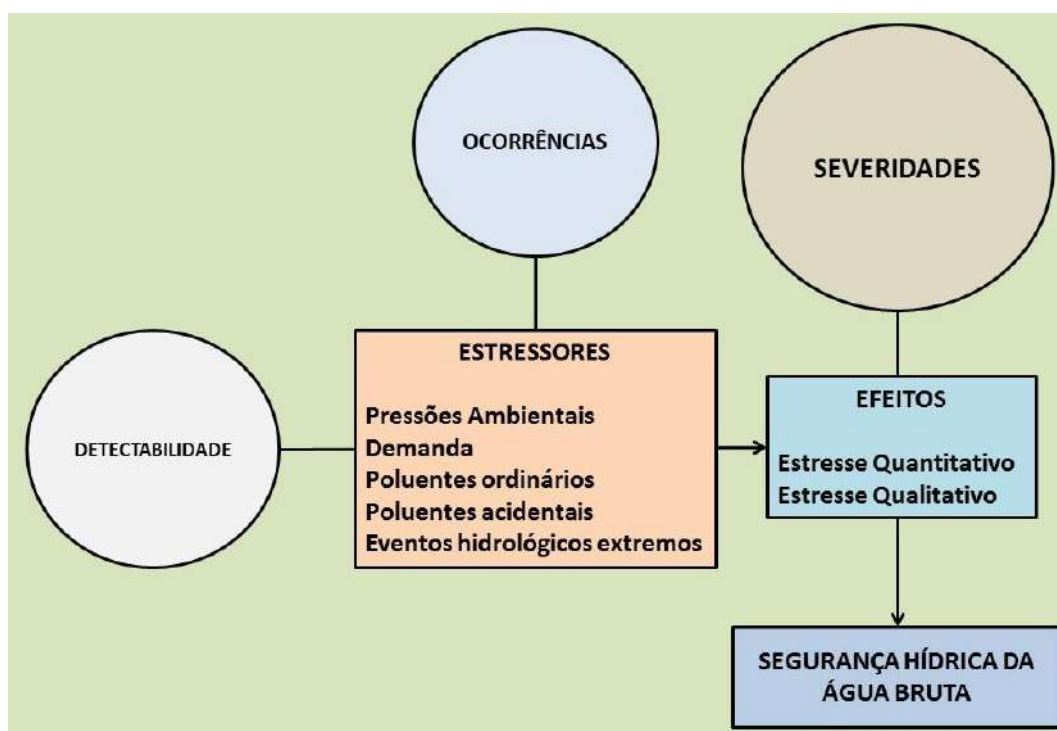


Figura 27 - Influência das propriedades dos estressores sobre a água bruta
Fonte: MELO (2016)

Escala de graduação

MELO (2016) semi quantitativamente graduou em três graus cada uma das propriedades dos estressores, para efeitos de análises de riscos com fundamentos em ANDRADE; TURRIONI, 2000; VILAS BÔAS; PERES, 2014; SOARES *et al.*, 2013.

A escolha da escala com apenas três graus teve a finalidade prática de simplificar o gerenciamento da bacia hidrográfica e do manancial de água bruta, porque limitou o espectro das entradas a serem avaliadas na análise de riscos e nos consequentes processos de tomada de decisão. A escolha da escala foi vinculada à necessidade de se produzir respostas ágeis, correspondentes à magnitude do risco, e que fossem capazes de mitigar, ou, quando possível prevenir, a tempo a severidade do impacto. As ações de gerenciamento da bacia e do manancial foram sempre orientadas pela definição do tipo, pela estimativa da quantidade, assim como pela velocidade requerida para a mobilização de recursos. (MELO, 2016, p. 141)

Os três graus da escala também facilitaram as verificações: 1) da eficácia das ações tomadas; e 2) a respectiva prestação de contas para as partes interessadas. Os Quadros 4, 5 e 6 apresentam os resultados dos critérios empregados para atribuir graus às propriedades dos estressores. (MELO, 2016, p. 142)

Quadro 4 - Critérios da atribuição de graus às propriedades dos estressores – severidade

Grau	Severidade do impacto				
	Pressão sobre a condição ambiental	Demanda	Poluentes ordinários	Poluentes acidentais	Eventos hidrológicos extremos
1	≤ 50% da área do território sem cobertura vegetal	$I_{eh} \leq 70$ ⁽¹⁾	ICE ⁽²⁾ Ótimo ou Bom	A classe do ICE não se altera	$Q_m > 2 \cdot Q_{ref}$ ⁽³⁾
2	50 a 70% da área do território sem cobertura vegetal	$70 < I_{eh} \leq 100$	ICE Regular	A classe do ICE se altera para um nível inferior	$Q_{ref} < Q_m \leq 2 \cdot Q_{ref}$
3	> 70% da área do território sem cobertura vegetal	$I_{eh} > 100$	ICE Ruim ou Péssimo	A classe do ICE se altera para um nível além do imediatamente inferior	$Q_{ref} < Q_{ref}$

⁽¹⁾ I_{eh} - Índice de estresse hídrico
⁽²⁾ ICE - Índice de Conformidade ao Enquadramento
⁽³⁾ Q_m - Vazão do manancial; Q_{ref} - Vazão de referência.

Fonte: MELO (2016)

Quadro 5 - Critérios da atribuição de graus às propriedades dos estressores – ocorrência

Grau	Ocorrência do estressor
1	casos isolados
2	ocorrência irregular, ou regular segundo padrões sazonais ou interanuais
3	ocorrência regular ou quase contínua

Fonte: MELO (2016)

Quadro 6 - Critérios da atribuição de graus às propriedades dos estressores – detectabilidade

Grau	Detectabilidade
1	imediatamente detectável; por exemplo, que apresente manifestação sensorial (visual, olfativa)
2	detectável por medição expedita de suas características mensuráveis; por exemplo, por medição realizada diretamente em campo; série histórica disponível
3	detectável por medição complexa; por exemplo, precedida de amostragem e medição realizada em laboratório, ou avaliada por processamento de imagens de satélite; série histórica indisponível

Fonte: MELO (2016)

Severidade do Impacto de Estressores

De acordo com MELO (2016) as ações dos estressores sobre a fonte de água bruta provocam dois efeitos: o estresse quantitativo e o estresse qualitativo, cujo impactos dependem das intensidades das ações do estressor. O grau de severidade indica que o impacto produzido por um estressor ou pela combinação de vários estressores pode correspondentemente alterar a quantidade e a qualidade da água bruta.

Severidade do Impacto sobre a Quantidade

Assim MELO (2016, p. 143-144) descreve a Severidade do impacto sobre a quantidade:

O impacto sobre a quantidade de água na bacia hidrográfica e no manancial é resultado da ação de três estressores: pressão sobre as

condições ambientais, demandas e eventos hidrológicos extremos. A severidade do impacto provocado pelo primeiro estressor é considerada baixa, independentemente da intensidade com que o estressor ocorra, por causa das razões apresentadas adiante.

a) Estressor demanda

Em termos quantitativos, um índice de estresse hídrico, I_{eh} , pode ser expresso pela razão entre a demanda de água, representada pela vazão outorgada, e a oferta na bacia hidrográfica, ou a vazão disponível para o uso. A Vazão disponível para o uso, no Brasil, é designada vazão de referência, usualmente $Q_{7,10}$, Q_{90} ou Q_{95} . A Equação 1 apresenta a proposta de índice de estresse hídrico que será adotado neste estudo (RASKIN, *et al.*, 1997; MCNULTY *et al.*, 2010; GLEICK, 1996; FERNANDES, 2002):

$$\frac{I_{eh}}{\%} = \frac{\text{demanda}}{\text{oferta}} = \frac{Q_{out}}{Q_{ref}} * 100 \quad (1)$$

Em que:

Q_{out} – Vazão Outorgada

Q_{ref} – Vazão de Referência

Com base em um critério de comprometimento hídrico proposto pela Agência Nacional de Águas, no qual se estabelece a graduação do estresse hídrico em função da vazão comprometida em relação à disponibilidade, foi baseada a graduação para a severidade da demanda (MELO, 2016 *apud* ANA, 2009). Desta forma, para o estressor demanda, a severidade do impacto sobre a quantidade de água bruta na bacia hidrográfica e no manancial pode ser considerada:

Baixa: $I_{eh} \leq 70$

Moderada: $70 < I_{eh} \leq 100$

Alta: > 100

Destaca-se que o critério severidade alta, no qual as vazões outorgadas superariam a vazão de referência não é um cenário desejado em um território planejado. Entretanto é um cenário que demonstra a realidade de algumas bacias hidrográficas, nas quais os usos superam o limite da vazão de referência.

b) Eventos hidrológicos extremos

O índice de severidade do impacto quantitativo provocado por eventos hidrológicos extremos (seca) pode ser obtido pela observação do comportamento da vazão do manancial, Q_m . Quando a vazão do manancial se aproxima da vazão de referência, Q_{ref} , configura-se uma situação de criticidade hidrológica. Portanto, a graduação da severidade do impacto do estressor nos eventos hidrológicos extremos por ser apurada pela comparação da vazão do manancial em determinado instante com a vazão de referência. Para o estressor, a severidade do impacto sobre a quantidade de água bruta na bacia hidrográfica e no manancial pode ser considerada (CERH-MG, 2015)¹⁷:

Baixa: $Q_m > 2 \cdot Q_{ref}$

Moderada: $Q_{ref} < Q_m \leq 2 \cdot Q_{ref}$

Alta: $Q_{ref} < Q_{ref}$

¹⁷ Deliberação Normativa CERH/MG nº 49, de 25 de março de 2015. Que estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais. <http://www.pretoparaibuna.org.br/arquivos/legislacao/deliberacao-normativa-cerh-nd-049.2015.pdf> Disponível em 03/05/2017

Severidade do Impacto sobre a Qualidade

Para a Severidade do impacto sobre a qualidade, de acordo com MELO (2016, p. 145-146) a severidade de impacto de um ou mais estressores sobre a qualidade da água bruta no manancial pode ser avaliada tomando-se como referência o valor do Índice de Conformidade do Enquadramento (ICE).

O cálculo do ICE é feito com três variáveis: a abrangência, ou seja, o número de parâmetros não conformes com os padrões de qualidade da água; a frequência, ou o número de vezes que os padrões são violados; e a amplitude da violação dos padrões de qualidade. O ICE varia entre 0 e 100, que correspondem respectivamente à pior e à melhor qualidade da água (ANA, 2012a).

A seleção dos parâmetros que compõem o ICE normalmente se baseia na avaliação dos principais fatores de pressão no corpo de água, identificando e selecionando os parâmetros que melhor demonstram a referida pressão. Entretanto, a ANA (2012a) estabelece a utilização dos seguintes parâmetros para compor o cálculo do ICE:

Coliformes termo tolerantes (*Escherichia coli*), Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo total, Oxigênio dissolvido, pH *in loco* e Turbidez. Para a graduação da severidade, o ICE é empregado *per se*, nos casos de estressores de incidência frequente, ou avaliando-se a sua variação após a incidência de estressores contingentes. O ICE é um indicador de qualidade conveniente porque permite ao organismo controlador avaliar a distância entre a qualidade medida e a qualidade planejada, conforme um conjunto de parâmetros de qualidade, escolhidos caso a caso.

A Tabela 6 apresenta as classes do ICE, tais como adotadas pela ANA (2012a):

Tabela 6 - **Classes do ICE**

ICE - faixa	Classe
$95 < ICE \leq 100$	Ótimo
$80 < ICE \leq 95$	Bom
$65 < ICE \leq 80$	Regular
$45 < ICE \leq 65$	Ruim
$ICE \leq 45$	Péssimo

Fonte: MELO (2016)

a) Poluentes Ordinários

A severidade do impacto do estressor de poluição de incidência frequente, sobre a qualidade da água pode ser avaliada pelas próprias classes do ICE, agrupadas da seguinte forma:

Baixa: ICE Ótimo ou Bom Moderada: ICE Regular Alta: ICE Ruim ou Péssimo
--

b) Poluentes Acidentais

Por outro lado, a severidade do impacto de um estressor contingente sobre a qualidade da água do manancial pode ser estabelecida como:

Baixa: a classe do ICE não se altera
Moderada: a classe do ICE se altera para um nível inferior
Alta: a classe do ICE se altera para um nível além do imediatamente inferior

Obs: Nos casos em que, antes da ação do estressor contingente, o ICE já seja classificado como ruim ou péssimo, a severidade será sempre considerada alta.

Severidade do Impacto Associado ao Estressor Pressão sobre as Condições Ambientais na Bacia

É reconhecido por MELO (2016) que o impacto causado pela pressão sobre as condições ambientais na bacia é difuso e de difícil mensuração, mas quanto ao impacto na qualidade da água bruta e se referiu ao trabalho da TNC (2015) para afirmar que existem estudos que buscam demonstrar a correlação desmatamento e qualidade das águas.

Assim MELO (2106, p. 148) descreve a severidade do impacto associada ao estressor pressão sobre as condições ambientais na quantidade de água:

Em relação ao impacto na quantidade de água, os resultados são percebidos em longo prazo e a literatura disponível, apesar de afirmar a importância da conservação da vegetação natural para garantia da sustentabilidade da disponibilidade de água, ainda é pouco conclusiva sobre como se dá essa correlação (WRI, 2013¹⁸; COE, *et al.*, 2011) Desta forma, a fim de identificar uma referência possível sobre a conservação do solo que servisse de balizamento para um bom índice de conservação florestal, foi utilizada a referência do Código Florestal para Reserva Legal em propriedades rurais que estabelece que 20% da propriedade deve ser conservada, conforme Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Apesar de ser uma referência normativa para áreas rurais, a Reserva Legal tem a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

Além da reserva legal, o código também prevê a necessidade de conservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) cuja área percentual em um território depende das suas características topográficas.

Outra forma de conservação do território, prevista em lei, são as unidades de conservação conforme a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. A meta brasileira estabelecida para regiões fora do bioma Amazônico é de 10% da área do território com Unidades Conservação. (CONABIO 03/2006)

Desta forma, considerando a obrigação legal estabelecida de 20% para Reserva Legal, as Unidades de Conservação e as áreas de APP, foi estabelecido que um território com mais de 50% de cobertura vegetal

¹⁸ WORLD RESOURCES INSTITUTE

tem uma severidade baixa, entre 50 e 30% de cobertura vegetal, severidade moderada e menos que 30%, severidade alta. Desta forma em relação ao estressor “pressão ambiental sobre as condições ambientais” da bacia, tem-se:

Baixa: ≤ 50% da área do território sem cobertura vegetal
Moderada: 50 a 70% da área do território sem cobertura vegetal
Alta: < 70% da área do território sem cobertura vegetal

Os estressores agem em intensidades diversas e, portanto, a severidade do impacto pode variar conforme a intensidade do estressor. A Tabela 7 apresenta uma graduação possível, cuja escala, de três níveis, considera impactos de severidade baixa (grau 1), moderada (grau 2) e alta (grau 3), conforme determinado pelas situações extremas da intensidade de cada estressor.

Tabela 7 - Faixa dos graus de severidade do impacto dos estressores

Estressor	Grau de severidade do impacto			
	Efeito quantitativo		Efeito qualitativo	
	min	max	min	max
Pressão sobre as condições ambientais	1	1	1	3
Demanda	1	3	1	1
Poluentes ordinários	-	-	1	3
Poluentes acidentais	-	-	1	3
Eventos hidrológicos extremos	1	3	1	3

Nota: Severidade do impacto: baixa (1), moderada (2) e alta (3)

Fonte: MELO (2016)

Em geral, os graus de severidade do impacto dos estressores variam de 1 a 3, conforme a intensidade da ação do estressor varie de mínima a máxima. Porém, os estressores poluentes ordinários e poluentes acidentais produzem efeito quantitativo desprezível sobre a segurança hídrica. Já o estressor demanda, que é capaz de provocar impactos muito diferentes na segurança hídrica quantitativa, geralmente não afeta em alto grau a segurança hídrica qualitativa.

A demanda, via de regra não gera uma alteração em grandes proporções na vazão disponível no corpo de água em um curto espaço de tempo, diferente da ação do estressor eventos hidrológicos extremos que causam alterações significativas de vazões disponíveis em um curto espaço de tempo. Por fim, por não haver conhecimento acumulado sobre o impacto do estressor pressão sobre as condições ambientais sobre o componente quantitativo da segurança hídrica, e por sua ação ser difusa, foi considerado que o impacto que provoca seja sempre de pequeno grau (OECD, 2011; MAHEEPALA *et al.*, 2010; HOWE *et al.*, 2011; TNC, 2014).

Ocorrências dos Estressores

Para estabelecer os graus das ocorrências dos estressores MELO (2016, p. 149) assim descreveu:

A frequência dos efeitos a que uma fonte de água bruta estará sujeita depende da probabilidade de ocorrência dos estressores em uma dada base de tempo. Assim como no caso anterior, a Tabela 8 apresenta uma graduação possível para indicar a probabilidade, ou a frequência, de ocorrência dos estressores em suas intensidades extremas.

Tabela 8 - Faixas dos graus de ocorrência dos estressores

Estressor	Grau de ocorrência	
	Intensidade mínima	Intensidade máxima
Pressão sobre as condições ambientais	3	1
Demanda	3	1
Poluentes ordinários	1	3
Poluentes acidentais	1	1
Eventos hidrológicos extremos	3	1

Nota: Ocorrência do impacto: baixa frequência (1), frequência moderada (2) e alta frequência (3)

Fonte: MELO (2016)

Assim como no caso da severidade, os graus de ocorrência dos estressores variam de 1 a 3, conforme sua intensidade. Os estressores pressão sobre as condições ambientais, demanda e eventos hidrológicos extremos têm alta frequência quando a ação destes ocorre em intensidade mínima. Por exemplo: pequenas alterações na cobertura vegetal têm alta frequência, ou seja, ocorrem repetidamente. Por outro lado, grandes alterações de cobertura vegetal são eventos mais raros, portanto com baixa frequência. Da mesma forma, os eventos hidrológicos extremos têm intensidade variada. Estiagens menos intensas são mais frequentes.

No caso dos poluentes ordinários ocorre o inverso. Nas áreas urbanas, a qualidade dos corpos de água tende a ser muito ruim, por isso que a ocorrência em intensidade máxima é alta. A exceção é o estressor poluentes acidentais, que tende a ser constante (baixo), independentemente de sua intensidade, por causa da raridade do evento que o desencadeia, o acidente. Os acidentes ambientais são eventos excepcionais, portanto de ocorrência com baixa frequência.

Detectabilidade dos Estressores

Sobre os graus de detectabilidade dos estressores MELO (2016, p. 150-151) assim descreve:

Os estressores são mais ou menos detectáveis dependendo do seu tipo, do tipo da bacia hidrográfica, da rede de monitoramento, inclusive as tecnologias de medição empregadas para quantificar as suas características mensuráveis, e do conhecimento acumulado sobre o comportamento do estressor e de seus efeitos sobre a bacia em particular. Também, neste caso, foi estabelecida uma escala semi quantitativa para graduar a detectabilidade de cada estressor ao

ocorrer nas situações extremas de intensidade (Tabela 9).

Tabela 9 - Faixas dos graus de detectabilidade dos estressores

Estressor	Grau de detectabilidade	
	Intensidade mínima	Intensidade máxima
Pressão sobre as condições ambientais	3	1
Demanda	3	1
Poluentes ordinários	3	1
Poluentes acidentais	3	1
Eventos hidrológicos extremos	3	1

Nota: Detectabilidade: fácil (1), moderada (2) e difícil (3) moderada (2) e alta frequência (3)

Fonte: MELO (2016)

Assim como nos casos anteriores, severidade e ocorrência, a propriedade detectabilidade dos estressores também varia de 1 a 3, conforme a intensidade seja máxima ou mínima. Deve ser lembrado que essa propriedade descreve a dificuldade com que o estressor é detectado. Desta forma, a intensidade máxima dos estressores geram, em maior parte dos casos, impactos mais severos, que por sua vez são mais fáceis de detectar que os impactos em menores proporções.

2.2.3 MÉTODO DE ANÁLISE DE RISCOS ASSOCIADOS AOS ESTRESSORES

O método de análise de riscos associados aos estressores usados por MELO (2016, p. 151-152) foi assim fundamentado:

A análise da ação dos estressores e de seus efeitos sobre a fonte de água bruta é realizada com o auxílio da ferramenta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), para resultar nas medidas do risco da segurança hídrica (Figura 28).

O método, de aplicação geral a projetos, de produtos ou processos, industriais e administrativos (HELMAN; ANDERY, 1995), analisa o risco de ocorrência de falhas por meio de dedução pelo estudo de situações complexas. São analisados sistematicamente todos os modos de falha, pela identificação do que poderá falhar e dos efeitos resultantes (ROSZAK; SPILKA; KANIA, 2015).

A FMEA já foi aplicada na análise de processos e sistemas ambientais e para a gestão de recursos hídricos (TOLEDO; AMARAL, 2006; MARTINS; ZAMBRANO, 2003; LINDHE *et al.*, 2011).



Figura 28 - **Medidas do Risco da Segurança Hídrica**
 Fonte: Adaptado de MELO (2016)

Medida do Risco

Para a medida do risco foi adotado por MELO (2016, p. 152-153):

O número que exprime a medida do risco da segurança hídrica, R_{sh} , é obtido pelo produto dos graus (scores) atribuídos às suas propriedades, quais sejam: a severidade do impacto, S , a probabilidade de ocorrência do estressor, O , e a detectabilidade do estressor, D – Equação para determinação do risco de segurança hídrica é expressa por:

$$R_{sh} = S \cdot O \cdot D$$

No entanto, o cálculo do R_{sh} apresenta limitações para ser amplamente empregado na análise dos riscos à segurança hídrica, sendo as seguintes as mais importantes (MOOSAVI; KARBASIYAN; ROOHI, 2011; CHANG *et al.*, 2001 *apud* LEAL; PINHO; ALMEIDA, 2006):

- os fatores do produtório têm o mesmo peso, o que não é capaz de expressar a importância desigual das três propriedades dos estressores. Conforme já visto, a severidade do impacto do estressor é, de longe, a propriedade mais influente dentre as três que afetam a segurança hídrica, seguida em importância pela probabilidade de ocorrência e, por último, pela detectabilidade do estressor;
- há várias combinações de S , O e D que conduzem a um mesmo valor de R_{sh} , embora descrevam situações que resultam em diferentes graus de comprometimento da segurança hídrica. Por exemplo, Equações 2 e 3:

$$R_{sh} = S \cdot O \cdot D = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6 \quad (2)$$

$$R_{sh} = S \cdot O \cdot D = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6 \quad (3)$$

Portanto, é razoável atribuir pesos diferentes a cada uma das propriedades, de modo a que a importância de cada uma seja levada em consideração no cálculo de R_{sh} . A Equação 4 permite o cálculo do produto ponderado das propriedades de um estressor para resultar em

uma medida do risco, $R_{sh,w}$, que leva em consideração as importâncias relativas das propriedades dos estressores.

$$R_{sh,w} = S^{ws} \cdot O^{wo} \cdot D^{wd} \quad (4)$$

Em que W_s , W_o e W_d são os pesos atribuídos a S , O e D , respectivamente.

Medidas Possíveis de Risco

As medidas possíveis de riscos foram estabelecidas assim por MELO (2016, p. 154-156):

As combinações dos três graus atribuídos a cada propriedade dos estressores (Tabela 11), afetadas pelos pesos arbitrados conforme a importância da propriedade ponderada, resultam nas medidas de risco possíveis, calculadas conforme Equação 4.

Os pesos atribuídos partiram do pressuposto que a severidade do impacto é a propriedade mais importante do estressor, pois ela determina o resultado da ação do estressor.

Os pesos atribuídos às propriedades dos estressores são apresentados na Tabela 10 e servem para construir uma escala conveniente, útil para o cálculo da medida, $R_{sw,w}$, a ser empregada como indicador da magnitude do risco.

Tabela 10 - Pesos das propriedades dos estressores

Propriedade	Peso	
	Símbolo	Valor
Severidade do impacto (S)	W_s	2,25
Probabilidade de ocorrência do estressor (O)	W_o	0,75
Detectabilidade do estressor (D)	W_d	0,25

Fonte: MELO (2016)

A Tabela 11 apresenta todas as medidas possíveis de risco, $R_{sh,w}$, calculadas com o emprego da Equação 4.

Para fins de gerenciamento, um agrupamento possível dos riscos é apresentado por OCDE (2013), conforme o seu nível: aceitáveis, toleráveis e inaceitáveis. Os riscos aceitáveis não requerem ações além do monitoramento de seu comportamento, por meio das características mensuráveis do estressor. Os riscos toleráveis e inaceitáveis exigem ações antagônicas, de intensidade e rapidez de implementações proporcionais à medida do risco.

Na Tabela 11, cada linha corresponde a uma das 27 situações possíveis em que três variáveis (propriedades), com três valores cada (graus), podem resultar. Os campos coloridos em verde representam os riscos aceitáveis, os em amarelo, os toleráveis, e os em vermelho, os inaceitáveis.

Os grupos foram determinados segundo o critério de agrupar como inaceitáveis os riscos das situações em que os impactos tiveram severidade alta, $S = 3$, ou severidade moderada, $S = 2$, com probabilidade de ocorrência alta, $O = 3$; como toleráveis, as situações em que os impactos tiveram severidade moderada, $S = 2$, ou severidade baixa, $S = 1$, com probabilidade de ocorrência alta, $O = 3$; por fim, como aceitáveis as situações em que a severidade fosse baixa, $S = 1$, com probabilidade de ocorrência baixa, $O = 1$, ou moderada, $O = 2$. Estes critérios excluem a detectabilidade por causa de sua importância reduzida.

Tabela 11 - Medidas de risco possíveis

S	O	D	$R_{sh,w}$
1	1	1	2,1
1	1	2	2,2
1	1	3	2,5
1	2	1	2,7
1	2	2	2,9
1	2	3	3,2
1	3	1	3,5
1	3	2	3,8
1	3	3	4,1
2	1	1	4,4
2	1	2	4,8
2	1	3	5,2
2	2	1	5,7
2	2	2	6,2
2	2	3	6,7
2	3	1	7,4
2	3	2	8,1
2	3	3	8,8
3	1	1	10
3	1	2	11
3	1	3	12
3	2	1	13
3	2	2	14
3	2	3	15
3	3	1	17
3	3	2	18
3	3	3	20

Fonte: MELO (2016)

Após o agrupamento, foi estabelecida uma correlação dos grupos estabelecidos com as faixas de valores calculados de R_{sh} , da maneira apresentada na terceira coluna da Tabela 11.

Cenário de Risco

Os indicadores mensuráveis de risco foram estabelecidos como segue por MELO (2016, p. 157):

Quando a rede de monitoramento da bacia hidrográfica for capaz de perceber, por meio da quantificação de suas características mensuráveis, o surgimento mais ou menos intenso de um estressor, pode ser obtido (Equação 4) o indicador (medida) do risco da segurança hídrica, R_{sh} .

O estressor é, pois, analisado segundo suas três propriedades para a obtenção do indicador, que é calculado para as situações reais em que esse estressor ocorra.

Quando se observa a ação simultânea de dois ou mais estressores, os riscos associados a cada um poderão ser estimados e priorizados segundo o indicador, em um cenário de risco que permitirá a tomada de ações por parte do gestor, no sentido de se restaurar a segurança hídrica (Figura 29).

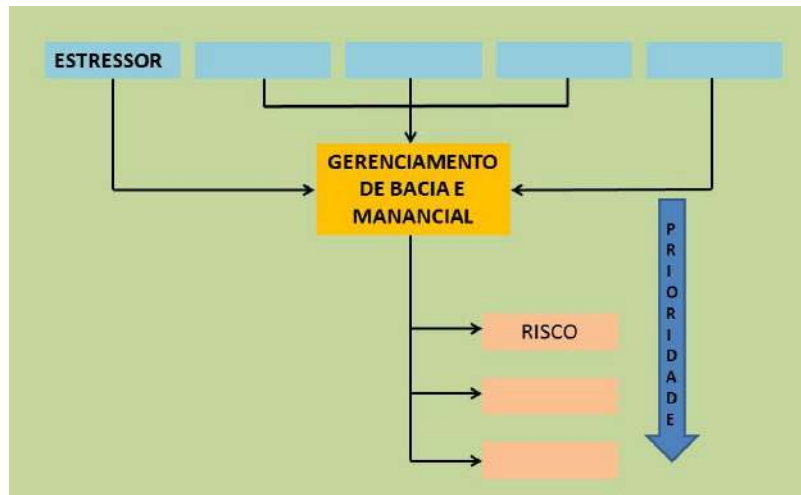


Figura 29 - Cenário de risco
Fonte: MELO (2016)

Gerenciamento de Riscos

O gerenciamento de riscos apontado por MELO (2016, p. 157) é descrito:

Assim como em outros casos de controle de processos, o controle da segurança hídrica deve ser efetuado pelo gerenciamento contínuo dos riscos. O processo de gerenciamento contínuo de riscos é apresentado na Figura 30.

O gerenciamento contínuo toma como variáveis de entrada os dados de medição da ação dos estressores e de seu efeito sobre a segurança hídrica da bacia hidrográfica e do manancial. Os riscos são medidos por meio de seu indicador, são priorizados e daí se derivam as ações de gerenciamento capazes de restaurar o nível anterior de segurança hídrica, ou mesmo capazes de aprimorar esse nível.

As ações de gerenciamento são as variáveis de entrada no processo seguinte, de estruturação de políticas públicas de abastecimento urbano de água.



Figura 30 - Gerenciamento contínuo de riscos
Fonte: MELO (2016)

Ações de Gestão para a Segurança Hídrica

Conforme MELO (2016, p. 157-158) assim descreve os aspectos relacionados a gestão para a segurança hídrica:

As ações de gerenciamento dos recursos hídricos e da gestão ambiental foram consideradas como intervenções do sistema de gerenciamento integrado de recursos hídricos e do sistema de gestão ambiental relacionados à prevenção, mitigação ou controle dos efeitos dos estressores sobre a água bruta, visando a garantir que os riscos associados à segurança hídrica – ou seja, à disponibilidade qualitativa para o abastecimento urbano – permaneçam em níveis aceitáveis. As ações de gestão podem ser assim apreendidas como gestão do risco, cujo objetivo é prevenir, mitigar e controlar os riscos, devendo agir sobre os estressores a fim de controlar ou minimizar a exposição ao fator que pode induzir um efeito adverso na quantidade e na qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento urbano. Portanto, garantir a segurança hídrica requer uma combinação de intervenções técnicas, econômicas, operacionais, legais e institucionais, as quais são aqui apresentadas para provimento de água bruta para fins de abastecimento urbano de água (GWP-TEC, 2014; BRISCOE, 2004; ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2010). As ações podem ser classificadas como sendo de gestão preventiva e gestão de crise (ações emergenciais). As ações para gestão preventiva têm como objetivo equilibrar a demanda e a oferta e gerir os riscos de maneira constante para evitar crises. Já a gestão de crise, deve agir no momento da concretização dos riscos e deve ser projetada para reduzir abstrações em caso de seca ou alterações abruptas na qualidade das águas. São exemplos de ações de gestão de crise a aplicação de planos de contingência em episódios de seca ou no contexto da gestão de acidentes ambientais, que são aplicadas temporariamente na vigência da crise.

Proteção dos Mananciais

A proteção dos mananciais foi assim descrita por MELO (2016, p. 159-160):

A proteção do manancial e da sua bacia contribuinte é determinante para a sustentabilidade do abastecimento urbano, de médio e longo prazos, e dos demais usos múltiplos de água. Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2006), o manancial é uma das partes mais importantes do abastecimento de água, pois de sua escolha criteriosa depende o sucesso das demais unidades do sistema, no que se refere tanto à quantidade como à qualidade da água a ser disponibilizada à população. A definição do manancial determina a condição de entrada nos subsistemas vinculados à função abastecimento de água potável que se inicia na captação, bem como o custo de operação do sistema. A conservação da bacia tem relação direta com a cobertura vegetal da mesma. A qualidade e a quantidade de água disponível em determinado ponto de um corpo de água são o produto da gestão do território da bacia hidrográfica de contribuição do mesmo. Assim, devem-se identificar as áreas de cabeceiras, as áreas de matas ciliares e de entorno de nascentes (no Brasil designadas como APPs) e outras áreas importantes para a proteção do manancial (como, por exemplo, áreas de recarga de aquíferos) que, se recuperadas e resguardadas, contribuem para a manutenção do equilíbrio ecológico de uma bacia hidrográfica e consequentemente aos serviços ecossistêmicos (WATER SECURITY AGENCY, 2012).

Estudos internacionais sobre infraestrutura natural vêm buscando mensurar o quanto a conservação florestal e a cobertura vegetal em

uma bacia hidrográfica contribuem para o provimento de água em quantidade e qualidade (THE WORLD RESOURCES INSTITUTE). Alguns autores defendem que as estratégias para a segurança hídrica começam com a conservação, por sua múltipla função de garantir o armazenamento e a retenção de água no solo - contribuindo para vazões mais confiáveis na estação seca e redução de ocorrência de pico de cheia em estações chuvosas no escoamento superficial; garantia da capacidade de descarga dos rios e armazenamento em reservatórios – contribuindo para a redução do processo erosivo; e proteção contra a degradação da qualidade da água – em função do papel de proteção que a cobertura vegetal exerce sobre as águas superficiais e subterrâneas (MINISTRY OF PUBLIC WORKS INDONESIA, 2012).

A literatura apresenta um rol de possibilidades de programas de proteção de mananciais, que vão desde o pagamento por serviços ambientais a proprietários de áreas nas cabeceiras das bacias até o zoneamento das áreas de proteção que integre e sirva de base para planos setoriais de uso e ocupação do solo dos municípios que são abrangidos pela bacia produtora, por exemplo, passando por programas de proteção de nascentes e saneamento rural (WANG *et al.*, 2016).

Programas de proteção de mananciais devem incluir delimitação de áreas prioritárias de conservação, nas quais deve ser garantida, especialmente, a manutenção da cobertura vegetal. Isto pode ser alcançado com dispositivos legais de regulação do uso do solo nas áreas definidas como prioritárias.

Em áreas já ocupadas na bacia, instrumentos econômicos, como o pagamento por serviços ambientais podem auxiliar no desenvolvimento de uma economia local baseada na conservação ambiental, gerando menores impactos no território da bacia hidrográfica. Isto ocorre por meio de mobilização e arregimentação para ações ambientais e compensação por receitas cessantes.

Além disso, deve-se implementar dispositivos de vigilância, ações de educação ambiental (inclusive para mudanças culturais).

Em geral, projetos e ações de proteção de mananciais constituem iniciativa tanto de órgãos gestores de recursos hídricos e de gestão ambiental, quanto diversas instituições diretamente envolvidas com a gestão de recursos hídricos (ONGs, comitês e agências de bacia, municípios, entre outros), inclusive serviços de água que por vezes desenvolvem programas de proteção de mata ciliar e nascentes do seu manancial ou de reservatórios de abastecimento.

Infraestrutura (Reservação e Transposição)

Na avaliação da infraestrutura de reservação e de transposição MELO (2016, p. 161-162) citou que:

Embora o risco de estresse quantitativo possa ser mensurado pela relação da demanda versus disponibilidade de água em uma determinada unidade hidrológica ou bacia hidrográfica, deve ser observada que a escassez vinculada à baixa disponibilidade natural pode muitas vezes ser mitigada ou até mesmo revertida por uma infraestrutura hídrica de reservação que garanta o abastecimento da demanda local ou regional (WATER SECURITY AGENCY, 2012). Conforme já abordado, a variabilidade na disponibilidade de água é um dos grandes desafios para a segurança hídrica. A infraestrutura construída, especialmente barragens, busca minimizar a variabilidade e aumentar a permanência do abastecimento (GOMIDE, 2012; YEVJEVICH, 1999; UNDP, 2006).

A OCDE e a GWP (2015) afirmam que políticas e investimentos em infraestrutura são necessários para melhorar a segurança hídrica; para alocar água entre usos alternativos; para fornecer água em momentos e lugares específicos; para garantir a qualidade da água; e para proteger pessoas e ativos quanto aos riscos destrutivos relacionados com a água.

Os barramentos, por exemplo, exercem dupla função de armazenar água para ser utilizada no período de estiagem e diminuir o pico de cheia em ocorrências de altas vazões.

Quando couber, o planejamento de implantação de infraestruturas necessárias para atender as demandas atuais e projetadas para o futuro deve fazer parte da estratégia para atingir a segurança hídrica de uma determinada unidade hidrológica.

Deve-se projetá-las utilizando técnicas que minimizem os impactos ambientais, pois se por um lado barragens diminuem a variabilidade da disponibilidade de água no território, por outro lado, causam significativos impactos ambientais, como por exemplo, a interrupção de fluxos de água doce natural da qual dependem os ecossistemas.

Portanto, sempre que possível, deve-se privilegiar soluções de infraestrutura natural, e quando necessário, em função das condições locais, compor com infraestrutura construída.

Controle de Poluição

A avaliação de MELO (2016, p. 163) do controle de poluição foi assim descrita:

Grande parte das metrópoles no Brasil e no mundo usa águas transpostas de bacias que se situam fora do seu território para se abastecer. Essa prática se deu especialmente pela pressão sobre a qualidade das águas, que gerou uma indisponibilidade qualitativa da água nos centros urbanos. A priorização da coleta e do tratamento de esgoto é o principal fator para melhoria da qualidade das águas em áreas urbanas. Aliado a isto, o maior controle dos efluentes industriais é também essencial para o controle da poluição das águas (WHITTINGTON; SADOFF; ALLAIRE, 2013; WANG *et al.*, 2016)

Além do controle nas fontes pontuais, as fontes difusas, tanto aquelas decorrentes da própria drenagem urbana como outras de atividades de uso e ocupação do solo e atividades agrícolas na bacia de contribuição, devem ser consideradas no controle da poluição (WATER SECURITY AGENCY, 2012).

Outro destaque no controle da poluição é o incentivo a práticas de reuso, uma vez que diminuem a quantidade de efluentes lançados diretamente nos rios, favorecendo a recuperação da qualidade de água de rios urbanos e diminuindo a pressão sobre o manancial de abastecimento.

Gestão da Demanda

Para a gestão da demanda com o controle do uso da água e racionalização do uso MELO (2016, p. 163) assim descreve:

Cabe ressaltar que o aumento na intensidade do uso da água torna ainda mais importante a existência de um sistema formal de alocação de água entre usuários individuais, normalmente por um regulamento, antecipando possíveis conflitos pelo uso da água.

Um sistema de alocação de água moderno inclui o alcance de utilização otimizada da água que melhor atenda ao interesse público (prioridade de utilização), uma estratégia de monitoramento e

conformidade dos usos, e a proteção dos ecossistemas e de vazões ecológicas (WATER SECURITY AGENCY, 2012).

No Brasil, a outorga constitui o principal mecanismo de alocação de água entre os diferentes usuários nos limites de uma bacia hidrográfica. O controle do conjunto dos usos da água é necessário para evitar ou reduzir conflitos de uso e garantir a sustentabilidade do recurso, inclusive a necessidade do ecossistema aquático e a demanda futura dos diferentes usos. A vazão máxima outorgável de um determinado corpo d'água (quantidade de água que pode ser disponibilizada para os diversos usos) é geralmente definida por critérios hidrológicos; no entanto, a alocação através de sistemas de outorga deve observar também outras questões que envolvem quantidade (distribuição temporal e espacial da água), qualidade da água, uso racional, direitos e responsabilidades dos usuários, ou ainda acordos de macro alocação de água, quando existentes (FORMIGA-JOHNSON, 2013).

Outro fator importante é a racionalização de uso, que pode ser obtido integrando critérios de eficiência nas autorizações de uso e instrumentos econômicos do sistema de gestão.

Deste modo, os ganhos de eficiência de uso das águas podem ser alcançados de diversas maneiras, incluindo a implementação de estratégias de preços adequados, o estabelecimento de metas setoriais de conservação (industriais, agrícolas e municipais), os regulamentos, a promoção de novas práticas e tecnologias de reutilização da água.

Fontes Alternativas

As fontes alternativas, reuso e captação de água pluviais, foram abordadas por MELO (2016, p. 165) com a seguinte descrição:

A ampliação de fontes de água é apontada como uma estratégia fundamental para a segurança hídrica, seja na diversificação de origens dessas fontes, seja no aumento na quantidade de fontes utilizadas.

Quanto à diversificação das origens, alguns países no mundo já inseriram no sistema de abastecimento público o uso de águas pluviais e águas de reuso como parte integrante do sistema de abastecimento público, além do sistema de água potável. Assim, em função do uso e do seu requisito de qualidade define-se a fonte a ser utilizada (THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2010; WANG *et al.* 2016).

Em relação à quantidade de fontes a ser utilizadas, alguns autores defendem a importância de não se depender de uma única fonte de água, pois caso ocorra algum evento inesperado nesta fonte, o impacto no abastecimento é grande. Quando existe mais de uma fonte de água, o risco é pulverizado entre as mesmas e permite ao gestor, em caso de estiagem severa ou outro evento, compor o sistema de abastecimento com as diversas fontes existentes. Este é o conceito de redundância no sistema de abastecimento de água (ENSSLIN *et al.*, 2016).

A ADB (2016) defende a necessidade de propiciar o melhor uso dos recursos hídricos por meio de investimento e incentivo a sistemas para "reduzir, reutilizar, reciclar" água. Ademais, como já abordado, a reutilização e a reciclagem estão intimamente relacionadas com a gestão da qualidade da água, uma vez que minimiza o lançamento de efluentes nos corpos de água.

Gestão de Acidentes Ambientais

A abordagem sobre a gestão de acidentes ambientais por MELO (2016, p.166) foi assim descrita:

A gestão de acidentes ambientais envolve ações preventivas que consiste na identificação de potenciais perigos existentes na bacia de contribuição do ponto de utilização, por exemplo, atividades industriais, minerárias, dentre outras, bem como as atividades de transporte terrestre (rodoviário, ferroviário e dutoviário) de produtos perigosos. Após a identificação, deve-se propor ações específicas para a gestão de riscos desses empreendimentos.

A outra linha de atuação consiste na capacidade de resposta devido à ocorrência do acidente, como melhorar a preparação e a capacidade de resposta para lidar com acidentes ambientais, o que pode reduzir significativamente o custo da reabilitação após a ocorrência do evento. (ADB, 2013).

Plano de Contingência

O tema plano de contingência foi assim tratado por MELO (2016, p. 166-167):

O plano de contingência é elaborado a partir de uma determinada hipótese de concretização do risco, que contém ações e regras pré-estabelecidas para o gerenciamento da situação de crise. É um plano coordenado de resposta à seca (ou cheia) que inclui monitoramento, preparação, resposta e recuperação. Os planos devem conter regulamentos de contingência para alocação de água que ajude a gerir a escassez de água durante as secas (WATER SECURITY AGENCY, 2012).

Os planos de contingência podem também ser aplicados a gestão de riscos associados aos acidentes ambientais.

As ações apresentadas visam a minimizar os riscos associados à água bruta. Espera-se com isto que o produto do sistema de recursos hídricos seja água bruta em quantidade e qualidade no ponto de captação, onde o sistema de abastecimento de água potável (Setor de saneamento) recebe seu insumo e inicia o processo de conversão de água bruta para água potável até a entrega ao consumidos final.

Gestão de Conflito

Para gestão de conflito MELO (2016, p. 167-168) fez a seguinte abordagem:

O conflito pelo uso da água pode ocorrer em diversas escalas, sejam conflitos entre usuários da mesma bacia hidrográfica, seja conflito entre bacias doadoras e receptoras, em caso de transferências de água.

Os conflitos internos na bacia podem ocorrer entre usuários com finalidade de uso diferente, como abastecimento público e irrigantes, ou pode também ocorrer entre usuários com a mesma finalidade, por exemplo: cidades vizinhas que dependem da mesma bacia hidrográfica para o abastecimento de seus cidadãos. A segurança hídrica requer gerenciamento da competição e conflito, dada a amplitude das necessidades humanas e ambientais que precisam ser atendidas, e considerando que nas áreas urbanas a água é usada intensivamente, ou as retiradas ou captações crescem rapidamente.

Desta forma, faz-se necessária a capacidade institucional de prevenir e resolver conflitos e mediar entre as reivindicações concorrentes dos usuários. O processo de mediação e resolução de conflitos deve se basear em um sistema de regras estabelecidas previamente e amplamente divulgado na bacia entre os usuários (MASON e CALOW, 2012; BAKKER, 2012). Como exemplo, a França utiliza o mecanismo

de “zonas de rateio de água”, nas quais as regras de alocação de água são previamente definidas assim como as condições de uso (MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER, 2010).

No Brasil, têm-se experiências exitosas, como a aplicação do marco regulatório em bacias críticas pela Agência Nacional de Águas e a alocação de água no Ceará.

Assim, é fundamental a existência de um mecanismo claro para gerir a concorrência entre os usuários, estabelecendo as prioridades de utilização em função dos interesses públicos e buscando o equilíbrio com a vocação de desenvolvimento econômico da região (BAKKER, 2012).

Ademais, considerando a importância estratégica da água para o desenvolvimento econômico e social de uma região, e que os conflitos envolvendo água podem facilmente influenciar outras atividades de cooperação para o desenvolvimento dentro e para além do setor da água (GTZ, 2010), mecanismos de prevenção e mediação de conflito pelo uso da água ganham uma proporção importante na gestão de riscos para a segurança hídrica.

Gestão do Valor da Água Bruta

A gestão do valor da água bruta por MELO (2016, p. 168-169):

As ações no âmbito de instrumentos econômicos também exercem um papel importante na consecução dos objetivos para a segurança hídrica. Tradicionalmente o recurso água é considerado gratuito na sua forma disponível na natureza – água bruta. Os custos normalmente se relacionam a prestação de serviço de água tratada, que mesmo assim, possuem mecanismos tarifários que não refletem o real valor do serviço. No Brasil poucas bacias cobram pela água bruta e os valores cobrados são pequenos em relação a necessidade das bacias, normalmente expressas nos seus planos de bacia.

Assim mecanismos econômicos com a atribuição do valor real da água podem gerar incentivo à eficiência de uso, além de possibilitar retornos financeiros que garantam investimentos em melhoria nos sistemas de água, tratado de maneira abrangente, desde a água bruta, até a água tratada (ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2010).

A definição do valor da água depende do referencial e local onde será aplicado. Em bacias com altas demandas de água, valores mais altos, para os grandes usuários, propiciam inevitavelmente eficiência e a racionalização do uso. Ou seja, deve-se prever um ajuste de preço para a pressão real sobre recursos hídricos (que muda ao longo do tempo), que depende da relação entre a oferta e da demanda de água (MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER, 2010, WHITTINGTON; SADOFF; ALLAIRE, 2013)

Outra abordagem possível para a valoração da água é associar o valor da água à garantia requerida pelo usuário. Como já abordado, aumenta-se a segurança (diminui o risco) mediante investimentos significativos em toda a cadeia de provimento de água – fonte de água bruta, infraestrutura de captação, tratamento, distribuição. Assim, um usuário que deseja maior nível de segurança, deve pagar mais por isso.

Por fim, estão sendo aplicados em alguns lugares do mundo, como na Austrália, Canadá, Inglaterra e País de Gales, o conceito de mercado de água, ou seja, a alocação negociável de quotas de água. Na teoria econômica, a alocação negociável de quotas de água é a ferramenta eficiente para otimizar a produtividade de um volume de água. Os usuários negociam quotas d'água, que pode acontecer com usuários na mesma bacia e também entre áreas urbanas e rurais.

Na Austrália, sob a reforma de 2004 dos mercados da água, algumas quotas de água tiveram de ser reservadas para os ecossistemas. As autoridades públicas têm, desde então, assumido a responsabilidade de recompra dos volumes necessários para o uso do ecossistema nos mercados da água.

Os mecanismos econômicos exercem um importante incentivo a racionalização e a geração de receitas para investimento, mas o mecanismo deve ser inclusivo e isonômico, para garantir assim o provimento de água em quantidade e qualidade adequadas também para a população de baixa renda.

Governança para Segurança Hídrica

Sobre a governança para segurança hídrica MELO (2016, p. 169-174) cita:

Na gestão das águas, o ambiente social, político e organizacional é complexo com múltiplos atores e com diferentes visões e interesses sobre o problema e as possíveis soluções. Nas estruturas de governança relacionadas à garantia de água bruta para o abastecimento de água existem riscos importantes associados, que incluem a formulação de políticas, a regulação, a prestação de serviços e ao seu controle efetivo ao longo do tempo dentro de uma estrutura responsável e transparente, que se baseia em uma significativa participação pública (HOPE e ROUSE, 2013).

Os fatores que influenciam na governança pública são o ambiente Institucional, as capacidades estatais, os instrumentos de gestão, as relações intergovernamentais e interação Estado-sociedade.

Isto posto, a governança para garantia da segurança hídrica deve abordar:

Relações intergovernamentais - Numerosas organizações governamentais federais, estaduais e municipais têm interesse e papel regulador relacionados com a água. Responsabilidades compartilhadas e compartimentadas podem levar a falta de coordenação na tomada de decisões no que diz respeito à proteção e gestão dos recursos hídricos. Também salienta a importância e as oportunidades para os níveis de governo trabalharem em conjunto em iniciativas de gestão da água. Isto posto, meios eficazes de coordenação e colaboração são fundamentais para abordar a segurança hídrica (WATER SECURITY AGENCY, 2012) O alcance da segurança hídrica abrange, pelo menos, as áreas de governo de gestão de recursos hídricos, saneamento ou prestação de serviços de água, meio ambiente, gestão florestal, e uso e ocupação do solo.

Ambiente institucional e capacidades estatais - O compartilhamento e a compartimentação de competências relacionadas à gestão das águas em diversas instituições decorrem do arcabouço legal e normativo. Assim, existem legislações para cada política setorial, que muitas vezes não inter-relaciona em seus fundamentos e instrumentos, podendo gerar conflito na execução. Outro destaque importante para a segurança hídrica é a existência de legislação apropriada e de instituições adequadas (WANG *et al.*, 2016). Legislação adequada pressupõe instrumentos e mecanismos de gestão apropriados para a regulação do uso, aplicação de mecanismos econômicos, requisitos e critérios de eficiência de uso, dentre outros. Além disso, pressupõe regras claras para mediações de conflito e situações de crise. A operacionalização de uma política adequada de água que garanta a transversalidade e a efetividade para a segurança hídrica só é possível com capacidade institucional, ou seja, instituições com capacidade técnica e orçamento apropriado para desempenhar suas competências (GREY; SADOFF, 2007).

Instrumentos de gestão - Os instrumentos de gestão são mecanismos normativos estabelecidos para apoiar a execução de determinada

política pública. Os instrumentos de planejamento são os mais importantes, porque determinam a diretriz e as metas da política pública. O planejamento permite uma concatenação mais precisa e sistematizada das ações, compatibilizando-as entre si, o que contribui para o processo da coordenação da execução das decisões referentes àquilo que se pretende fazer no âmbito de uma dada atividade. O seu objetivo é responder, ou buscar respostas, a propósitos ou aspirações de incremento na qualidade das políticas desenhadas e implementadas pelo Estado. O planejamento é um campo multidisciplinar e multisetorial de conhecimentos e práticas, que, se utilizados de forma adequada, podem proporcionar subsídios importantes aos processos de tomada de decisão referentes à proposição e gerenciamentos das ações de governo, contribuindo para melhoria de desempenho na perseguição de objetivos e metas coletivas. Desta forma, espera-se que um planejamento de água abrangente e integrado às diretrizes das políticas públicas correlatas seja uma importante base para a segurança hídrica em uma bacia hidrográfica.

Interação estado-sociedade - A interação Estado-sociedade parte do pressuposto de que o fortalecimento de procedimentos democráticos, em contextos em que operam as instituições públicas, deve perseguir a aproximação entre as preferências e as necessidades dos cidadãos com a capacidade dos governos de dar respostas adequadas às expectativas da população. Neste sentido, instâncias de interlocução entre governo e sociedade devem ser capazes de captar, de forma institucionalizada, as necessidades e demandas sociais, definir agendas das gestões de políticas públicas e poderem assim obter os melhores resultados em benefício da coletividade (SEPLAN-RO, 2004).

A participação da sociedade em ações públicas é importante para legitimar as decisões e diretrizes, e assegurar o apoio político necessário à continuidade do desenvolvimento das ações e para efetiva implementação do que foi planejado para determinada política pública. Assim, busca-se assegurar que processos de decisão sejam coordenados, abrangentes e colaborativos para a gestão da água.

Para a segurança hídrica, as estratégias incluem uma gestão integrada que vise a explicar essa complexidade, considerando os muitos aspectos da gestão da água no âmbito da legislação, do planejamento, das organizações e órgãos de coordenação (WATER SECURITY AGENCY, 2012), bem como a introdução de novos arranjos institucionais, tais como organizações de bacias hidrográficas para coordenar os interesses de diferentes setores e unidades administrativas.

Considerando o contexto apresentado nas variáveis de governança, pode-se inferir que somente uma governança integrada de proteção dos mananciais, que articule e harmonize os diferentes instrumentos de gestão oriundos de diferentes políticas, poderá ser capaz de enfrentar esses problemas em áreas densamente urbanizadas. Quando o manancial de abastecimento de uma determinada cidade se situa na mesma bacia hidrográfica onde ela se insere, a exemplo da Metrópole de Belo Horizonte, o quadro institucional mais favorável à segurança hídrica é aquele em que as políticas de gestão de recursos hídricos se integram às demais, de gestão da cidade, tal como esquematicamente apresentado na

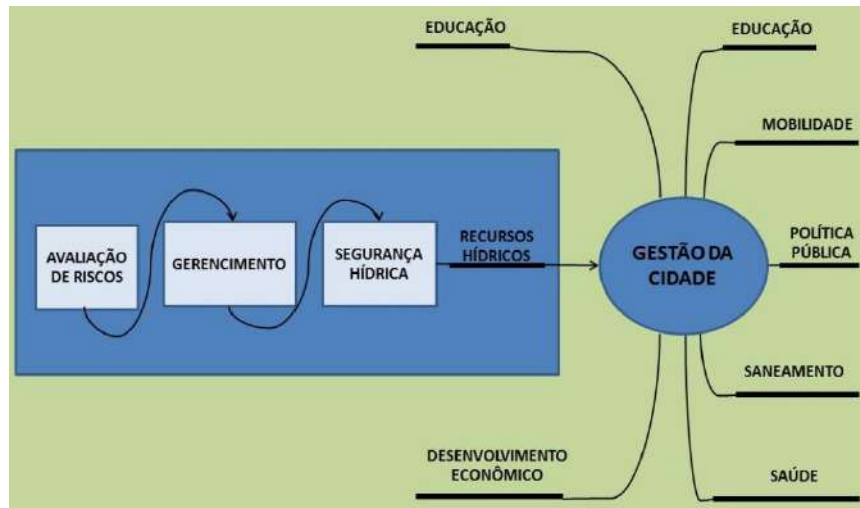


Figura 31 - Políticas urbanas, inclusive de gestão de recursos hídricos
 Fonte: MELO (2016)

As políticas de gestão de recursos hídricos são dinâmicas e tendem a perder intensidade institucional à medida que se tornam cada vez mais eficazes e sejam capazes de disparar ações tempestivas e com a intensidade necessária para se contrapor à ação dos estressores, isto é, ações que minimizem os riscos à segurança hídrica. Não obstante, sua influência sobre as instituições intervenientes sempre a colocará como foco da gestão da cidade, pois é razoável esperar que venha a ser continuamente aprimorada pela geração e aplicação corretiva e preventiva de dispositivos de minimização dos riscos à segurança hídrica (Figura 32).



Figura 32 - Melhoria contínua da política de recursos hídricos
 Fonte: MELO (2016)

A garantia e o incremento da segurança hídrica são os objetivos finais de qualquer política de gestão de recursos hídricos (Figura 33).

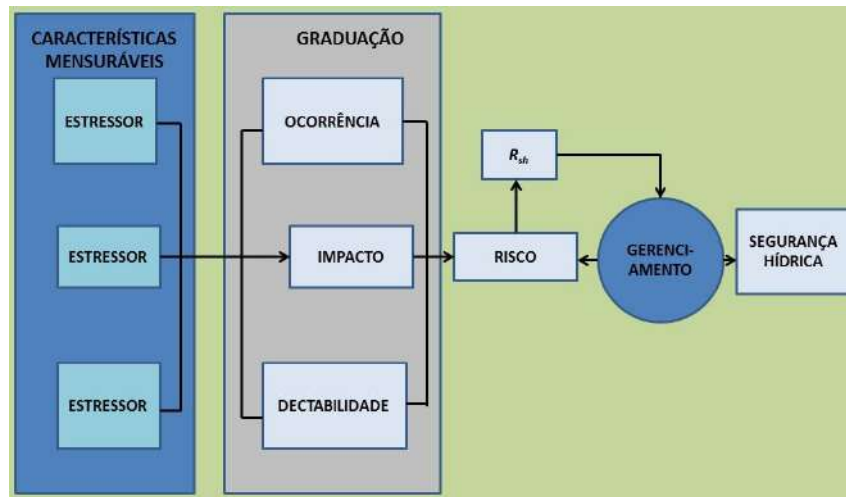


Figura 33 - Avaliação de risco associada à quantidade e qualidade de água bruta para abastecimento urbano
 Fonte: MELO (2016)

Serviço de Abastecimento de Água Potável

Para este tópico MELO (2016) fez as seguintes análises:

- Metodologia de avaliação da vulnerabilidade;
- Subsistema de captação e tratamento; e
- Subsistema de distribuição e consumo.

A Metodologia de avaliação da vulnerabilidade

Para a avaliação metodológica MELO (2016) abordou o serviço de abastecimento de água potável quanto aos aspectos de vulnerabilidade e adaptação, que sob a ótica da segurança hídrica contemplando o abastecimento em termos de quantidade e qualidade da água bruta, que é resultante da:

- Avaliação do nível de segurança da água bruta, tratado anteriormente; e
- Avaliação da vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água potável. A seguir abordado.

A metodologia de avaliação da vulnerabilidade de um determinado sistema de abastecimento de água potável perante a água bruta pode ser de forma qualitativa, tendo como base a equação desenvolvida por MELO, 2016 *apud* YOHE e TOL, 2002 e adaptada por ENGLE e LEMOS (2007), que parte do conceito de vulnerabilidade às mudanças climáticas, ou outra ameaça, como intrinsecamente ligado à capacidade de adaptação (FORMIGA-JOHNSSON, 2013):

$$V = f\{E(AC); S(AC)\}$$

Onde:

- **V** é vulnerabilidade;
- **E** é o grau de exposição ao estresse;
- **S** é o grau de sensibilidade ao estresse;
- **AC** é a capacidade da adaptação.

Para cada um destes itens MELO (2016, p. 176) descreve:

Vulnerabilidade de um sistema (neste caso, o sistema de abastecimento de água potável) a uma ameaça é, portanto, função do seu grau de exposição e grau de sensibilidade aos estresses a ele relacionados bem como do nível de capacidade de adaptação desse sistema a essas mudanças que definem sua integridade funcional e sua robustez. Entendido a robustez como a capacidade de um sistema permanecer inalterado ao sofrer influências externas mutantes.

Para os autores, a **exposição** é vista como a natureza e o grau em que um sistema experimenta estresses ambientais ou político-sociais, ou seja, diz respeito à natureza, magnitude, frequência, duração e extensão de um estressor ou ameaça sobre uma determinada unidade de análise.

A ameaça ou estressor ao qual o sistema de abastecimento está exposto refere-se à disponibilidade de água bruta no ponto de captação de água, no contexto da gestão da bacia hidrográfica, tanto em termos de quantidade (escassez crônica ou aguda/seca ou excesso/inundação) e qualidade.

A **sensibilidade** é encarada como o grau em que um sistema é afetado ou como ele vai responder aos estresses, seja de forma positiva ou negativa. Assim, a sensibilidade de um sistema, deve ser entendida como uma resultante de um complexo conjunto de inter-relações entre condições físicas e sociais ou ainda, como é o caso deste estudo, de características operacionais dos sistemas de captação, tratamento, distribuição e consumo que podem ser mais ou menos sensíveis à variação da quantidade e qualidade das águas do rio, no ponto de captação.

Por sua vez, a literatura identifica várias categorias de determinantes que influenciam a capacidade de um sistema adaptar-se positivamente a diferentes estresses, incluindo: recursos econômicos, tecnologia, informação e capacidades, infraestrutura, instituições e governança.

Para a avaliação da vulnerabilidade de abastecimento urbano, MELO (2016) considerou em seu modelo analítico, os componentes 'sensibilidade' e 'adaptação' dos subsistemas de captação e tratamento de água bruta, bem como a 'capacidade adaptativa' dos subsistemas de distribuição e consumo (Figura 40).

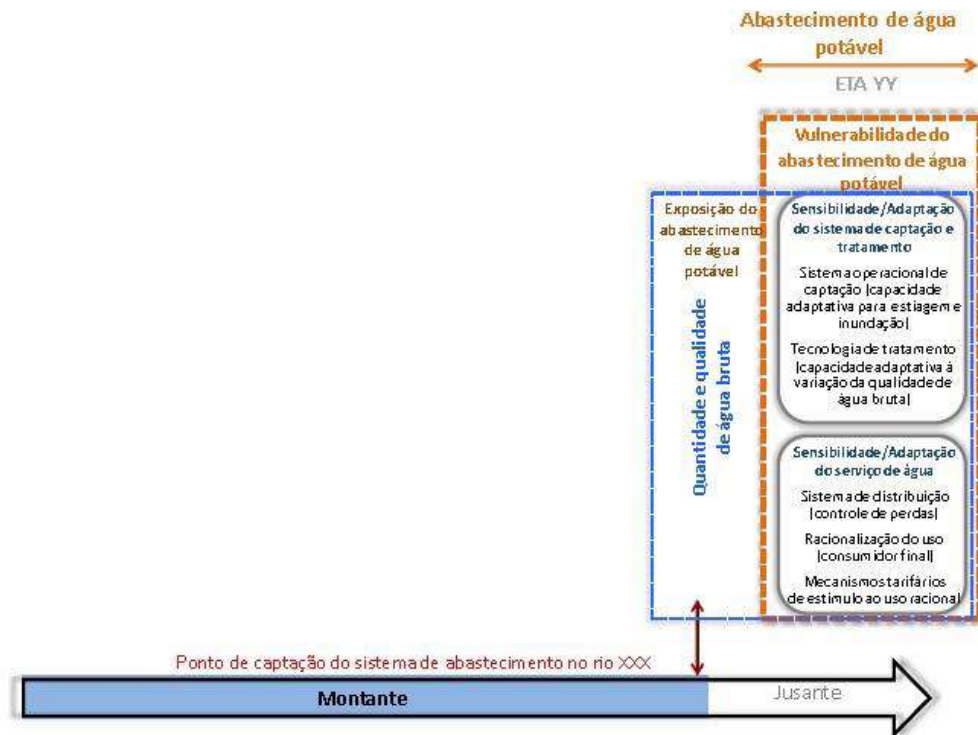


Figura 34 - Do modelo analítico de segurança hídrica: a vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água potável

Fonte: MELO (2016) *apud* FORMIGA-JOHSSON e MELO (2016)

O Subsistema de Captação e Tratamento

Para avaliação da sensibilidade e adaptação do subsistema de captação e tratamento MELO (2016) destacou que todo e qualquer sistema é projetado para servir, por certo espaço de tempo, denominado período de projeto, com possíveis previsões de adaptações dos sistemas de captação, tratamento e distribuição, ao contrário da sensibilidade, que é de mais complexidade.

A Captação de Água Bruta

Assim MELO (2016, p. 178-179) descreve este segmento do sistema:

A **captação da água bruta** se caracteriza por seu tipo e pela distância até o ponto de tratamento, ambas as características determinantes de dois aspectos:

- 1) a definição do tipo de captação;
- 2) a estratégia de adução até o ponto de tratamento.

a) Tipo de captação

A definição do tipo de captação está vinculada a fatores técnicos, políticos e econômicos também à definição do manancial. São dois os tipos que podem ser definidos: a fio d'água ou com reservação de água.

Dentre os fatores técnicos que influenciam a definição do tipo de captação – e, enfim, a segurança hídrica – estão a topografia da bacia, a disponibilidade de água e o comportamento sazonal do curso de água. A captação a fio d'água estará sempre mais vulnerável às variações hidrológicas das estações do ano do que as captações com reservatórios. A tecnologia empregada para a captação a fio d'água

determina sua eficiência ao longo do tempo, face às variações de nível do curso de água. A definição do tipo de captação também é afetada por fatores políticos, como, por exemplo, os interesses particulares de diferentes unidades federadas ou de diferentes proprietários de terras na bacia do curso de água. Por fim, os fatores econômicos, muitas vezes, são preponderantes na definição do tipo de captação. Dentre esses, estão o custo das obras, das desapropriações e da estratégia de adução.

b) Garantia de funcionamento

Para diminuir a vulnerabilidade do sistema de captação visando evitar interrupções imprevistas, deve-se identificar na fase de elaboração do projeto da captação, as posições do nível mínimo para que a entrada de sucção permaneça sempre afogada e do nível máximo para que não haja inundações danosas às instalações de captação (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

É preciso, também, cuidar da estabilidade das estruturas e de sua proteção contra correntezas e inundações, além de medidas que não permitam obstruções com a entrada indevida de corpos sólidos (peixes ou resíduos sólidos, por exemplo); esta proteção é conseguida com emprego de grades, telas ou crivos, conforme for o caso, antecedendo a entrada da água na canalização (GUIMARÃES, CARVALHO; SILVA, 2007).

c) Estratégia de adução

A indisponibilidade de recursos na bacia em que uma cidade se situa faz com que os mananciais disponíveis se localizem a distâncias crescentes. Além desse fator, a estratégia de adução – por gravidade ou recalque – é influenciada pela tecnologia empregada e pelos custos operacionais associados, assim como pelos custos de desapropriação das terras pelas quais passará a adutora de água bruta. Há também a ser considerados os custos diretos de implantação e manutenção da adutora, das linhas de transmissão de energia e das estações de bombeamento.

O tratamento da água bruta

MELO (2016, p. 179-181) assim descreve o subsistema tratamento da água bruta:

O subsistema de tratamento de água bruta tem que ser capaz de garantir a qualidade e a quantidade da água potável para atendimento das diferentes demandas da cidade. O subsistema deve ser suficientemente robusto para absorver variações de qualidade da água, acidentais ou não. O subsistema de tratamento da água bruta apresenta quatro aspectos:

- 1) definição do tipo de tratamento;
- 2) localização e segurança da estação de tratamento;
- 3) determinação da capacidade; e
- 4) operação da estação de tratamento.

a) Tipo de tratamento

O tipo de tratamento empregado para a água bruta induz os padrões de qualidade da água potável de abastecimento. A definição do tipo de tratamento está baseada na qualidade da água bruta e nos limites máximos dos contaminantes remanescentes, para garantir potabilidade, tal como estabelecido pela legislação (PÁDUA, 2009; HELLER & PÁDUA, 2006). Os tipos de tratamento mais importantes são a simples desinfecção, o convencional – gradeamento, floculação, decantação, filtração e desinfecção – e os tratamentos avançados, que empregam tecnologias como membranas de osmose reversa e carvão ativado (RITCHER, 2009; PÁDUA, 2009).

b) Localização e segurança da estação

A vulnerabilidade do subsistema depende da escolha da localização da estação de tratamento. Locais em cotas muito baixas podem estar

sujeitos a inundações e o posicionamento em áreas de influência de outras atividades produtivas, especialmente daquelas potencialmente poluidoras, pode induzir ao mau funcionamento da estação ou até mesmo a contaminação da água durante o tratamento. Dispositivos de segurança insuficientemente projetados, dimensionados ou operados podem comprometer as funções da estação de tratamento.

c) Capacidade do subsistema de tratamento

Em seu funcionamento ótimo, o subsistema de tratamento produz água potável em quantidade suficiente para atender à demanda imediata e futura da cidade em um prazo definido, e apresenta características tais que permitem a sua expansão.

d) Operação da estação

A operação da estação de tratamento depende da logística planejada para o suprimento de produtos químicos e serviços de manutenção. A qualidade e a quantidade de água são fortemente influenciadas pela capacitação do pessoal técnico e gerencial da estação. A operação é ainda caracterizada pelo projeto da rede de automação e pela capacidade de resposta a variações de qualidade e quantidade da água, adequada às necessidades da cidade. Por fim, a estruturação do controle da qualidade da água em suas diversas fases de tratamento depende da disponibilidade de laboratórios com competência assegurada.

Avaliação qualitativa da sensibilidade e adaptação

Para a avaliação qualitativa da sensibilidade dos subsistemas de captação e tratamento MELO (2016, p. 181-182) a considerou como um componente interno da vulnerabilidade, ou seja, as propriedades ou atributos inerentes ao sistema analisado.

As propriedades indicam de que forma e intensidade o sistema é afetado, ou seja, de que maneira ele sente a exposição, o que, por sua vez, depende de sua adaptação, a saber: sistema operacional de captação e adução (adaptado ou não para eventos de estiagem severa, seca e/ou inundação; barragens para captação); tecnologia de tratamento (adaptada para qualidade de água em momentos de extremos hidrológicos ou acidentes ambientais).

Foi, portanto, efetuada uma avaliação qualitativa simplificada da vulnerabilidade mediante definição do nível de sensibilidade – e/ou de adaptação - dos subsistemas de captação e do tratamento perante sua exposição à quantidade e qualidade de água bruta, seja a variação do nível do corpo d'água ou ainda a variação da qualidade dos recursos hídricos do manancial de abastecimento, sobretudo em momentos de eventos adversos (estiagem/seca, inundação e acidentes ambientais). Para tanto, foi proposto a aplicação de um questionário junto ao serviço de água e esgoto com o intuito de identificar eventuais paralisações da captação nos últimos cinco a 10 anos, abordando perguntas sobre:

- **ocorrência:** há registros de paralisação da captação em função de problemas relacionados à quantidade e qualidade da água bruta? Caso positivo, quando (mês)?
- **intensidade:** a paralisação foi total ou parcial?
- **duração:** quantos dias durou?
- **motivo de cada paralisação:** dificuldades de captação em função do baixo nível do rio; qualidade de água decorrente de chuvas intensas; inundação da estrutura física de captação e/ou tratamento; poluição acidental de fontes móveis; poluição acidental de fontes fixas; entre outros.

Subsistema de Distribuição e Consumo: Capacidade Adaptativa

Para avaliação do subsistema de distribuição e consumo sob a ótica da capacidade adaptativa MELO (2016, p. 182-183) considerou os seguintes tópicos:

- Distribuição de água potável;
- Consumo de água potável; e
- Avaliação qualitativa da capacidade adaptativa.

Distribuição de água potável

No subsistema de distribuição as vulnerabilidades se traduzem em perdas e em susceptibilidade à contaminação durante o transporte da água potável. A distribuição de água potável apresenta os seguintes aspectos:

- configuração da rede de distribuição;
- operação; e
- manutenção.

Configuração da rede - A rede de distribuição impacta a segurança hídrica quando não é capaz de garantir o acesso de todos os cidadãos à água potável, especialmente aqueles que habitam os extremos ou as cotas mais elevadas da cidade. A configuração da rede inclui a posição dos reservatórios de água potável, os dispositivos de manobra e derivação, as conexões, o material e o diâmetro da tubulação, que, em seu conjunto, determinam as pressões e as vazões disponíveis para o usuário. A configuração da rede também influi na qualidade da água entregue ao usuário, uma vez que os seus componentes podem falhar por causa de montagens deficientes ou de durabilidade precária.

Operação - O controle da distribuição de água potável tem o efeito de monitorar a vazão e a pressão disponíveis nos principais nós da rede, de modo a garantir a resposta em tempo adequado nos casos de falhas.

Manutenção - A manutenção do subsistema de distribuição de água potável provoca impacto na segurança hídrica ao reduzir as perdas ao mínimo socialmente tolerado. As perdas de água potável decorrem de defeitos na rede e também da subtração indevida, tanto aquela originada em ligações clandestinas, quanto na subtração por fraudes de medição. O impacto provocado pela manutenção depende inversamente da capacidade de resposta e do grau de controle na operação.

O consumo da água potável

Nas cidades brasileiras, as estatísticas disponíveis para o consumo por categoria não são homogêneas; em uma aproximação possível, o consumo de água potável doméstico representa, em média, 50% do consumo total do abastecimento urbano (AZEVEDO NETTO, 2015).

Assim, no trabalho de MELO (2016, p. 183-184), foi assumido que a análise do consumo doméstico é capaz de descrever o impacto que o consumo provoca sobre a segurança hídrica, uma vez que é em percentual a categoria que representa o maior percentual individual.

O consumo indiscriminado e irracional da água potável afeta a segurança hídrica porque provoca o aumento excessivo da demanda. A demanda aumentada provém do costume, da aprovação social do desperdício e do uso de equipamentos domésticos e sanitários

tecnologicamente ultrapassados. Três aspectos do consumo provocam impacto sobre a segurança hídrica:

- uso doméstico;
- medição;
- tarifação.

Uso doméstico - Nas cidades brasileiras o uso de água potável para fins domésticos é intenso. A frequência de banhos diários dos brasileiros é, em muitos casos, o dobro ou mais daquela com que se banham outros povos (EUROMONITOR, 2014). O consumo de água potável para fins de higiene pessoal, esgotamento sanitário, preparo de alimentos e lavagem de utensílios e roupas, é exagerado pela tradição e pelos costumes sociais. O uso frequente de água potável para lavagem de bens de difícil aquisição, como automóveis e casas, é socialmente valorizado.

Medição - A crescente verticalização das cidades e a medição agregada, não discriminada, em instalações prediais multifamiliares provoca o consumo descuidado, o que provoca impactos na segurança hídrica, uma vez que não favorece o uso racional da água potável.

Tarifação - Em cima da influência do uso exagerado e da medição indiscriminada, a tarifação da água potável nas cidades brasileiras impacta a segurança hídrica, uma vez que não é capaz de expressar valores reais da água e, além disso, há, no Brasil, discrepantes diferenciações por faixas de consumo e por categoria. Além disso, as tarifas cobradas expressam somente o custo do tratamento e distribuição da água, não sendo considerados os custos, cada vez mais elevados, envolvidos na proteção dos mananciais.

Na avaliação qualitativa da capacidade adaptativa do subsistema de distribuição MELO (2016) concentrou nas perdas físicas, ressaltando que comumente os sistemas de distribuição de grandes cidades e metrópoles compreendem vários sistemas de captação e tratamento que são integrados na distribuição. Nesses casos, a avaliação deve ser feita para todo o sistema integrado.

Ressalte-se ... que não há consenso sobre o alcance e o limite do sistema de gestão de recursos hídricos sobre o usuário “sistema de abastecimento urbano” (ACSELRAD, 2013): até onde a gestão de recursos hídricos pode intervir sobre o processo interno do prestador do serviço de água (neste caso, perdas de distribuição e comportamento do consumidor final)?

Tal como ACSELRAD (2013) e ACSELRAD, FORMIGA-JOHNSON e AZEVEDO (2015), é defendido uma maior intervenção da gestão de recursos hídricos sobre os serviços de água, em questões como essa, em regiões com crescente escassez crônica quali-quantitativa, de modo a sinalizar que a água tratada não pode ser utilizada de forma insustentável pelo operador nem pelo usuário final. (MELO, 2016, p. 185)

2.3 O MODELO GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP, 2014)

Conforme citado em GWP (2014), na publicação *Asia Water Development Outlook – AWDO* - (ADB, 2013) foi introduzido a medição quantitativa da segurança hídrica e estabeleceu uma base para a medição do progresso para um futuro de segurança hídrica para população da Ásia e do Pacífico. As conclusões, *rankings* e mensagens-chave do relatório indicaram orientações e prioridades para o aumento de investimento,

a melhoria da governança e o reforço da capacidade de desenvolvimento. Eles também forneceram uma linha de base para a análise das tendências e o impacto das políticas e reformas que podem ser monitoradas e relatadas às partes interessadas através de futuras edições da AWDO.

Como base para orientar o desenvolvimento de um quadro analítico, foi elaborado uma visão compartilhada da segurança hídrica, da seguinte forma: as sociedades podem desfrutar da segurança hídrica quando administram com êxito seus recursos hídricos e serviços para:

- Satisfazer as necessidades domésticas de água e saneamento em todas as comunidades;
- Apoiar economias produtivas na agricultura, indústria e energia;
- Desenvolver cidades e vilas vibrantes e habitáveis;
- Restaurar rios e ecossistemas saudáveis; e
- Construir comunidades resilientes que possam se adaptar às mudanças.

Esta visão partilhada forneceu a base para uma definição ampla de segurança hídrica. Medindo a segurança hídrica em cinco dimensões, os indicadores forneceram aos líderes novas formas de analisar os pontos fortes e fracos da gestão dos recursos hídricos e da prestação de serviços. As cinco dimensões são apresentadas na Figura 35.



Figura 35 - As cinco dimensões da segurança hídrica da AWDO
Fonte: Adaptado de GWP (2014)

Estas dimensões chaves (em inglês *key dimensions* – KDs) – foram assim classificadas:

- KD₁ - Seguranças Hídricas Domésticas;
- KD₂ - Segurança Hídrica Econômica;
- KD₃ - Segurança Hídrica Urbana;
- KD₄ - Segurança Hídrica Ambiental; e
- KD₅ - Resiliência.

Para uso desta lógica foi elaborado o estudo que avaliou a segurança hídrica de 20 países: Austrália; Brasil; Bulgária; Camboja; Canada; China; Egito; Etiópia; Geórgia; Quirguizistão; México; Marrocos; Moçambique; Nepal; Paquistão; Polônia; Eslováquia; Espanha; Tanzânia e Uruguai.

Para cada uma das dimensões foram feitas as abordagens necessárias aos ranqueamentos comparativos como será descrito a seguir.

2.3.1 KD₁ - SEGURANÇAS HÍDRICAS DOMÉSTICAS

Para o indicador KD₁ foi usado as bases dos estudos que foi desenvolvido por LE HUU TI e ERMINA SOKOU para a ADB (2013).

No estudo da GWP (2014) para determinar o KD₁ foi usado os dados do Programa Mundial de Avaliação da Água (2012) da OMS/UNICEF para estimativas de acesso a água e esgotamento sanitário.

KD₁ é um composto de três sub índices: 1) acesso a um fornecimento de água encanada (%); 2) acesso a saneamento melhorado (%) e; 3) higiene (representado por DALYs¹⁹ padronizados por idade por 100.000 pessoas para a incidência de diarreia). A Tabela 12 apresenta a Matriz de categorização adotada para a avaliação da segurança hídrica doméstica.

¹⁹ DALY é definido por dois componentes padronizados por idade segundo a questão de saúde em análise: a) anos de vida perdidos por morte prematura (*Years of Life Lost* - YLL); e b) anos de vida com incapacidade (*Years Lived with Disability* – YLD).

Tabela 12 - Matriz de Categorização - Segurança Hídrica Doméstica

Acesso a água canalizada		Acesso ao Esgotamento Sanitário		Higiene		Segurança Hídrica Doméstica	
%	Categoria	%	Categoria	DALYs	Categoria	Indicadores	Index
0	1	0	1	0	1	0	1
60	2	60	2	100	2	4	2
70	3	70	3	200	3	7	3
80	4	80	4	500	4	13	4
90	5	90	5	760	5	14	5

Nota: O indicador de segurança hídrica doméstica representa uma combinação das três categorias de acesso a água canalizada, acesso ao saneamento sanitário e a higiene.

Fonte: Adaptado de GWP (2014)

O KD₁ forneceu uma avaliação de até que ponto os países estão satisfazendo às suas necessidades domésticas de água e esgotamento sanitário, e melhorando a higiene para a saúde pública em todas as suas comunidades.

Para avaliação da higiene foi adotado o índice dos anos de vida ajustado por incapacidade (*Disability Adjusted Life Years - DALY*) como uma estimativa aproximada da sustentabilidade do acesso à água e ao esgotamento sanitário (qualidade da água) e dos resultados de saúde humana e ambiental.

Cabe destacar as afirmações de LEITE *et al.* (2015):

A Organização Mundial da Saúde adotou o DALY como um dos elementos mais importantes no processo de avaliação do estado de saúde das populações. (LEITE *et al.*, 2015, p. 1552)

Um DALY representa um ano de vida saudável perdido, sendo calculado como a soma de dois componentes: o de mortalidade, representado pelos anos de vida perdidos em decorrência de morte prematura (*Years of Life Lost – YLL*), e o de morbidade, caracterizado pelos anos de vida saudável perdidos em virtude de incapacidade (*Years Lost due to Disability – YLD*). (LEITE *et al.*, 2015, p. 1553)

2.3.2 KD₂ - SEGURANÇA HÍDRICA ECONÔMICA

Para o indicador KD₂ o estudo da GWP (2014) adotou que a água é um insumo essencial para o cultivo de alimentos e fibras, para muitos processos industriais e para gerar a energia necessária à sociedade. O uso da água nesses setores é cada vez mais reconhecido como fortemente relacionado e, não pode mais ser tratado isoladamente, um do outro.

O estudo citou que o debate sobre o nexos água-alimento-energia começou a aumentar a consciência geral sobre as interações críticas entre os usos da água para apoiar as atividades econômicas. A segurança hídrica econômica, portanto, deve medir o uso

produtivo da água para sustentar o crescimento econômico nos setores de produção: indústria, energia e da economia alimentar.

Para avaliar o uso da água nos setores da agricultura, indústria e energia, os dados foram utilizados a partir de uma combinação de fontes (por exemplo: FAO, 2007, 2013, WRI, 2009). Os indicadores foram agregados de vários sub indicadores, definidos para destacar os aspectos-chave da segurança hídrica em cada setor específico.

O índice nacional de segurança hídrica, em AWDO (ADB, 2013), foi aplicado para avaliar a segurança hídrica em uma seleção representativa dos 20 países do estudo, segundo os seguintes aspectos:

- Avaliação do setor agrícola:
- Resiliência;
- Dependência agrícola;
- Eficiência na utilização agrícola;
- Avaliação do uso industrial da água;
- Avaliação do uso da água para fins energéticos; e
- Índice global das economias produtivas.

➤ **Avaliação do Setor Agrícola**

A água é essencial para a produção agrícola e a agricultura utiliza a maior proporção. Foram considerados três componentes para caracterizar o uso da água e estimar o grau de segurança da água nas economias agrícolas produtivas:

- Resiliência;
- Dependência agrícola; e
- Eficiência de uso da água na agricultura.

Cada componente incluiu múltiplos subcomponentes. Para desenvolver uma pontuação para cada componente, os *rankings* dos subcomponentes foram agregados de tal forma que uma escala de 10 pontos foi alcançada.

Resiliência

No aspecto da resiliência, que se referiu à capacidade de um país para lidar com os efeitos adversos da variabilidade da precipitação. Reconhecendo-se que o uso da água na agricultura é vulnerável à variabilidade das chuvas e que o armazenamento de água constitui um método viável para mitigar os efeitos dessa variabilidade, um primeiro indicador se concentrou nessas duas questões-chave.

Determinou-se primeiro a proporção de recursos hídricos renováveis armazenados em cada país dividindo a quantidade armazenada em grandes reservatórios de barragens (GWP, 2014 *apud* ICOLD, 2003) pelos recursos hídricos renováveis do país (GWP, 2014 *apud* FAO, 2007). Apenas uma opção de armazenamento, o grande armazenamento de barragens, forneceu os dados mais acessíveis entre os países, portanto, foi usado nesta análise.

Os países foram estratificados em cinco grupos, dependendo da proporção de seus recursos hídricos renováveis que armazenavam, com maiores níveis de armazenamento marcando mais alto que os inferiores. Para a variabilidade das chuvas, se utilizou dados de níveis de país sobre o coeficiente de variação inter e intra anual de precipitação obtida no TYNDALL CENTER (2005). O grau de variabilidade pluviométrica inter e intra anual também foi dividido em cinco grupos, com menor variabilidade de precipitação, maior que a maior variabilidade da pluviosidade.

Na preparação deste trabalho não foi possível obter um conjunto de dados confiáveis para permitir a computação desse sub indicador. Portanto, foi feito um teste de sensibilidade excluindo o sub indicador, usando 39 países que foram relatados no relatório AWDO (ADB, 2013). Isto revelou que ignorar o indicador de resiliência reduziu o índice KD_2 estimado em uma unidade para quatro dos sete países do conjunto original de dados em AWDO. No entanto, o índice nacional geral de segurança hídrica não mudou como resultado da exclusão do sub indicador de resiliência. Portanto, para os propósitos do artigo GWP (2014), este sub indicador foi ignorado.

Dependência Agrícola

No aspecto dependência agrícola foi reconhecido que uma maior dependência de água e bens de fora de um país pode deixá-lo mais inseguro, este indicador avalia: 1) a proporção de água que um país importa de fora dos seus limites e; 2) o grau de consumo de bens agrícolas (traduzido em unidades de água) em relação à quantidade de água retirada para a agricultura em um país.

Para determinar a proporção de água que é importado de fora de um país, foi utilizado o índice de dependência do ano de 2007, disponíveis no banco de dados da FAO. Para determinar o consumo de bens agrícolas em relação à retirada de água agrícola em um país, foram utilizados dados de pegada hídrica (GWP, 2014 *apud* HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008) divididos pelo volume de retiradas de água agrícola. O resultado maior que 1 indicou maior dependência das importações de produtos agrícolas e resultado menor que 1 indicou maior produção agrícola doméstica em relação ao consumo.

Foi então aplicada uma escala de cinco pontos - os países que retiram uma quantidade de água próxima do montante necessário para os produtos agrícolas que consomem, foram classificados como 5, enquanto os países que são fortemente dependentes das importações, foram classificados como 1.

Eficiência de uso da água na agricultura

A eficiência de uso de água na agricultura definiu uma função: da produtividade da água na agricultura; da proporção de terra arável irrigada; e da precipitação. Para caracterizar a produtividade do uso da água na agricultura irrigada, foi considerado:

- o valor da unidade de água na agricultura, em dólar;
- a proporção de terra arável de cada país irrigado e o nível de chuvas de um país em uma base anual.

Para determinar a produtividade da água na agricultura, primeiro foi dividido o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola de cada país obtido na base da UNESCAP (2009) pelos quilômetros cúbicos de água retirada para uso agrícola a cada ano.

Este resultado foi colocado numa escala de cinco pontos, em que 5 representou um valor elevado gerado por unidade de água e 1 representa um valor baixo. Como o PIB agrícola inclui a produção da agricultura não irrigada, que não requer necessariamente a retirada de água, determinou-se a proporção de terras aráveis irrigadas.

As áreas de terras irrigadas e aráveis foram obtidas a partir da base de dados ResourceSTAT (FAO, 2007), e a proporção determinada por divisão simples. Foi então aplicado um sistema de classificação de cinco pontos, onde 5 indicou que uma proporção elevada de terras aráveis de um país é irrigada, e 1 indicou uma fração baixa irrigada.

Avaliação do uso industrial da água

Para a avaliação do uso industrial da água foram adotadas em GWP (2014) as medidas semelhantes àquelas que foram aplicadas ao uso agrícola, embora o número de indicadores utilizados para a indústria ter sido muito menor do que para a agricultura.

O número reduzido de indicadores refletiu tanto a menor proporção de água demandada pelas utilizações industriais nos países, como a relativa escassez de dados relacionados com a água e a indústria.

O indicador de água-indústria foi composto de dois sub indicadores. O primeiro se concentrou na produtividade da água na indústria e o segundo no consumo de bens industriais (em termos de unidades de água) em relação à água retirada para a indústria.

Para calcular a produtividade da água foi dividido o valor financeiro gerado pelos bens industriais em cada país segundo as bases da UNESCAP (2009) pela quantidade de água retirada para a indústria nesse país (FAO, 2007). Os valores foram classificados em uma escala de cinco pontos, onde 5 representou um maior valor financeiro por unidade de água, e 1 o valor financeiro menor.

Para determinar a proporção do consumo de bens industriais para a retirada industrial, foi dividido a quantidade de água utilizada para produzir os bens industriais consumidos em um país (GWP, 2014 *apud* HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008, WATER FOOTPRINT NETWORK, sem data) pela quantidade de água retirada para a indústria. Foi então aplicada uma escala de cinco pontos; um valor de 5 sendo atribuído a países que produzem perto do que consomem, e um valor de 1 a ser atribuído a países que parecem fortemente dependentes de importações.

Avaliação do uso da água para fins energéticos

Na avaliação do uso da água para fins energéticos, tendo em vista as ligações diretas entre a água, a energia hidroelétrica e a necessidade do suprimento de energia em um país, bem como restrições de dados relacionados ao uso da água para o resfriamento, utilizaram, no estudo, os indicadores de energia diretamente focados na energia hidroelétrica.

Para tal dois sub indicadores foram utilizados: 1) o que se concentra na proporção da capacidade hidroelétrica tecnicamente explorável de um país e que foi realmente explorada e; 2) na contribuição relativa da energia hidroelétrica para o abastecimento energético de um país.

A proporção de capacidade hidroelétrica tecnicamente explorável atualmente utilizada foi calculada dividindo a quantidade de eletricidade atualmente gerada pelo potencial tecnicamente explorável (WEC, 2007). O resultado foi classificado em uma escala de cinco pontos, onde 5 indicou uma porcentagem relativamente baixa e 1 indicou uma porcentagem relativamente alta.

Foi apontado que mesmo que um país possa ter uma grande proporção de seu potencial hidroelétrico inexplorado, nem todo esse potencial pode ser desenvolvido de forma sustentável. Além disso, que deve ser reconhecido que fatores estranhos, como a densidade populacional, desempenham papéis críticos no estímulo do desenvolvimento dos recursos hídricos de um país.

Índice Global das Economias Produtivas

O passo seguinte do estudo foi a formulação do índice global de economias produtivas. Para determinar tal índice, aos resultados para cada um dos três setores (agricultura, indústria e energia) foram atribuídos uma escala de 10 pontos, portanto o máximo global que pode ser alcançado por um país para os três setores foi de 30 pontos. Assim como as escalas de 1 a 10 indicam um uso cada vez mais efetivo da água para economias produtivas em um determinado setor, o escore mais amplo em uma escala de 30 pontos caracteriza um uso cada vez mais efetivo da água para economias produtivas nos três setores (agregado). Uma pontuação mais alta indicou uma gestão mais eficaz da água para economias produtivas.

2.3.3 KD₃ - SEGURANÇA HÍDRICA URBANA (CIDADES HABITÁVEIS)

Tendo em vista as concentrações populacionais nas cidades ocasionados pelas buscas de oportunidades de trabalho e outras necessidades das populações, depois de um século de transformação das sociedades rurais agrárias e da criação do maior número de megacidades do mundo, os indicadores de segurança hídrica urbana buscou medir a criação de uma melhor gestão hídrica e serviços para apoiar às cidades com reduções das vulnerabilidades relacionadas às águas.

O estudo GWP (2014) considerou que os recursos hídricos ainda são frequentemente vistos como renováveis e ilimitados, com pouco ou nenhum reconhecimento de que o uso da bacia hidrográfica, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, as chuvas, o clima, a hidrologia e a geografia estão fortemente ligados à biodiversidade, saúde humana, habitabilidade e prosperidade econômica sustentável.

A ideia de que precisamos investir na limpeza de nossos recursos hídricos e que é um custo real para a comunidade é relativamente nova e continua a mudar à medida que as cidades continuam a buscar sustentabilidade. Assim, à medida que as cidades perseguem crescentes estados de sustentabilidade, é necessária uma mudança de paradigma na gestão dos corpos hídricos como fontes de águas para as gerações futuras.

Um quadro para cidades sensíveis às águas é definido como aquele que integra o abastecimento de água, os esgotos, as águas pluviais e o ambiente construído; uma cidade que respeite o valor das vias navegáveis urbanas; e uma cidade onde os cidadãos valorizam a água e o papel que ela desempenha na sustentação da economia, meio ambiente e sociedade (GWP, 2014 *apud* BROWN *et al.*, 2009).

O termo “cidades sensíveis às águas” foi cunhado como uma expressão para descrever uma cidade em transição para um futuro de água mais sustentável. Onde GWP, 2014 *apud* BROWN *et al.* (2009) revelaram que os estados iniciais da transição - que eles denominaram de *cidade de abastecimento de água*, *cidade de esgotamento*, *cidade de drenagem* - foram expansões lógicas dos serviços prestados pelos governos. Por exemplo, os governos cobram um imposto em nome das comunidades, com a promessa implícita de fornecer um abastecimento de água barato e ilimitado e, em última instância, a proteção da saúde pública, através de serviços de esgoto e drenagem. A poluição da água, o excesso de extração e o excesso de alocação foram considerados um custo aceitável para o público.

A Figura 36 apresenta os estágios de cidades sensíveis às águas, segundo GWP, 2014 *apud* BROWN *et al.* (2009).

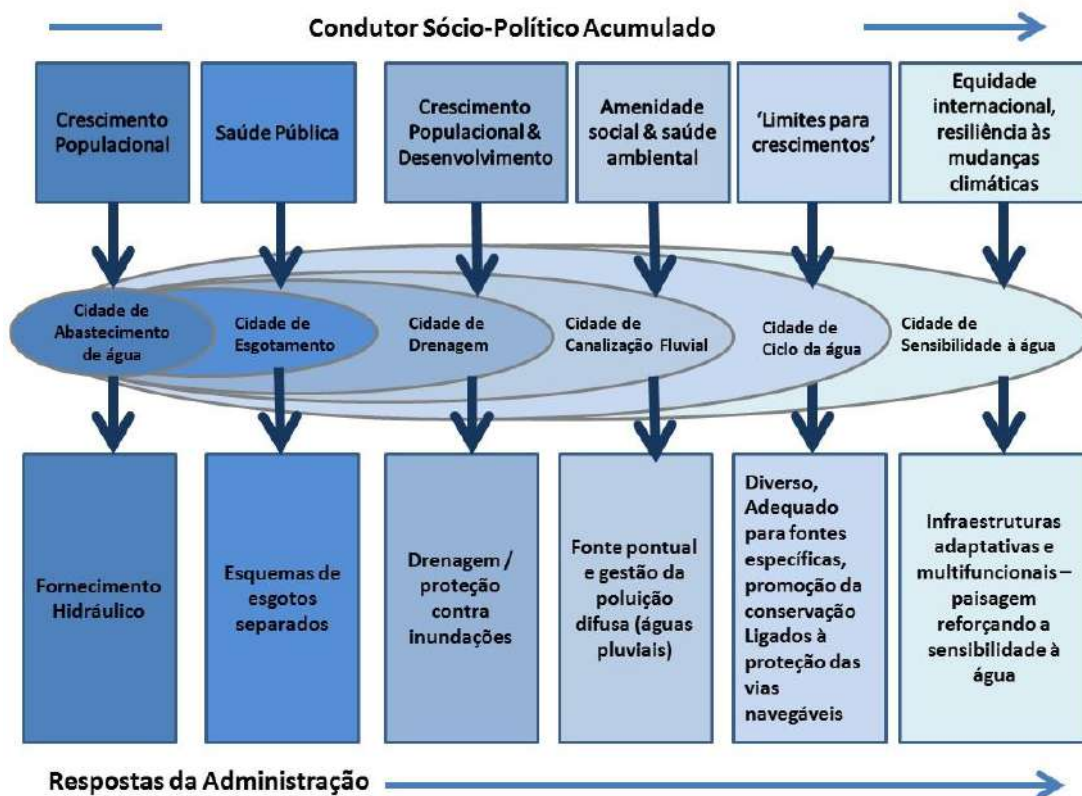


Figura 36 - Estágios de Cidades Sensíveis às Águas
 Fonte: GWP (2014) *apud* BROWN *et al.* (2009)

Os estágios de transições surgiram em grande parte como resultado da dificuldade associada à análise dos dados na segunda fase da pesquisa, em que algumas das barreiras e condutores identificados em cada cidade eram díspares e difíceis de interpretar quando as diferenças nas estruturas institucionais não poderiam explicar esses resultados.

Tornou-se evidente que as cidades não podiam ser diretamente comparadas porque estavam em diferentes estágios de transição em relação à consecução do modelo de gestão sustentável das águas urbanas, e muitas das razões eram devidas a diferentes condições sociopolíticas e biofísicas, algumas das quais estiveram além do escopo do trabalho.

Desenvolver o quadro de transições não era apenas essencial para a compreensão e análise dos dados da pesquisa, mas também se tornou evidente que essa ferramenta seria essencial para possibilitar o aprendizado intercultural e as comparações necessárias. (GWP, 2014 *apud* BROWN *et al.*, 2009)

Os três primeiros estados de transição, a "*cidade de abastecimento de água*", "*cidade de esgotamento*" e "*cidade de drenagem*", evoluíram a partir da fase de investigação histórica, a "*Cidade dos cursos de água*" e parte da "*cidade do ciclo de Água*" foi por estágios. O restante dos estados de transição de '*cidade do ciclo de água*' e '*cidade sensível à água*' evoluiu a partir de pesquisa futura.

Embora as micros mudanças entre os estados de transição não fossem observadas de forma confiável (e mais difícil de substanciar), os principais estados de transição históricos, contemporâneos e futuros emergiram claramente ao longo da meta análise nas três fases de pesquisa.

Proporção de Cobertura de Abastecimento de Água Urbana (Cidade de Abastecimento de Água)

A proporção da cobertura de abastecimento de água urbana foi adotada como indicador fundamental da segurança hídrica de uma cidade. A maioria dos dados para este indicador foi obtida do Programa de Monitoramento Conjunto da OMS / UNICEF para o Abastecimento de Água e Saneamento (2012).

Este é apenas um indicador representativo para uma cidade de abastecimento de água porque reflete outros fatores, como a disponibilidade da fonte de água, a qualidade da água potável fornecida, a sustentabilidade dos serviços, a precificação e a equidade na prestação de serviços. O valor do indicador para o abastecimento de água urbana é avaliado, com base na proporção da população urbana atendida com serviços de água encanada, a partir da matriz de avaliação que envolve cobertura, suprimento e tratamento de esgotos.

2.3.4 KD_4 – SEGURANÇA HÍDRICA AMBIENTAL

Para abordagem da segurança hídrica ambiental dois elementos foram estudados: 1) saúde da bacia hidrográfica; e 2) cálculo dos indicadores da saúde da bacia hidrográfica.

Para a saúde da bacia hidrográfica foi considerado que os rios fornecem bens e serviços múltiplos que suportam atividades humanas.

Segundo a GWP (2014) foi só nos últimos 150 anos que o delicado equilíbrio entre as pessoas e os rios começou a mudar significativamente quando as comunidades e as indústrias começaram a tratar os rios como agentes de oportunidades econômicas e sociais, à espera de serem alterados e utilizados.

Muitos rios estão vulneráveis às pressões da poluição, vazões diminuídas, deterioração da bacia hidrográfica, populações crescentes e atividades industriais.

A distribuição desigual dos recursos hídricos ao longo do tempo e do espaço, o modo como a atividade humana está afetando essa distribuição, hoje em dia, são fontes fundamentais de crises hídricas em muitas partes do mundo (GWP, 2014 *apud* VÖRÖSMARTY, 2008).

O indicador de segurança hídrica ambiental avalia a saúde dos rios e mede o progresso na restauração de rios e ecossistemas para a saúde em uma escala nacional e regional. A sustentabilidade do desenvolvimento e a melhoria da vida dependem desses recursos naturais. É necessário gerir os recursos hídricos e os serviços de forma mais eficaz, paralelamente, parar a degradação e restabelecer a saúde para os rios.

A análise do índice de saúde do rio (RHI)²⁰ baseou-se no estudo de VÖRÖSMARTY *et al.* (2010) sobre as ameaças à biodiversidade (ameaças BD) aos rios, incluindo 23 indicadores independentes que representam quatro tipos de ameaça à biodiversidade fluvial.

O RHI foi calculado, como o recíproco do índice de ameaças BD, como uma medida da saúde do rio em relação à biodiversidade. Todos os dados utilizados nas análises de ameaças BD e RHI foram desenvolvidos por VÖRÖSMARTY *et al.*, (2010).

Um total de 23 fatores intervenientes de entradas relevantes para análise de ameaças BD foram organizadas em quatro temas: distúrbio de bacias hidrográficas, poluição, gestão de recursos hídricos e fatores bióticos.

²⁰ Em inglês River Health Index

Esses grupos refletem diferentes caminhos de ameaças da pressão antropogênica. Um processo para estes três caminhos foi usado para converter os valores dos dados de entrada em padrões numéricos, que foram então agregados para dar o índice de ameaças BD. Este processo de conversão permitiu contabilizar a propagação das ameaças a jusante, a normalização para as mudanças de vazão a jusante e expressam todas os fatores intervenientes em uma escala comum. As três etapas foram as seguintes:

- Os níveis de ameaça associados a cada fator interveniente que é propagado para os leitos dos rios (FEKETE *et al.*, 2001) para refletir as acumulações a jusante da ameaça resultante da propagação de estressores ao longo dos caminhos de fluxo das águas dentro da bacia.
- Os valores dos fatores intervenientes propagados foram normalizados por meio de vazão específica em cada célula de cada quadrícula (\bar{Q}_i) para considerar a diluição de estressores à medida que o fluxo de água aumenta ou diminui a jusante.
- As pontuações de fatores intervenientes normalizadas para todas as células de quadrícula com fluxo ativo foram padronizadas em uma escala contínua de zero a 1 baseada em uma função de distribuição cumulativa. Esse procedimento de reescalonamento substituiu cada pontuação do fator interveniente bruto por seu percentil dentro da distribuição de frequência das pontuações em todas as células de quadrículas, colocando todos os fatores intervenientes na mesma escala numérica.

Todos os fatores intervenientes foram avaliados para cada tema na computação do índice de ameaça de incidente agregado (BD), com pesos atribuídos para indicar a magnitude relativa da ameaça representada. A cada fator interveniente foi atribuído um peso relativo aos outros fatores intervenientes no mesmo tema (coletivamente somando a 1), e a cada tema foi atribuído um peso relativo a todos os outros temas (também coletivamente somando a 1). Quando nenhuma pontuação pode ser calculada para um fator interveniente particular em uma célula de quadrícula (por exemplo, no caso de cultivos em células de quadrículas sem utilização de terras agrícolas), foi estabelecida em zero para refletir uma suposta falta de ameaça. (Figura 37)

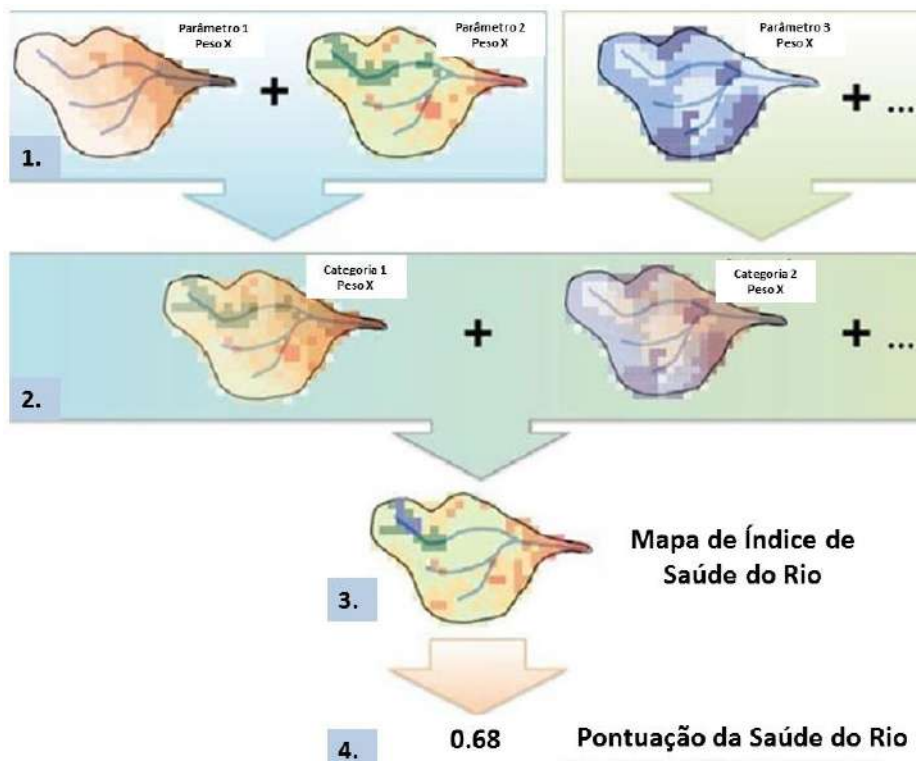


Figura 37 - Dados para avaliação da saúde do rio com análise espacial de SIG
 Fonte: GWP (2014)

Os pesos utilizados nestas análises foram extraídos das opiniões de oito autores, que representavam coletivamente uma vasta gama de competências disciplinares (ecologia fluvial, engenharia civil, economia ambiental, hidrologia, avaliação dos recursos hídricos) e experiência de trabalho na maior parte dos continentes (Norte e América do Sul, Europa Ocidental e Oriental, África, sudeste da Ásia, Austrália).

O RHI mediu:

- As pressões/ameaças aos sistemas fluviais decorrentes das perturbações das bacias hidrográficas e da poluição;
- As vulnerabilidades/resiliências às alterações nos fluxos naturais pelo desenvolvimento da infraestrutura hídrica e fatores biológicos. Isso pode ser intrínseco (vulnerabilidades de rios/bacias as pressões) ou extrínseco (níveis de degradações dos ecossistemas).

2.3.5 *KD₅* – RESILIÊNCIA - PERIGOS RELACIONADOS

De acordo com GWP (2014, p.70):

Recentes números globais mostram que o número de desastres relacionados com a água está aumentando - 2.831 casos foram relatados globalmente de 2000 a 2008 (*CENTRE FOR RESEARCH ON*

THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS, 2010). Além disso, mais de 80% das mortes causadas por desastres naturais são atribuídas a desastres relacionados à água que afetam milhões de pessoas, especialmente os pobres. Desastres relacionados com a água, portanto, representam um grande impedimento para a consecução da segurança humana, erradicação da pobreza e desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Para os indicadores de resiliência aos desastres relacionados à água (KD₅) o GWP (2014) usou a metodologia contida em AWDO (ADB, 2013), que se baseou nas medidas do nível de risco, exposição, vulnerabilidade e capacidades de enfrentamentos (diretas e indiretas) de cada país para estimar o índice de resiliência.

Conforme a GWP (2014) a complexidade da avaliação de desastres relacionados à água é tal que os cálculos dos indicadores de resiliência são os mais complexos no índice de segurança hídrica em AWDO.

A avaliação do risco de desastres relacionados à água requer uma compreensão do risco, vulnerabilidade, exposição e capacidades de enfrentamentos (Quadro 7).

Quadro 7 - Indicadores de riscos hídricos relevantes no sector da energia

Indicadores de riscos hídricos relevantes

- Um perigo é um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente prejudicial que pode causar a perda de vidas, ferimentos, danos à propriedade, perturbação social ou econômica ou degradação ambiental.
- A vulnerabilidade compreende os fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade aos efeitos dos perigos.
- A exposição compreende as pessoas, propriedades, sistemas ou outros elementos presentes na área afetada por um perigo.
- As capacidades de enfrentamentos (fortes e/ou leves) são os meios pelos quais as pessoas ou organizações usam recursos e habilidades disponíveis para enfrentar as consequências adversas dos perigos que podem levar a um desastre. Em geral, isso envolve o gerenciamento de recursos, tanto em períodos normais, quanto durante crises ou condições adversas.

Fonte: GWP (2014)

O risco é a probabilidade de consequências danosas ou perdas esperadas (por exemplo: mortes, lesões ou danos à propriedade, meios de subsistência, atividade econômica ou ao meio ambiente) resultantes de interações entre perigos naturais e humanos e condições nas comunidades.

O fortalecimento das capacidades de enfrentamentos geralmente constrói resiliência aos perigos naturais e humanos.

Uma combinação de risco, vulnerabilidade, exposição e capacidades de enfrentamentos constitui o risco enfrentado por uma população. Portanto, um conceito básico de risco de desastre (**R**) é formulado conforme descrito abaixo.

O risco de desastre (**R**) é definido como um indicador de dano, per capita, esperado por desastre causado, levando em consideração a probabilidade de ocorrência e provável gravidade. A probabilidade de ocorrência não é medida por uma probabilidade conjunta estrita de ocorrência de risco e vulnerabilidade, mas por uma média estatística de fenômenos perigosos, como a precipitação máxima diária média de uma área.

O risco de desastre é, portanto, expresso por: **$R = \Sigma HtLoss (Ht^{\wedge}, Vt)$**

Onde:

Ht é tipo de perigo;

Ht[^] é um indicador de estatísticas extremas de um tipo de perigo **Ht**,

Vt é vulnerabilidade para o tipo de perigo **Ht**, e

Loss é um indicador da perda esperada per capita de **Ht[^]** e **Vt**.

O indicador de risco de desastre fornece um meio de comparar células-alvo, regiões ou nações e não é uma avaliação do nível absoluto de risco.

O risco de desastre é, portanto, expresso pelo produto do perigo (**H**) e vulnerabilidade (**V**):

$$R = H \times V$$

A vulnerabilidade é função da exposição (**E**), da vulnerabilidade básica (**V_B**) e da capacidade de enfrentamento (**C**), onde: a capacidade de enfrentamento pode reduzir a vulnerabilidade por, no máximo, o total de exposição e vulnerabilidade básica e é expressa como:

$$V = (E + V_B) (1 - C/C_{MAX})$$

Onde:

V_B = 0 se **E = 0** e **C_{MAX}** é a hipotética capacidade de lidar máxima.

Essa expressão implica que, sem capacidade de enfrentamento (**C = 0**), a vulnerabilidade é uma soma de exposição e vulnerabilidade (**E + V_B**), e com a plena capacidade de enfrentamento (**C = C_{MAX}**), a vulnerabilidade pode ser totalmente compensada, tornando-se **V = 0**.

Se a exposição for zero, então a vulnerabilidade básica também deve ser zero (**E = 0**, **V_B = 0**).

Embora a relação não seja explícita nesta fórmula, é óbvio que se não houver pessoas ou bens na zona de perigo, então não há vulnerabilidade.

A capacidade de lidar é considerada em termos de capacidade forte de lidar (C_H)²¹, obtida através de meios estruturais, e a capacidade leve de lidar (C_S)²², o resultado de meios não estruturais: $C = C_H + C_S$

A capacidade de enfrentamento pode ser dividida em capacidade direta de lidar (D) e capacidade indireta de lidar (I).

A capacidade direta inclui ações e meios especificamente concebidos para a redução do risco de catástrofes (por exemplo: a distribuição de informações de previsões de inundação por telefones celulares), enquanto a capacidade indireta pode ser avaliada a partir de outros fatores sociais (por exemplo: a disponibilidade de telefones móveis).

A distinção de capacidades diretas e indiretas aplica-se tanto à capacidade forte de lidar com o risco como à capacidade de enfrentamento leve. A capacidade de lidar pode então ser expressa da seguinte forma:

$$C_S = C_{SD} + C_{SI}$$

$$C_H = C_{HD} + C_{HI}$$

$$C = C_H + C_S = (C_{HI} + C_{SI}) + (C_{HD} + C_{SD})$$

Essas distinções são importantes porque, embora a capacidade direta possa ser melhorada através dos esforços dos gerentes de desastres, a capacidade indireta está além dos seus esforços. Mesmo que haja pouca capacidade direta ($C_{HD} + C_{SD}$), ainda há muito que pode ser feito para reduzir o risco de desastres. Se já houver muita capacidade direta, então há pouco que os gerentes de desastres podem fazer na forma de redução de risco de desastres.

A relação $(C_{HD} + C_{SD}) / C_{MAX}$ é um indicador da capacidade direta de gerenciamento de desastres e pode ser chamada de taxa de capacidade gerenciável.

A C_{MAX} é a capacidade máxima de enfrentamento disponível para compensar todas as vulnerabilidades de uma determinada sociedade. Este é um conceito hipotético e pode ser substituído pela capacidade máxima de enfrentamento disponível, multiplicada pelas expectativas. Um fator arbitrário de 1,5 foi selecionado e aplicado à capacidade de lidar máxima atualmente disponível (C_{MCPA}).

²¹ Hard Capacity

²² Soft capacity

$$C_{MAX} = 1,5 \times (C_{MCPA})$$

Cada sub indicador (H , E , VB , C_S e C_H) é estimado por uma soma dos fatores de base selecionados cujo número pode ser arbitrário, como no caso de perigo:

$$H = (F_1 + F_2 + \dots + F_{KH}) (K_{MAX} / K_H),$$

Onde K_{MAX} é o número máximo de sub indicadores e K_H é o número de sub indicadores para a classe de perigo.

A operação média de divisão por K_{MAX} padroniza os diferentes números de indicadores selecionados para cada indicador. Cada fator e indicador é padronizado em [0, 1], como:

$$H_i = (\log F_i - \log F_{1MIN}) / (\log F_{1MAX} - \log F_{1MIN})$$

Onde F_i indica o valor F_1 da célula alvo, região ou nação i e F_{1MIN} e F_{1MAX} indicam o valor mínimo e máximo de F_1 entre todas as células, regiões ou nações. O logaritmo é usado para ajustar as diferenças de valores em ordens múltiplas de quaisquer indicadores de base.

O indicador de resiliência (**Res**) é definido como um recíproco de vulnerabilidade:

$$Res = 1/V = 1 / (E + VB)(1 - C/C_{MAX})$$

Procedimento para calcular o indicador de resiliência

Os indicadores de resiliência são estimados para (i) inundações e tempestades, (ii) secas, e (iii) tempestade e inundações costeiras. Para cada tipo de risco de desastre relacionado à água, o indicador de resiliência é calculado por:

Fatores selecionados:

Perigo = $F_{H1}, F_{H2}, \dots, F_{KH}$;

Exposição = F_{E1}, F_{E2}, \dots

Vulnerabilidade básica = F_{VB1}, \dots

Fatores Padronizados:

$$F_i = (\log F_i - \log F_{1MIN}) / (\log F_{1MAX} - \log F_{1MIN})$$

Para calcular o valor dos sub indicadores H , E , VB e C como média dos indicadores básicos padronizados:

$$H = (F_{H1} + F_{H2} + \dots + F_{KH}) (K_{MAX} / K_H)$$

Note que se $E = 0$, então $VB = 0$.

Na estimativa da C_{MAX} (AWDO assume capacidade máxima observada, CMCPA, como 66 por cento do máximo realizável - daí a aplicação de um fator de 1,5 para estimar C_{MAX}):

$$C_{MAX} = 1,5 \times \text{Valor máximo da capacidade atual (C)}$$

Para o cálculo do risco de desastre:

$$R = H(E + V_B)(1 - C/C_{MAX}) \quad (1)$$

Para o cálculo da resiliência:

$$\text{Res} = 1/(E + V_B)(1 - C/C_{MAX}) \quad (2)$$

A resiliência (equação 2) é o inverso do risco (equação 1) com a exclusão do fator de risco (H).

A capacidade de enfrentamento de um país, sua exposição e sua vulnerabilidade básica aos perigos relacionados à água dão forma à sua resiliência. Os países com mais poder econômico têm uma capacidade de enfrentamento melhor porque estão mais desenvolvidos e porque os cidadãos estão melhores informados ou avisados sobre os perigos a que estão expostos e, portanto, são menos vulneráveis. Esses países são mais capazes de se recuperarem dos choques de um desastre. No entanto, a capacidade típica nem sempre é suficiente para moldar a resiliência.

Teoricamente, mesmo se a capacidade de enfrentamento for alta, existe a possibilidade de que a resiliência não seja. Por exemplo, o país pode ter alta vulnerabilidade ou exposição, tais como áreas densamente povoadas e de baixa altitude em zonas costeiras.

A estimativa da resiliência nacional de catástrofes relacionadas com a água foi calculada a partir da soma de estimativas de resiliência normalizadas para (i) inundações e tempestades de vento, (ii) secas e (iii) tempestade e inundações costeiras (equação 2).

O índice nacional de segurança hídrica, em AWDO (ADB, 2013), foi aplicado para avaliar a segurança hídrica em uma seleção representativa de 20 países. A Figura 38 ilustra que, embora haja uma tendência de maior segurança hídrica com maior disponibilidade de água, a disponibilidade de água per capita não foi um bom indicador da segurança hídrica nacional.

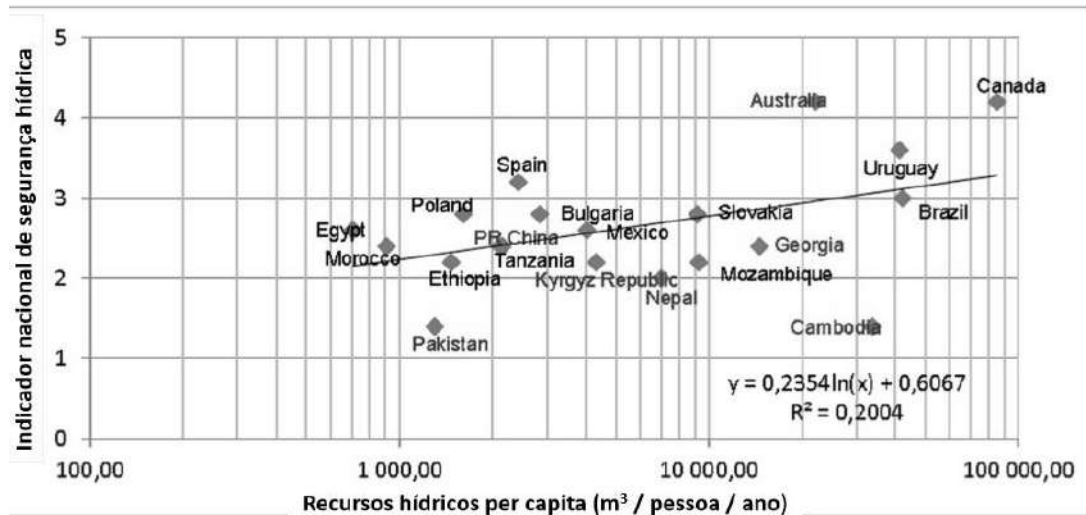


Figura 38 - Índices Nacionais de Segurança Hídrica para os Recursos Hídricos *Per Capita*
 Fonte: GWP (2014)

A Figura 39 ilustra a distribuição da segurança hídrica nacional e do PIB (US \$ de 2009), o que sugere que o PIB e a segurança hídrica nacional estão mais próximos do que a simples disponibilidade per capita de água.

A Figura 40 mostra que a segurança hídrica nacional está relativamente bem correlacionada com os indicadores de governança observados; Consistente com a observação na primeira edição de AWDO (ADB, 2007) que a escassez de água futura será mais provável de uma má governança do que limitações de recursos hídricos.

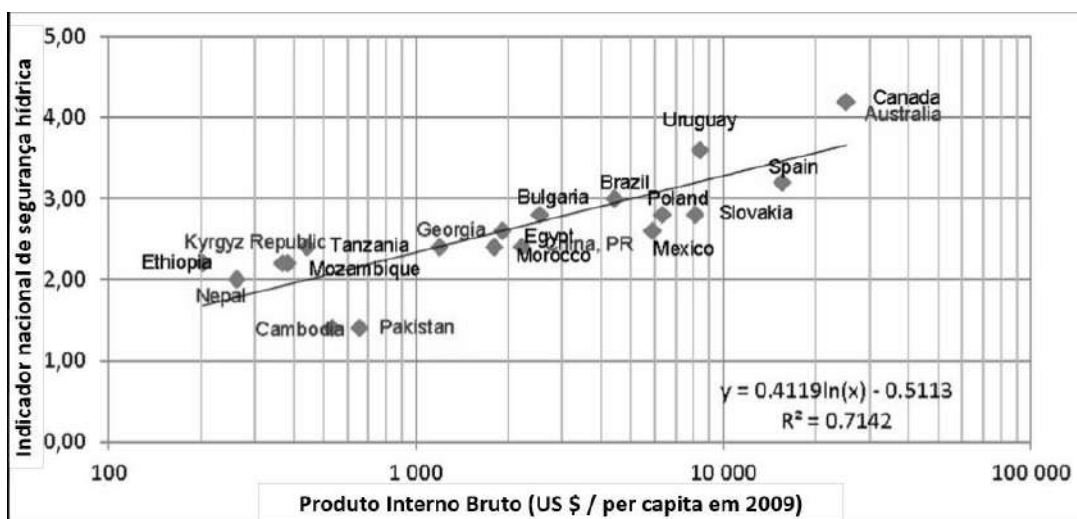


Figura 39 - Índices Nacionais de Segurança Hídrica e os PIBs *Per Capita* (US\$ de 2009)
 Fonte: GWP (2014)

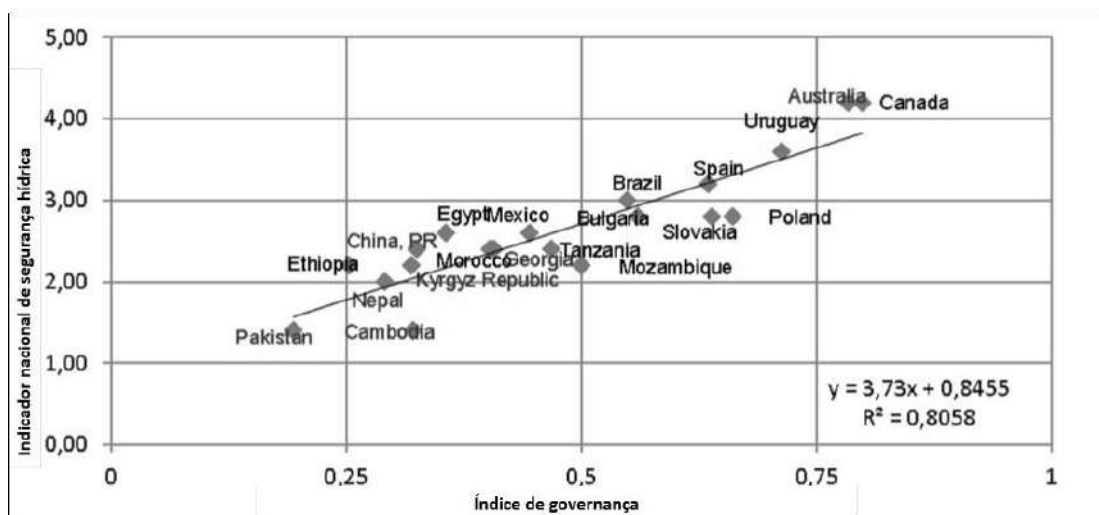


Figura 40 - Índices Nacionais de Segurança Hídrica versus Índices de Governanças
 Fonte: GWP (2014)

A GWP (2014) conclui no trabalho que embora o quadro e os indicadores de segurança hídrica do AWDO (ADB, 2013) tenham fornecido um conjunto de ferramentas viáveis para a avaliação da segurança hídrica nacional nas cinco dimensões definidas, o trabalho ainda não está completo.

Foram apontadas as necessidades de novas pesquisas e testes para confirmar a estabilidade e a sensibilidade dos índices, para reforçar as famílias dos indicadores.

Estas iniciativas e outras ainda por surgirem, permitirão aos líderes nacionais e aos seus profissionais do setor hídrico medir os progressos rumo a um mundo seguro com segurança hídrica resultante de necessários investimentos em infraestruturas, sistemas de gestão e sensibilização pública.

É importante destacar que as edições da AWDO se iniciaram em 2007, avançou para a de 2013 e, em 2016, foi editada uma nova versão AWDO de 2016 que refina os indicadores desenvolvidos para aquelas da AWDO de 2013, e fornece uma avaliação mais confiável da segurança hídrica na região da Ásia e Pacífico. Como tal, as conclusões deste último relatório não são directamente comparáveis com as do AWDO de 2013.

2.4 ANÁLISES DOS MODELOS DE AVALIAÇÕES DE SEGURANÇA HÍDRICA

O modelo MELO (2016) de avaliação de segurança hídrica tem seu elemento focal a bacia hidrográfica como provedora de água bruta em quantidade e qualidade para o abastecimento público, portanto voltado para regiões de significativos adensamentos

urbanos, desta forma não contempla em sua plenitude aquelas regiões periféricas ou de menores densidades demográficas, em outras palavras as áreas periurbanas.

O modelo GWP (2014), embora tenha sido desenvolvido para avaliações de países agrega elementos possíveis de serem estudados para uma realidade mais local, ou periurbana.

Ambos podem trazer elementos importantes para os papéis dos Comitês de Bacias Hidrográficas, com as possíveis identificações de pontos a serem priorizados para suas ações.

CAPÍTULO III

3 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

3.1 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

De acordo com POPEU (2006, p. 149-150) a legislação das águas no Brasil nos primórdios teve duas fases distintas: a primeira, anterior à Constituição do Império de 1824; a segunda, posterior a ela. Na primeira, duas situações diversas se apresentaram: a que antecedeu o Alvará de 1804, aplicado ao Brasil pelo de 1819; e a que sucedeu.

Assim é por ele descrito estas fases:

Pelas *Ordenações do Reino*, os rios navegáveis e os de que estes se faziam [navegáveis], que eram caudais e corriam todo e tempo, pertenciam aos direitos reais (nascentes e fontes). A utilização dessas águas dependia de concessão régia.

...

Com a promulgação da Constituição de 1824, as *Ordenações* tornaram-se inaplicáveis no Brasil e os direitos e as prerrogativas da Coroa passaram a ser por ela definidos. Os direitos reais foram transferidos para o domínio nacional, mas o Alvará de 1804 continuou a ser aplicado até o advento do Código das Águas.

Em 10 de julho de 1934 o Governo Provisório decretou o Código das Águas que recebeu pequenas alterações e adaptações na Constituição Federal de 1937.

A Constituição de 1988 promoveu significativas alterações que fundamentam as lógicas que serão abordadas a seguir.

3.2 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Em 8 de janeiro de 1997 foi promulgada a Lei Federal 9.433 que Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e regulamentou o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal além de outras providências.

O Art. 2º da Lei 9.433/97 define que os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são: a) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; b) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e c) a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos

críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais. Ela é também conhecida como a “Lei das Águas”.

Nesta Lei, a água é definida como um bem público, que pode se esgotar, e tem valor econômico. Além disso, a sua gestão deve ser descentralizada e com a participação do poder público, usuários e da sociedade civil, permitindo os seus diversos usos. A “Lei das Águas” quer garantir para todos, inclusive as futuras gerações, que a água esteja disponível em qualidade e quantidade para seus usos e a prevenção de problemas causados pelo seu mau uso.

Para efeito da gestão de recursos hídricos entende-se que o foco básico é a água bruta, ou seja, a água doce de um rio, fonte, poço, barragem, aquífero, de uma lagoa ou lago ainda sem tratamento.

3.2.1 OS INSTRUMENTOS

A Lei Federal 9.433/97 define os instrumentos para que seus objetivos sejam alcançados na Política Nacional de Recursos Hídricos que são: 1) os Planos de Recursos Hídricos das Bacias; 2) o Enquadramento dos corpos hídricos em classes de acordo com seu tipo preponderante de uso; 3) a Outorga que é a autorização para utilização da água; 4) a Cobrança pelo uso de recursos hídricos; e 4) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos das Bacias são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento destes recursos.

Os enquadramentos dos corpos hídricos em classes de acordo com seus tipos preponderantes de usos visam a:

- Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

A Outorga que é a autorização para utilização da água tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

A Cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

- a) Reconhecer a água como em econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- b) Incentivar a racionalização da água; e
- c) Obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos das bacias.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos são incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Tem ainda reservas de águas subterrâneas no lençol freático Guarani que vai além das fronteiras, ocupando o subsolo do nordeste da Argentina, centro-sudoeste do Brasil, noroeste do Uruguai e sudeste do Paraguai.

3.2.2 O SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos tem os seguintes objetivos, conforme apontados no Art. 32 da Lei 9.433/97: 1) coordenar a gestão integrada das águas; 2) arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com recursos hídricos; 3) implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; 4) planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e 5) promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos conforme o Art. 33 da referida lei, que foi alterado pela Lei 9.984, de 2000: 1) o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; 2) a Agência Nacional de Águas; 3) os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; 4) os Comitês de Bacia Hidrográfica; 5) os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e 6) as Agências de Água.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é a organização mais alta na hierarquia do sistema. Tem por objetivo promover a integração do planejamento de recursos hídricos no nível nacional, regional e estadual e também entre os setores de usuários. O CNRH é composto de representantes dos ministérios do Governo Federal,

além de representantes designados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e representantes dos usuários de água e organizações civis relacionados com a gestão de recursos hídricos. O Diretor Executivo do Conselho Nacional de Recursos Hídricos é o Ministro do Meio Ambiente.

Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, como estabelecido no Art. 35 da Lei 9.433/97: 1) promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; 2) arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; 3) deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados; 4) deliberar sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou pelos Comitês de Bacia Hidrográfica; 5) analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos; 6) estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, 7) aplicar seus instrumentos e atuar no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; 8) aprovar propostas de instituição dos Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos; 9) acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000); 10) estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso; 11) zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB); (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010); 12) estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010); e 13) apreciar o Relatório de Segurança de Barragens, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010).

Os Comitês de Bacias Hidrográficas

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) são organizações conectadas que reúnem grupos interessados para discutir e solucionar os próprios problemas, com o objetivo de proteger os recursos hídricos na região da bacia hidrográfica. Segundo a legislação brasileira, os comitês não têm personalidades jurídicas²³. Os CBHs incluem representantes do Governo Federal, Estados ou do Distrito Federal onde se situam

²³ Não são cadastrados no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ).

(mesmo que parcialmente), municípios, usuários da água e organizações civis de recursos hídricos com registro comprovado de ação na bacia. O número de representantes de cada setor mencionado e os critérios para suas nomeações são definidos nas regulamentações dos Comitês.

O Art. 37 da Lei 9.433/97 determina que os Comitês de Bacias Hidrográficas têm como área de atuação: I - a totalidade de uma bacia hidrográfica; II - sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou III - grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.

Quanto às competências dos CBHs são definidas no Art. 38, nos âmbitos de suas áreas de atuações, quais sejam: 1) promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; 2) arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; 3) aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia; 4) acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; 5) propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes; 6) estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; e 7) estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

As composições dos CBHs estão previstas no Art. 39 por representantes: do Governo Federal; dos Estados e do Distrito Federal, cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação; dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação; dos usuários de recursos hídricos de sua área de atuação, entendido como tais aqueles que fazem captações de água bruta ou usam os corpos hídricos para diluições de seus efluentes; e das entidades da Sociedade Civil com atuações nas respectivas bacias.

Os Parágrafos seguintes do artigo 39, entre outros, estabelecem que:

- Os números de representantes de cada setor, bem como os critérios para suas indicações, serão estabelecidos nos regimentos internos dos comitês, limitada a representação dos poderes executivos do Governo Federal, Estados, Distrito Federal e Municípios à metade do total de membros;
- Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias cujos territórios abranjam terras indígenas devem ser incluídos representantes:

- da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), como parte da representação do Governo Federal;
- das comunidades indígenas ali residentes ou com interesses na bacia; e
- A participação da União nos Comitês de Bacia Hidrográfica com área de atuação restrita a bacias de rios sob domínio estadual, dar-se-á na forma estabelecida nos respectivos regimentos.

Em vinte anos da Lei 9.433/97 já estão instalados no Brasil nove CBHs interestaduais:

- Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco;
- Comitê da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Paranaíba;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande;
- Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul;
- Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí; e
- Comitê das Bacias Hidrográficas do Paranapanema.

Nos âmbitos dos estados já se encontram instalados mais de duzentos CBHs, conforme registros disponíveis no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA).

A Figura 41 demonstra a quantidade de CBHs instalados em alguns dos estados brasileiros, segundo o sítio eletrônico da ANA (02/09/2015).

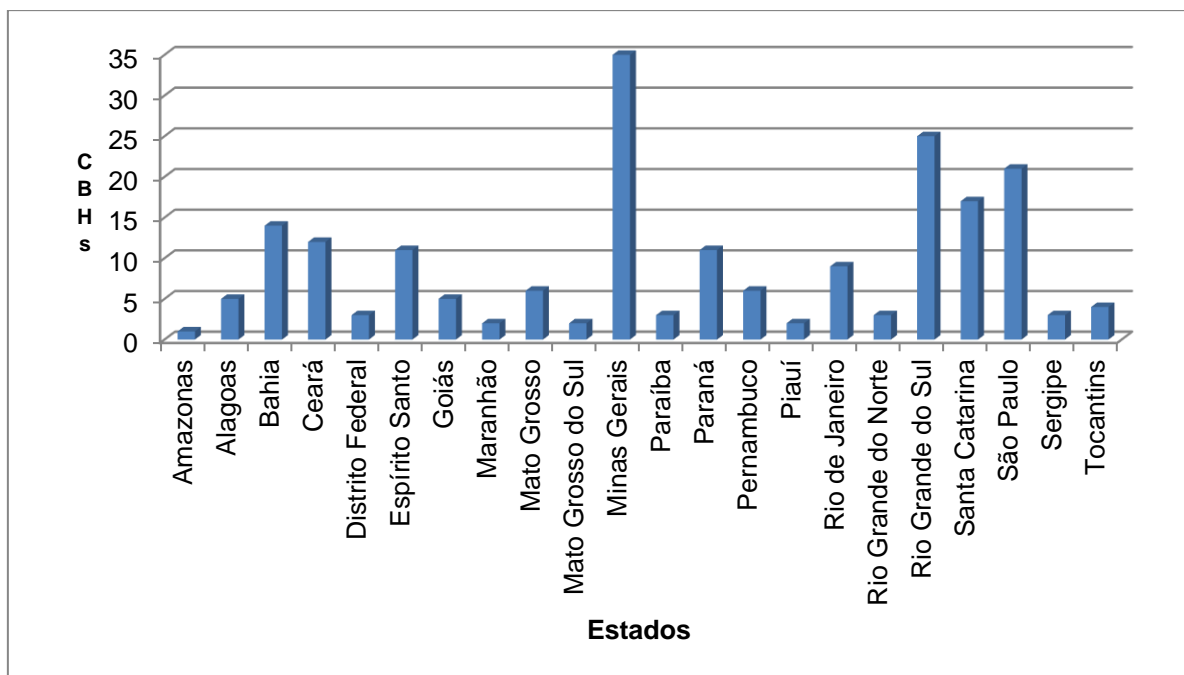


Figura 41 - Gráfico de CBHs Instalados por Estados Brasileiros
 Fonte: ANA, 2015

As Agências de Água

As Agências de Águas das Bacias Hidrográficas atuam como as secretarias executivas dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Embora exista uma estreita relação entre os comitês e as agências, as últimas são bastante diferentes dos primeiros. A principal diferença está na sua natureza e organização: enquanto os Comitês atuam segundo o que é denominado "parlamentos da água" no Brasil, as Agências de Águas atuam mais como suas organizações executivas.

Organização Institucional de Gestão de Recursos Hídricos

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é uma combinação de organizações públicas ordenadas, entidades privadas e representantes da sociedade civil que tornam as implementações dos instrumentos de gestão de recursos hídricos possível, de acordo com os princípios definidos na lei. O contexto institucional consiste no seguinte:

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é a organização mais alta na hierarquia do sistema. Tem por objetivo promover a integração do planejamento de recursos hídricos no nível nacional, regional e estadual também entre os setores de usuários. O CNRH é composto de representantes dos ministérios do Governo Federal, além de representantes designados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e representantes dos usuários de água e organizações civis relacionados com a gestão

de recursos hídricos. O Diretor Executivo do Conselho Nacional de Recursos Hídricos é o Ministro do Meio Ambiente.

A Agência Nacional de Águas (ANA) é responsável pela implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos, principalmente considerando as 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras (Figura 42), formulado pelo CNRH. A ANA é vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), mas tem independência financeira e administrativa.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) são organizações conectadas que reúnem grupos interessados para discutir e solucionar os próprios problemas, com o objetivo de proteger os recursos hídricos na região da bacia hidrográfica. Segundo a legislação brasileira, os comitês não têm situação legal²⁴. Os CBHs incluem representantes do Governo Federal, Estados ou do Distrito Federal onde se situam (mesmo que parcialmente), municípios, usuários da água e organizações civis de recursos hídricos com registro comprovado de ação na bacia. O número de representantes de cada setor mencionado e os critérios para suas nomeações são definidos nas regulamentações dos Comitês.



Figura 42 - **Regiões Hidrográficas Brasileiras**
Fonte: ANA em www.ana.gov.br

²⁴ Não são cadastrados no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ).

As Agências de Águas das Bacias Hidrográficas atuam como as secretarias executivas dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Embora exista uma estreita relação entre os comitês e as agências, as últimas são bastante diferentes dos primeiros. A principal diferença está na sua natureza e organização: enquanto os Comitês atuam segundo o que é denominado "parlamentos da água" no Brasil, as Agências de Águas atuam mais como organizações executivas. A Figura 43 demonstra como está organizada a gestão de recursos hídricos no Brasil.

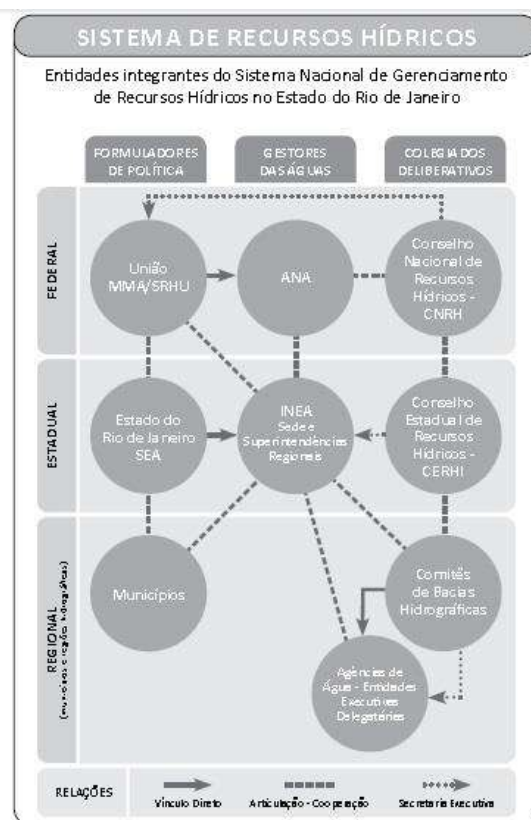


Figura 43 - **Organograma de Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**
 Fonte: Instituto Estadual do Ambiente, 2017

O Plano de Segurança da Água

A Portaria Ministério da Saúde nº 2.914/2011 explicita a necessidade do responsável pelo sistema de abastecimento ou pela solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano manter avaliação sistemática do sistema sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na qualidade da água distribuída, conforme os princípios do Plano de Segurança da Água recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no país.

Do ponto de vista da saúde o MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) *apud* WHO (2011) afirma que o gerenciamento da qualidade da água, baseado em uma abordagem preventiva de risco, auxilia na garantia da segurança da água para consumo humano. O controle da qualidade microbiológica e química da água para consumo humano requer o desenvolvimento de planos de gestão que, quando implementados, forneçam base para a proteção do sistema e o controle do processo, garantindo-se que o número de patógenos e as concentrações das substâncias químicas não representem risco à saúde pública, e que a água seja aceitável pelos consumidores.

Marcos legais relacionados à qualidade da água

Conforme MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) *apud* RASHON (2009) a melhoria das ações para garantir a qualidade da água para consumo humano está relacionada à existência de legislação responsável pelo abastecimento de água para o consumo humano, que estabeleça as competências e obrigações da vigilância e do controle. A seguir serão apresentadas as leis, decretos, portarias e resoluções vigentes segundo a ordem cronológica:

- **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, com padrões de qualidade adequados; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Ela estabelece que a bacia hidrográfica deve ser a unidade territorial para implementação da política e do sistema.
- **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água em águas doces, salobras ou salinas e sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões orgânicos e inorgânicos de lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora, vedando tal lançamento quando os efluentes estiverem em desacordo com as condições e os padrões estabelecidos.
- **Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005** - Estabelece mecanismos e instrumentos de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano e regulamenta a forma e a periodicidade com que tais informações devem ser prestadas ao consumidor. Aplica-se a toda e qualquer entidade pública ou privada, pessoa física ou jurídica que realize captação, tratamento e distribuição de água para consumo humano a uma coletividade. Os

princípios norteadores deste instrumento são a transparência e a garantia do controle social.

- **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007** - Estabelece os objetivos e as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Determina os princípios fundamentais que devem ser seguidos pelos prestadores de serviços públicos de saneamento básico e os princípios para o exercício da função de regulação. Estrutura, ainda, os fatores que devem ser levados em consideração para remunerações e cobranças dos serviços públicos de saneamento básico, definem as hipóteses em que os serviços poderão ser interrompidos pelo prestador, os requisitos mínimos de qualidade de prestação dos serviços e dispõe sobre o controle social dos serviços públicos de saneamento básico. Esta lei é regulamentada pelo **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**.
- **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008** - Dispõe sobre a classificação das águas subterrâneas (Classe especial; Classe 1; Classe 2; Classe 3; Classe 4; e Classe 5) e sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Estabelece que o enquadramento das águas subterrâneas dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos. Define procedimentos mínimos a serem adotados nas amostragens, análises e no controle de qualidade, para caracterização e monitoramento das águas subterrâneas.
- **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011** - Dispõe sobre as condições e os padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões orgânicos e inorgânicos, e às exigências legais. Determina que os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o auto monitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores.
- **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011** - aborda os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e atribui, como competência do responsável pelo sistema de abastecimento de água para consumo humano, a necessidade de realizar uma avaliação periódica do sistema, sob a perspectiva dos riscos à saúde.

3.3 VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Segundo o MINISTÉRIO DA SAÚDE (2012) a vigilância da qualidade da água para consumo humano consiste no conjunto de ações adotadas, continuamente, pelas autoridades de saúde pública, para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade da água, para avaliar os riscos que sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água representam à saúde humana e para prevenir enfermidades transmitidas pela água utilizada para consumo humano. Apresenta, como objetivos específicos:

- Redução da morbimortalidade por doença se agravos de transmissão hídrica, por meio de ações de vigilância sistemática da qualidade da água consumida pela população;
- Busca da melhoria das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano;
- Avaliação e gerenciamento do risco à saúde das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água;
- Monitoramento sistemático da qualidade da água consumida pela população, nos termos da legislação vigente;
- Informar à população sobre a qualidade da água e os riscos à saúde; e
- Apoiar o desenvolvimento de ações de educação em saúde e mobilização social.

Assim, a vigilância da qualidade da água para consumo humano desenvolve ações para garantir a segurança da água consumida pela população, tais como o acompanhamento dos PSA, desde a elaboração até o monitoramento.

3.4 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

As águas fluminenses são regulamentadas pela Lei 3239/99. Ela reafirma as orientações da Política Nacional de Recursos Hídricos e também institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, que trata da utilização das águas nas bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI) e estabeleceu as diretrizes e regulamentações desta Política.

O objetivo maior do SEGRHI é promover a gestão participativa entre os diferentes entes e as instituições envolvidas, não apenas na gestão das águas, mas buscando também

alcançar a gestão do ambiente e demais políticas, tendo como base as bacias hidrográficas.

No Estado do Rio de Janeiro o SEGRHI é integrado pelos seguintes entes:

- O Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERHI;
- O Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNDRHI;
- Os Comitês de Bacias Hidrográficas - CBHs;
- As Agências de Água/Entidades Delegatárias; e
- Os organismos dos poderes públicos federal, estadual e municipal cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

O território do estado do Rio de Janeiro foi dividido em nove regiões hidrográficas como apresentados na Figura 44.

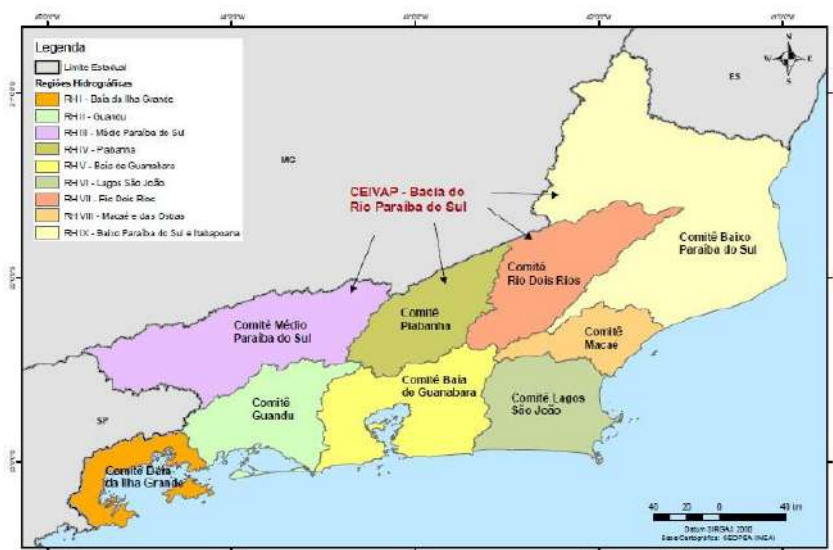


Figura 44 - Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2013

Entre 2002 e 2011 foram instalados e se encontram em funcionamentos os comitês das regiões hidrográficas (CBHs) de domínio estadual:

- Região I - CBH Baía da Ilha Grande;
- Região II - CBH dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim;
- Região III - CBH Médio Paraíba do Sul;
- Região IV - CBH do rio Piabanha e sub-bacias Hidrográficas dos rios Paquequer e Preto;

- Região V- CBH da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá;
- Região VI - CBH das lagoas de Araruama e Saquarema e dos rios São João e Una;
- Região VII - CBH Rio Dois Rios; Região VIII- CBH Macaé e das Ostras; e
- Região IX - CBH Baixo Paraíba do Sul).

A bacia do rio Itabapoana, por deliberação do CERHI-RJ, no dia 22/05/2013, passou a integrar a RH IX, agora denominada Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. A Região X foi extinta por essa mesma deliberação.

O estado tem aprovado o seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ) por meio da Resolução CERHI-RJ de nº 117, de 19 de fevereiro de 2014.

Em termos das implantações dos instrumentos e dos procedimentos de gestão de recursos hídricos (cobrança, cadastro de usuários, outorgas, contratos de gestão), o estado do Rio de Janeiro decidiu por implantá-los de forma simultânea em todo o território.

3.4.1 VIGILÂNCIA EM SAÚDE DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

A Secretaria Municipal de Saúde (SMS) do Rio de Janeiro atua na área de Vigilância em Saúde, colocando em prática um conjunto articulado de ações destinadas a controlar determinantes, riscos e danos à saúde de populações que vivem em determinados territórios. Esse trabalho é feito sob a ótica da integralidade do cuidado, o que inclui tanto a abordagem individual como a coletiva dos problemas de saúde (Portaria Ministerial nº 3.252, de 22 de dezembro de 2009). De forma mais objetiva, pode-se dizer que sua atuação abrange as ações de vigilância, prevenção e controle de doenças e agravos à saúde, constituindo espaço articulado de conhecimentos e técnicas. Os principais desafios desse trabalho são a definição de responsabilidades e a consolidação de redes de atenção à saúde; a compatibilização de territórios; e a eleição de prioridades, utilizando metodologias e ferramentas da vigilância epidemiológica.

A Figura 45 apresenta a estrutura organizacional da Secretaria Municipal de Saúde da cidade do Rio de Janeiro.



Figura 45 - **Organograma da Secretaria Municipal de Saúde**
 Fonte: Coordenação de Vigilância Ambiental em Saúde (CVAS)

Em janeiro de 2009, foi implantada no âmbito municipal a Coordenação de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde (CIEVS) em consonância com as diretrizes nacionais. Sua função é garantir uma resposta rápida frente à ocorrência de surtos e emergências em saúde pública que coloquem em risco a saúde da população da cidade. Para tal, deve manter meio de comunicação permanente pelo período de 24 horas, para troca de informações, cooperação e interação ao longo da investigação.

Vigilância Ambiental do Município do Rio de Janeiro

A Coordenação de Vigilância Ambiental em Saúde (CVAS) atua no monitoramento e no controle dos fatores de risco presentes no meio ambiente que interferem na saúde da população. O objetivo é promover a interação entre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, incentivando a participação da população na promoção da saúde e na qualidade de vida. Coordena ações referentes à informação, educação e comunicação em Vigilância em Saúde Ambiental.

Atividades/Ações

- Visitação domiciliar, executada pelos agentes de vigilância em saúde, para detecção, diagnósticos e, se necessário, controle de vetores e sinantrópicos;

- Formação de brigadas contra a dengue em empresas, condomínios, obras e demais locais identificados como estratégicos para este tipo de ação;
- Formação de parceria com a comunidade escolar para a realização de ações com multiplicadores locais;
- Mutirões comunitários de caráter Inter setorial – "ações nos bairros", com foco principal na dengue, mas também atingindo outras questões da saúde ambiental;
- Participação em eventos de massa e locais de grande circulação na cidade do Rio de Janeiro;
- Ações de promoção e educação em saúde nas questões relacionadas à saúde e ao meio ambiente;
- Atendimento às demandas recebidas pelo canal 1746;
- Diagnóstico ambiental dos distintos territórios da cidade do Rio de Janeiro.

CAPÍTULO IV

4 CONTEXTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 A REGIÃO HIDROGRÁFICA II E GUARATIBA

Este capítulo destina-se a descrever o contexto e a delimitação da área de estudo com duas abordagens básicas: a que contextualiza a Região Hidrográfica II, principalmente do manancial utilizado para o abastecimento público; e mais especificamente a região de Guaratiba, que fica na ponta de linha do abastecimento público, com atendimentos intermitentes e que a população faz uso indiscriminado e intensivo de água subterrânea de um aquífero ainda não reconhecido nos meios legais e acadêmicos.

Como apontado no Capítulo I, a região passa por um intensivo processo de mudança, principalmente pela abertura do Túnel Marcelo Alencar, que reduziu, sobre maneira o tempo de deslocamentos para Barra da Tijuca e até mesmo do Centro da Cidade do Rio de Janeiro, de mesma forma a pressão sobre a região também é decorrente da ligação de pontos extremos do município pelo sistema de Transporte Rápido por Ônibus (*Bus Rapid Transit*) – BRT Rio – que com a linha Transoeste foi o primeiro corredor em operação na cidade do Rio e transporta, por dia, cerca de 216 mil passageiros, em 60 quilômetros de pista exclusiva, 62 estações e quatro terminais (Alvorada, Santa Cruz, Campo Grande e Jardim Oceânico).

Sua primeira fase foi inaugurada em 2012, com o trajeto que ligava a Barra da Tijuca ao bairro de Santa Cruz, na Zona Oeste. Em sequência, veio à ampliação da via para Campo Grande e Paciência. Em agosto de 2016, foi implementado o Lote Zero, onde o BRT integra com a linha 4 do metrô, no terminal Jardim Oceânico.

Como Guaratiba fica entre os pontos extremos e com certa proximidade de uma região que ainda conserva uma significativa área rural, proximidade a belas praias, concentração de atividades comerciais ligadas a gastronomia e o reconhecido polo de produção de mudas e plantas ornamentais, despontou um crescente interesse pela ocupação territorial, em muitos dos casos de forma não organizada, por falta, inclusive de um projeto de ordenação urbana. Estes pontos entre outros serão tratados neste capítulo, a seguir.

4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA A REGIÃO HIDROGRÁFICA II

Segundo o CONSÓRCIO CKC – COBRAPE (2013) A Região Hidrográfica II (RH-II) localiza-se entre Angra dos Reis e o Município do Rio de Janeiro, inserida no polígono de desenvolvimento nacional (configurado por Vitória, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Florianópolis, Passo Fundo, Londrina/ Maringá, Uberlândia/Uberaba e Belo Horizonte), caracterizado pela irradiação do desenvolvimento tecnológico e industrial do País, conforme pode ser observado na Figura 46.

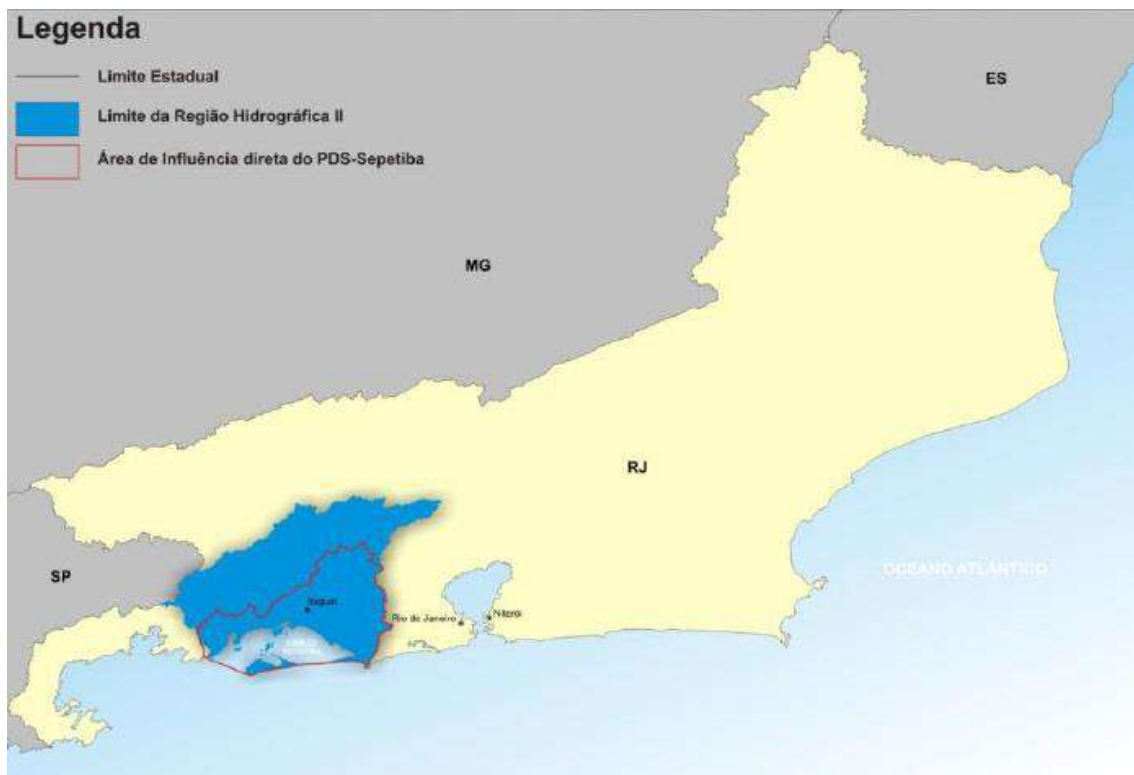


Figura 46 - **Localização da Região Hidrográfica II**
Fonte: CONSÓRCIO CKC – COBRAPE (2013)

A RH II (Figura 47), que é a área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Guandu, compreende a bacia hidrográfica do Rio Guandu, com as nascentes do Ribeirão das Lajes, as águas desviadas do Rio Paraíba do Sul e a inversão do curso do Rio Piraí, também os rios afluentes ao Ribeirão das Lajes, ao Rio Guandu e ao Canal de São Francisco, até a sua desembocadura, na Baía de Sepetiba, bem como as bacias hidrográficas dos Rios da Guarda e Guandu-Mirim.

ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA BACIA DO GUANDU



Figura 47 - Área de Abrangência do Comitê Guandu
Fonte: ANTUNES (2017)²⁵

Do ponto de vista da topografia da Região Hidrográfica II a elevação apresenta a característica da Figura 48.

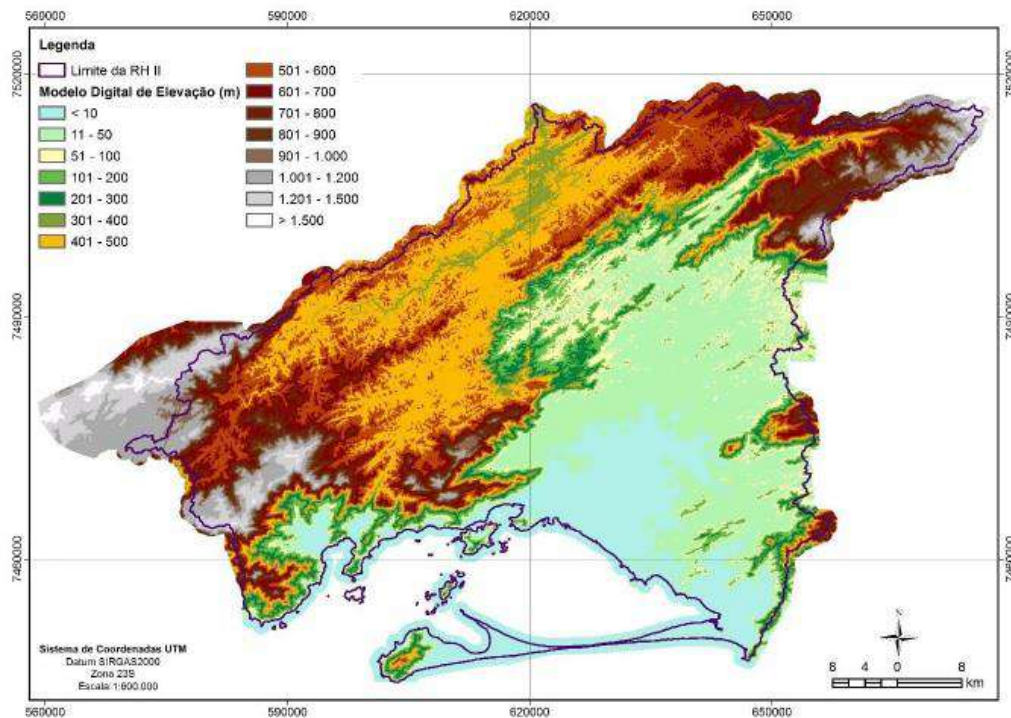


Figura 48 - Modelo Digital de Elevação da RH-II
Fonte: PROFIL (2017)

²⁵ ANTUNES, Júlio César Oliveira. “Gestão de Recursos Hídricos – Atuação do Comitê Guandu”. Apresentação no Fórum Estadual sobre Política de Meio Ambiente, 02 de junho de 2017.

O principal corpo hídrico da bacia hidrográfica, o rio Guandu originalmente tinha uma vazão de 25 m³/s e, em 1952, ele passou a também receber as águas da transposição do Rio Paraíba do Sul, captadas na barragem de Santa Cecília no município de Barra do Piraí, com base no Decreto-Lei nº 7.542/1945, que também autorizou a Light a derivar as águas do ribeirão do Vigário e do rio Piraí para utilizá-las na ampliação da usina Ribeirão das Lajes.

As estruturas hidráulicas que propiciaram a transposição das águas do Paraíba do Sul para a vertente da Serra do Mar têm capacidade de derivar 160 m³/s, esse valor corresponde a aproximadamente 2/3 da vazão regularizada no local.

Em Santa Cecília existe um pequeno reservatório, cujo volume útil é de apenas 2,17 hm³ (hectômetro cúbico), que propicia a tomada de água da usina elevatória. As águas recalçadas do Rio Paraíba do Sul vencem uma altura de 15,5 metros, sendo conduzidas através de um túnel, com seção de 43,5 m² e comprimento de 3.314 metros, ao reservatório de Santana, construído a partir de um segundo barramento no rio Piraí. Cabe lembrar que o primeiro barramento é o correspondente ao reservatório de Tócos, situado bem a montante, no município de Rio Claro.

As águas acumuladas no reservatório de Santana são novamente recalçadas pela usina elevatória de Vigário, localizada na parte montante do reservatório nas proximidades do centro da cidade de Piraí. A altura de bombeamento neste segundo recalque é de 35 metros e a capacidade de recalque é de 189 m³/s. A usina elevatória de Vigário recalca as águas do reservatório de Santana para o reservatório de Vigário, formado pelo barramento do ribeirão do Vigário, que era um pequeno afluente do rio Piraí. O efeito do bombeamento pela parte montante do reservatório de Santana faz com que o Rio Piraí, no trecho do reservatório, tenha seu curso invertido.

Vale ressaltar que a vazão média natural de longo tempo do Rio Piraí em Santana era de 20 m³/s e com o incremento Tócos - Santana é de 6 m³/s e, ainda, que as águas acumuladas nesse reservatório são provenientes dos rios Paraíba do Sul e Piraí.

Estima-se que 180 m³/s sejam transferidos da bacia do Paraíba do Sul para a bacia do Guandu por meio das duas transposições citadas.

As águas acumuladas no reservatório de Vigário e Lajes são então desviadas por gravidade para a vertente atlântica da Serra do Mar através de tubulações de adução que aproveitam a diferença de nível de aproximadamente 300 metros.

A energia produzida a partir dessa grande queda justifica economicamente o esforço de transposição realizado, ou seja, o gasto de energia no primeiro recalque, de 15 metros, somado ao do segundo de 35 metros. Esse arranjo permitiu a conservação das usinas

hidrelétricas Nilo Peçanha, Fonte Velha (desativada), Fonte Nova e Pereira Passos. A Figura 49 a seguir demonstra o esquema geral do complexo hidroelétrico de Lajes.

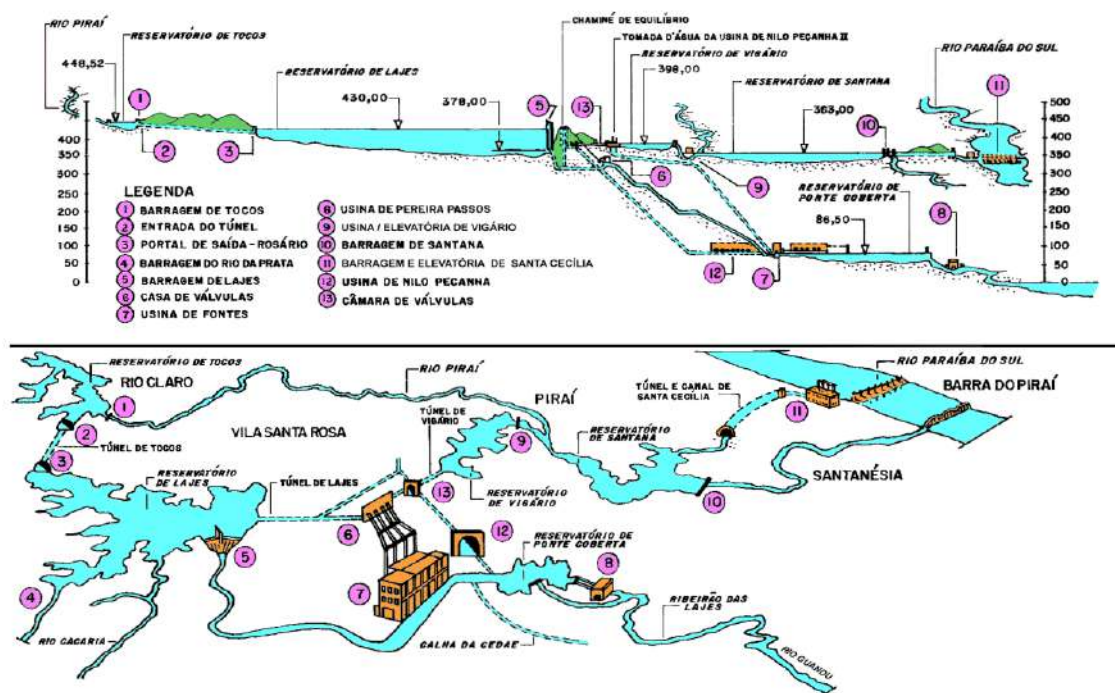


Figura 49 - Esquema Geral do Complexo Hidroelétrico de Lajes.
Fonte: CAMPOS (2001)

Estudos da PROFIL (2017), com base nos últimos censos do IBGE, estimou para o ano de 2016, que a RH II abriga cerca de 1,95 milhão de habitantes, sendo que mais da metade desta população está localizado no município do Rio de Janeiro.

A RH II é constituída por dois conjuntos fisiográficos distintos:

- o Domínio Serrano representado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da Serra do Mar, na parte sudoeste e nordeste da bacia, e pelos maciços, ao longo da faixa costeira na direção N-NE (Pedra Branca, Mendanha, Ilha da Marambaia), cujas partes mais elevadas variam entre 200 m e 800 m; e
- o Domínio da Baixada que corresponde a uma extensa planície flúvio-marinha, que forma a Baixada de Sepetiba.

Na região da Baixada se destacam duas unidades principais: a das colinas baixas e a extensa planície fluvial do rio Guandu e do rio da Guarda. Em geral, as colinas possuem altura inferior a 60 metros.

A vegetação natural da região compreendida pelas bacias dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim consiste das fitofisionomias de floresta ombrófila densa e manguezais, remanescentes do bioma Mata Atlântica.

A Tabela 13 apresenta algumas informações sobre os municípios da bacia hidrográfica de RH-II.

Tabela 13 - Informações referentes aos municípios pertencentes à RH-II

Municípios	Área Total (km ²)	% na RH-II	Sede na RH-II	População na RH-II*
Barra do Piraí	578,7	7,5	Não	31.293
Engenheiro Paulo de Frontin	132,9	100,0	Sim	13.460
Itaguaí	275,7	100,0	Sim	120.683
Japeri	81,8	100,0	Sim	98.198
Mangaratiba	356,2	100,0	Sim	41.393
Mendes	97,0	76,4	Sim	16.433
Miguel Pereira	289,1	87,1	Não	6.885
Nova Iguaçu	521,1	48,6	Não	203.901
Paracambi	179,6	100,0	Sim	48.886
Piraí	505,1	78,0	Sim	19.315
Queimados	75,7	100,0	Sim	144.304
Rio Claro	836,8	95,5	Sim	16.871
Rio de Janeiro	1200,1	39,1	Não	1.101.284
Seropédica	283,7	100,0	Sim	82.926
Vassouras	538,0	7,6	Não	516
TOTAIS	5951,5			1.946.348

* População estimada para o ano de 2016. Distribuição proporcional à área dos setores censitários. IBGE População Residente Enviada ao Tribunal de Contas da União.
Fonte: PROFIL (2017)

4.1.2 AS BACIAS E SUB BACIAS HIDROGRAFICAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II

Conforme descrito no Plano de Desenvolvimento Sustentável de Sepetiba (PDS-Sepetiba) a RH-II é composta pelas sub-bacias dos rios Santana, São Pedro, do Macaco, Ribeirão das Lajes e seus contribuintes; Guandu (Canal São Francisco), da Guarda; bacias contribuintes ao litoral de Mangaratiba e Itacuruçá; do Mazomba, Piraquê ou Cabuçu, Canal do Itá, do Ponto, do Portinho, da restinga de Marambaia e do rio Piraí, este último acrescentado por conta da transposição de suas águas para a bacia do Guandu.

Bacia Hidrográfica do Rio Guandu

O rio Guandu inicia na confluência do Ribeirão das Lajes com o rio Santana, definindo os limites entre os municípios de Paracambi, Seropédica e Japeri. Sua área de drenagem abrange 1.385 km² (CONSÓRCIO CKC – COBRAPE, 2013 *apud* ANA, 2006).

As nascentes principais da sub-bacia do Ribeirão das Lajes encontram-se na Serra das Araras e no reverso da Serra do Mar, enquanto as nascentes da sub-bacia do rio Santana situam-se predominantemente nas escarpas da Serra do Mar. O padrão de drenagem é dendrítico²⁶, retangular e treliça, com alguns representantes do padrão anelar ou radial; configura terreno com alto e médio nível de dissecação do relevo.

O rio Santana apresenta forte controle estrutural e padrão de drenagem variável nos afluentes: retilíneo, paralelo com muitos cursos de primeira ordem e dendrítico em sua porção nordeste, no município de Miguel Pereira.

Tanto o rio Santana quanto o Ribeirão das Lajes, em seu baixo curso, antes de sua confluência, saem do domínio serrano e passam a correr em terreno formado por influência flúvio-marinha, com baixa declividade, em meio a reentrâncias das elevações da serra.

Uma vez formado, o rio Guandu, cujo leito principal tem padrão mais ou menos retilíneo e retangular, corre no sentido NW-SE, definindo os limites entre o Município de Seropédica em sua margem direita, e os Municípios de Japeri, Queimados e Nova Iguaçu, em sua margem esquerda. A partir daí o rio muda seu curso em quase 90°, para o sentido NE-SW. Seu baixo curso passa pelo extremo oeste do Município do Rio de Janeiro e tem seu canal retificado por obras de drenagem, sendo reconhecido como Canal de São Francisco. Nas proximidades da foz encontra-se uma rede de canais construídos, como forma de compensar a suscetibilidade da área a enchentes, em função da baixíssima declividade. Em toda sua extensão, o rio Guandu apresenta baixo gradiente.

Os tributários do rio Guandu pela margem esquerda são os rios São Pedro, dos Poços, Queimados e Ipiranga, que formam microbacias hidrográficas que drenam principalmente terrenos de baixas declividades, salvo nos divisores de águas do Maciço do Tinguá e do Mendanha, onde o padrão de drenagem é dendrítico e a densidade de drenagem é média. No médio e baixo curso destas microbacias, a densidade de drenagem é muito baixa.

²⁶ Dendrítico - ramificado, relativo às dendrites (fibras nervosas).

Na margem direita do rio Guandu, os afluentes resumem-se a pequenos canais de primeira ordem, configurando área de densidade de drenagem e gradientes muito baixos.

Bacia Hidrográfica do Rio Guandu-Mirim

A Sub-bacia Hidrográfica Guandu Mirim abrange área de aproximadamente 190 km² (CONSÓRCIO CKC – COBRAPE, 2013 *apud* ANA, 2006). Suas nascentes situam-se na Serra do Mendanha, com padrão de drenagem dendrítico, cuja densidade diminui em direção à jusante. No trecho médio, a densidade é baixa e aumenta nas proximidades de sua foz, em razão dos canais de drenagem construídos. O gradiente do Guandu-Mirim também é baixo, atravessando, em seus médios e baixos cursos, terrenos muito mal drenados. O padrão de drenagem é dendrítico a subparalelo, especialmente nos tributários de primeira ordem.

Na baixada até a foz dos rios Guandu, Guandu-Mirim e da Guarda, concentra-se a rede de canais construídos desde o século XVII (CONSÓRCIO CKC – COBRAPE, 2013 *apud* ANA, 2006) a fim de drenar o excesso hídrico da baixada e compensar a suscetibilidade da área a enchentes em função da baixíssima declividade. Trechos foram retificados, dragados, canalizados e interligados por meio de valões, configurando um emaranhado de canais e interligações.

Bacia Hidrográfica do Rio da Guarda

A microbacia do rio da Guarda é vizinha da margem direita do rio Guandu e deságua diretamente na Baía de Sepetiba, como outras bacias menores. O rio da Guarda é formado pela confluência dos rios Piloto e Valão dos Bois. Este tem suas nascentes nas escarpas da Serra do Mar, localmente identificada como Serra da Cachoeira (CONSÓRCIO CKC – COBRAPE, 2013 *apud* ANA, 2006). Os demais afluentes têm seus cursos praticamente inteiros na baixada de Sepetiba, com densidade de drenagem baixa e padrão subparalelo de drenagem.

O baixo curso do rio da Guarda também é bastante modificado por obras de drenagem, retificação e interligação de canais. Ao desembocar na Baía de Sepetiba, provê a manutenção de áreas de mangue.

Bacia Hidrográfica do Rio Mazomba e Micro-bacias Independentes

A microbacia do rio Mazomba é independente, ou seja, corre direto para a Baía de Sepetiba. Suas nascentes encontram-se nas escarpas serranas das Serras da Mazomba, do Itaguaçu e da Calçada, nomes locais dos maciços da Serra do Mar. Das altas encostas serranas, o Mazomba e tributários passam diretamente para a planície

de Sepetiba, desaguardo na baía por meio de alguns canais de drenagem ali construídos. A densidade de drenagem é média a baixa, com padrão subparalelo e, em menor proporção, dendrítico.

Outros cursos d'água bem menores drenam a partir da sub-bacia do Mazomba até Mangaratiba, como o Tinguassu e Saí. São retilíneos, de primeira ordem; descem pelas elevações íngremes da Serra do Mar que, nesta localidade, chegam até a baía.

Na altura de Mangaratiba, praticamente não há planície e as encostas da Serra do Mar chegam até a baía.

A partir de Mangaratiba, rumo ao Oeste, voltam a ocorrer outras pequenas bacias hidrográficas cujas nascentes situam-se na escarpa da Serra do Mar e depois correm sobre planície aluvial confinada entre elevações do terreno, como é o caso dos rios da Lapa, ou Saco; São Braz, do Bagre e Igaíba. Nas áreas planas estes rios sofreram alteração no desenho de seus leitos, tendo sido retificados ou interligados por obras de drenagem. Os rios Macundu, Grande e Jacareí situam-se em áreas de contato direto das elevações da Serra do Mar com a Baía de Sepetiba. Predominam rios de primeira ordem e subparalelos. A densidade de drenagem é média.

A Sub Bacia do Rio dos Macacos, encontra-se nos municípios de Paracambi e Engenheiro Paulo de Frontin, faz parte do sistema LIGHT-CEDAE, responsável pelo abastecimento de 80% de água da RMRJ. Ocupa parte do lado esquerdo da bacia do Rio Guandu. Está alçado por tectônica a mais de 500 metros de altitude, emoldurando o recôncavo da baixada de Sepetiba. As drenagens existentes sofreram toda sorte de problemas ambientais típicos dos locais onde não se teve planejamento de ocupação espacial, predominando as atividades predatórias dirigidas pelos ciclos econômicos regionais, onde o objeto sempre foi a exploração máxima do recurso e o mínimo de investimento (ROCHA, 2002).

Sub Bacia do Piraquê ou Cabuçu - Rios Cabuçu, Cabuçu Mirim, Rio da Prata do Cabuçu, Cantagalo, da Chacrinha, Consulado, dos Porcos, Piraquê-Cabuçu e Valão das Cinzas. Área total de drenagem de 96,4 Km².

Sub Bacia do Portinho - Rio Piração e Canal do Portinho. Drenante para a planície costeira de Guaratiba ao sul do estado do Rio de Janeiro, distante 50 Km do centro do município do Rio de Janeiro, a planície estende-se entre o Oceano Atlântico e a Restinga da Marambaia, a Sul; Rio Piraquê, a Oeste e a Leste e a Norte pelo Maciço da Pedra Branca, onde tem os principais cursos d'água da região e seus tributários, os quais ao atravessarem a planície formam baixios, ilhas e canais de maré meandrantés. Ainda nessa área observam-se florestas de mangue e planícies hipersalinas (apicuns),

os quais estão sob a proteção da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba (CHAVES *et al.*, 2010).

As sub bacias acima citadas são apresentadas na Figura 50.

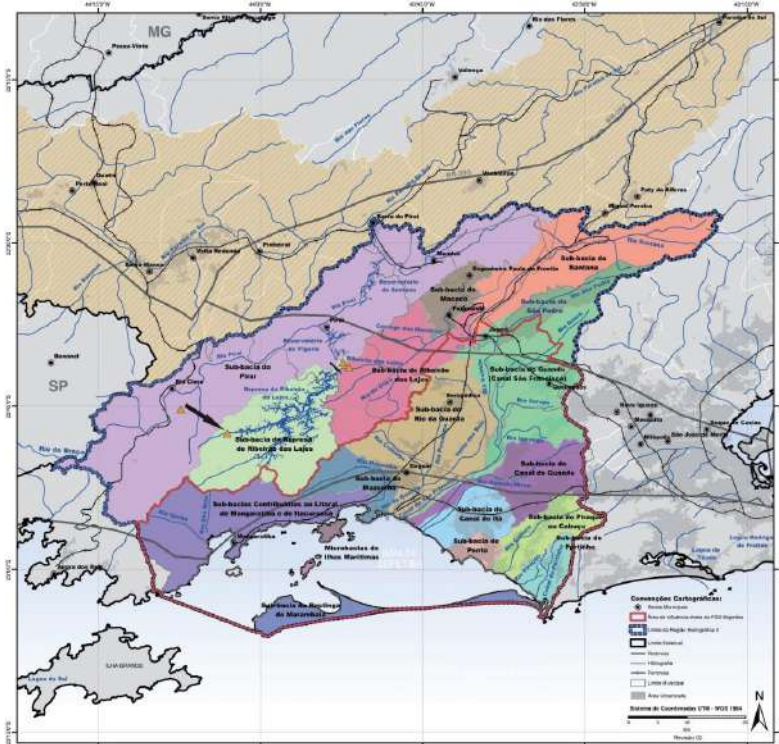


Figura 50 - Sub Bacias e hidrografia da Região Hidrográfica II
 Fonte: CONSÓRCIO CKC – COBRAPE (2013) *apud* DNPM (2011)

Segundo o CONSÓRCIO CKC – COBRAPE (2013) as serras ocupam uma parte expressiva da RH-II (34%) e apresentam gradientes abruptos de altitude (Figura 51), especialmente na Serra do Tinguá, formadora da maior parte da bacia do rio Santana, que nasce a cerca de 1700 m de altitude, e na Serra das Araras, onde está instalada a estrutura de transposição das águas do rio Paraíba do Sul e aproveitamento hidroenergético da Light S.A. As áreas mais elevadas estão entre 1.000 m e 1.900 m, destacando-se o curso superior da bacia do rio Pirai e do ribeirão das Lajes (afogado pelo reservatório de Lajes), nos municípios de Rio Claro e Mangaratiba, incluindo o trecho das cabeceiras do Pirai situado no estado de São Paulo, com maiores altitudes do que nos divisores do território fluminense. As serras isoladas, nos divisores com a RH-V (Mendanha e Pedra Branca), têm suas maiores elevações entre 800 m e 1.000 m, atingindo 1.125 m na Pedra Branca.

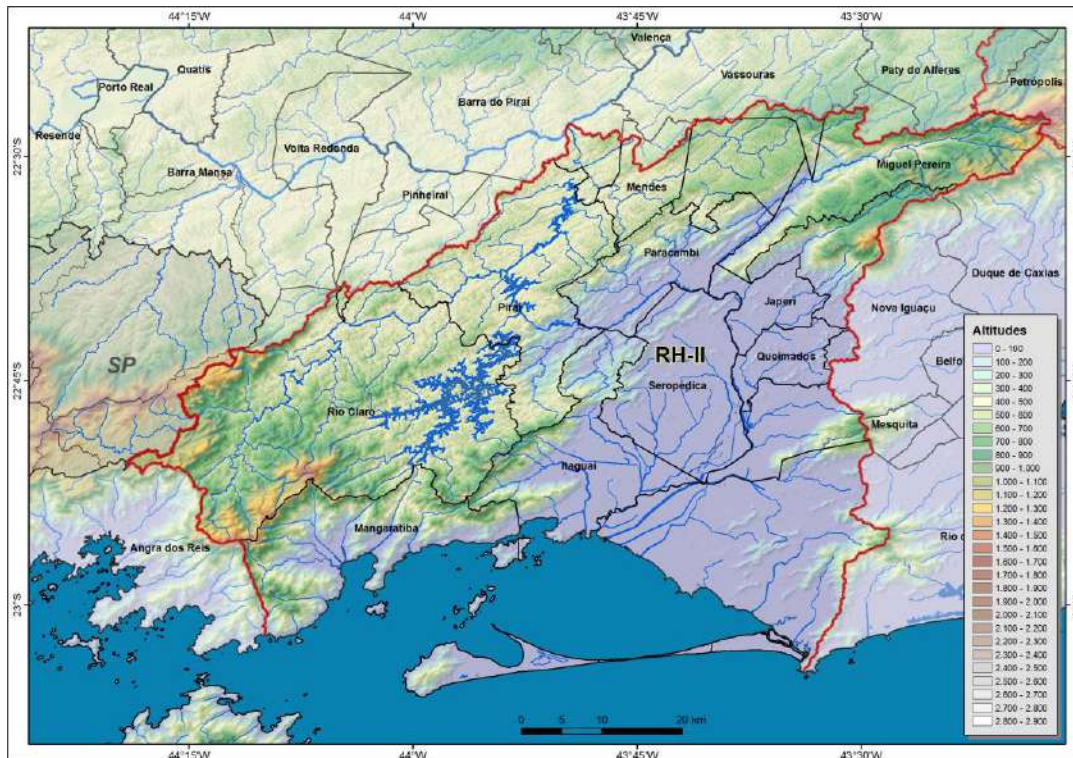


Figura 51 - Gradiente de Altitudes da RH II
 Fonte: CONSÓRCIO CKC – COBRAPE (2013)

Conforme o CONSÓRCIO CKC – COBRAPE (2013, p. 20-21) a RH II está configurada como um dos polos industriais do Rio de Janeiro e, em um raio de 500 km, concentra-se a maior economia do país, responsável por mais de 50% do PIB Nacional.

Suas principais potencialidades são:

- Porto de Itaguaí: segundo em volume de exportação, tendo como área de influência direta os Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e mesmo o sudoeste de Goiás. Por sua localização estratégica, apresenta-se como excelente alternativa para comércio de longa distância. Capacidade atual: 63 milhões de toneladas por ano.
- Distritos Industriais: são cinco distritos industriais. Destacam-se as plantas siderúrgicas. Localizadas em região de fácil acesso para recepção de minério bruto, obtenção de mão de obra especializada para sua transformação e proximidade de meios de escoamento tanto nacional quanto internacional, a Área de Estudo torna-se alvo preferencial desta tipologia de produção.
- Extração Mineral: são 761 áreas de interesse de exploração mineral. O principal minério explorado é a areia, correspondendo a 90% do abastecimento da Região Metropolitana. O município que concentra o maior número de areais é Seropédica, com uma extração anual de 10.000.000 de ton./ano.

- Manancial de Abastecimento: o Rio Guandu é o principal manancial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, abastecendo 9 municípios.
- Geração de Energia: a Região produz 22% da energia gerada no Estado, com potencial outorgado para gerar 47%.
- Áreas Militares: abriga um dos maiores centros de treinamento do Exército e Aeronáutica, representado pela Base Aérea de Santa Cruz. O Exército é ainda responsável pelo domínio da restinga da Marambaia, estreita faixa de areia que protege e fecha a baía.
- Atividade de Pesca: são quatro colônias de pescadores institucionalmente cadastradas e diversas associações atuando na Baía. Riqueza de Biodiversidade: maior criadouro de fauna marinha do Estado.
- Paisagem Cênica e Potencial Turístico: são 95 praias e balneários, quase 50 ilhas e ilhotas e 3 rotas de pesca esportiva.

Suas principais Perspectivas e seus Projetos são:

- Expansão da Província Portuária: são quatro terminais previstos e um estaleiro naval. A estrutura projetada tem uma capacidade de movimentação de 140 milhões de toneladas por ano.
- Desenvolvimento Industrial: Com a paulatina expulsão das grandes indústrias da Metrópole, resultado tanto do custo da terra quanto dos problemas urbanos causados pela convivência com grandes plantas industriais, o potencial de instalação de indústrias na Região Hidrográfica II é grande. A existência de infraestrutura de transportes e proximidade aos centros consumidores consolida esta função.
- Pré-sal: a descoberta de petróleo submarino na camada do pré-sal ao longo da costa intensificará o tráfego de combustíveis na região e a expansão da infraestrutura de apoio.
- Expansão Urbana Metropolitana: o avanço imobiliário decorrente da expansão do Rio de Janeiro desenha um vetor de ocupação na direção da área de estudo. Por estar em região costeira, a Baía de Sepetiba apresenta excelente atrativo para a expansão da população do Rio de Janeiro, fenômeno que já se observa com o crescente avanço da ocupação da Avenida das Américas. Após atingir o Recreio dos Bandeirantes, a ocupação avança na direção de Guaratiba, que ainda apresenta características de área rural, podendo funcionar como cinturão verde da metrópole. Outro vetor segue em direção a Santa Cruz, atendida por transporte de massa de trens urbanos. Na mesma direção, caminha a população proveniente de Nova Iguaçu, que ocupa aos poucos a região mais ao sul do

município, através de grandes conjuntos habitacionais sendo construídos pela Caixa Econômica Federal.

- Ampliação do acesso rodoviário: (i) Arco Metropolitano, interligando o Porto de Itaguaí ao Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro e (ii) Transoeste, interligando a Barra da Tijuca a Santa Cruz.

4.1.3 A CAPACIDADE DE GESTÃO E ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Para que seja possível a garantia da segurança hídrica, conforme amplamente abordado na revisão da literatura, é necessário o equilíbrio entre capacidades institucionais e técnicas, inclusive de infraestrutura (ONU, 2012; GWP, 2010; OCDE/GWP, 2015).

Assim se apresenta a organização institucional da área de estudo, considerando, sobretudo o marco legal, as instituições com competências intervenientes e os instrumentos de planejamento. Esta avaliação será realizada para as políticas públicas diretamente intervenientes na política de água: meio ambiente, saneamento, uso e ocupação do solo.

Legislação e instrumentos de planejamento

O Comitê Guandu foi criado pelo Decreto nº 31.178 de 03 de abril de 2002, e é um órgão colegiado, vinculado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), com atribuições consultivas, normativas e deliberativas, de nível regional, integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI), nos termos da Lei Estadual nº 3.239/99. Ele teve sua área de abrangência ampliada pela Resolução CERHI de nº 107/2013.

São objetivos do Comitê da Bacia Hidrográfica do Guandu:

- I. Adotar as bacias hidrográficas da sua área de atuação como Unidade Físico Territorial de Planejamento e Gerenciamento;
- II. Promover o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, em sua área de atuação;
- III. Promover a integração das ações na defesa contra eventos hidrológicos críticos, que ofereçam riscos à saúde e à segurança pública, assim como prejuízos econômicos e sociais; e
- IV. Reconhecer a água como um bem de domínio público, limitado e de valor econômico, cuja utilização é passível de ser cobrada, observados os aspectos legais, de quantidade, qualidade e as peculiaridades de sua área de atuação.

A Região Hidrográfica Guandu – RH II compreende as bacias dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, totalizando uma área de drenagem aproximadamente 3600 km², onde vivem aproximadamente 1 milhão de habitantes. Juntas, estas bacias compreendem cerca de 70% da área total da bacia hidrográfica contribuinte à Baía de Sepetiba, englobando parcial e integralmente o território de 15 municípios, quais sejam: Itaguaí, Seropédica, Queimados, Japeri, Paracambi, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Engenheiro Paulo de Frontin, Miguel Pereira, Vassouras, Piraí, Rio Claro, Mendes, Mangaratiba e Barra do Piraí.

4.2 A CRISE HÍDRICA DE 2014-2016

A bacia do rio Paraíba do Sul apresentou no ano de 2014 uma severa estiagem, caracterizada por um período prolongado de baixa pluviosidade, ou sua ausência, no qual a perda de umidade do solo é superior à sua reposição. Esta estiagem foi a pior dos últimos 85 anos.

A estiagem continuou no ano de 2015, com um cenário de consumo bem diferente do ano de 1931, quando de outra situação de baixa pluviosidade aconteceu.

Dados históricos apontam que as maiores chuvas ocorrem nos períodos de novembro a março, volumes estes que aumentam a vazão no rio e a acumulação nos reservatórios, mas em 2014/2015 as chuvas não caíram.

A Figura 52 apresenta o gráfico das vazões naturais (vazões que ocorreriam no rio considerando a inexistência de intervenções como barragens e captações, entre outras) em Santa Cecília, ponto da Bacia do Rio Paraíba do Sul onde ocorre parte da transposição das águas para o Rio Guandu. Nele foram traçadas as curvas dos mínimos e das médias mensais do histórico do ano de 1931 a 2013 e os valores ocorridos nos anos de 2014 e 2015.

Observa-se que o ano de 2014 apresentou valores inferiores ou muito próximos do mínimo histórico. No ano de 2015, só foi alcançado valor médio em dezembro.

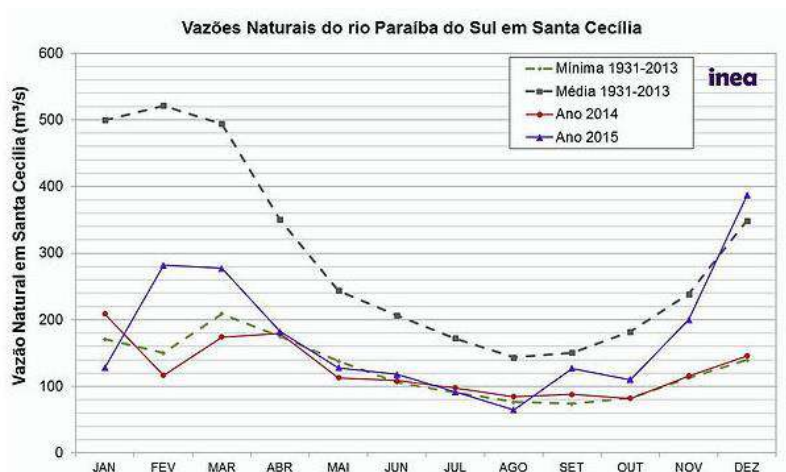


Figura 52 - Vazões naturais no Rio Paraíba do Sul, em Santa Cecília
Fonte: INEA (2016)

4.2.1 ENFRENTAMENTO DA ESTIAGEM

Diante da crise, medidas de enfrentamento da estiagem foram adotadas com o objetivo de atender aos usos múltiplos, sendo as principais: 1) poupança dos estoques dos reservatórios, com reduções temporárias nas regras de operação do Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul e as adaptações nas captações para abastecimento humano e industrial; e 2) monitoramentos múltiplos dos impactos segundo cada regime de operação tratados no âmbito do Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica na Bacia do Rio Paraíba do Sul (GTAOH), principalmente nas foz dos Rios Paraíba do Sul e Guandu.

O GTAOH foi criado no âmbito do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) e teve a participação conjunta do Comitê do Rio da Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (CBH Guandu).

Sucessivas reuniões do GTAOH foram realizadas com participações de representantes de vários segmentos estratégicos.

Tendo em vista redução temporária da vazão mínima afluente à barragem de Santa Cecília, no Rio Paraíba do Sul, prevista pela Resolução ANA nº 700, de maio/2014, para o enfrentamento da crise, em detrimento da vazão prevista na Resolução ANA nº 211, de maio/2013, assim os primeiros desafios apresentados ao GTAOH foram:

1. Avaliação da redução de vazão objetiva em Santa Cecília de 190 m³/s para 180 m³/s;
2. Medidas para redução da vazão objetiva em Santa Cecília para 173m³/s.

Em 15/08/2014 foi avaliado a redução da vazão objetivo em Santa Cecília para 165 m³/s.

Em 25/08/2014 foi avaliado a redução da vazão objetivo em Santa Cecília para 160 m³/s.

Em nove outras reuniões concorridas realizadas no ano de 2014 foram avaliadas inúmeras alternativas operacionais aplicadas aos mais variados usuários de recursos hídricos e as infraestruturas no rio Paraíba do Sul e no Rio Guandu;

O quadro da evolução histórica do armazenamento no Rio Paraíba do Sul era crítico conforme foi apresentado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) pela demonstrado na Figura 53.

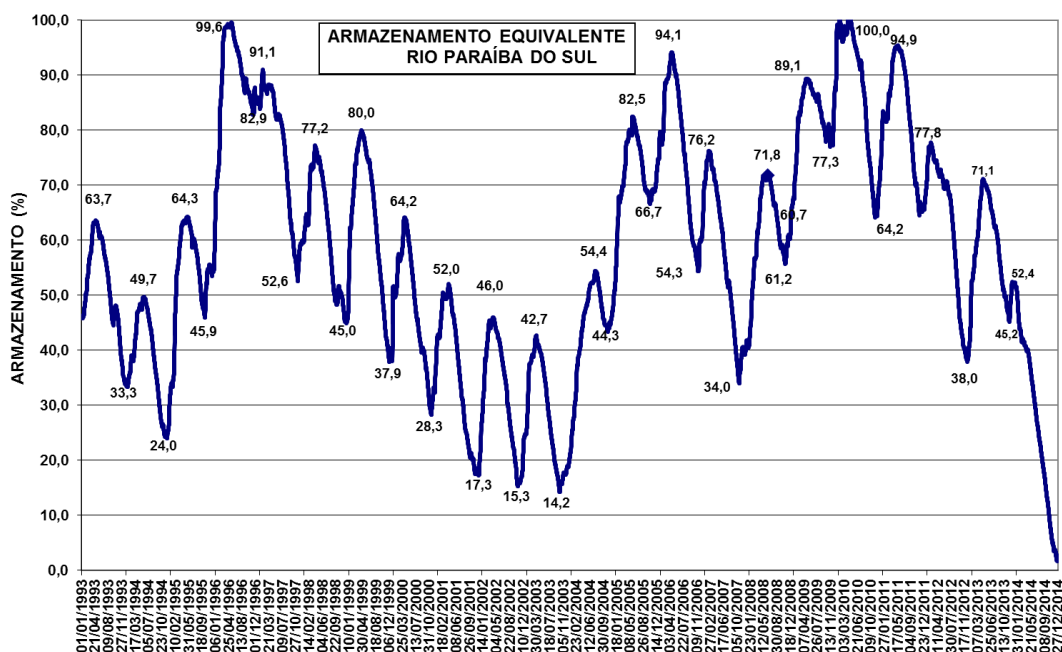


Figura 53 - Evolução histórica do armazenamento (%)
Fonte: CEIVAP (2015)

A crise continuava e em 30/12/2014 foi feito a avaliação da redução da vazão objetivo em Santa Cecília para 140 m³/s.

O ano de 2015 começou com as buscas de adequações frente ao quadro de estiagem e até 04/03/2015 cinco reuniões do GTAOH já tinham sido realizadas com buscas de alternativas operacionais diversas com a vazão objetivo em Santa Cecília para 140 m³/s, quando foi necessário se enfrentar uma realidade mais restritiva para uma vazão objetivo em Santa Cecília para 110 m³/s.

Durante o resto de todo ano de 2015 outras vinte e cinco reuniões do GTAOH foram necessárias para buscas de ajustes e adequações para se superar a dura realidade de uma vazão objetivo em Santa Cecília para 110 m³/s que dentre outros usos prioritários deveria atender ao consumo humano da maior parte da população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

4.2.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Conforme a apresentação do INEA, em 15/02/2016, para o GTA OH a caracterização da variação da densidade de Cianobactérias no trecho Funil / Campos de dezembro de 2015 a janeiro de 2016 evoluiu como mostra a Figura 54.

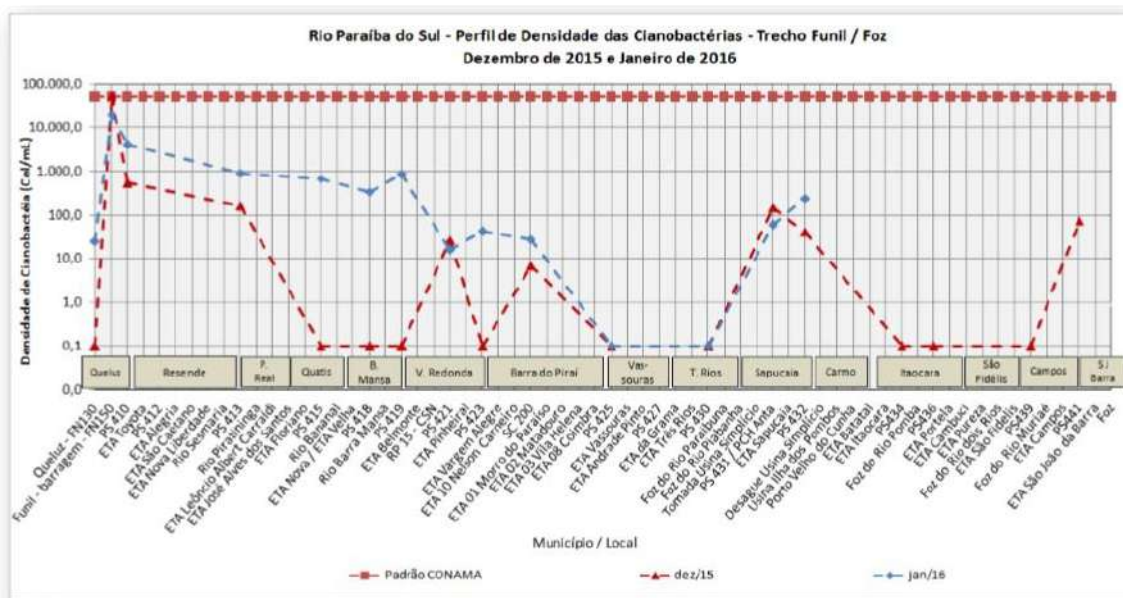


Figura 54 - Variação da Densidade de Cianobactérias - Trecho Funil / Campo
Fonte: INEA (2016)

Na mesma apresentação constava o Índice de Qualidade de Água (IQA) do trecho Funil / Guandu para o período foi caracterizado como a Figura 55.

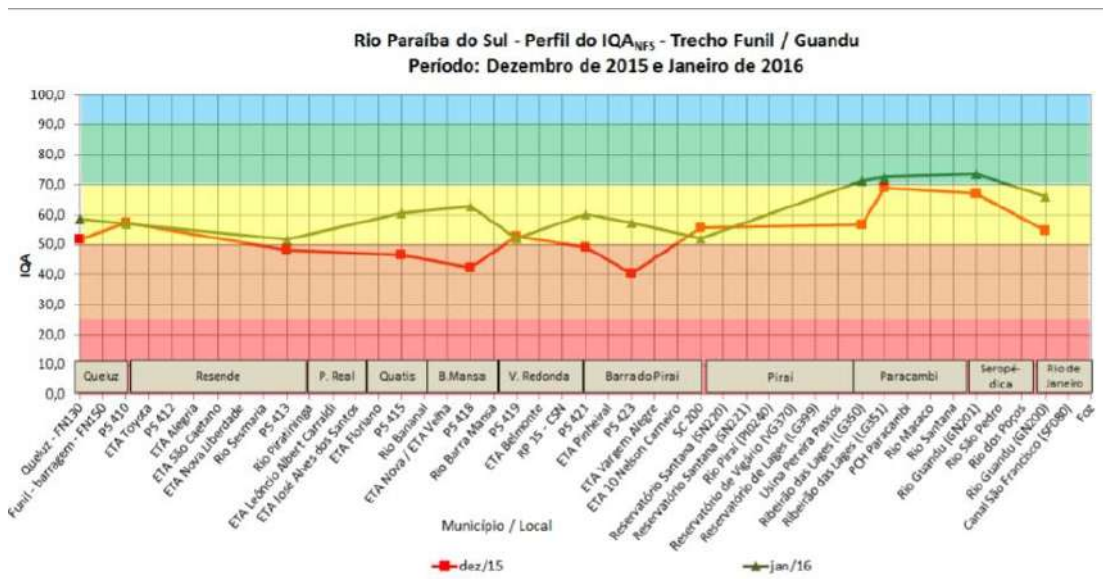


Figura 55 - IQA (dez. 2015 e jan. 2016) – Perfis do Trecho Funil / Guandu
 Fonte: INEA (2016)

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CTESB) também fez monitoramentos do IQA no trecho paulista no período de fevereiro de 2010 a outubro de 2015, com resultados que também não se apresentaram abaixo dos padrões normativos.

Pontos Resultantes

As reuniões sistemáticas do GTAOH continuaram a acontecer no ano de 2016, em um total de doze, com destaques para:

- a de 13/10/2016, que teve como um dos itens de pauta a Avaliação da alteração da vazão objetivo em Santa Cecília para 130 m³/s,
- a de 16/11/2016, em que foi deliberado sobre a avaliação da alteração da vazão objetivo em Santa Cecília para 190 m³/s; e
- a de 12/12/2016 em que foram apontados para as medidas que seguem (CEIVAP, 2016):
 - Implantação da ação 2.2.1 do Plano de Aplicação Plurianual (PAP) CEIVAP: Instalar e/ou modernizar 22 estações de monitoramento de quantidade e qualidade de água da bacia, permitindo uma atualização permanente das informações sobre disponibilidade e demandas de recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul.
 - Instalar e/ou modernizar 22 pontos estratégicos de monitoramento hidrológico quali-quantitativo de água na bacia do rio Paraíba do Sul - em parceria com os órgãos gestores: ANA, DAAE/SP, CETESB/SP, IGAM/MG e INEA/RJ.

- Realizar a manutenção preventiva e corretiva das estações por 4 anos.

4.3 GUARATIBA: CARACTERÍSTICAS E USOS DO SOLO

O município do Rio de Janeiro possui 161 bairros que foram agrupados em cinco Áreas de Planejamento e o bairro de Guaratiba está contido na Área de Planejamento 5 (AP-5), que é a maior das Áreas de Planejamento, em termos de territoriais, com cerca de 592 km², que corresponde a 48% da extensão territorial do município.

O bairro de Guaratiba poderia ser caracterizado, segundo às ocupações, em três setores: 1) áreas urbanizadas com 22% da ocupação, 2) áreas pouco ocupadas ou de atividades agrícolas; e 3) áreas protegidas. A Figura 56 retrata estes setores.

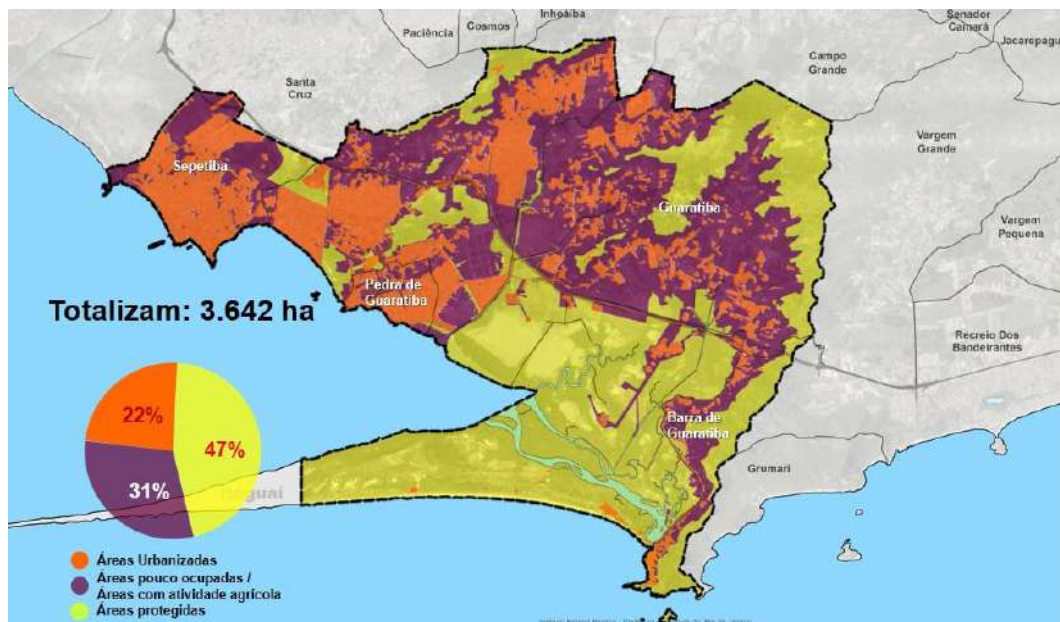


Figura 56 - Ocupações em Guaratiba
Fonte: SMUIH (2017)

O bairro de Guaratiba é subdividido nos seguintes sub-bairros: Ilha de Guaratiba, Santa Clara, Corrêa (onde fica situada a empresa multi-nacional MICHELIN), Jardim Maravilha, o Jardim Cinco Marias (antiga Covanca) bem como também parte do Monteiro, aonde faz divisa com o bairro de Campo-Grande, precisamente pela rua Campo Formoso e o rio Cabuçu, que é afluente do rio Piraquê, que por sua vez desemboca na Baía de Sepetiba. A Figura 57 aponta para este sub-bairros.

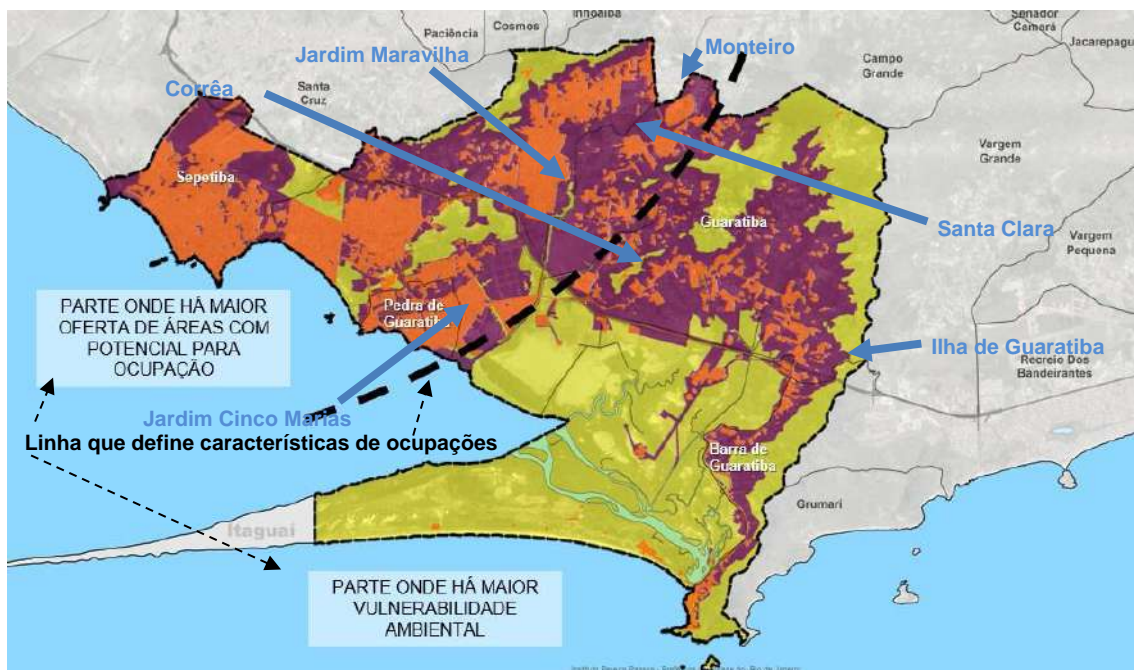


Figura 57 - **Sub-bairros de Guaratiba**
 Fonte: Adaptado de SMUIH (2017)

Os sub-bairros Santa Clara; Corrêa, Jardim Maravilha, Jardim Cinco Marias e parte do Monteiro apresentam um maior adensamento urbano, com características de domicílios dormitórios e baixas atividades de produções econômicas.

Diferente dos outros sub-bairros o da Ilha de Guaratiba ainda conserva as características de produção rural, inclusive tem o reconhecimento da administração municipal, através do decreto nº 29.683, de 11 de agosto de 2008, como Polo de Plantas Ornamentais de Guaratiba, inicialmente intitulado de Polo de Plantas Ornamentais da Grotta Funda.

A produção local não se concentra apenas em plantas ornamentais, mas também na produção de alimentos, produção de leite e processamento de derivados e minimamente processados, como queijos, iogurtes, sorvetes, farinhas, óleos e outros produtos.

Como em muitas áreas rurais tradicionais o consumo de água advém de captações de nascentes e/ou poços, e é este também o caso da região de Guaratiba, como apontado pelo censo de 2010, no qual 2.060 domicílios apontaram como fonte de abastecimento de água as nascentes e/ou poços. O abastecimento público da região é de “ponta de linha”, portanto sem segurança perene.

Segundo FERNANDES (2015, p. 54), a Ilha de Guaratiba é um lugar que pode ser utilizado como exemplo para traduzir o processo de expansão da cidade.

Na década de 1970, o lugar era caracterizado como um dos últimos remanescentes rurais do município do Rio de Janeiro – produtor de

frutas, verduras e legumes – constituindo a franja periurbana, por excelência, era reduto de famílias tradicionais de agricultores e feirantes, bem como trabalhadores comuns.

A partir deste período, entretanto, o local notadamente bucólico, da mesma forma, passou a ser frequentado esporadicamente por proprietários de residências secundárias. Ao ultrapassar tal quadro, o lugar sofre um constante processo de valorização fundiária/imobiliária, na medida em que abriga um aumento considerável em sua população residente (FERNANDES, 2014 b).

A decadência da produção agrícola transformou Ilha de Guaratiba em uma área de notória cobiça imobiliária evidenciada pelos condomínios residenciais surgidos depois de 1990. Vale salientar que os novos residentes, em sua maioria, migraram de bairros da Zona Sul e outras localidades como Recreio, Tijuca e Jacarepaguá em busca de um contato mais próximo com a natureza (FERNANDES, 2010; DIAS, 2011; LESSA, 2001).

A paisagem geomorfológica da bacia do Rio do Portinho, pertencente a um conjunto geomorfológico do Maciço da Pedra Branca (NE), com terrenos montanhosos e picos elevados; além de áreas de planícies fluvio-marinhas (WS), este terreno dispersor de águas faz parte do contexto do Sistema Aquífero de Guaratiba. A combinação desses fatores configura uma paisagem de baixas, médias e altas declividades de terrenos propensos a fenômenos tanto de enchentes devido a dinâmica das marés e do Sistema Aquífero quanto de movimento de massa nas áreas das encostas, o baixo curso do rio Portinho compreende formações de manguezal pertencente à Reserva Biológica de Guaratiba (LIMA *et al.*, 2016) *apud* SEMADS, 2001).

O Decreto nº 37.483, que criou a Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA) da Região de Guaratiba tem em seu texto citação como elementos de considerações:

- que a Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro, no Capítulo "Do Meio Ambiente", Art. 463, enumera, entre outros, que "são instrumentos, meios e obrigações de responsabilidade do Poder Público para preservar e controlar o meio ambiente:... IX - manutenção e defesa das áreas de preservação permanente, assim entendendo aquelas que, pelas suas condições fisiográficas, geológicas, hidrológicas, biológicas ou climatológicas, formem um ecossistema de importância no meio ambiente natural, destacando-se: os manguezais, as áreas estuarinas e as restingas; as nascentes e as faixas marginais de proteção de águas superficiais; a cobertura vegetal que contribua para a estabilidade das encostas sujeitas à erosão e deslizamento ou para fixação de dunas; as áreas que abriguem exemplares raros, ameaçados de extinção ou insuficientemente conhecidos da flora e da fauna, bem como aquelas que sirvam como local de pouso, abrigo ou reprodução de espécies; (...) os bens naturais a seguir: O Maciço da Pedra Branca, os Parques, reservas ecológicas e biológicas, estações ecológicas e bosques públicos";
- as localizações, em Guaratiba: da Reserva Biológica de Guaratiba, do Parque Estadual da Pedra Branca, da Área de Proteção Ambiental da Pedra Branca, do Parque Natural Municipal da Serra da Capoeira Grande; da Área de Proteção Ambiental da Serra da Capoeira Grande e do Morro do Silvério; da Área de Proteção Ambiental das Brisas e da Zona de Amortecimento dessas unidades;
- o disposto no Art. 117, da Lei Complementar nº 111 de 01 de fevereiro de 2011 que instituiu o Plano Diretor de Desenvolvimento

Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro; que classifica como Sitio de Relevante Interesse Paisagístico e Ambiental a Restinga da Marambaia; a Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, o Maciço da Pedra Branca; as encostas das serras de Capoeira Grande e Inhoaíba; o Sítio Burle Marx;

- os riscos que o processo de adensamento dessa região a partir da implantação da Transoeste e da abertura do túnel da Grotta Funda apresentam à manutenção da qualidade ambiental, à paisagem urbana e à qualidade de vida da região de Guaratiba; e
- a fragilidade ambiental da área e a necessidade de evitar a degradação de suas condições ambientais, bem como garantir o desenvolvimento sustentável da região.

As considerações acima retratam a enorme importância ambiental da região de Guaratiba.

A Figura 58 demonstra as localizações dos desafios ambientais da ocupação da região de Guaratiba constantes do Parecer Técnico Parecer Técnico CTBDBS, aprovado pelo Plenário na reunião do CONSEMAC de 09/06/2015.



Figura 58 - Ocupação do Solo de Guaratiba
Fonte: CTBDBS/CONSEMAC, 2015

4.3.1 O SOLO DE GUARATIBA

Segundo LIMA *et al.* (2016) na região de Guaratiba ocorrem diversos depósitos sedimentares quaternários associados à dinâmica fluvial, de encosta e marinha. Destacam-se as coberturas sedimentares costeiras relacionadas ao baixo curso dos rios que descem da vertente da Serra do Mar em direção à Baía de Sepetiba. A porção sul e sudeste do bairro de Guaratiba é um ambiente frágil, visto que grande parte de sua área, incluindo as áreas edificadas do entorno dos manguezais e das planícies dos rios, são susceptíveis às inundações.

Ainda segundo LIMA *et al.* (2016):

Na área da Ilha de Guaratiba é possível analisar as vertentes dos terrenos, sendo predominantes áreas de terreno plano condizente com formações quaternárias de depósitos sedimentares. Logo são aproximados os percentuais referentes a encostas entre 10 e 20° e 20 e 30°, representando relevo suave ondulado e ondulado. Com área aproximada de 7% da área de estudo, são encontradas encostas com 30 a 45°, destacando vertentes de alta declividade.

Com menos de 1% de área, são encontradas declividades superiores a 45° na vertente a leste da área de estudo. As formas de acumulo de fluxos, correspondem a 51% da área de estudo, apresentando significativa porção de ocupação urbana nesse contexto como pode ser observado no mapa de declividade.

As feições de terreno de declividade representadas pelos terrenos do maciço da Pedra Branca, vertentes que apresentam 21% de áreas com relevos forte ondulados e 7% de relevo montanhoso, onde também é possível observar ocupação urbana nas proximidades dessas áreas.

O cenário paisagístico sob a ótica da análise de declividade é marcado em parte significativa por padrões morfológicos que imprimem padrões de denudação pelas encostas e áreas de acumulação representados pelas planícies fluviais e fluviomarinhas.

O mapeamento da morfologia das encostas destaca vertentes côncavas, áreas de depósitos sedimentares e convergentes com o sistema de drenagem, e os vertentes convexas, formas de relevo montanhoso e escarpado.

Os níveis e declividade, padrões e formas do relevo, em Guaratiba apresentam áreas muito diversificadas entre si. Tais áreas apresentam processos atuais relacionados a ocupação urbana num ritmo acelerado, formas produzidas nas vertentes e nos terrenos planos, favorecendo processos de erosão do solo, depósito coluviais, movimento de massa e depósitos de areia e assoreamento em determinados locais, situações indicadoras a exposições de processos de riscos geomorfológicos para a população local.

Nas regiões de declividades mais elevadas há uma predominância de solos minerais bem intemperizados, bastante evoluídos com textura média argilosa ou por vezes tendendo a pedregosa, derivados dos gnaisses e granitos que formam o substrato dessa região. Os Argissolos pertencem a uma classe de solos cujas características de suscetibilidade à erosão são consideráveis, podendo promover retenção de água bem como descontinuidade hidráulica agravando a ocorrências de ravinas e voçorocas.

Nas regiões de baixas declividades predominam a presença de Gleissolos, condicionados aos ambientes de baixadas costeiras, apresentando características de solos com excesso de água e ocorrência em relevo plano a ondulado, submetidos ao regime das

marés. Esses solos estão condicionados aos ambientes de encharcamentos durante boa parte do ano, e devido a estas características são chamados vulgarmente de “solos moles”. Também é possível observar solos arenosos nas porções de restinga e solos indiscriminados de mangues.

A expansão urbana se dá fortemente sobre solos desenvolvidos em planícies com encharcamento estacional, os Planossolos, cuja característica hidromórfica é responsável pela formação de lençol d’água sobreposto, áreas contidas na delimitação do aquífero de Guaratiba e ambientes de mangue. Situação essa que caracteriza uma sensibilidade no sistema ecológico além dos grupos sociais estarem expostos a pertinência de riscos relativos a inundação, pela característica do material pedogenético, além de questões geotécnicas referentes as habitações do local.

4.3.2 PROJEÇÕES DE IMPLANTAÇÃO DE REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A região de Guaratiba, em especial a do sub-bairro Ilha de Guaratiba, carece completamente de rede de esgotamento sanitário.

A concessionária Foz Águas 5 é a empresa responsável pelos serviços de esgotamento sanitário na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. No seu escopo de atuação consiste a operação e manutenção do sistema de coleta e tratamento do esgoto doméstico, tendo como meta principal a ampliação da oferta de serviços, por meio do investimento na implantação de redes coletoras, coletores-tronco e estações de tratamento.

Um dos objetivos do trabalho em tela é o levantamento de dados de projeções de atendimento pela concessionária a região de Guaratiba.

4.3.3 O CLIMA DE GUARATIBA

Segundo FERNANDES (2005) *apud* FERREIRA e OLIVEIRA (1985) a baixada do sub-bairro Ilha de Guaratiba é enquadrada no grupo “A” da classificação climática de Köppen, ou seja: de clima tropical. Diferenciando-se em dois tipos básicos: Aw e Af em função principalmente do contraste de topografia entre a área plana de baixada propriamente dita e as encostas que a envolvem.

O tipo Aw, clima tropical quente e úmido, caracterizado por verão úmido e inverso seco domina a área plana da baixada, se bem que por influência da proximidade do mar possam ocorrer chuvas na “estação seca” (junho, julho e agosto).

O tipo Af, clima tropical quente e úmido sem estação seca – é o da zona de maior pluviosidade, com precipitações superiores a 1500 mm/ano em consequência dos

ventos de quadrante sul e brisas marinhas que descarregam sua umidade contra o anteparo das serras. Tal tipo climático desenvolve-se nas encostas das serras que circundam a baixada.

As precipitações pluviométricas observadas no período de 1997 a 2015 segundo os dados do Alerta Rio - Geo-Rio - Campo de Provas Marambaia, que tem instalações na Estrada Roberto Burle Marx, 9140, Barra de Guaratiba, são demonstrados na Figura 59.

Os meses de maiores precipitações pluviométricas são, historicamente, dezembro, novembro e outubro, nesta ordem.

Por outro lado, os dados históricos apontam que os meses de janeiro, fevereiro e março são os meses com menores precipitações pluviométricas na região.

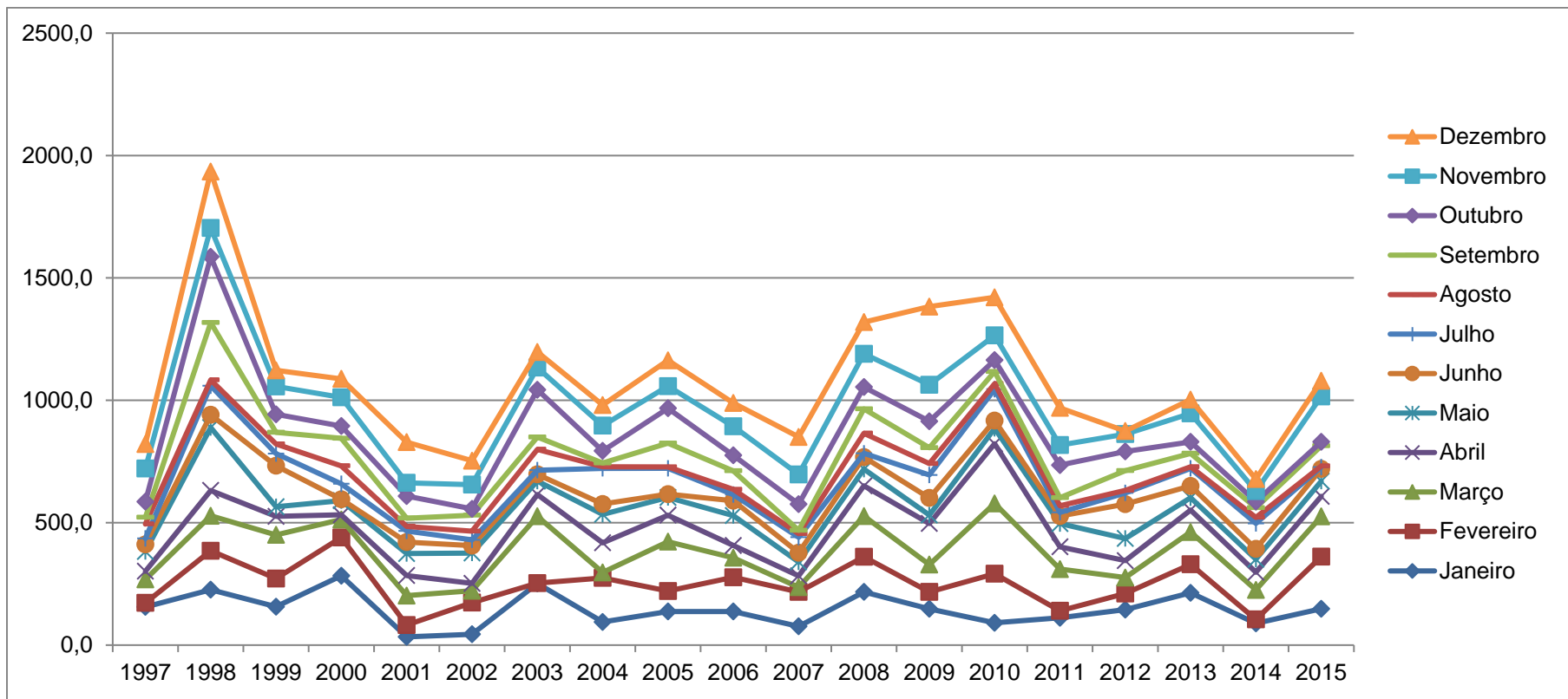


Figura 59 - Série histórica das precipitações pluviométricas de Guaratiba (mm)
 Fonte: O Autor a partir de dados do Alerta Rio - Geo-Rio - Campo de Provas Marambaia - Estrada Roberto Burle Marx, 9140

Quanto as temperaturas do ar FERNANDES (2005) *apud* MATTOS (2005) apontam que na região são típicas das áreas litorâneas tropicais e acrescentam que:

As médias mensais situam-se sempre acima de 20° C e a média anual alcança 23,7° C.

Em fevereiro ocorre a maior temperatura média mensal (26,8° C) e em agosto a menor (20,9° C).

Em números absolutos a máxima temperatura observada na região foi de 42,4° C em 9 de setembro de 1997. Esta ocorrência em plena primavera não é comum, pois as temperaturas acima de 40° C acontecem normalmente durante o verão.

A temperatura mínima absoluta medida no local foi 6,7° C em 14 de junho de 1988, repetindo-se em 14 de outubro do mesmo ano, embora não aconteça com frequência. (FERNANDES, 2005 *apud* MATTOS, 2005. p. 14)

4.3.4 A ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES RURAIS DE GUARATIBA

A Associação de Produtores Rurais de Guaratiba (Rural Guaratiba) é uma associação civil sem fins lucrativos que exerce atividade representativa entre os produtores rurais da região de Guaratiba, sediada em Ilha de Guaratiba, local onde se concentram inúmeros produtores rurais, em número próximo a 350 propriedades.

Ao longo de sua existência, procurou fortalecer e preservar a produção rural na região, tornando-se um amortecedor das influências de desenvolvimento à região, protegendo assim o maciço da Pedra Branca, o “cobertor de proteção” ao Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB).

A Rural Guaratiba obteve financiamento da Prefeitura do Rio de Janeiro dois eventos: Jardins do Rio em 2011 e Jardins do Rio 2ª edição em 2016, que foram exposições da produção agrícola de plantas ornamentais na região de Guaratiba.

A Rural Guaratiba em 2017 passou a integrar como membro da Plenária do Comitê Guandu, como resultado das atuações preliminares deste trabalho de tese.

Dentre suas atividades incorporou a efetiva participação no processo de atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos do Comitê Guandu, com o protagonismo de mobilização para as reuniões que irão ocorrer de contribuição aos trabalhos.

A Figura 60 retrata um momento da primeira oficina para apontamentos das demandas locais que não foram contempladas na primeira versão daquele plano.



Figura 60 – Participantes da 1ª Oficina em Guaratiba para a Revisão do Plano de Bacia do Comitê Guandu

Fonte: Arquivo próprio

Os mais ativos associados a Rural Guaratiba estão distribuídos no território como demonstrado na Figura 61.

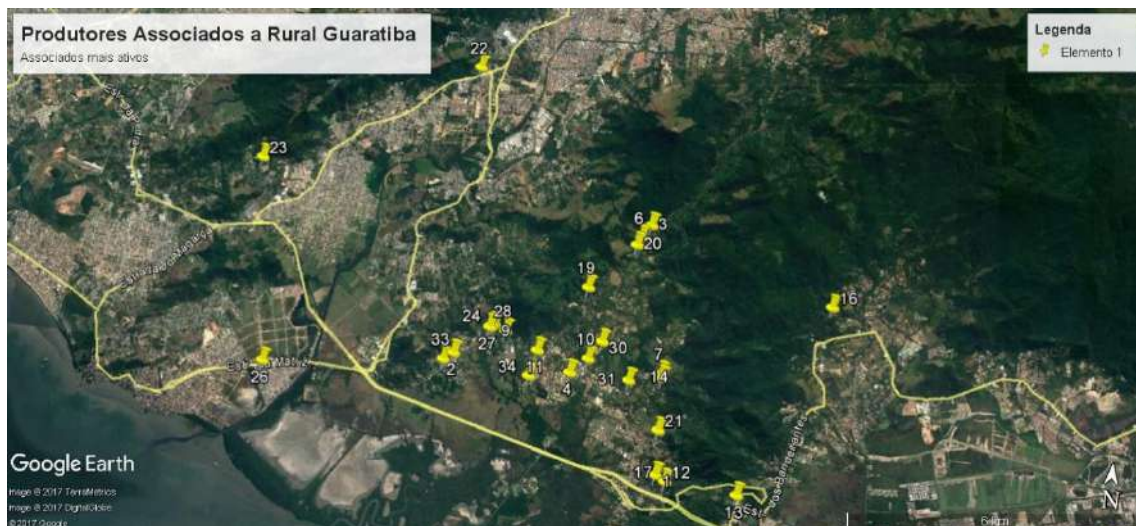


Figura 61 - Distribuição no território dos produtores mais ativos da Rural Guaratiba

Fonte: O Autor a partir do Google Earth e dados da Rural Guaratiba

CAPÍTULO V

5 APLICAÇÕES DOS MODELOS

5.1 A PROPOSTA

Para a avaliação da Segurança Hídrica de Guaratiba nesse trabalho será aplicado dois modelos de avaliações, quais sejam:

- o modelo analítico de segurança hídrica de MELO (2016) para o abastecimento público, derivado de dois mananciais: 1) o principal que é a do sistema que alimenta a Estação de Tratamento de Água Guandu (ETA-Guandu) e; 2) o de menor proporção, que é derivado das captações nas represas das Tachas, Coqueiro e Andorinha; e
- o modelo GWP (2014), que inclui a avaliação de segurança hídrica inclusive para os consumos de água subterrâneas por meio de captações de perfurações de poços.

Para a avaliação da segurança hídrica do abastecimento urbano é avaliado aspectos relacionados aos municípios com áreas drenantes para o Rio Guandu e, conseqüentemente, com influências diretas na captação da Estação de Tratamento de Águas do Guandu (ETA-Guandu). A Figura 62 delimita a área de estudo. Esta abordagem se faz necessária, tendo em vista que o maior volume de água do abastecimento público que chega em Guaratiba, da ETA Guandu provem.

Cabe destacar que naturalmente os municípios de Pirai e Barra do Pirai, cortados pelo rio Pirai, não drenavam suas águas para a bacia do Rio Guandu, mas em razão das obras de transposição da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, passaram a ter parte de suas águas vertidas para o rio Pirai com seu fluxo invertido para essa última bacia.

Em princípio as obras de transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu foram para fins de produção de energia hidroelétrica e posteriormente também foram aproveitadas para o abastecimento público.

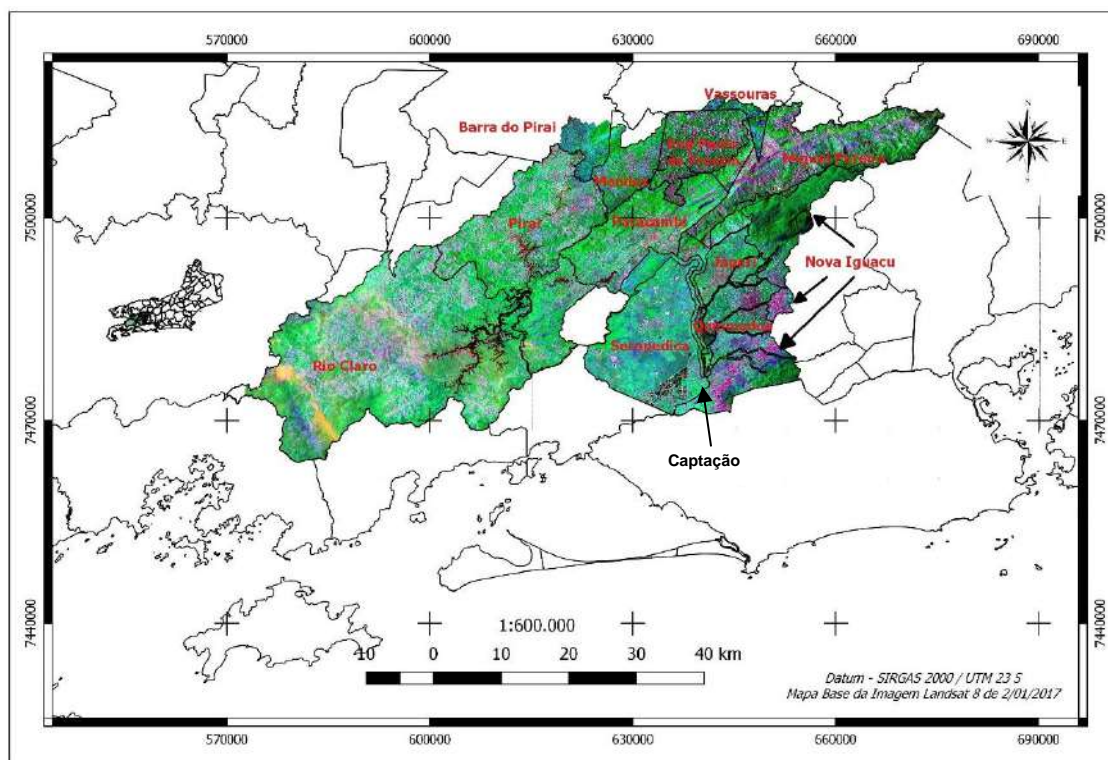


Figura 62 - Áreas de municípios da RH II que no todo ou em parte são drenantes para montante da captação da ETA Guandu
 Fonte: O Autor²⁷

5.2 O ABASTECIMENTO PÚBLICO

O abastecimento público que atende a maior parte da RMRJ, que por extensão também abastece Guaratiba, advém de um manancial principal, esta última também recebe para atendimento de parte de seu território águas do complexo das Tachas, que serão melhor descritos a seguir.

5.2.1 O PRINCIPAL MANANCIAL E SUA CARACTERIZAÇÃO

O abastecimento público de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é fortemente dependente das águas que chegam à ETA Guandu, localizada no município de Nova Iguaçu, operada pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) captadas no rio Guandu, depois de que a maior parte delas são transpostas do rio Paraíba do Sul.

²⁷ A partir da Imagem do Satélite *Landsat 8*, de 02/01/2017, disponibilizada pelo recurso *Land Viewer* do sítio da rede mundial de computadores da *Earth Observing System* (<https://eos.com/lv/> / acesso em 04/01/2018); *Shapefiles* dos limites da Região Hidrográfica II, disponível em Siga Guandu (www.comiteguandu.org.br / acesso em 10/08/2017); e elaboração com o software QGIS 2.18.13.

O rio Guandu drena uma bacia com área de 1.385 Km² e é formado pelo rio Ribeirão das Lages, passando a se chamar rio Guandu a partir da confluência com o rio Santana. Seus principais afluentes são os rios dos Macacos, Santana, São Pedro, Poços/Queimados e Ipiranga. O seu curso final foi retificado e leva o nome de canal de São Francisco. Todo seu percurso, até a foz, totaliza 48 Km.

As águas são provenientes de uma engenhosa estrutura de transposição do rio Paraíba do Sul, do qual cerca de 2/3 de sua vazão são retirados, a partir da barragem de Santa Cecília, em Barra do Piraí, que, além de gerar energia no sistema da LIGHT, permite significativo incremento de águas aos rios Piraí, que teve seu curso invertido, vertendo para o rio Guandu.

A Figura 63 apresenta o esquema do aproveitamento hidrelétrico do Sistema Lajes da LIGHT.



Figura 63 - Esquema de Aproveitamento Hidrelétrico do Sistema Lajes da LIGHT
Fonte: Apresentação LIGHT ao Comitê Guandu em setembro de 2014.

Próximo ao ponto de captação rio Guandu se divide em dois braços, sendo que em ambos há barragens pertencentes a CEDAE. Unida ao braço leste, encontra-se a lagoa do Guandu. Nela, desembocam os rios dos Poços/Queimados e Ipiranga e Cabuçu.

As barragens possibilitam a captação da ETA Guandu em uma vazão média de 43 m³/s, de uma vazão outorgada em operação de 45 m³/s.

A jusante da ilha da CEDAE, o rio Guandu atravessa um pequeno trecho com leito pedregoso, formando uma corredeira. Depois toma rumo sudoeste e percorre cerca de 9 Km até adentrar ao canal de São Francisco, que segue por 15 Km até desaguar na Baía de Sepetiba.

A transposição do rio Paraíba do Sul foi iniciada em 1950, com objetivo do aproveitamento energético, e criou uma oferta hídrica relevante na bacia receptora do rio Guandu, que assim se tornou o principal manancial de abastecimento de água da RMRJ, para cerca de nove milhões de habitantes atendidos.

A ETA Guandu e Infraestruturas Hidráulicas

A maior parte da água consumida pela Região Metropolitana do Rio de Janeiro e que atende a 9.000.000 de pessoas advém da transposição do Rio Paraíba do Sul por meio de um complexo de engenharia da década de 1950.

O rio Guandu originalmente tinha uma vazão de 25 m³/s e em 1952 ele passou também receber as águas da transposição do Rio Paraíba do Sul, captadas em Santa Cecília (Barra do Pirai).

Legalmente o início da operação se deu com base no Decreto-Lei nº 7.542/1945, que também autorizou a Light a derivar as águas do ribeirão do Vigário e do rio Pirai para utilizá-las na ampliação da usina Ribeirão das Lajes.

As estruturas hidráulicas que propiciaram a transposição das águas do Paraíba do Sul para a vertente da Serra do Mar têm capacidade de derivar 160 m³/s, esse valor corresponde a aproximadamente 2/3 da vazão regularizada no local.

Em Santa Cecília existe um reservatório, cujo volume útil é de apenas 2,17 hm³ (hectômetro cúbico), que propicia a tomada de água da usina elevatória. As águas recalçadas do Rio Paraíba do Sul vencem uma altura de 15,5 metros, sendo conduzidas através de um túnel, com seção de 43,5 m² e comprimento de 3.314 metros, ao reservatório de Santana, construído a partir de um segundo barramento no rio Pirai. Cabe lembrar que o primeiro barramento é o correspondente ao reservatório de Tócos, situado bem a montante, no município de Rio Claro.

As águas acumuladas no reservatório de Santana são novamente recalçadas pela usina elevatória de Vigário, localizada na parte a montante do reservatório nas proximidades do centro da cidade de Pirai. A altura de bombeamento neste segundo recalque é de 35 metros e a capacidade de recalque é de 189 m³/s.

A usina de elevatória de Vigário recalca as águas do reservatório de Santana para o reservatório de Vigário, formado pelo barramento do ribeirão do Vigário, que era um

pequeno afluente do rio Piraí. O efeito do bombeamento pela parte montante do reservatório de Santana fez com que o Rio Piraí, no trecho do reservatório, passasse a ter seu curso invertido.

Ressalta-se que a vazão média natural do Rio Piraí, em Santana, era de 20 m³/s com mais o incremento Tócos/Santana de 6 m³/s e, ainda, que as águas acumuladas nesse reservatório são provenientes dos rios Paraíba do Sul e Piraí, assim estima-se que 180 m³/s sejam transferidos da bacia do Paraíba do Sul para a bacia do Guandu por meio das duas transposições citadas.

As águas acumuladas no reservatório de Vigário e Lajes são então desviadas por gravidade para a vertente atlântica da Serra do Mar através de tubulações de adução que aproveitam a diferença de nível de aproximadamente 300 metros, para fins de aproveitamentos energéticos.

A energia produzida a partir dessa grande queda justifica economicamente o esforço de transposição realizado, ou seja, o gasto de energia no primeiro recalque, de 15 metros, somado ao do segundo de 35 metros. Esse arranjo permitiu a conservação das usinas hidrelétricas Nilo Peçanha, Fonte Velha (desativada), Fonte Nova e Pereira Passos.

Depois de Pereira Passos a água percorre por 45 km até a captação da ETA Guandu, que tem a capacidade de captação de 80.000 l/s e está localizada em Nova Iguaçu, divisa com Seropédica, distante 22 km, a montante, da Baía de Sepetiba.

Após a realização do tratamento, a água deixa a ETA através de dois subsistemas: Lameirão e Marapicu.

O Subsistema Lameirão

O subsistema Lameirão se destaca pela grandiosidade da obra de engenharia com singularidades que fazem dela a maior elevatória subterrânea de água tratada do mundo. Localizada no bairro de Santíssimo, Município do Rio de Janeiro, teve suas estruturas hidráulicas todas construídas a cerca de 64 metros abaixo do nível do terreno.

Cerca de 64 metros abaixo do nível do terreno galerias escavadas em rocha abrigam o salão de bombas e motores, galeria de válvulas, salão de bombas de esgotamento e galerias de acesso.

A construção da elevatória exigiu a escavação e retirada de 70.000 m³ de rocha e consumiu cerca de 35.000 m³ de concreto.

A água bombeada na Elevatória do Lameirão flui através de dois túneis verticais escavados em rocha, com 2,75 m de diâmetro e altura de 117 m. A partir deste ponto a água escoar em regime de conduto livre (por gravidade).

Imediatamente após a chegada da água, estes dois túneis se unem em um “Y” formando apenas um túnel-canal com seção equivalente a 22 m². Este túnel faz um percurso de 32 km, se iniciando em Santíssimo e finalizando no reservatório dos Macacos, na Gávea. A construção deste túnel-canal exigiu um estudo elaborado tendo como objetivo o aproveitamento da topografia e maciços rochosos existentes para conduzir a água por gravidade em uma extensão considerável.

No percurso do túnel, alguns vales obrigaram a construção de 3 pontes-canais ligando um maciço a outro.

Como características técnicas do sistema de bombeamento da elevatória se tem:

- Capacidade de bombeamento total = 27.600 l/s ou 2,4 bilhões de litros por dia;
- 5 bombas de 4.600 litros por segundo;
- 2 bombas de 2.300 litros por segundo;
- 5 motores síncronos de 9.000 HP - 13,8 kV – 400 rpm;
- 2 motores síncronos de 4.500 HP - 13.8 kV – 600 rpm;
- Altura manométrica = 117 m.c.a; e
- Recalque através de 2 *shafts* escavados em rocha de 2,75 m de diâmetro e 117m de altura.

A Figura 64 apresenta o esquema da elevatória do subsistema Lameirão.



Figura 64 - **Subsistema Lameirão**
Fonte: OLIVEIRA, 2017

Na baixada de Jacarepaguá, devido à grande extensão entre os morros, não foi possível a construção de ponte canal, optando-se por um sifão invertido com uma extensão de

2.800 m, passando sob a Av. Cândido Benício. Durante todo o percurso do túnel-canal, dispositivos de transição permitem a saída de adutoras para abastecimento de diversas regiões ao longo de seu caminho.

A Elevatória do Lameirão é responsável pelo abastecimento de Bangu, Anchieta, Nilópolis, Acari, zona da Leopoldina, Jacarepaguá, Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Tijuca, Centro e zona sul da Cidade.

O Subsistema Marapicu

No subsistema Marapicu, a água é bombeada por três elevatórias de alto recalque, denominadas: Alto Recalque do Guandu (ARG), inaugurada no ano de 1955, Novo Alto Recalque do Guandu (NARG) em operação desde 1974, e Elevatória da Zona Rural (NEZR) de 1994. O Reservatório do Marapicu, que está em operação desde 1955, com capacidade de 20.000 m³.

Aproximadamente 50% da água tratada é bombeada para esse reservatório. Dele partem seis adutoras, que levam a água para a Zona Oeste e para a Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro também para a Baixada Fluminense.

O Reservatório do Marapicu tem a capacidade de 20 milhões de litros e recebe a água através de 5 elevatórias com grupos moto-bombas de até 4.500 Hp com capacidade de bombeio de 2.500 l/s. Aproximadamente 50% da água tratada na ETA é bombeada para o Reservatório do Marapicu, que fica a 110 metros de altura. Do reservatório a água é distribuída através de 6 adutoras com diâmetros variando de 800 a 2000 mm.

O conjunto de imagens da Figura 65 demonstra a localização e alguns dos equipamentos de recalques do Reservatório do Marapicu.

A Figura 66 apresenta o esquema geral do sistema Guandu atual desde a captação até o reservatório do Marapicu.

A principal fonte de abastecimento de água de Guaratiba atualmente é por uma adutora ligada ao Reservatório do Marapicu, que chega pela Estrada do Magarça.

Há projeto de ampliação futura que prevê um outro conjunto de desaneradores, elevadores, decantadores, filtros, tanque de contato, elevatória de água tratada, adutora de alimentação de um novo reservatório do Marapicu, como demonstrado na Figura 67.

As novas adutoras de distribuição da água e troncos que irão abastecer a Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, incluindo Guaratiba tiveram seu início de implantações em 2014, mas tiveram suas obras paralisadas.

Estas novas adutoras são de diâmetros iniciais de 1000 mm em seu Ponto 0, situado em um ponto da Avenida Brasil, depois passa por reduções para 900 mm até chegar em Guaratiba, daí sofre mais uma redução para 800 mm. Estas adutoras irão abastecer três reservatórios em Guaratiba, dois de 10.000 m³ (Guaratiba I e II) e um de 5.000 m³ (Guaratiba III).



Reservatório do Marapicu – 1955



Alto Recalque do Guandu (ARG) - 1955



Novo Alto Recalque do Guandu (NARG) – 1974



Elevatória da Zona Rural (NEZR) – 1994

Figura 65 - O Reservatório do Marapicu e Alguns de seus Equipamentos de Recalques
Fonte: OLIVEIRA, 2017

ESQUEMA GERAL DO SISTEMA GUANDU ATUAL

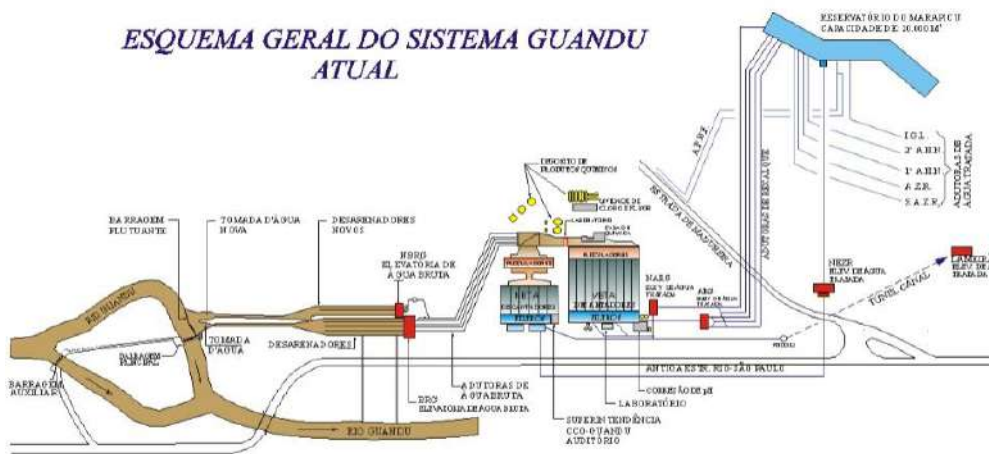


Figura 66 - Esquema Geral do Sistema Guandu Atual
Fonte: ANTUNES (2014)

Estas obras estão no programa Saneamento para Todos, da Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro, tendo a Cedae como interveniente executora e estão enquadradas no Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC 2) do Governo Federal.

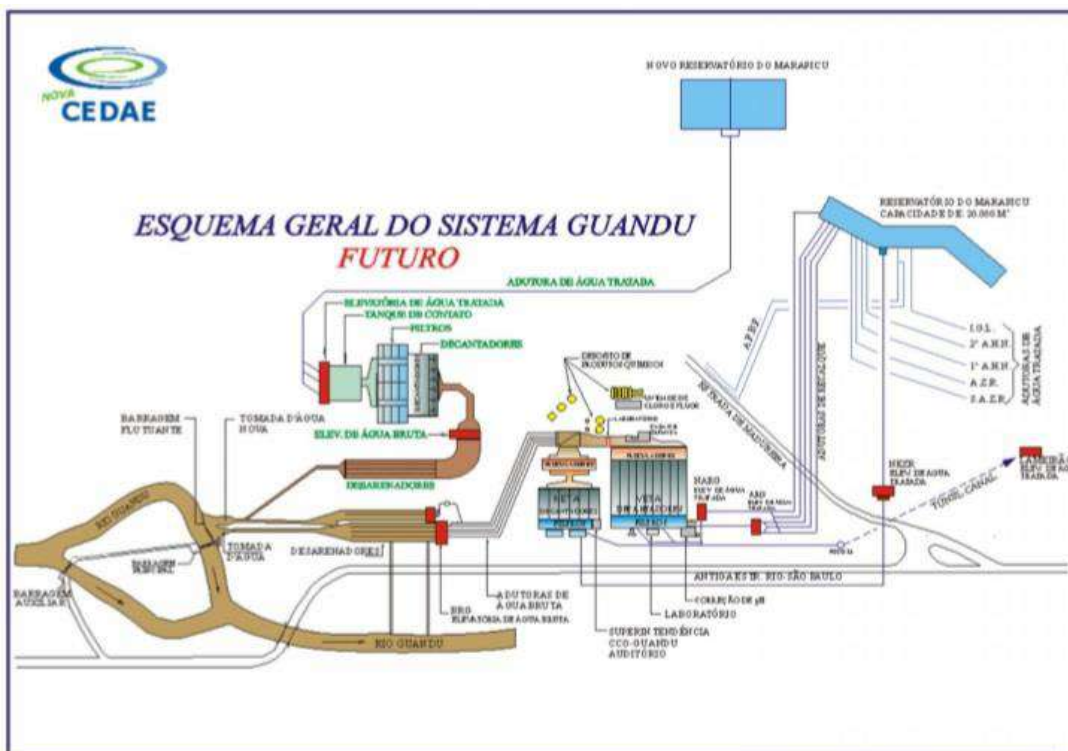


Figura 67 - Esquema Geral do Sistema Guandu Futuro
Fonte: ANTUNES (2014)

A Figura 68 apresenta a placa com as informações pertinentes a obra de ampliação do sistema de abastecimento de água da Zona Oeste do Rio de Janeiro que atende a região de Guaratiba.



Figura 68 - Placa com Informações sobre a Ampliação do Sistema de Abastecimento de Guaratiba
Fonte: Google Maps

A Figura 69 apresenta parte da tubulação das adutoras que atenderão a região de Guaratiba que terão as obras retomadas segundo CARDOSO (2017).



Figura 69 - Tubos das Adutoras que Atenderão a Guaratiba
Fonte: CARDOSO (2017)

5.2.2 AS REPRESAS DAS TACHAS, COQUEIRO E ANDORINHA

A represa das Tachas foi construída na década de 1940 e na década de 1980 se deu as construções das outras duas (Coqueiro e Andorinha), as três são mantidas pela CEDAE e ficam localizadas na estrada Paiva Muniz (antiga estrada das Tachas).

Cada uma destas represas possui uma capacidade de aproximadamente 10.000 litros de água que, após captações, recebem tratamento de desinfecção com Hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) e abastecem juntas o sub bairro do Retiro em Guaratiba, com adutoras de 200 mm da represa das Tachas e 150 mm e das represas Andorinha e Coqueiros. A

vazão conjunta destas 3 represas é de 21,7 litros/segundo. Cabendo as Tachas a vazão de 13,46 litros/segundo, Coqueiro a vazão de 4,56 litros/segundo e Andorinha a vazão de 3,68 litros/segundo.

A represa das Tachas e ao fundo a caixa de areia, onde é feita a filtragem, são retratadas na Figura 70.

Em um nível mais acima se encontra a represa Coqueiro que tem suas águas canalizadas por uma adutora de 150 mm, conforme pode ser observado na Figura 71.

Mais a montante de todas as outras duas se encontra a Represa Andorinha. Na área dessa represa encontram-se também instalações de armazenagem de produtos para tratamento da água e também de utensílios de usos operacionais. A Figura 72 apresenta a represa Andorinha.

As adutoras provenientes das Tachas, Andorinha e Coqueiro são interligadas com a adutora proveniente da ETA Guandu que chega na região, em um ponto na estrada do Cachimbau.



Figura 70 - Represa das Tachas e ao fundo Caixa de Areia (filtração) (a)

Figura 71 - Represa Coqueiro (b)

Figura 72 - Represa Andorinha (c)

Fonte: o Autor

O controle de qualidade de água é feito periodicamente na Unidade de Tratamento Batalha, localizada no Rio da Prata, em Campo Grande.

5.3 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Muito embora os Censos do IBGE apontem para usos de águas de poços ou nascentes por mais de 2000 domicílios em Guaratiba, apenas sete poços são registrados.

As águas de poços são utilizadas para os diversos usos na região, seja para consumo humano, seja para a produção agrícola, com destaque para produção de plantas ornamentais e mudas, que é vocação da região.

É comum em uma mesma propriedade ter dois ou mais poços em uso, por outro lado na região não existe rede de esgotamento sanitário.

5.4 A SEGURANÇA HÍDRICA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO PARA GUARATIBA

Para a avaliação dos estressores da fonte de água bruta na Região Hidrográfica II, seguindo ao modelo de MELO (2016), descrito no Capítulo II, são feitas as análises dos estressores com foco na área da bacia hidrográfica a montante do ponto de captação da ETA Guandu, de onde provem o maior volume de água tratada que atende parcialmente a região de Guaratiba.

São avaliadas as pressões sobre as condições ambientais; os poluentes ordinários e a pressão sobre a qualidade da água; a análise de risco; o sistema de abastecimento de água potável (avaliação qualitativa e vulnerabilidade) para Guaratiba, incluindo as das represas de menores proporções, que são derivadas das captações nas barragens das Tachas, Coqueiro e Andorinha. E, são feitas propostas de ações de gestão para aumentar a segurança hídrica que atendam ao abastecimento público de Guaratiba.

5.4.1 PRESSÕES SOBRE CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A seguir são avaliadas: 1) as pressões sobre as condições ambientais tendo como elemento de análise a ocupação e uso da terra e a cobertura vegetal a montante da captação da ETA Guandu; 2) as áreas de Unidades de Conservação; 3) a situação do estressor; e 4) as ações de gestão em execução com interferência nas ocupações e usos das terras.

Ocupação e Uso da Terra e Cobertura Vegetal a Montante da Captação da ETA Guandu

Para avaliação da ocupação e uso da terra²⁸ e cobertura vegetal a montante da captação da ETA Guandu, utilizou-se da imagem do satélite *Landsat 8*, de 02/01/2017, disponibilizada pelo recurso *Land Viewer* do sítio da rede mundial de computadores da *Earth Observing System* (<https://eos.com/lv/> / acesso em 04/01/2018) dentre as 218 imagens do período de 01/01/2013 a 04/01/2018, pois era a que apresentava menor

²⁸ Nesse trabalho estamos adotando a terminologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), constante no Manual técnico em geociências, que divulga os procedimentos metodológicos utilizados nos estudos e pesquisas de geociências. **IBGE - Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª edição, Rio de Janeiro, 2013

interferência de nuvens, bem como os *Shapefiles* dos limites da Região Hidrográfica II e áreas municipais da bacia disponíveis no recurso Siga Guandu (www.comiteguandu.org.br / acesso em 10/08/2017); além dos recursos do *software* Quantum Gis versão 2.18.13.

Da referida imagem temática foram extraídas feições relativas: a) fragmentos florestais; b) pastagens; c) edificações; e) solos expostos; f) campos rupestres; g) corpos hídricos, h) cultivos, i) minerações; e j) sujeitos a inundações; além de também apontar as áreas não classificadas pelo referido *software*.

Os mapeamentos, para avaliação da ocupação e uso da terra e cobertura vegetal a montante da captação da ETA Guandu, foram executados para as áreas municipais drenantes para ao ponto de captação da ETA Guandu em seu todo também particularizadas por áreas municipais daquele conjunto, conforme se descreve a seguir.

A Figura 73 demonstra a ocupação e uso da terra do conjunto das áreas municipais da RH II que são drenantes para ao ponto de captação da ETA Guandu em seu todo.

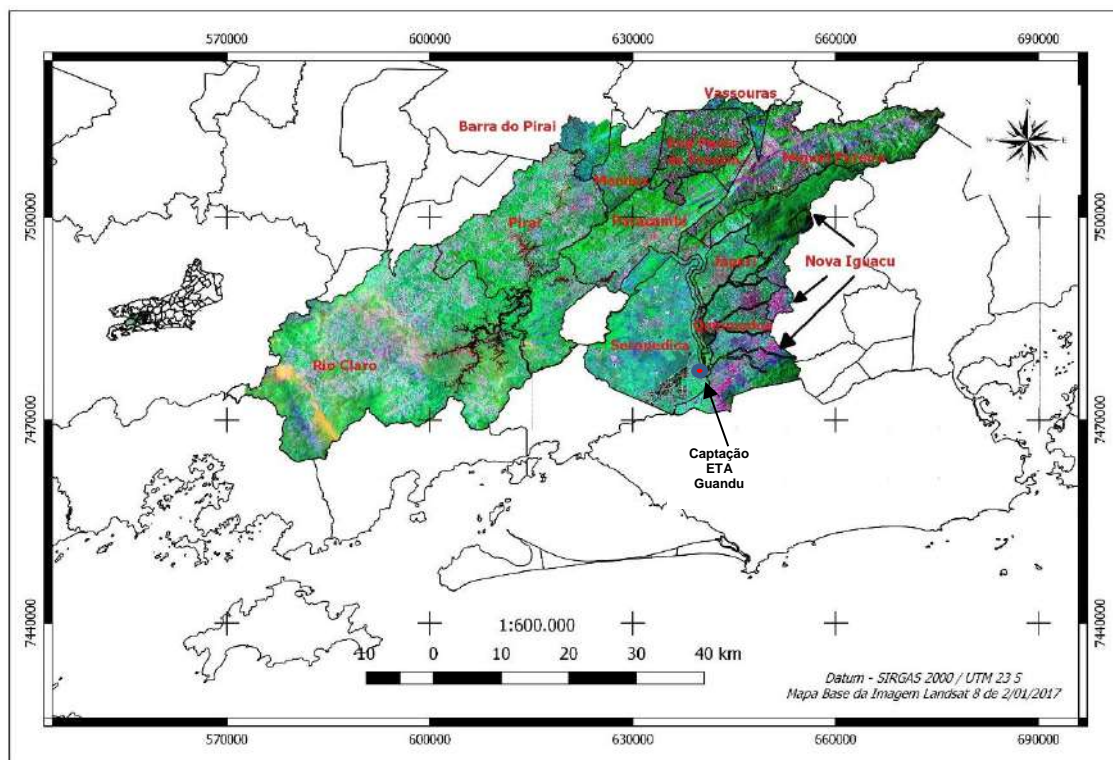


Figura 73 – Ocupação e Uso da Terra a Montante da ETA Guandu em 2017
Fonte: O Autor

Cabe destacar que o município de Seropédica, para efeito desse estudo foi considerado no seu todo, para efeito das análises que se seguem, como contribuinte para a área drenante a ETA Guandu, muito embora sua maior área de drenagem se dê para o Rio

da Guarda, tal fato se deu face a não disponibilidades de dados comparativos desagregados por micro bacias hidrográficas.

A seguir são apresentados os estudos das ocupações e usos das terras de cada um dos municípios que estão a montante da captação da ETA Guandu.

Rio Claro

O município de Rio Claro tem uma área total de 837,264 km². A área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 32,859 km² pertencentes a Região Hidrográfica III (Médio Paraíba do Sul) e 804,405 km² pertencentes a Região Hidrográfica II (Guandu).

O município tem um importante componente hídrico que é o reservatório de Tócos, abastecido em sua maior porção pelas águas do Rio Pirai. Ele integra o subsistema Lajes (também composto pelo reservatório de Lajes e pela Usina Fontes Nova), suas águas chegam até o reservatório de Lajes através do túnel de Tócos.

O município de Rio Claro tem uma área que é da Unidade de Conservação integrante do Parque Estadual do Cunhambebe.

O IBGE²⁹ aponta para Rio Claro uma população estimada para 2017 de 17.425 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 19,31 hab./km² no ano de 2000 para 20,81 hab./km² em 2017, com PIB per capita de R\$ 18.285,13; no censo de 2010 o município apresentou 65% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 63,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 37,4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município foi em 2010 de 0,683. A Figura 74 apresenta a ocupação e uso da terra do município de Rio Claro pertencente a RH II.

²⁹ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-claro/panorama> em 25/12/2017

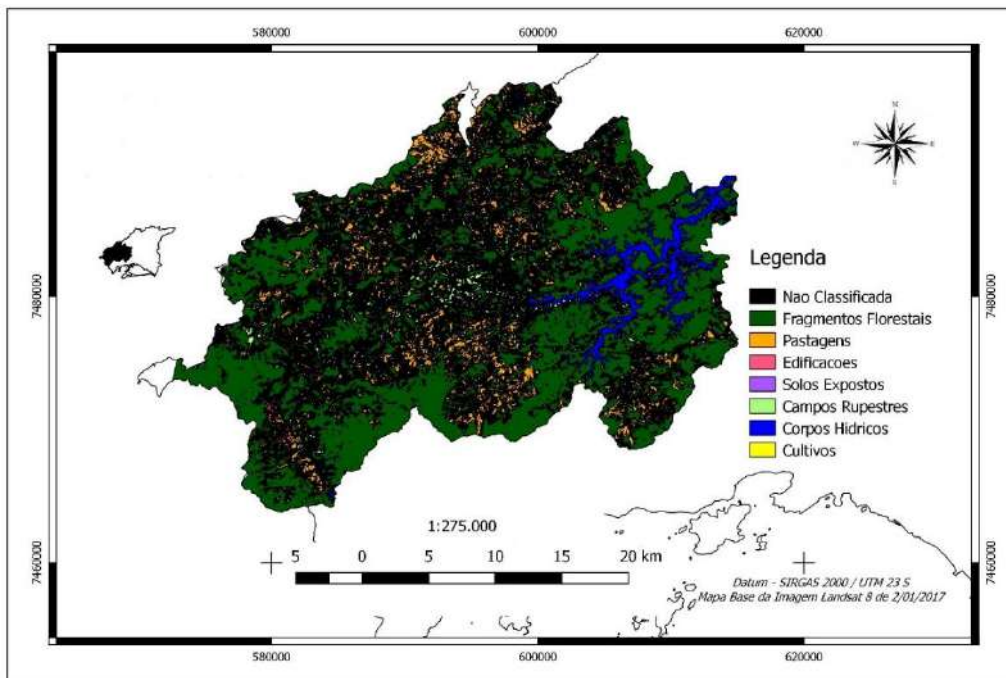


Figura 74 - **Ocupação e Uso da Terra da Área de Rio Claro na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

A Figura 75 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Rio Claro pertencente a RH II.

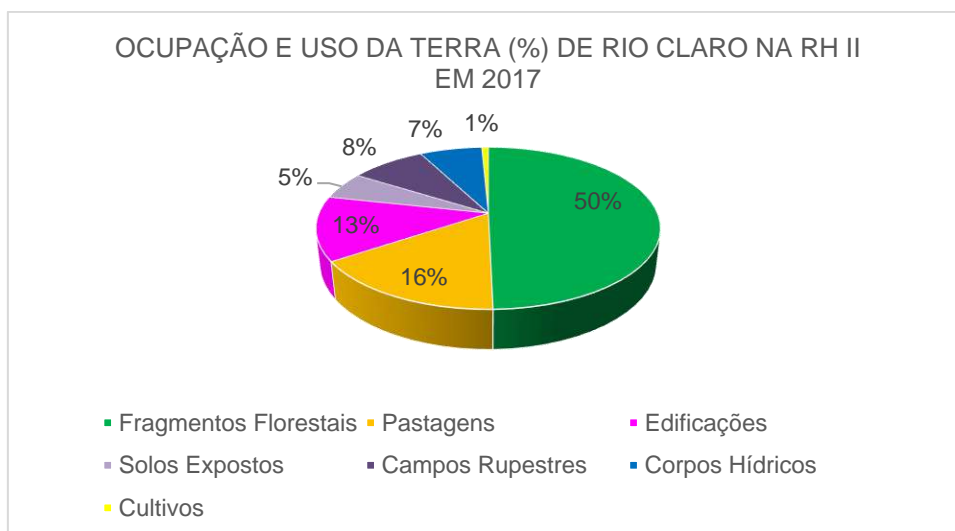


Figura 75 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Rio Claro na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Piraí

O município de Piraí tem uma área total de 505,375 km². A área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 110,158 km² pertencentes a Região Hidrográfica III (Médio Paraíba do Sul) e 395,217 km² pertencentes a Região Hidrográfica II (Guandu).

Parte da área do município de Piraí na RH II é integrante da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu).

No município estão localizados os reservatórios de Lajes, do Vigário e Santana, além da elevatória do Vigário.

O IBGE³⁰ aponta para uma população estimada para 2017 de 26.314 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 43,76 hab./km² no ano de 2000 para 52,07 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 61.722,46; no censo de 2010 o município apresentou 80,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 26,8% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 18,5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município de 2010 foi de 0,708. A Figura 76 apresenta a ocupação e uso da terra do município de Piraí da área pertencente a RH II.

³⁰ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/pirai/panorama> em 25/12/2017

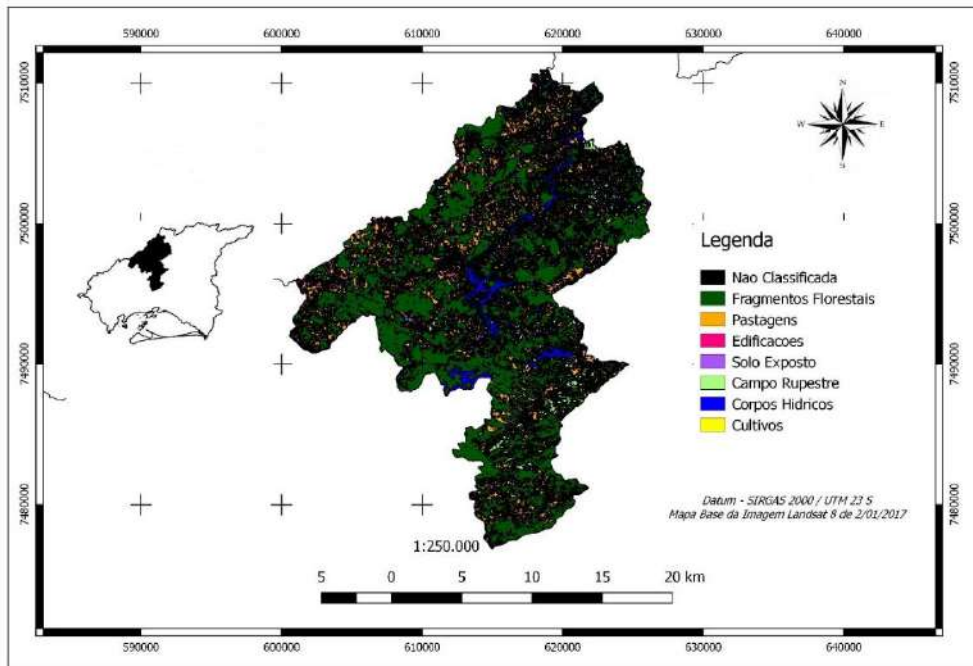


Figura 76 - **Ocupação e Uso da Terra de Pirai na RH-II em 2017**
 Fonte: O Autor

A Figura 77 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Pirai pertencente a RH II.

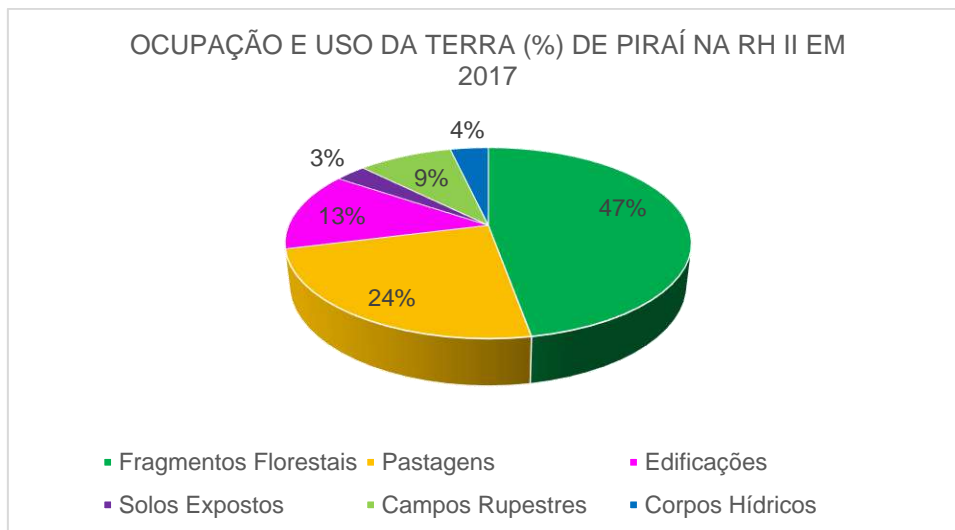


Figura 77 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Pirai na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Barra do Pirai

O município de Barra do Pirai exerce um papel importante para a situação atual da captação da ETA Guandu, pois é onde são iniciadas as operações de transposição das águas do rio Paraíba do Sul para a bacia do Rio Guandu.

O município de Barra do Pirai tem uma área total de 578,965 km². A área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 532,769 km² pertencentes a Região Hidrográfica III (Médio Paraíba do Sul) e 46,196 km² pertencentes a Região Hidrográfica II (Guandu).

O IBGE³¹ aponta para uma população estimada para 2017 de 97.460 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 152,85 hab./km² no ano de 2000 para 163,70 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 19.857,28; no censo de 2010 o município apresentou 77.2% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 69.8% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 39.4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,733.

O município teve sua área ampliada para a Região Hidrográfica II com base na Resolução CERHI-RJ N° 107, de 22 de maio de 2013, que aprovou a nova definição das Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. A Figura 78 apresenta a ocupação e uso da terra da área do município de Barra do Pirai pertencente a RH II.

³¹ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-do-pirai/panorama> em 25/12/2017

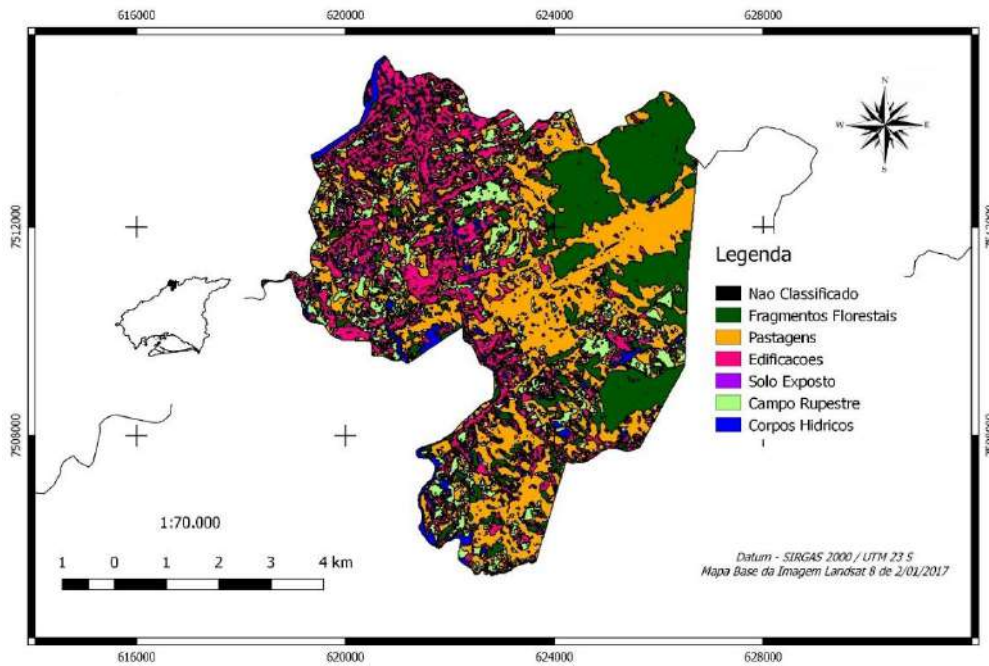


Figura 78 - **Ocupação e Uso da Terra de Barra do Piraí na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

A Figura 79 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Barra do Piraí pertencente a RH II.

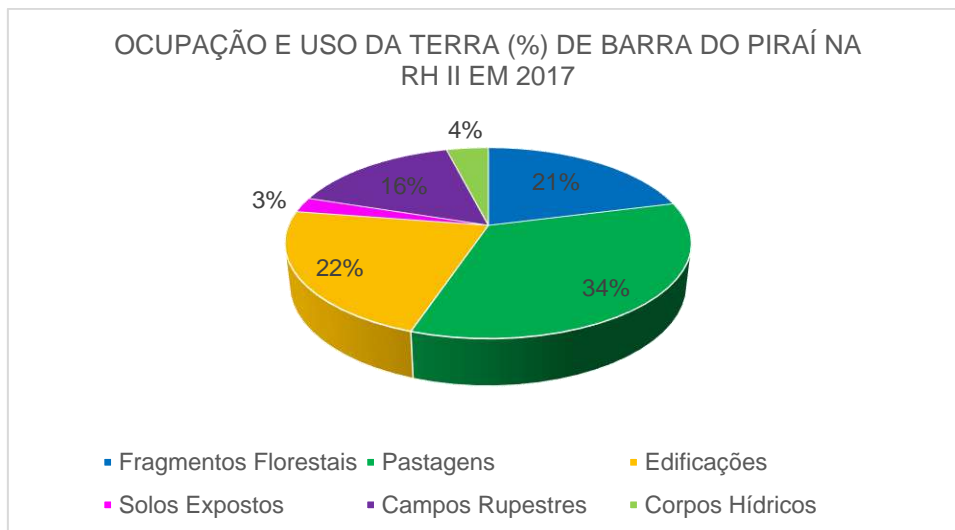


Figura 79 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Barra Piraí na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Mendes

O município de Mendes tem uma área total de 97,292 km². A área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 21,500 km² pertencentes a Região Hidrográfica III (Médio Paraíba do Sul) e 75,792 km² pertencentes a Região Hidrográfica II (Guandu).

Há uma pequena parte da área do município de Mendes na RH II que é integrante da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu).

O IBGE³² aponta para uma população estimada para 2017 de 18.123 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 178,24 hab./km² no ano de 2000 para 184,83 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 14.369,06; no censo de 2010 o município apresentou 61,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 33,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 11,4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,736. A Figura 80 apresenta a ocupação e uso da terra do município de Mendes pertencente a RH II.

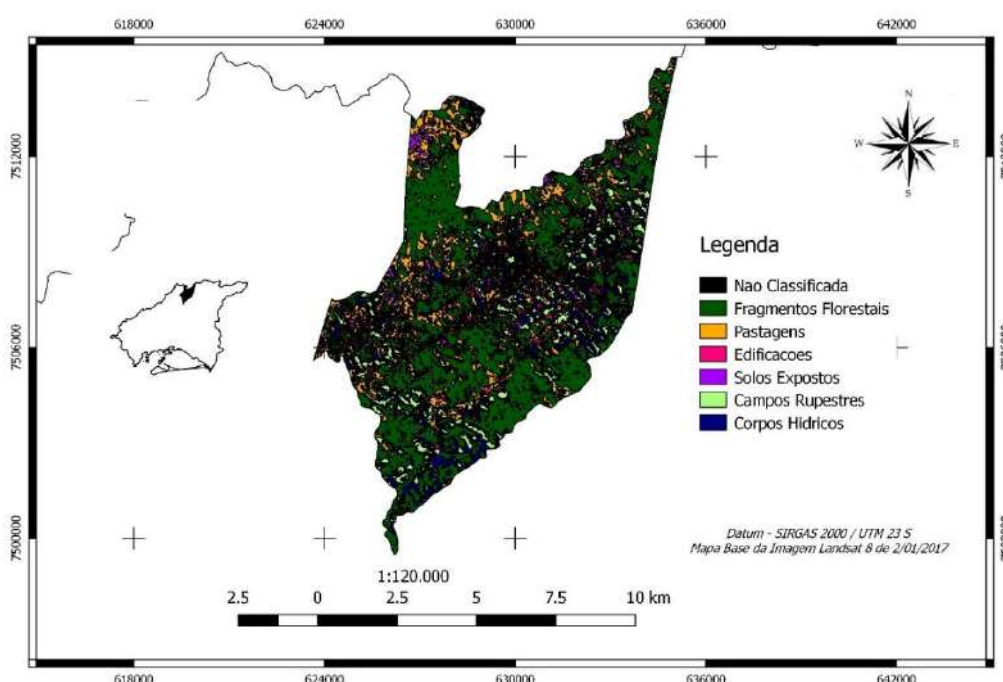


Figura 80 - Ocupação e Uso da Terra de Mendes na RH II em 2017

Fonte: O Autor

³² <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/mendes/panorama> em 25/12/2017

A Figura 81 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Mendes pertencente a RH II.

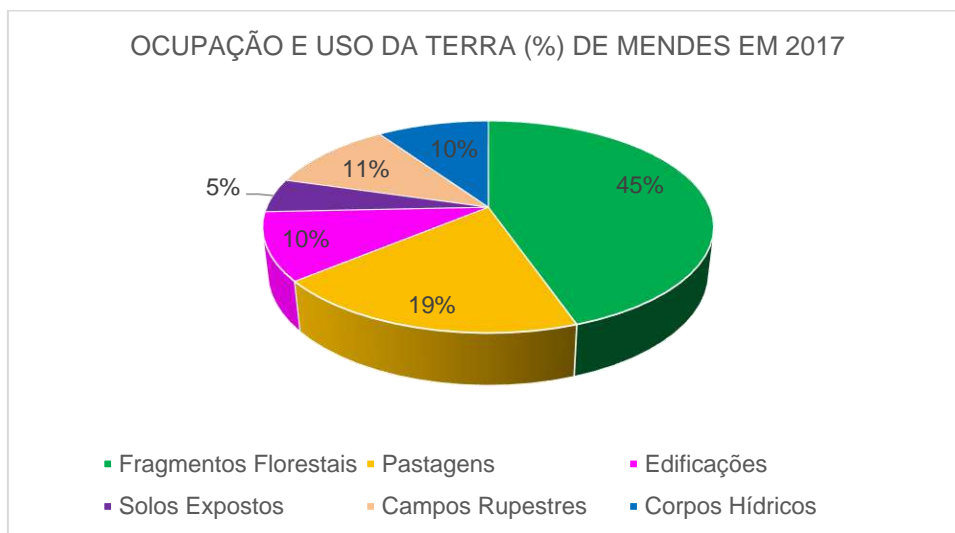


Figura 81 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Mendes na RH II em 2017

Fonte: O Autor

Engenheiro Paulo de Frontin

O município Engenheiro Paulo de Frontin, está integralmente na RH II e tem uma área total de 138,898 km².

Parte da área do município de Engenheiro Paulo de Frontin é integrante da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu).

O IBGE³³ aponta para uma população estimada para 2017 de 13.576 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 91,43 hab./km² no ano de 2000 para 99,57 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 18.102,90; no censo de 2010 o município apresentou 63% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 39,4% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 18,5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,722. A Figura 82 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra do município de Engenheiro Paulo de Frontin na RH II.

³³ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/engenheiro-paulo-de-frontin/panorama> em 25/12/2017

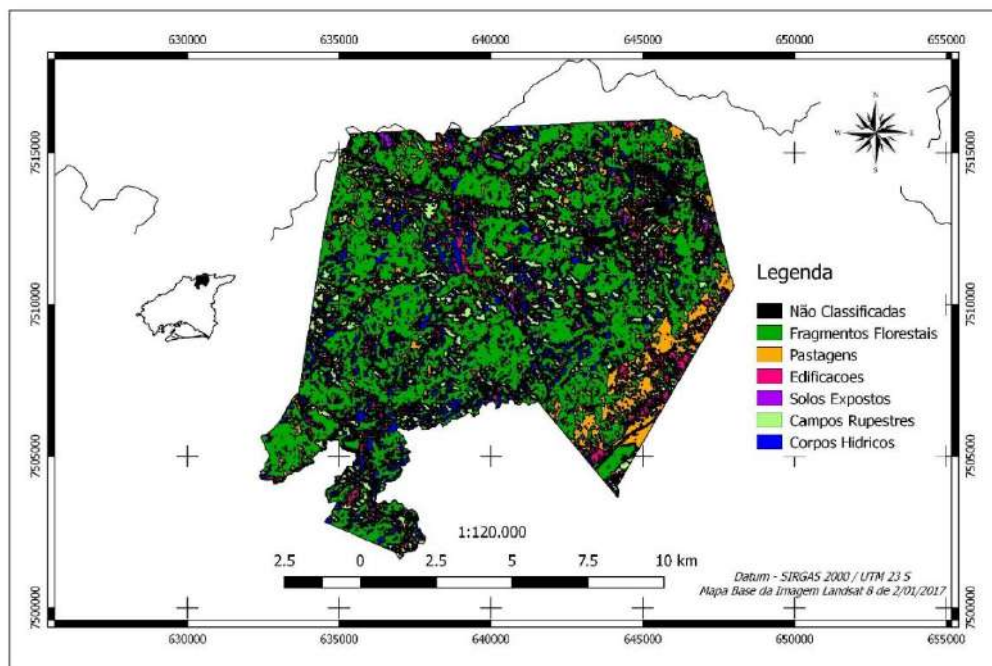


Figura 82 - **Ocupação e Uso da Terra de Engº Paulo de Frontin na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

A Figura 83 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Engenheiro Paulo de Frontin na RH II.

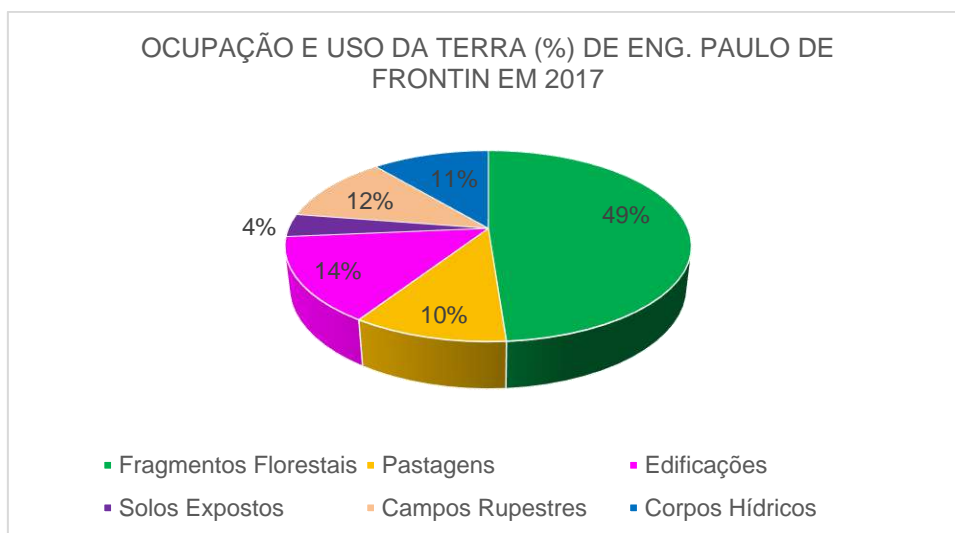


Figura 83 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Eng. Paulo de Frontin na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Vassouras

O município de Vassouras tem uma área total de 536,762 km². A área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 512,843 km² pertencentes a Região Hidrográfica III (Médio Paraíba do Sul) e 23,919 km² pertencentes a Região Hidrográfica II (Guandu).

Significativa parte da área do município de Vassouras na RH II é integrante da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu).

O IBGE³⁴ aponta para uma população estimada para 2017 de 35.768 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 58,45 hab./km² no ano de 2000 para 63,94 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 25.384,37; no censo de 2010 o município apresentou 73,5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 63,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 32,7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 2010 foi de 0,714. A Figura 84 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra da área do município de Vassouras na RH II.

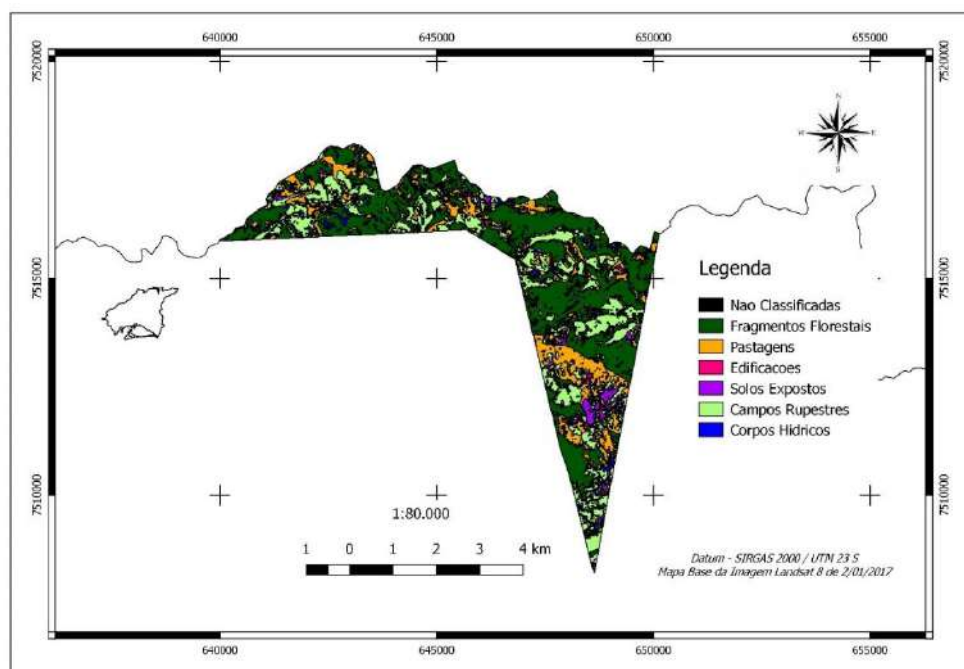


Figura 84 - Ocupação e Uso da Terra de Vassouras na RH II em 2017

Fonte: O Autor

³⁴ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/vassouras/panorama> em 25/12/2017

A Figura 85 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Vassouras na RH II.

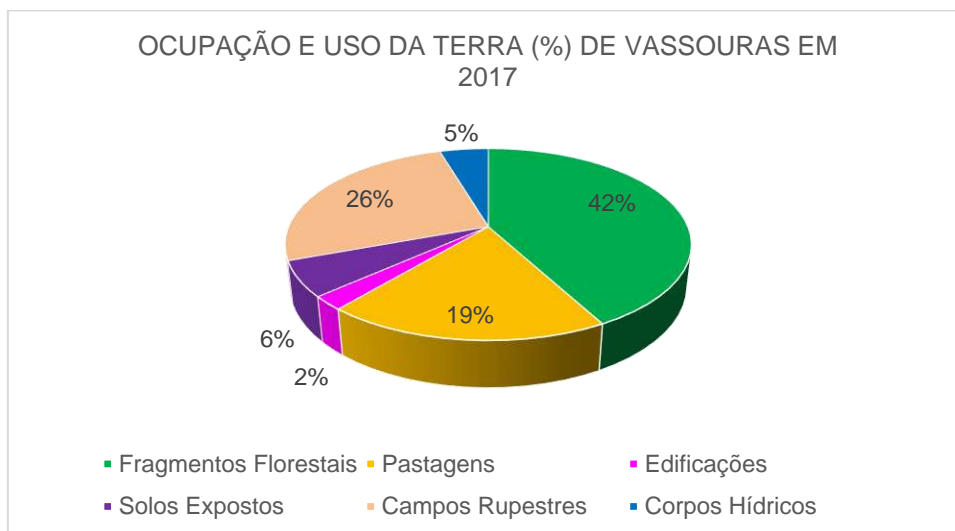


Figura 85 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Vassouras na RH II em 2017

Fonte: O Autor

Miguel Pereira

O município de Miguel Pereira tem uma área total de 289,183 km². A área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 34,225 km² pertencentes a Região Hidrográfica III (Médio Paraíba do Sul) e 254,958 km² pertencentes a Região Hidrográfica II (Guandu).

Significativa área do município de Miguel Pereira, na RH II, é parte integrante da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu) também conta com área da Reserva Biológica de Tinguá (REBIO Tinguá).

O IBGE³⁵ aponta para uma população estimada para 2017 de 24.871 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 82,65 hab./km² no ano de 2000 para 85,21 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 26.057,80; no censo de 2010 o município apresentou 68,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 86,1 % de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 33,2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,745. A Figura 86 apresenta a

³⁵ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/miguel-pereira/panorama> em 25/12/2017

classificação de ocupação e uso da terra do município de Miguel Pereira pertencente a RH II.

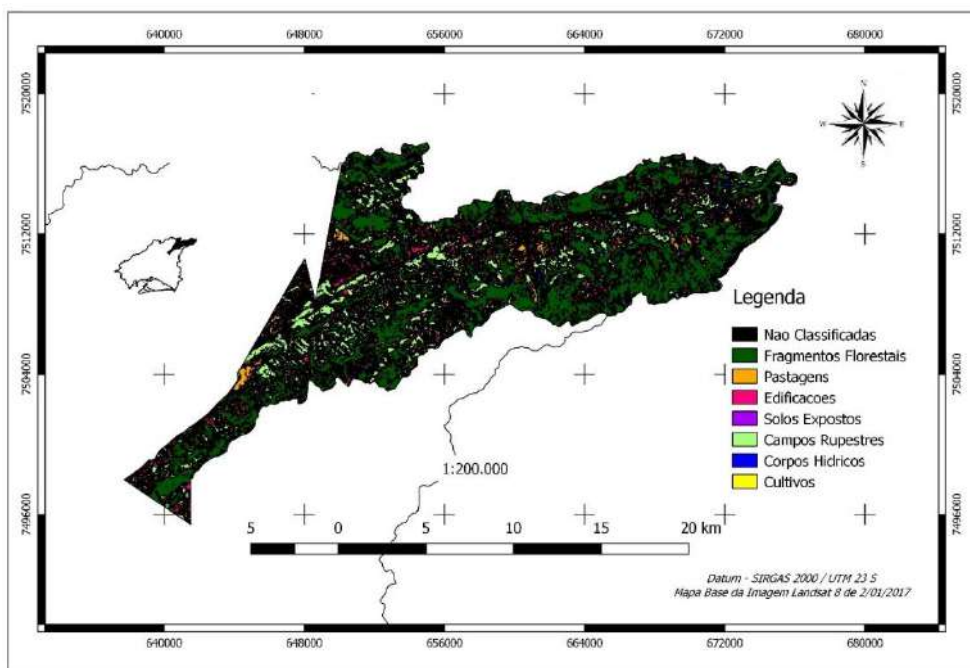


Figura 86 - **Ocupação e Uso da Terra de Miguel Pereira pertencente a RH II**
 Fonte: O Autor

A Figura 87 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Miguel Pereira na RH II.

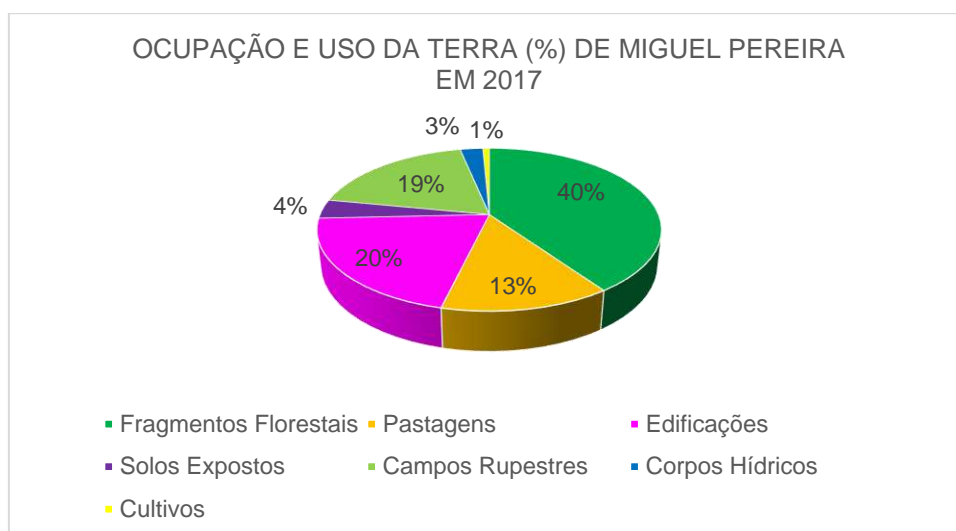


Figura 87 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Miguel Pereira na RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Paracambi

O município de Paracambi está integralmente na RH II e tem uma área total de 536,762 km².

Significativa área do município de Paracambi é parte integrante da Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu).

No município de Paracambi estão instalados o reservatório Ponte Coberta e as usinas hidrelétricas de Fontes Velha, Fontes Nova e Pereira Passos além da Pequena Central Hidrelétrica de Paracambi.

O IBGE³⁶ aponta para uma população estimada para 2017 de 50.447 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 225,24 hab./km² no ano de 2000 para 262,27 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 17.030,88; no censo de 2010 o município apresentou 83% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 81,6% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 59% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,720. A Figura 88 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra do município de Paracambi da RH II.

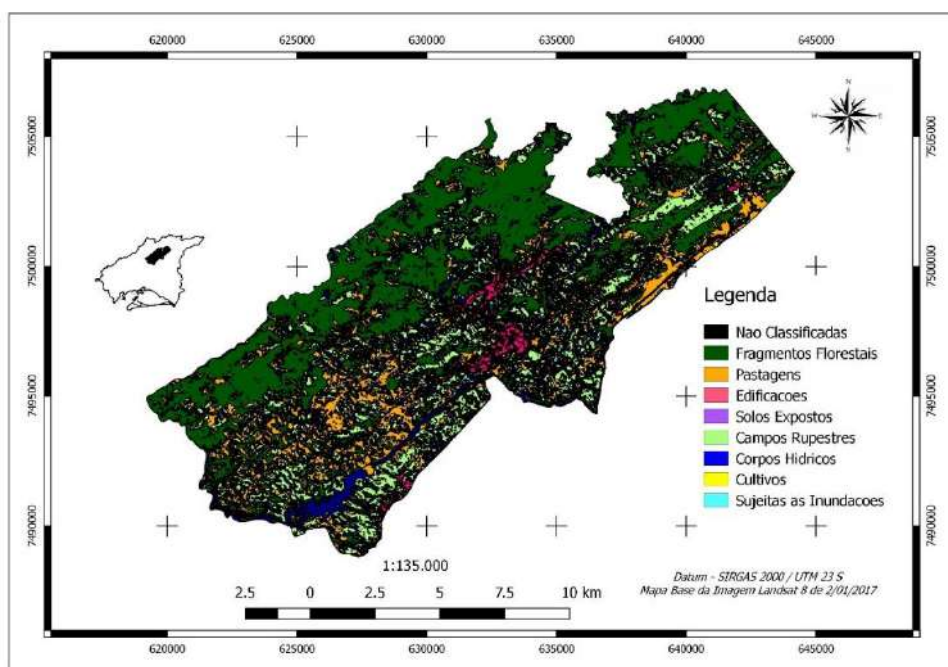


Figura 88 - Ocupação e Uso da Terra de Paracambi da RH II

Fonte: O Autor

³⁶ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paracambi/panorama> em 25/12/2017

A Figura 89 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Paracambi da RH II.

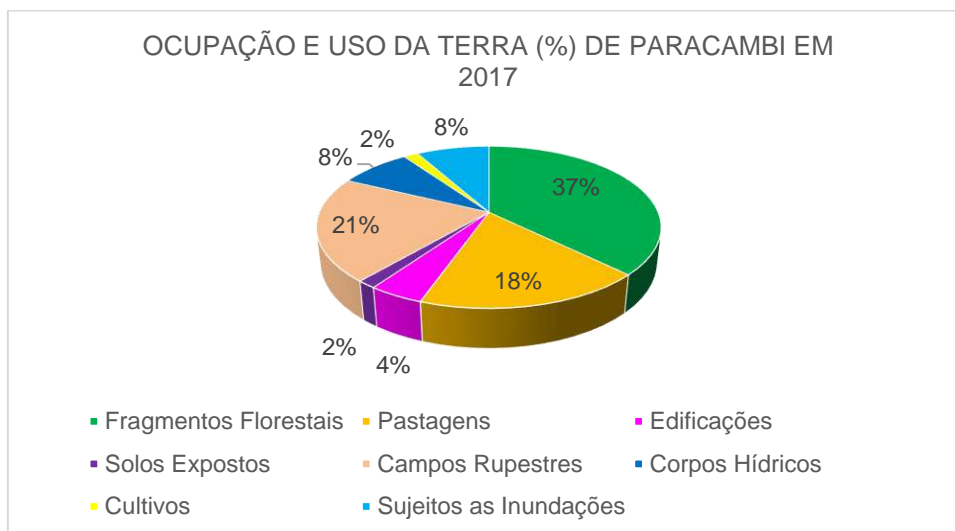


Figura 89 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Paracambi da RH II em 2017

Fonte: O Autor

Seropédica

O município de Seropédica está integralmente na RH II e tem uma área total de 283,766 km², mas embora tenha certa proximidade com o Rio Guandu, sua área drenante para o mesmo só se dá em uma pequena parte ao seu Nordeste.

Parte da área do município de Seropédica é integrante da APA Guandu e há também no município a Floresta Nacional Mário Xavier (Flona Mário Xavier).

O Município se destaca no cenário de mineração do estado do Rio de Janeiro como um dos maiores fornecedores de areia para a construção civil. Essa atividade deixa exposta várias cavas inundadas pelas águas subterrâneas do aquífero Piranema.

O IBGE³⁷ aponta para uma população estimada para 2017 de 84.416 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 229,95 hab./km² no ano de 2000 para 275,53 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 27.823,49; no censo de 2010 o município apresentou 64,1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 46,7% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 59% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,713.

³⁷ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/seropedica/panorama> em 25/12/2017

Na classificação da atividade de mineração a mesma foi identificada como corpo hídrico, face as exposições das várias cavas. Por outro lado, ainda não se tem estudos que correlacione as águas do aquífero influenciando ou sendo influenciadas pelas águas do Rio Guandu. A Figura 90 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra do município de Seropédica da RH II.

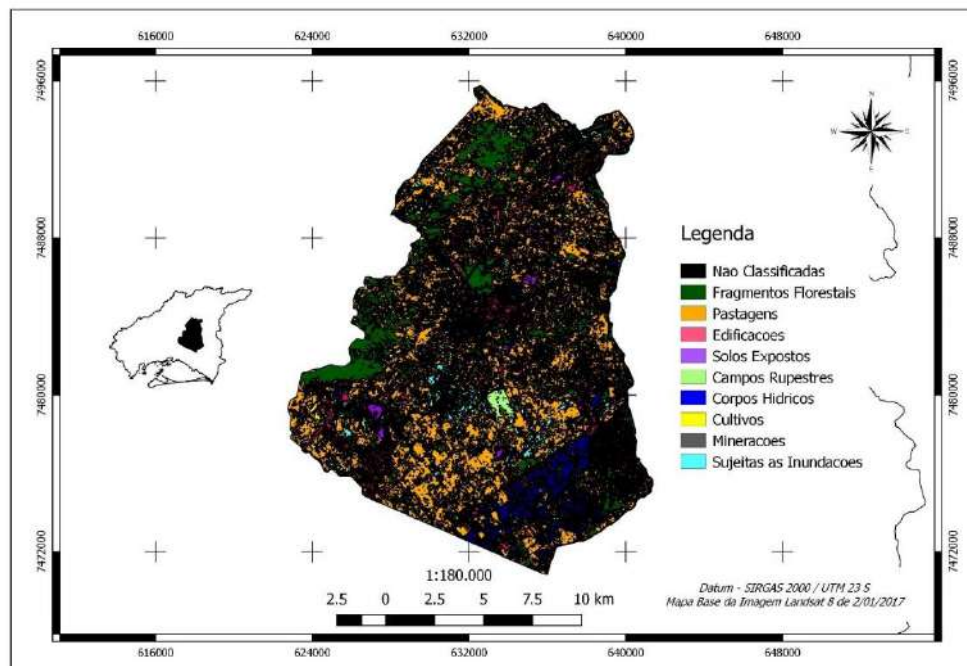


Figura 90 - **Ocupação e Uso da Terra de Seropédica da RH II**
Fonte: O Autor

A Figura 91 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Seropédica da RH II.

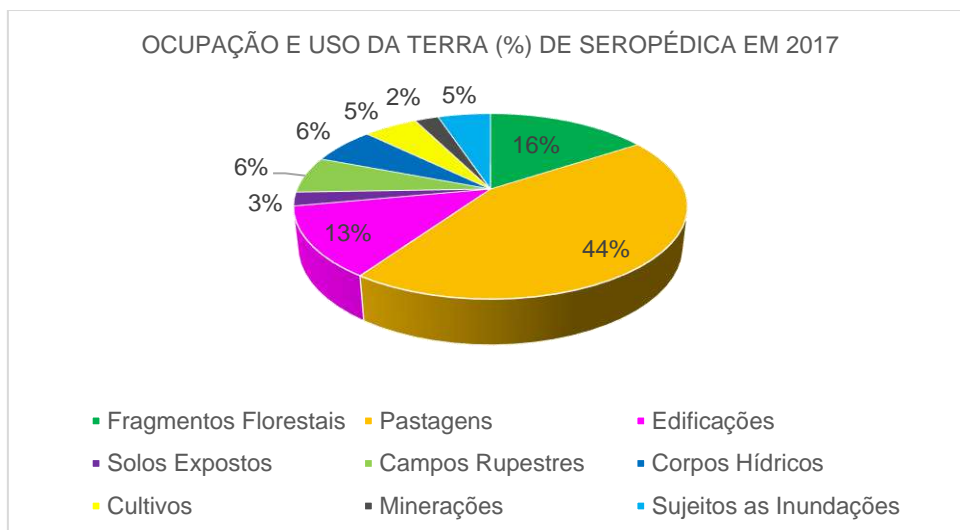


Figura 91 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Seropédica da RH II em 2017

Fonte: O Autor

Japeri

O município de Japeri está integralmente na RH II e tem uma área total de 81,870 km².

Parte da área do município de Japeri é parte integrante da APA Guandu.

O IBGE³⁸ aponta para uma população estimada para 2017 de 101.237 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 1.016,83 hab./km² no ano de 2000 para 1.166,37 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 17.030,88; no censo de 2010 o município apresentou 68,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 25,7% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 26,8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,659. A Figura 92 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra do município de Japeri da RH II.

³⁸ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/japeri/panorama> em 25/12/2017

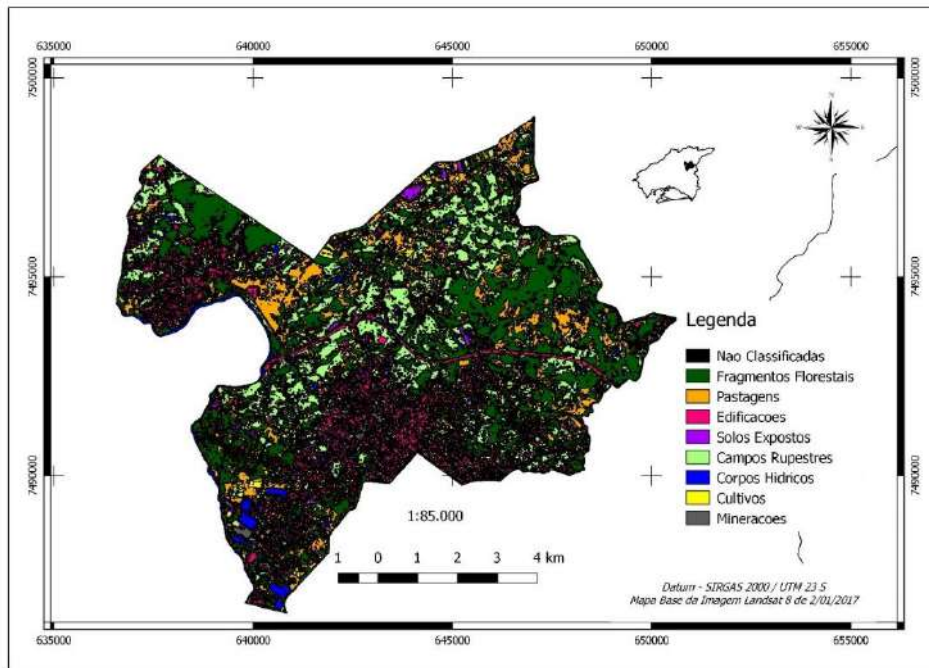


Figura 92 - **Ocupação e Uso da Terra de Japeri da RH II**
 Fonte: O Autor

A Figura 93 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Seropédica da RH II.

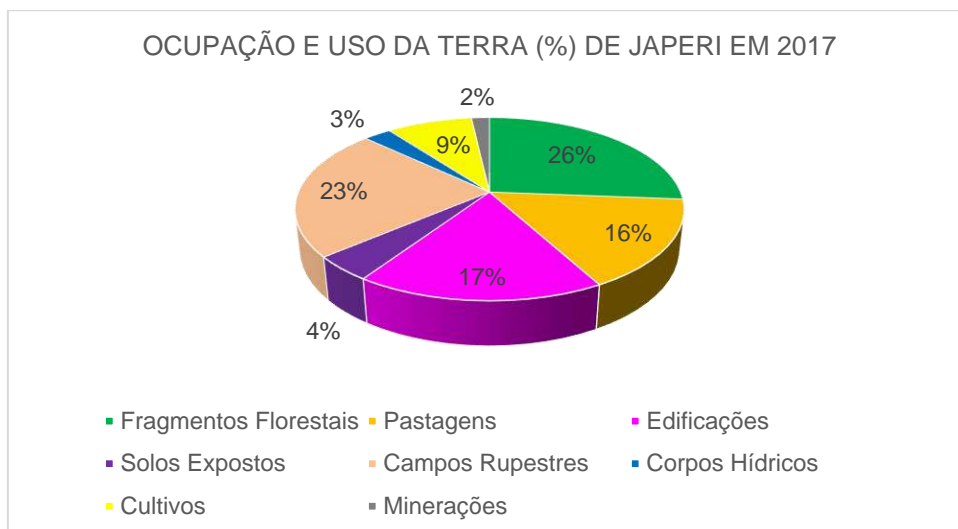


Figura 93 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Seropédica da RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Queimados

O município de Queimados está integralmente na RH II e tem uma área total de 75,695 km².

Pequena parte da área do município de Queimados é integrante da APA Guandu.

O IBGE³⁹ aponta para uma população estimada para 2017 de 145.386 pessoas, em uma densidade demográfica que variou de 1.611,53 hab./km² no ano de 2000 para 1.822,60 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 33.779,58; no censo de 2010 o município apresentou 83,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 61,4 % de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 47,4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,680. A Figura 94 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra do município de Queimados da RH II.

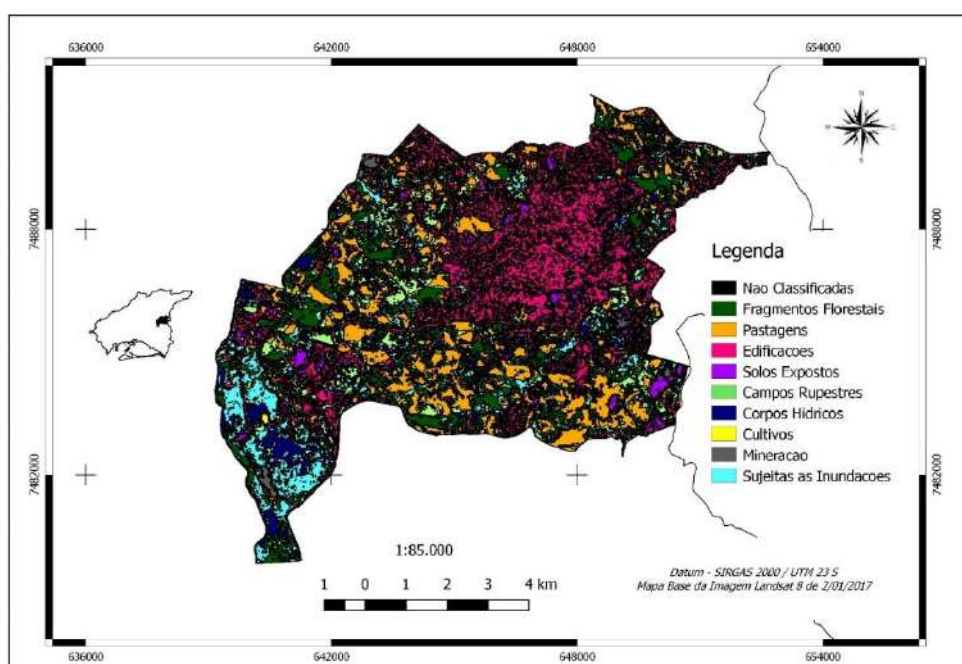


Figura 94 - **Ocupação e Uso da Terra de Queimados da RH II**
Fonte: O Autor

A Figura 95 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Queimados na RH II.

³⁹ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/queimados/panorama> em 25/12/2017

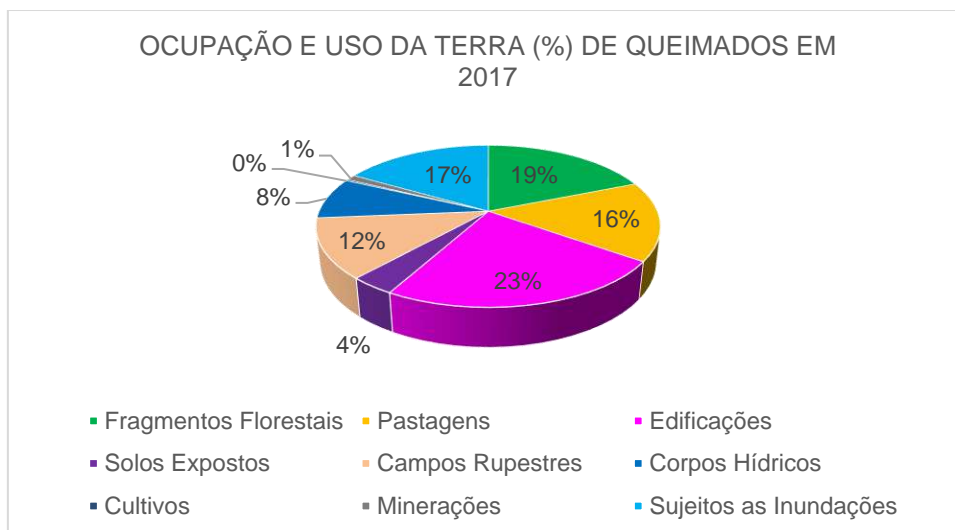


Figura 95 - Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Queimados da RH II em 2017

Fonte: O Autor

Nova Iguaçu

O município de Nova Iguaçu tem uma área total de 517,995 km², a área definida pelo plano de informação do *shapefile* utilizado para o município foi calculada em 263,674 km² pertence a Região Hidrográfica II (Guandu) e 254,321 km² pertencente a Região Hidrográfica V (Baía de Guanabara).

Significativa área do município de Nova Iguaçu na RH II é integrante da REBIO Tinguá.

No município de Nova Iguaçu está instalada a Estação de Tratamento de Água do Guandu, a maior estação dessa espécie em todo o mundo.

O IBGE⁴⁰ aponta para uma população estimada para 2017 de 798.647 pessoas, em uma densidade demográfica que variou negativamente de 1.766,31 hab./km² no ano de 2000 para 1.527,60 hab./km² no ano de 2017, com PIB per capita de R\$ 19.750,93; no censo de 2010 o município apresentou 83,1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 57,9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 53,3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O IDH de 2010 foi de 0,713. A Figura 96 apresenta a classificação de ocupação e uso da terra do município de Nova Iguaçu pertencente a RH II.

⁴⁰ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/nova-iguacu/panorama> em 25/12/2017

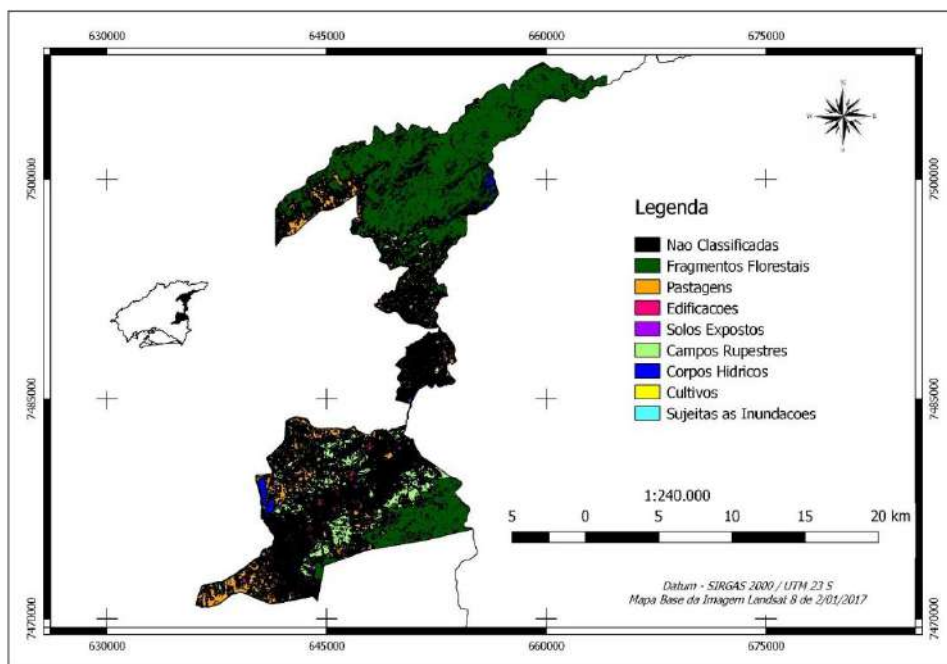


Figura 96 - **Ocupação e Uso da Terra de Nova Iguaçu pertencente a RH II**
 Fonte: O Autor

A Figura 97 apresenta o mapeamento de classes percentuais de ocupação e uso da terra que foram classificadas da imagem temática da área do município de Queimados na RH II.

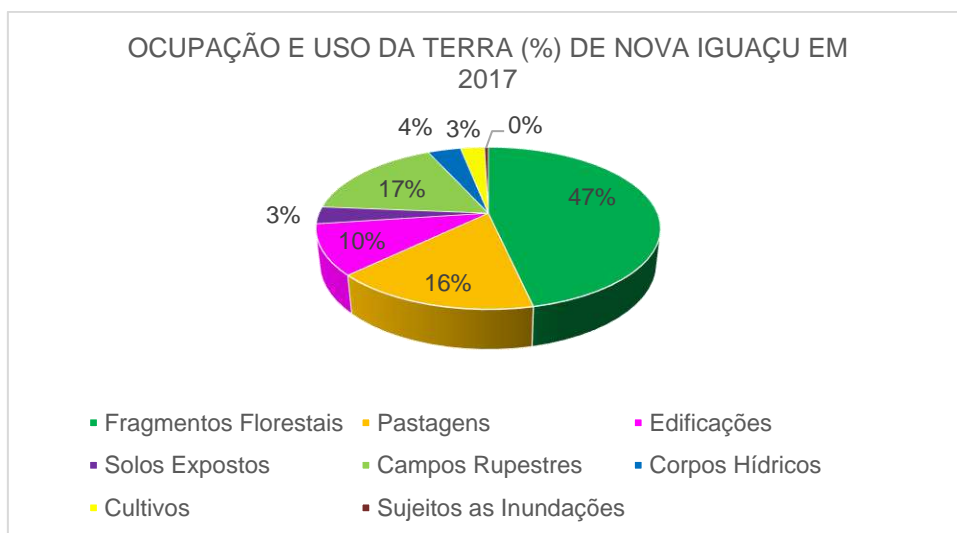


Figura 97 - **Percentuais de Áreas de Classes de Ocupação e Uso da Terra de Nova Iguaçu da RH II em 2017**
 Fonte: O Autor

Desmatamento da Cobertura Vegetal a Montante da ETA Guandu em 2017

Como se pode observar na Figura 98 o percentual de fragmentos florestais é o maior na ocupação e uso da terra da área drenante ao ponto de captação da ETA-Guandu seguido das áreas de pastagens, por outro lado também se observa na área de estudo significativa participação de campos rupestres.

Observa-se também que as áreas municipais, mas densamente ocupadas estão próximas do ponto de captação da ETA Guandu nos municípios de Nova Iguaçu, Queimados, Japeri e Seropédica, onde também há uma maior concentração de atividades industriais e de minerações.

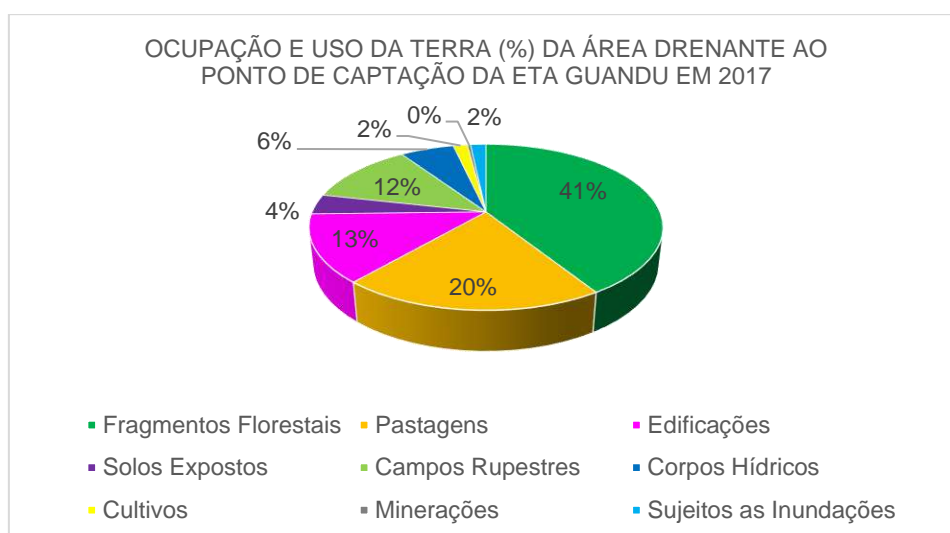


Figura 98 – Percentual de Ocupação e Uso da Terra da Área a Montante da Captação da ETA-GUANDU em 2017

Fonte: O Autor

Embora haja uma significativa extensão de áreas classificadas como pastagens, tendo em vista as características apresentadas de vegetação rasteira, não há, nos dias atuais, as correspondências produtivas do setor agropecuário, em mesma escala, tal fato pode ser explicado por ter sido estas áreas utilizadas como tais no passado e assim se mantiveram face a sucessivas queimadas.

Iniciativa foram tomadas para reverter o quadro citado acima, tais como os projetos Replanta Guandu da Secretaria de Estado do Ambiente e o Cultivar da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN).

O Projeto Replanta Guandu foi criado para recuperar a Bacia do rio Guandu e afluentes, a partir de 2010, para realizar o plantio/manutenção de mais de 100 mil novas árvores.

O Projeto Cultivar, de 2009, previu o plantio de 1 milhão de mudas nos cinco anos seguintes (200 mil por ano), de 52 espécies nativas da Mata Atlântica em 400 hectares também em alguns municípios da bacia.

Ambos projetos não tiveram muito sucesso, tendo em vista, principalmente, sucessivas queimadas e pragas.

As Unidades de Conservações

A área drenante a captação da ETA Guandu tem a montante estabelecidas as seguintes unidades de conservação: 1) a Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu (APA Guandu); 2) parte da Reserva Biológica Federal do Tinguá (REBIO Tinguá); 3) parte do Parque Estadual do Cunhambebe (PE Cunhambebe); 4) parte da Reserva Biológica de Araras (REBIO Araras); 5) parte do Parque Estadual do Mendanha (PE Mendanha); e 6) Floresta Mário Xavier (FLONA Mário Xavier). A Figura 99 apresenta as unidades de conservação localizadas na área de estudo a montante da ETA Guandu.

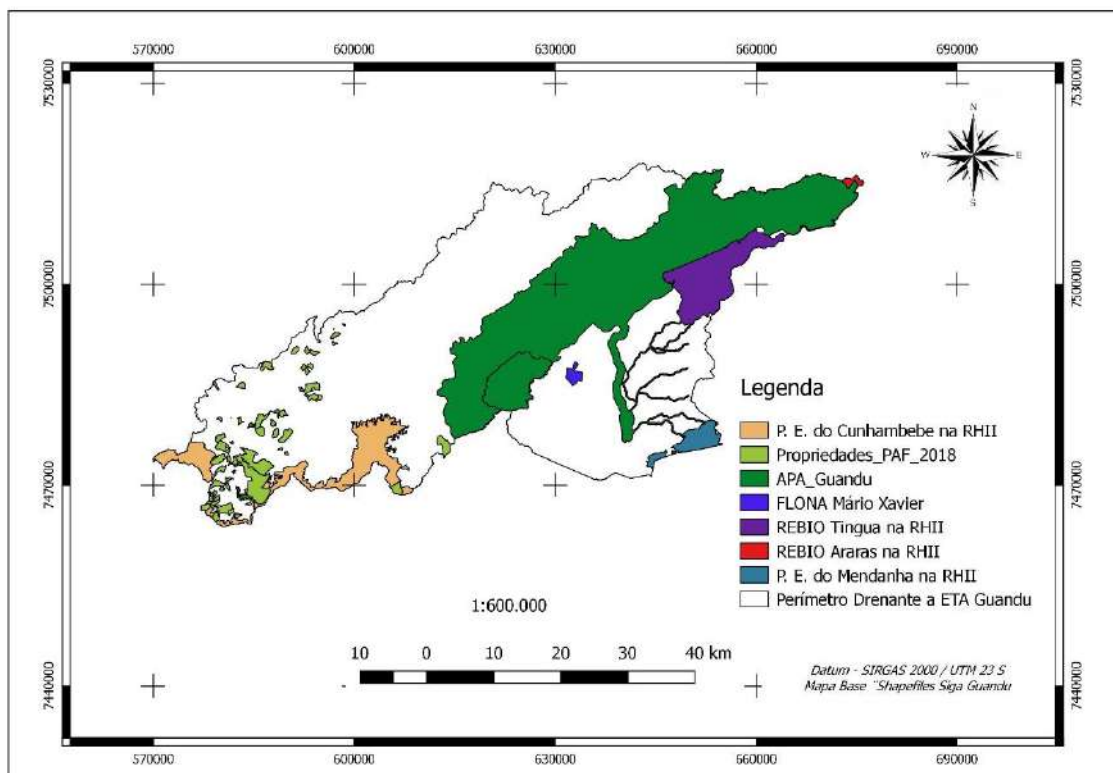


Figura 99 - Unidades de Conservação a Montante da ETA Guandu

Fonte: O Autor

A APA Guandu

A APA Guandu, Unidade de Conservação de Uso Sustentável, foi criada pelo Decreto Estadual nº 40.670, de 22 de março de 2007, com 742,720 km², abrange partes dos municípios de Engenheiro Paulo de Frontin, Itaguaí, Japeri, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Paracambi, Piraí, Queimados, Rio Claro, Seropédica e Vassouras, toda área está na RH II.

Foi criada com o objetivo de garantir a qualidade e quantidade da água da Bacia do rio Guandu, protegendo os remanescentes florestais, margens fluviais, nascentes e encostas, nos trechos montanhosos e de baixadas, de modo a proporcionar uma melhor qualidade e quantidade para o sistema de abastecimento de água potável para a região metropolitana do Rio de Janeiro.

Em 06 de fevereiro de 2018 foi realizado a primeira reunião de instalação do seu Conselho Deliberativo, com definições de agenda para todo o ano de 2018 e outras diretrizes organizacionais.

A APA Guandu possui sede no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR-465, km 7 - Campus da UFRRJ (Prédio da Prefeitura Universitária) - Seropédica - RJ.

A REBIO Tinguá

A Reserva Biológica Federal do Tinguá, Unidade de Conservação de Proteção Integral, é uma reserva biológica, criada pelo Decreto Federal nº 97.780 de 23 de maio de 1989, com o objetivo de proteger amostra representativa da floresta de encosta atlântica, com sua flora, fauna e demais recursos naturais, em especial os recursos hídricos. Sua gestão está subordinada ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (ICMBIO, 2017)

Estende-se por uma área de 248,129 km² e abrange seis cidades, sendo a maior parte dentro do município de Nova Iguaçu, com vertentes para as Regiões Hidrográficas II (Guandu) e V (Baía de Guanabara); abrange também parte dos municípios de Duque de Caxias, Petrópolis e Miguel Pereira. Para a RH II drenante para montante da ETA Guandu a área calculada é de 93,428 km².

Em 1997, a REBIO Tinguá foi declarada Patrimônio da Humanidade pela Unesco e está incluída na reserva da biosfera da Mata Atlântica.

A região mais alta da reserva atinge os 1 600 metros de altitude. No seu interior, em local não aberto à visitação pública, encontram-se as ruínas da freguesia de Santana das Palmeiras, povoado que foi abandonado no final do século XIX.

A sede da REBIO Tinguá fica situada na Estrada do Comércio, 3400 - Tinguá Nova Iguaçu/RJ – CEP: 26.063-630.

O Parque Estadual Cunhambebe

O Parque Estadual Cunhambebe (PE Cunhambebe), Unidade de Conservação de Proteção Integral, foi criado por meio do Decreto Estadual nº 41.358, de 13 de junho de 2008, com uma área total de 380,531 km², perfazendo um perímetro de cerca de 463 km, o que o torna a segunda maior unidade de conservação da natureza de proteção integral estadual no Estado do Rio de Janeiro, atrás apenas do Parque Estadual dos Três Picos (PETP), localizado na região Centro-Norte Fluminense. Na vertente drenante à ETA Guandu o PE Cunhambebe tem uma área de 114,594 km².

É formado a partir da delimitação geográfica de uma área terrestre que representa um expressivo fragmento do bioma da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, em sua porção sudoeste, formando um conjunto peculiar de tipos vegetacionais associados às serras escarpadas e seus reversos, geomorfologia característica do estado e que condiciona os aspectos climáticos, como a pluviosidade, umidade e temperatura, tendo relação direta com a formação dos solos e a distribuição da vegetação, fauna e a tipologia das ocupações humanas no seu entorno, ao longo do tempo. (INEA, 2018)

O PE Cunhambebe abrange: partes dos municípios de Angra dos Reis, Mangaratiba, Rio Claro e Itaguaí.

O PE Cunhambebe tem como objetivos básicos: 1) assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica da porção fluminense da Serra do Mar, bem como recuperar as áreas degradadas ali existentes; possibilitar a conectividade dos maciços florestais da Bocaina e do Tinguá; 2) manter populações de animais e plantas nativas e oferecer refúgio para espécies raras, vulneráveis, endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora nativas; 3) preservar montanhas, cachoeiras e demais paisagens notáveis contidas em seus limites; 4) oferecer oportunidades de visitação, recreação, aprendizagem, interpretação, educação, pesquisa, e relaxamento; 5) estimular o turismo e a geração de empregos e renda; e 6) assegurar a continuidade dos serviços ambientais.

A sede do PE Cunhambebe é na Estrada da Cachoeira s/nº - Rodovia Rio-Santos - Km 423 - Vale do Sahy - Mangaratiba - RJ

A REBIO Araras

A criação da Reserva Biológica Estadual de Araras (REBIO Araras), Unidade de Conservação de Proteção Integral, se deu por uma decisão administrativa, que previu a

transformação de uma área considerada floresta protetora, e depois horto, em uma reserva biológica (por meio da Resolução SEAA nº 59 de 07/07/1977, do regimento interno da, à época, Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento).

Em 2010 a Reserva foi ampliada, passando de 21,310 km² para os atuais 38,620 km², estendendo-se até a margem da estrada do Rocio, que liga os municípios de Miguel Pereira e Petrópolis, por meio do Decreto Estadual nº 42.343, de 10 de março de 2010, que foi revogado pelo Decreto Estadual nº 43.888, de 28 de fevereiro de 2012. Para a área drenante à ETA Guandu a REBIO Araras tem uma área de 2,627 km². (INEA. 2018)

São os seguintes, os objetivos de sua criação: 1) assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica presentes no chamado Corredor da Serra do Mar, no âmbito do Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense; 2) ampliar o potencial de conservação da Região Serrana fluminense, assegurando a perpetuidade dos benefícios ambientais relacionados à diversidade biológica; 3) manter populações de animais e plantas nativas e oferecer refúgio para espécies raras, vulneráveis, endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora nativas; 4) preservar montanhas, rios e demais paisagens notáveis contidas em seus limites; e 5) assegurar a continuidade dos serviços ambientais.

A REBIO Araras é administrada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e tem sua sede na Estrada Bernardo Coutinho, nº 10.351 – Gleba do Horto - Jardim Araras, Araras - distrito de Cascatinha – Petrópolis.

O Parque Estadual do Mendanha

O Parque Estadual do Mendanha (PE Mendanha), Unidade de Conservação de Proteção Integral, foi criado pelo Decreto Estadual nº 44.342, de 22 de agosto de 2013, ele abrange em partes os municípios do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu e Mesquita. Possui uma área total de 43,981 km² e para área drenante à ETA Guandu são 23,120 km².

Tem como objetivos básicos assegurar a proteção do ambiente natural, das paisagens de grande beleza cênica e dos sistemas geo-hidrológicos da região, que abrigam, em área densamente florestada, espécies biológicas raras e ameaçadas de extinção, bem como chaminés vulcânicas e nascentes de inúmeros cursos de água contribuintes do Rio Guandu, que abastece de água os municípios do Rio de Janeiro e da região do Grande Rio, incluindo ainda a recuperação das áreas degradadas ali existentes. (INEA, 2018)

A existência deste parque propicia que o terceiro maciço rochoso da região metropolitana esteja sob regime de proteção integral, formando com o Parque Estadual

da Pedra Branca e o Parque Nacional da Tijuca um mosaico de unidades de conservação.

O Maciço do Gericinó/Mendanha foi declarado como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1992.

O PE do Mendanha é abarcado pela área da APA Gerininó-Mendanha, Unidade de Conservação de Uso Sustentável, que foi criada pelo Decreto Estadual nº 38.183, de 5 de setembro de 2005, que tem sua proteção ambiental vinculada a elementos de relevância física e natural, tais como as estruturas geológicas vulcânicas (vulcão de Nova Iguaçu e Chaminé Lamego); as duas grandes bacias hidrográficas da Baía de Guanabara e dos rios Guandu, Iguaçu e Sarapuí; as florestas remanescentes de Mata Atlântica, detentoras de uma grande diversidade biológica (fauna e flora) e outros recursos naturais.

O PE do Mendanha ainda não possui uma sede própria, entretanto a APA Gericinó-Mendanha tem sua sede na Estrada da Caixinha, s/nº (Av. Brasil) – Bangu, Rio de Janeiro.

A Floresta Nacional Mário Xavier

A Floresta Nacional Mário Xavier (Flona Mário Xavier), Unidade de Conservação de Uso Sustentável, foi criada pelo Decreto nº 93.369, de 08 de outubro de 1986, possui uma área de 4,960 km² completamente no município de Seropédica.

Está localizada às margens da BR 465, Antiga Estrada Rio – São Paulo, e é cortada pela BR-116, Presidente Dutra, e mais recentemente pela BR-493/RJ-109, Rodovia Raphael de Almeida Magalhães, popularmente conhecida como Arco Metropolitano.

Abriga em seus limites o fragmento florestal nativo mais significativo do município, ameaçado constantemente pelos incêndios e pelo pastoreio sem controle. É administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

A Flona Mário Xavier (conhecida também como Horto Florestal), garante a preservação de diversas espécies vegetais, como de elevações com capoeiras e espécies regionais tais como: Angico, Jacaré, Orelha-de-negro, Cabelo-de-negro, Cinco-chagas, Ipê-roxo, Ipê-tabaco, Andiras ou Angelins, Vinhático, Jenipapo, alguns Jacarandás, algumas Canelas, Cassias, Canjerana e Arapoca. Também tem muitas espécies exótica de eucaliptos.

A FLONA Mário Xavier nas últimas décadas tem assistido o crescimento da mancha urbana em direção aos seus limites. O território desta unidade de conservação não é

habitado, no entanto a população residente no entorno a invade com diferentes objetivos – pastagem, corte de madeira, retirada de areia para uso na construção civil, cultos religiosos – que, embora não sejam tão agressivos ao meio ambiente de uma Floresta Nacional – que é de uso sustentável -, fere os princípios legais já que essa ainda não possui seu Plano de Manejo. (SOUZA, 2017)

Além disso, a FLONA Mário Xavier que durante muito tempo esteve voltada ao manejo sustentável da floresta (produção de mudas de essências florestais, mourões, corte de madeira para escora em obras), é habitat de duas espécies endêmicas catalogadas no livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: as rãs (*Phisalaemus soaresi*) e espécies de peixe-das-nuvens (*Leptolebias minimus*). Esses últimos, popularmente assim chamados, porque desaparecem a cada seca e voltam como mágica com o início das chuvas, renascendo dos ovos abrigados sob a terra.

A sede da Flona Mário Xavier está localizada na Rodovia BR 465, Km 05 Seropédica, RJ.

Além das Ucs acima descritas a área a montante da ETA Guandu possui outras 30, sendo 25 de Uso Sustentável (categorias: Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular Patrimônio Natural) e 5 de Proteção Integral (categorias: Reserva Biológica, Refúgio da Vida Silvestre e Parque), ocupando, respectivamente, 346,930 km² e 14,400 km². Quanto à esfera administrativa, 4 UCs são de esfera federal, 11 da esfera estadual e 15 de esfera municipal. A Tabela 14 relaciona as UCs aqui referenciadas.

Tabela 14 – RPPNs à Montante da ETA Guandu

Nome da UC	Grupo	Cat.	Esfera adm.	Órgão Gestor	Ato Legal (criação)	Plano de Manejo	Municípios abrangidos	UHPs	Área (km ²)	Área (km ²)
Reserva Particular do Patrimônio Natural Vale do Sossego	Uso Sust.	RPPN	Fed.	ICMBIO	Port. nº 86 de 05/11/2008	não possui	Mendes	Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	0,01	0,01
Reserva Particular do Patrimônio Natural Alvorada do Itaverá	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 205 de 25/03/2011	não possui	Rio Claro	Ribeirão das Lajes - montante reservatório	0,77	0,77
Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Preguiça	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 428 de 25/03/2013	não possui	Nova Iguaçu	Rio Guandu-Mirim	0,02	0,02
Reserva Particular do Patrimônio Natural Estela	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 23 de 06/04/2009	não possui	Paracambi	Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	0,03	0,03
Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Sambaíba	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 273 de 14/11/2008	não possui	Rio Claro	Rio Pirai - montante res. Santana	1,18	1,18
Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda São Benedito	Uso Sust.	RPPN	Fed.	ICMBIO	Port. nº 70 de 04/06/2001		Rio Claro	Rio Pirai - montante res. Santana	1,43	1,43
Reserva Particular do Patrimônio Natural Gotas Azuis	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 263 de 14/11/2008	não possui	Seropédica	Rio Guandu	0,07	0,07
Reserva Particular do Patrimônio Natural Grota do Sossego	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 405 de 30/01/2013	não possui	Mendes, Paracambi	Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	0,01	0,15
								Rio Pirai - res. Santana e afluentes	0,14	
Reserva Particular do Patrimônio Natural Jornalista Antenor Novaes	Uso Sust.	RPPN	Fed.	ICMBIO	Port. nº 28N de 12/03/1999		Engenheiro Paulo de Frontin, Vassouras	Rio Pirai - res. Santana e afluentes	10,29	10,62
								Rios Santana e São Pedro	0,33	

Nome da UC	Grupo	Cat.	Esfera adm.	Órgão Gestor	Ato Legal (criação)	Plano de Manejo	Municípios abrangidos	UHPs	Área (km ²)	Área (km ²)
Reserva Particular do Patrimônio Natural Reserva Gargarullo	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 191 de 10/01/2011	não possui	Miguel Pereira	Rios Santana e São Pedro	0,46	0,46
Reserva Particular do Patrimônio Natural Santa Clara	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 419 de 08/03/2013	não possui	Engenheiro Paulo de Frontin	Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	0,17	0,21
								Rio Pirai - res. Santana e afluentes	0,04	
Reserva Particular do Patrimônio Natural São Carlos do Mato Dentro	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port. nº 264 de 14/11/2008	não possui	Pirai	Rio Pirai - montante res. Santana	0,17	0,21
								Rio Pirai - res. Santana e afluentes	0,04	
Reserva Particular do Patrimônio Natural Sete Flechas	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port nº 153 de 03/09/2010	não possui	Engenheiro Paulo de Frontin	Rio Pirai - res. Santana e afluentes	0,07	0,07
Reserva Particular do Patrimônio Natural Sítio Picada	Uso Sust.	RPPN	Est.	INEA	Port nº 464 de 18/06/2013	não possui	Engenheiro Paulo de Frontin, Paracambi	Rio Pirai - res. Santana e afluentes	0,25	0,25
Área de Proteção Ambiental Alto Pirai	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Rio Claro	Lei nº 385 de 24/03/2008	não disponível	Rio Claro	Ribeirão das Lajes - montante reservatório	62,22	266,08
								Rio Pirai - montante res. Santana	203,86	
Área de Proteção Ambiental Citrópolis	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Japeri	Rios Queimados e Ipiranga	0,02	0,02
Área de Proteção Ambiental da Pedra Lisa	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Japeri	Lei nº 1.189 de 21/12/2009	não possui	Japeri	Rios Santana e São Pedro	10,94	19,14
								Rios Queimados e Ipiranga	8,2	
Área de Proteção Ambiental de Petrópolis	Uso Sust.	APA	Fed.	ICMBIO	Dec. nº 87561 de 14/09/1982	Portaria nº 27/07N, de 12/04/2007	Miguel Pereira	Rios Santana e São Pedro	0,12	0,12
		APA	Mun.				Nova Iguaçu	Rio Guandu	0,01	5,35

Nome da UC	Grupo	Cat.	Esfera adm.	Órgão Gestor	Ato Legal (criação)	Plano de Manejo	Municípios abrangidos	UHPs	Área (km ²)	Área (km ²)
Área de Proteção Ambiental Guandu- Açú	Uso Sust.			Prefeitura Nova Iguaçu	Dec. nº 6.413 de 05/11/2001	não disponível		Rios Queimados e Ipiranga	5,34	
Área de Proteção Ambiental Jaceruba	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Nova Iguaçu	Dec. nº 6.492 de 06/06/2002	não disponível	Miguel Pereira, Nova Iguaçu	Rios Queimados e Ipiranga	2,47	23,41
								Rios Santana e São Pedro	20,94	
Área de Proteção Ambiental Maritacas	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Japeri	Rios Queimados e Ipiranga	0,01	0,01
Área de Proteção Ambiental Normandia	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Japeri	Rio Guandu	0,04	2,65
								Rios Santana e São Pedro	2,61	
Área de Proteção Ambiental Pico da Coragem	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Miguel Pereira, Japeri	Rios Santana e São Pedro	3,63	3,63
Área de Proteção Ambiental Rio D'ouro	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Nova Iguaçu	Dec. nº 6.490 de 05/06/2002	não disponível	Nova Iguaçu	Rios Queimados e Ipiranga	7,94	7,94
Área de Proteção Ambiental Tinguazinho	Uso Sust.	APA	Mun.	Prefeitura de Nova Iguaçu	Dec. nº 6.489 de 05/06/2002	não disponível	Nova Iguaçu	Rios Queimados e Ipiranga	3,1	3,1
Parque Natural Municipal de Japeri	Proteção Integral	Parque	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Japeri	Rios Queimados e Ipiranga	1,26	1,53
								Rios Santana e São Pedro	0,27	
Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu	Proteção Integral	Parque	Mun.	Prefeitura de Nova Iguaçu	Dec. nº 6.001 de 05/06/1998	não disponível	Nova Iguaçu	Rios Queimados e Ipiranga	0,29	0,29
Parque Natural Municipal do Curió	Proteção Integral	Parque	Mun.	Prefeitura de Paracambi	Dec. nº 1001 de 02/02/2002	não possui	Engenheiro Paulo de Frontin, Paracambi	Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	9,14	9,14

Nome da UC	Grupo	Cat.	Esfera adm.	Órgão Gestor	Ato Legal (criação)	Plano de Manejo	Municípios abrangidos	UHPs	Área (km ²)	Área (km ²)
Refúgio da Vida Silvestre da Onça Parda	Proteção Integral	Refúgio da Vida Silvestre	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Japeri	Rios Santana e São Pedro	2,69	2,69
Refúgio da Vida Silvestre das Capivaras	Proteção Integral	Refúgio da Vida Silvestre	Mun.	Prefeitura de Japeri	não disponível	não disponível	Japeri	Rios Santana e São Pedro	0,75	0,75

Fonte: O Autor, adaptado de PROFIL (2017)

Há que se destacar também que na área drenante a ETA Guandu já existe 75 propriedades que estão inseridas no programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como Produtores de Água e Florestas (PAFs), apoiados pelo CBH Guandu. A área total do dos PAFs já somam 72,123 Km².

Ocupação e Uso da Terra e Cobertura Vegetal à Montante da Captação do Complexo das Tachas

O Complexo das Taxas, assim aqui chamado as pequenas barragens das Tachas, Coqueiro e Andorinha, está localizado no Parque Estadual da Pedra Branca, Unidade de Conservação de Proteção Integral, criado pela Lei Estadual nº 2.377 de 28 de junho de 1974, com área aproximada de 124,920 km², sendo que para a vertente da RH II a área totaliza 42,517 km². A Figura 100 apresenta a vertente para a RH II do PE da Pedra Branca.

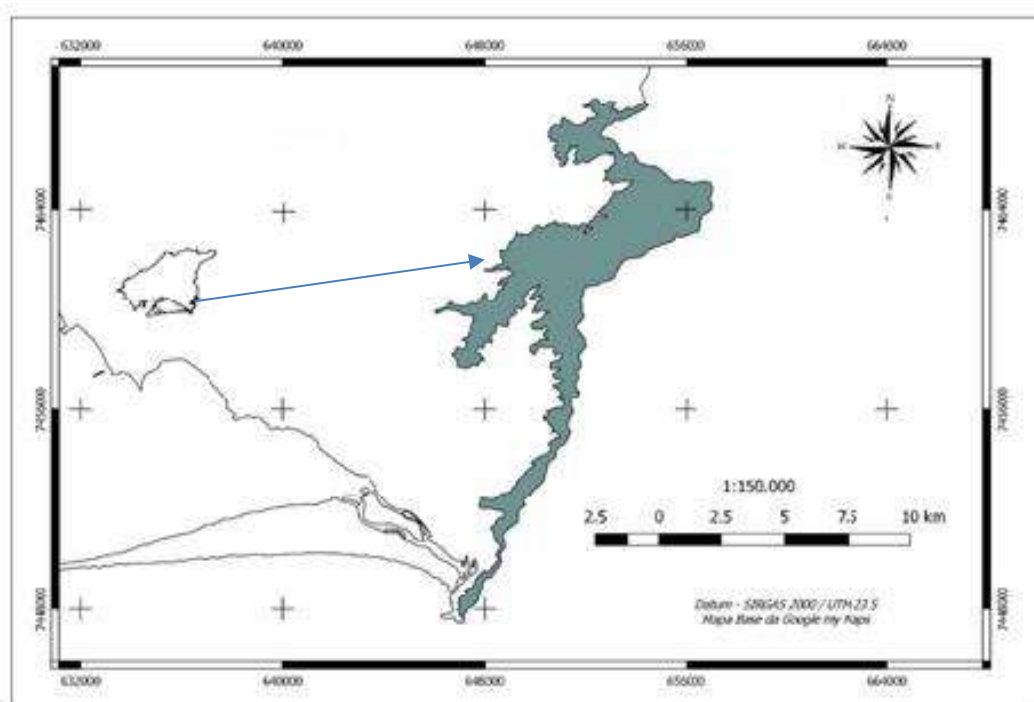


Figura 100 - Vertente do Parque Estadual da Pedra Branca para a Região Hidrográfica II
Fonte: O Autor

O PE da Pedra Branca está localizado na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro e que abrange todas as áreas situadas acima da linha da cota de 100 m do Maciço da Pedra Branca e seus contrafortes, em partes de 17 bairros: Jacarepaguá, Taquara, Camorim, Vargem Pequena, Vargem Grande, Recreio dos Bandeirantes, Grumari, Padre Miguel, Bangu, Senador Camará, Jardim Sulacap, Realengo, Santíssimo, Campo Grande, Senador Vasconcelos, Guaratiba e Barra de Guaratiba.

Tem como objetivos básicos: 1) preservar o remanescente florestal localizado em ponto estratégico do Rio de Janeiro e área núcleo de biodiversidade da Mata Atlântica; 2) preservar mananciais hídricos ameaçados pela expansão urbana; 3) proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica no seu interior; 4) proteger e revitalizar construções históricas, ruínas e sítios arqueológicos; 5) proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica e monitoramento; e 6) promover aos visitantes oportunidades de recreação ao ar livre e valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica, com o aproveitamento dos serviços ambientais que o parque disponibiliza.

A cobertura vegetal do parque é de Floresta Atlântica de expressiva densidade.

O PE da Pedra Branca conta com plano de manejo e conselho gestor atuante. A sua sede fica localizada na Estrada do Pau-da-Fome, nº 4.003 – Taquara (Jacarepaguá) – Rio de Janeiro.

Situação do Estressor em 2017

As classificações da imagem por meio do *software* Quantum Gis versão 2.18.13 resultou em uma área significativa “não classificada”, na ordem de 56,79%, como demonstrado na Figura 101.

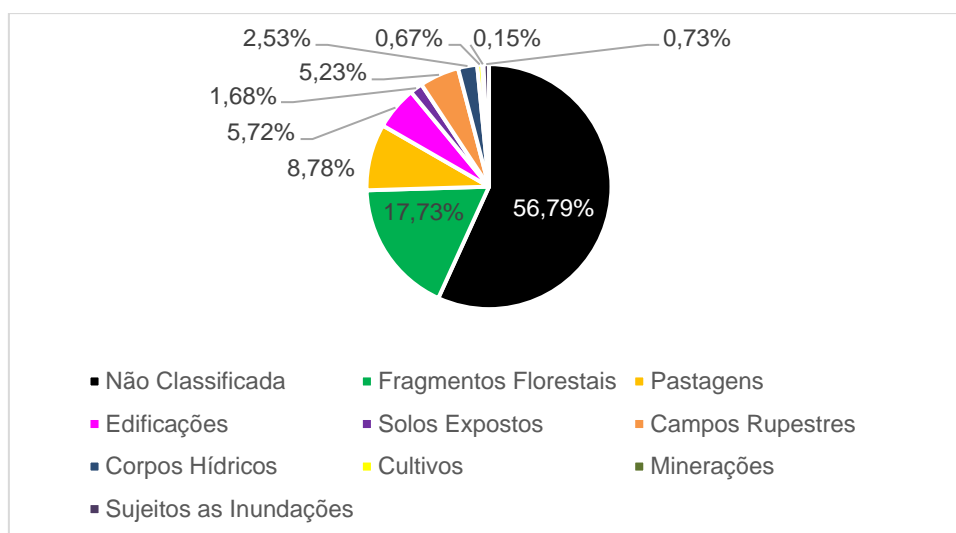


Figura 101 - Classificações obtidas software Quantum Gis de usos e ocupação da terra a Montante da ETA Guandu em 2017

Fonte: O Autor

Por outro lado, a avaliação por imagem da ocupação e uso da terra das áreas drenantes a montante da ETA Guandu em 2017, descontado a “não classificada”, apontou para uma significativa área de fragmentos florestais, que quando da avaliação global da área

de estudo aponta para maior porção dentre as outras avaliadas. Destaque se dá para as quatro maiores áreas municipais na área de estudo para Rio Claro (804,405 km²), Paracambi (536,762 km²), Pirai (395,217 km²) e Nova Iguaçu (254,321 km²) que também possuem os maiores percentuais classificados como fragmentos florestais comparados aos seus outros (50%, 37%, 47% e 47% respectivamente) sem as áreas não classificadas.

Sob as mesmas condições de não consideração das áreas não classificadas, aponta-se que as classificações como pastagens também são expressivas, aparecendo em quase a totalidade dos casos na segunda colocação, embora as atividades econômicas locais não reflitam para o uso citado, o que pode ser explicado pela não recuperação florestal por razões de queimadas principalmente e outras perdas de plantios feitos por alguns projetos de replantios.

Destaques: 1) da classificação de pastagens que se dá no município de Seropédica que apresentou o maior percentual dessa classificação (44%) em comparação a todas outras e; 2) da classificação edificações, que o município de Queimados apresentou o maior percentual (23%) dessa classificação em comparação a todas outras, sem considerar as áreas não classificadas.

Para uma quantificação em área uma aproximação se fez necessária, tendo em vista que o somatório dos pixels da imagem no *software* Quantum Gis não representa a área real do terreno, assim adotando-se os valores percentuais de usos e ocupações da terra a área total obteve-se o constante na Tabela 15.

A área drenante à ETA Guandu é contemplada com seis Unidades de Conservações das quais três já possuem planos de manejo (PE Cunhambebe, REBIO Araras e REBIO Tinguá) e três ainda sem tais planos (PE do Mendanha, APA Guandu e FLONA Mário Xavier), essas UC totalizam a montante da ETA Guandu uma área de 981,449 km².

Das seis Unidades de Conservações apenas duas possuem atuações integradas com o Comitê Guandu, são elas APA Guandu e FLONA Mário Xavier. A primeira por alguns anos usava as instalações vizinhas a sede do CBH Guandu e tem suas atuações são bem integradas com a gestão de recursos hídricos. Por outro lado, a FLONA Mário Xavier é membro da Plenária do comitê.

Tabela 15 - Áreas Aproximadas de Usos e Ocupações da Terra a Montante da ETA Guandu no ano de 2017

Áreas		km ²	%
Indefinida	Não classificadas	56,79	56,79
	Fragmentos Florestais	17,73	17,73
Baixa Antropização	Campos Rupestres	5,23	5,23
	Corpos Hídricos	2,53	2,53
	Sujeitos as Inundações	0,73	0,73
	Pastagens	8,78	8,78
Alta Antropização	Edificações	5,72	5,72
	Solos Expostos	1,68	1,68
	Cultivos	0,67	0,67
	Minerações	0,15	0,15
	Total	2981,152	100,00

Fonte: O Autor

No mesmo território de estudo existem trinta UCs totalizando 361,330 km². Também existem 75 propriedades que estão inseridas no programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como Produtores de Água e Florestas (PAFs) totalizando 72,123 km². A Tabela 16 consolida as áreas por unidades de conservação.

Tabela 16 - Unidades de Conservação a Montante da ETA Guandu em 2017

Unidades de Conservação		km ²	
Proteção Integral	REBIO Tinguá	93,428	237,209
	Parque Estadual Cunhambebe	114,594	
	REBIO Araras	2,627	
	Parque Estadual do Mendanha	23,120	
	Refúgios de Vida Silvestres	3,440	
Uso Sustentável	APA Guandu	742,720	1105,570
	Floresta Nacional Mário Xavier	4,960	
	RPPNs	15,480	
	APAs	331,450	
	Parques Naturais	10,960	
PSA	Produtores de Água e Floresta	72,123	
Total		1414,902	

Fonte: O Autor

Além das unidades citadas acima contribuem com o abastecimento público de Guaratiba as águas que advêm do Parque Estadual da Pedra Branca com área drenante para vertente em tela de 42,517 km².

Ações de Gestão em Execuções com Interferências no Estressor Ocupação e Uso da Terra

As ações de gestão em execução com interferências no estressor Ocupação e Uso da Terra e Cobertura Vegetal a Montante da Captação da ETA Guandu, pode ser avaliada segundo as seguintes frentes destacadas: 1) no âmbito do INEA-RJ; 2) no âmbito do Comitê Guandu; e 3) no âmbito das UCs.

No âmbito do INEA-RJ

O Projeto de Mapeamento da Cobertura da Terra e de Detecção de Mudanças na Cobertura Florestal do Estado do Rio de Janeiro- Projeto “De Olho no Verde” consiste na utilização de imagens de satélite para identificar áreas de desmatamento e assim reforçar a fiscalização quanto à supressão de vegetação. É fruto do convênio que celebram entre si a empresa Porto do Açú Operações S.A. e a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos (COPPETEC/UFRJ). O mesmo envolve o mapeamento de uma área com aproximadamente 19.500km², equivalente a 45% do território estadual do Rio de Janeiro, e o monitoramento das áreas com supressão e regeneração de florestas contabilizando 6.000 km².

O mapeamento visa apoiar, dentre outras atividades do INEA, à implantação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), previsto no novo Código Ambiental, e estará embasado em imagens de alta resolução de aquisição recente, referentes ao ano 2014.

Por outro lado, o objetivo do CAR é promover a identificação e integração de informações ambientais relativas às propriedades e posses rurais, visando o planejamento, monitoramento, combate ao desmatamento das áreas de Mata Atlântica e eventual regularização ambiental.

As propriedades rurais no estado do Rio de Janeiro são em sua maioria de pequeno porte, observando-se, desta forma, a necessidade de apoio do poder público nas ações de mapeamento, por meio de suporte técnico como previsto por lei.

As atividades relativas ao CAR exigem grande detalhamento espacial e temporal, em combate aos desmatamentos irregulares, dentre outras práticas ilícitas.

As áreas escolhidas para o monitoramento são estratégicas para a manutenção dos recursos hídricos e dos remanescentes florestais. O controle temporal resultante permitirá avaliar o avanço do desmatamento e a aplicação das devidas penalidades jurídicas e legais, quando necessário, pelos órgãos gestores. O sistema em desenvolvimento permitirá ainda identificar áreas com incremento e recuperação de

cobertura florestal, possibilitando implementar ações de conservação e preservação dos fragmentos.

Dessa forma, o projeto “De Olho no Verde” vem consubstanciar procedimentos exigidos para a realização do CAR, promovendo o cadastro de áreas remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente (APPs), das áreas consolidadas e da Reserva Legal (RL) contribuindo assim, para a manutenção das áreas verdes. Nas APPs com margens de nascentes, arredores de nascentes, riachos, rios, lagos, reservatórios d’água, topos de morros e áreas de alta declividade de importância nas recargas de aquíferos e corpos d’água, as quais são definidas como aquelas que necessitam ser protegidas devido à sua importância e sua elevada fragilidade.

O projeto está sendo desenvolvido em duas frentes. A primeira é referente ao mapeamento da cobertura da terra na escala 1:25.000, e a segunda referente ao monitoramento da cobertura florestal. A coordenação geral está sendo desenvolvida pelo Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais do Instituto de Geociências (IGeo) da UFRJ.

Os parceiros na execução do projeto são: o Laboratório de Cartografia GEOCART do IGeo/UFRJ e o Laboratório de Geografia Física LAGEF do IGeo/UFF, ambos na solução do mapeamento da cobertura da terra.

Assim, o respectivo projeto, além de ter por foco a proteção das áreas verdes em função da manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos pela proteção dos mananciais, estende-se a outras funções ambientais, como a de manutenção das paisagens. (VETTORAZZI, 2017)

Consulta feita, em 24/09/2018, ao relatório SiCAR resultou no quantitativo de imóveis cadastrados no CAR, nos municípios à montante da ETA –Guandu, no total de 2259 imóveis, que estão distribuídos conforme demonstrado na Figura 102.

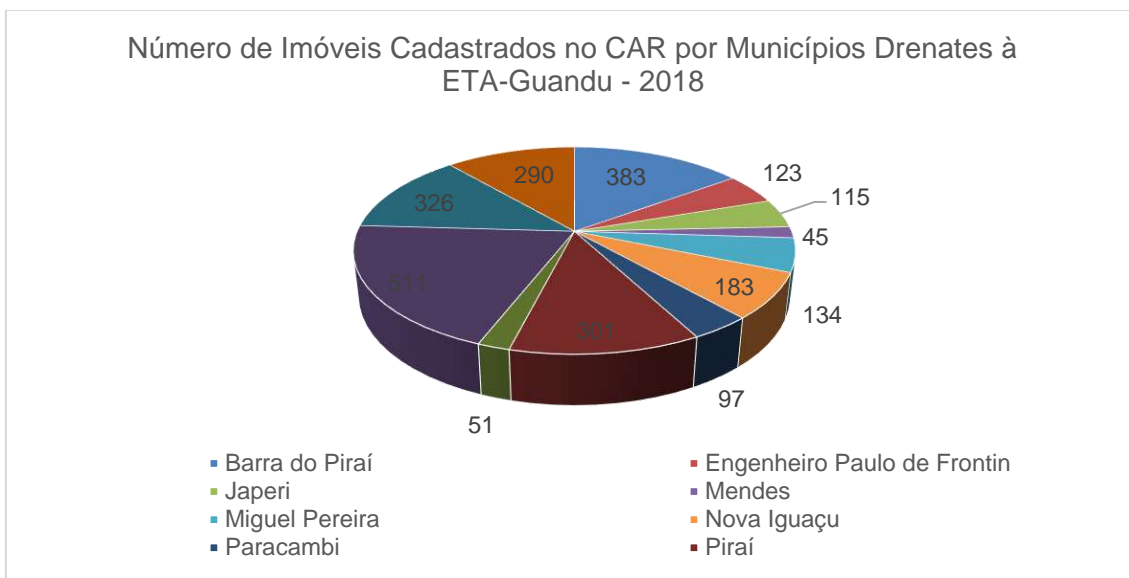


Figura 102 - Imóveis Cadastrados no CAR nos Municípios à Montante da ETA-Guandu em 2018
Fonte: O Autor

No Âmbito do Comitê Guandu

O Comitê Guandu aprovou em 17 de outubro de 2016 a Resolução nº 124, que dispõe sobre o seu Plano de Aplicação Plurianual (PAP) dos recursos financeiros para o período de 2017 a 2020 com recursos disponíveis no Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI)".

Dentre os programas previstos no plano estratégico de bacia elencados pelo PAP Guandu, relacionados ao estressor em tela, aponta-se as prioridades para o período de 2017-2020:

- Programa 1.4.2 - Capacitação e Apoio para Monitoramento e Controle de Queimadas - visa contribuir para a melhoria das condições de monitoramento e controle de queimadas na RH II, especialmente nas áreas próximas aos locais de atuação dos programas que incluem ações de plantio florestal ou agrícola e em áreas próximas a edificações urbanas ou industriais - montante de R\$ 2.007.500,00 (dois milhões, sete mil e quinhentos reais);
- Programa 1.5.4 - Pesquisas Básicas para Subsidiar Ações de Proteção e Recuperação de Mananciais - apoiar o desenvolvimento de pesquisas sobre a relação floresta/uso do solo e disponibilidade hídrica nas bacias Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, visando fornecer subsídios ao processo de tomada de decisão dos programas de recuperação, conservação e proteção ambiental para garantia da qualidade/quantidade dos recursos hídricos - montante de R\$ 4.581.566,66 (quatro milhões, quinhentos e oitenta e um mil, quinhentos e sessenta e seis reais, sessenta e seis centavos);

- Programa 2.5.2 - Recuperação de Matas Ciliares e outras Áreas de Preservação Permanente - subsidiar iniciativas de recuperação e conservação de matas ciliares e outras áreas de preservação permanente (APP) definidas por lei (Código Florestal e Resoluções do CONAMA correlatas), em especial APPs situadas nas margens de rios e lagos (matas ciliares e manguezais) em torno de nascentes - montante de R\$ 3.900.000,00 (três milhões e novecentos mil reais);
- Programa 3.1.3 - Proteção e Recomposição Florestal de Corredores Ecológicos - elaborar e implantar projetos de recomposição de corredores ecológicos, principalmente em áreas prioritárias para proteção de mananciais na RH II - montante de R\$ 22.083.703,35 (vinte e dois milhões, oitenta e três mil, setecentos e três reais e trinta e cinco centavos).

É importante ressaltar que O Plano Associativo de Combate às Queimadas e Incêndios Florestais na Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, Guandu-Mirim e da Guarda foi concluído no ano de 2012 e sua implementação vem sendo realizada.

Dentro do Programa 3.1.3 - Proteção e Recomposição Florestal de Corredores Ecológicos desde 2012 o CBH Guandu aplica recursos no segmento de pagamentos por serviços ambientais (PSA) no projeto Produtores de Água e Floresta, baseado inicialmente na Bacia do Rio das Pedras, que se expandiu para outros municípios da bacia. Das 19 sub-bacias, 6 foram consideradas prioritárias: Alto Piraí, Médio Piraí, represa do Santana, Ribeirão das Lajes, Sacra Família e Santana.

No âmbito das UCs

Das UCs posicionadas a montante da ETA Guandu, duas possuem ações em curso estreitas com o CBH Guandu, a APA Guandu e a FLONA Mário Xavier.

A APA Guandu

Conforme descrito no Art. 4º do Decreto nº 40.670, de 22 de março de 2007, a APA Guandu contará com um Conselho Deliberativo, presidido pela então Fundação Instituto Estadual de Floresta (IEF), e composto pelos membros do Comitê Guandu.

O IEF foi um órgão ambiental do estado do Rio de Janeiro, vinculado à Secretaria de Estado do Ambiente, mas que em 12 de janeiro de 2009 foi extinto, com a implantação do Instituto Estadual do Ambiente, que unificou os órgãos ambientais do estado, o qual incorporou as atribuições dos órgãos antecessores.

O CBH Guandu em 10 de setembro de 2009 aprovou a Resolução de nº 37, dispendo sobre a formação do Conselho Gestor da APA Guandu e disciplinou o seu funcionamento além de dar outras providências.

A APA Guandu tem uma equipe orgânica de seis pessoas: 1) um Gestor; 2) uma Analista; 3) dois escriturários; e 4) dois Guardas-Parque. Essa equipe tem uma significativa interação com o Comitê Guandu, inclusive, com as buscas de soluções das demandas que chegam como denúncias ao comitê.

É esperado que não seja por mais tempo adiado a formalização do Conselho Gestor, por parte da gestão pública estadual para que as integrações institucionais sejam potencializadas.

Uma das ações institucionais em conjunto bem aceita pelas equipes é apresentado na Figura 103, caracterizada por uma imagem de uma reunião com a diretoria do Comitê Guandu para avaliação sobre a confecção do projeto sobre o desenvolvimento de estratégias para a preservação da fauna silvestre em área da APA Guandu, considerando também os aspectos florestais e os mananciais.



Figura 103 – Reunião de Planejamento APA Guandu e Diretoria CBH Guandu
Fonte: VETTORAZZI, 2016

A FLONA Mário Xavier

A Resolução da Câmara de Compensação Ambiental (CCA) nº 66/2017, de 12 de abril de 2017, aprovou a destinação de R\$350.000,00 (trezentos e cinquenta mil reais) dos recursos de compensação ambiental decorrente do licenciamento ambiental, com fundamento em estudo de impacto ambiental do projeto da Petrobras de readequação

das linhas TECAM e REDUC (TCCA 08/14) para o projeto de elaboração do plano de manejo da FLONA Mário Xavier.

O Termo de Referência para o referido plano de manejo já se encontra em processo e o mesmo prevê sua conclusão no período de sete meses. É importante ressaltar que o Ministério Público Federal (MPF) moveu um Inquérito Civil Público (ICP) que cobra o plano de manejo à Unidade de Conservação a ser concluído em 18 meses.

5.4.2 PRESSÃO POR DEMANDA DE ÁGUA

No Diagnóstico da revisão do Plano Estratégico de Recursos Hídricos do CBH Guandu (PERH CBH Guandu) foi adotado a divisão da RH II em 13 (treze) Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHPs), como um procedimento metodológico para melhorar o entendimento global a partir do reconhecimento das especificidades locais, constituindo uma ferramenta de gestão.

Essa divisão permitiu determinar disponibilidade hídrica e a demanda de uso de recursos hídricos por unidades, visando um planejamento sustentável dos recursos hídricos.

A Tabela 17 apresenta a divisão utilizada na elaboração do plano e a Figura 104 ilustra os limites geográficos das UHPs.

Tabela 17 – Unidades Hidrológicas de Planejamento

UHPs	IDENTIFICAÇÕES
1	Rio Pirai – montante reservatório Santana
2	Rio Pirai – reservatório Santana e afluentes
3	Ribeirão das Lajes – montante barragem
4	Ribeirão das Lajes – jusante barragem
5	Rios Santana e São Pedro
6	Rios Queimados e Ipiranga
7	Rio Guandu
8	Canal de São Francisco
9	Rio da Guarda
10	Rio Guandu-Mirim
11	Bacias Litorâneas – Margem Direita
12	Bacias Litorâneas – Margem Esquerda
13	Ilhas e Restinga de Marambaia

Fonte: Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

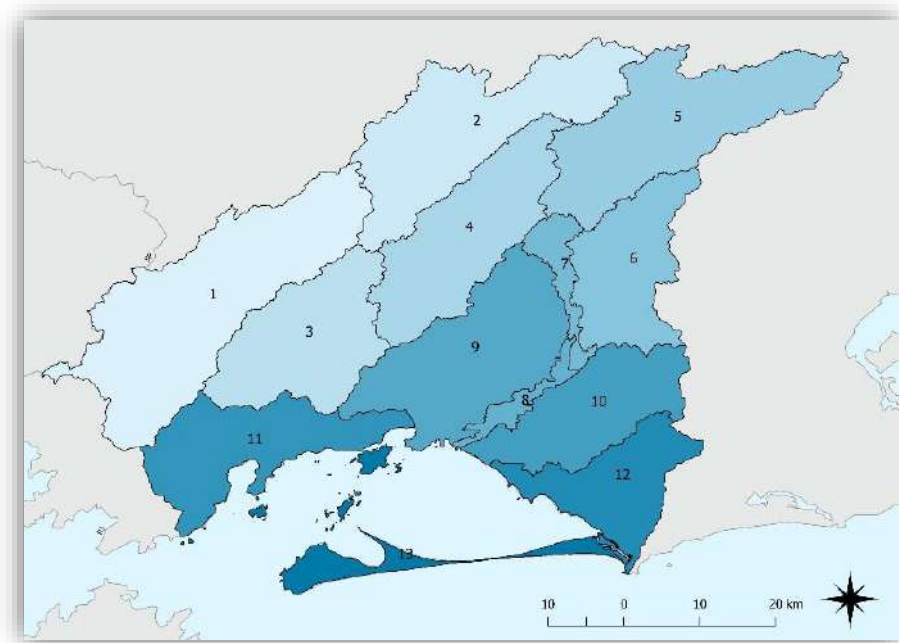


Figura 104 - **Unidades Hidrológicas de Planejamento da RH II – Guandu**

Fonte: Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

A área adotada no presente trabalho de tese se restringe a aquelas UHPs de 1 a 7 e uma exceção do município de Seropédica que territorialmente é integrante da UHP 9, retratada na Figura 104.

Conforme constado no Diagnóstico da Revisão do PERH CBH Guandu entre outros estudos sobre a bacia, a pressão por demanda de água do abastecimento público é muito alta e com tendência de crescimento conforme é apresentado a seguir.

Balanco Quantitativo da Área Drenante a ETA Guandu

A análise do balanço quantitativo no Diagnóstico do PERH CBH Guandu fez usos de dados de vazões outorgadas, disponibilizadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e de demais usuários cadastrados no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH).

As informações foram consolidadas por setores usuários e posteriormente foram utilizadas como base para a simulação do Balanço Hídrico Atual, que por sua vez foi o alicerce para a comparação com os cenários futuros das Bacias, projetados no plano (PROFIL, 2017), conforme é apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 - Vazões outorgadas por segmentos setoriais e UHPs no ano de 2017

UHPs	Abast. Urbano	Abast. Rural	Indústria	Termoelétrica	Irrigação	Criação Animal	Total
Ribeirão das Lajes – jusante reservatório	5,569	0,013	0,018	0,4	0,027	0,01	6,037
Ribeirão das Lajes – montante reservatório	0,22	0,001	0	0	0,002	0,01	0,233
Rio Guandu	45,167	0,001	1,191	4,559	0,014	0,001	50,933
Rio Pirai – montante reservatório Santana	0,071	0,005	0	0	0,008	0,032	0,116
Rio Pirai – reservatório Santana	0,133	0,006	0,009	0	0,001	0,016	0,165
Rios Queimados e Ipiranga	0,861	0,003	0,035	0	0,038	0,005	0,942
Rios Santana e São Pedro	1,226	0,007	0	0	0,015	0,019	1,267
Demanda Total	53,247	0,036	1,253	4,959	0,105	0,093	59,693

Fonte: Adaptação de Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

Os Usuários e Uso de Recursos Hídricos

Dentre os instrumentos de gestão de recursos hídricos a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433 de janeiro de 1997, estabelece o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que se caracteriza pelo sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e outros fatores associados à sua gestão.

O Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), é um importante componente do SNIRH que foi instituído pela Resolução ANA nº 317, de agosto de 2003, que determina em seu Art. 1º que ele é um registro obrigatório de pessoas físicas e jurídicas de direito público ou privado usuárias de recursos hídricos.

Reza no § 1º que o CNARH conterá informações sobre a vazão utilizada, local de captação, denominação e localização do curso d'água, empreendimento do usuário, sua atividade ou a intervenção que pretende realizar, como derivação, captação e lançamento de efluentes, informações essas a serem prestadas pelos usuários de recursos hídricos, nas formas e tempos a serem definidos pela ANA.

Também aponta no § 2º que o usuário responsabilizar-se-á administrativa, civil e criminalmente pelas informações declaradas que constarão no CNARH.

O principal objetivo do CNARH é possibilitar a compreensão da demanda pelo uso dos recursos hídricos, de forma a subsidiar o gerenciamento de forma compartilhada entre as instâncias federal e estaduais, por meio de seus instrumentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água e os planos de bacias.

No que tange ao Estado do Rio de Janeiro, o Decreto nº 40.156, de 17 de outubro de 2006, tornou o CNARH o cadastro único para os usuários de recursos hídricos e definiu o seu preenchimento como uma das etapas iniciais do processo de regularização do uso da água no estado.

Assim o registro no CNARH é pré-requisito para a solicitação de outorga pelo uso de recursos hídricos, das certidões ambientais de reserva hídrica e do uso insignificante, além de servir de base para a cobrança pelo uso do recurso hídrico.

Com base nos dados disponibilizados pelo Comitê Guandu, foi possível identificar na área drenante à ETA Guandu, trezentos e dezoito usuários de recursos hídricos cadastrados. Sendo que do total, 208 são classificados como de usos insignificantes e 110 são consideradas como significante.

Destaca-se que a Resolução INEA nº 63/2012 define como uso insignificante as captações superficiais que captem até 0,4 litros/segundo o que corresponde a 34.560 litros/dia. Para as águas subterrâneas, o limite é de até 5.000 litros/dia, salvo casos de produtores rurais que para uso agropecuário o volume também é de 34.560 litros/dia. A Tabela 19 ilustra a quantificação desses cadastros por tipo e finalidade de uso para a área drenante a ETA Guandu.

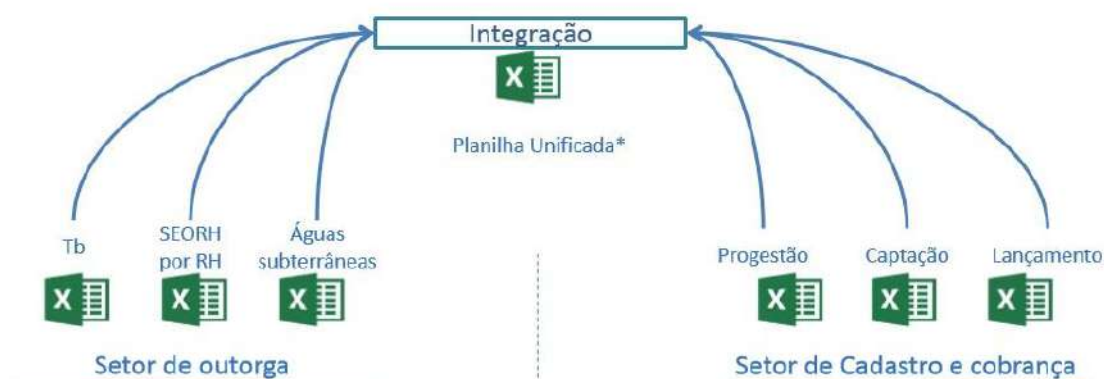
É importante se destacar que a base de dados referentes aos usuários do estado do Rio de Janeiro está em processo de aprimoramento, no âmbito do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO), por parte do INEA. O aprimoramento se faz necessário face os múltiplos dados de fontes tais como: planilha básica de informações administrativas sobre usuários de recursos hídricos (Tb); planilha do Serviço de Outorga de Recursos Hídricos (SEORH); planilha de águas subterrâneas; planilha do PROGESTÃO; planilha de captação e planilha de lançamento. Os dados estão sendo consolidados em uma única planilha de dados como apresentado na Figura 105.

Tabela 19 – Número de Captações por Finalidades de Usos na área Drenante a ETA Guandu

Tipo de Uso	Tipo de Captação	Finalidade de uso	Nº de Captações	
Insignificante	Captações para Usos Subterrâneos	Abastecimento	24	
		Criação Animal	1	
		Indústria	6	
		Mineração	2	
		Serviços	34	
		Outros	1	
		Total	68	
	Captações Superficiais	Abastecimento Público	8	
		Indústria	5	
		Mineração	17	
		Serviços	14	
		Total	44	
	Total Insignificante			112
	Significante	Reserva de Disponibilidade Hídrica	Abastecimento Público	2
Total			2	
Outorgas Subterrâneas		Abastecimento	21	
		Indústria	49	
		Mineração	3	
		Serviços	23	
		Total	96	
Captações Superficiais		Abastecimento Público	31	
		Criação Animal	5	
		Diluição de Efluentes	10	
		Geração de Energia Elétrica	19	
		Indústria	11	
		Mineração	10	
		Serviços	21	
		Outros	1	
Total		108		
Total Significante			206	

Fonte: O Autor com base em dados do CBH Guandu

Etapas – base de dados



**190 campos e abordagem por ponto de interferência*

Figura 105 - Etapas de Integração de Dados do INEA

Fonte: Apresentação de Samuel Muylart ao CBH Guandu em 22/02/2018 (INEA, 2018)

As Projeções de Demanda de Água

Segundo o produto Prognóstico, da atualização do PERH CBH Guandu, é estimado que sejam demandados da RH II 89,07 m³/s para atendimento dos principais setores usuários de recursos hídricos (PROFIL, 2017).

Os principais segmentos demandantes dos recursos hídricos na RH II são o abastecimento urbano (54,15 m³/s), as termoelétricas (30,08 m³/s) e as indústrias (4,42 m³/s).

As maiores captações para o abastecimento urbano estão localizadas nas Unidades Hídricas de Planejamentos (UHPs) do Rio Guandu e do Ribeirão das Lajes – a jusante do reservatório -, referentes às captações do Sistemas Integrados Guandu e Ribeirão das Lajes, respectivamente.

Nos segmentos das termoelétricas e das indústrias, as maiores captações estão localizadas nas UHPs Canal de São Francisco e Rio Guandu (AGEVAP, 2017).

Para compor uma análise de longo prazo acerca do incremento da demanda hídrica, a PROFIL (2017) na atualização do PERH CBH Guandu fez uso de cenários tendenciais, baseados na publicação “Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento”, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Na referida publicação os cenários tendenciais são assim desenhados pelo IPEA:

- **Crescer é o lema** – considera que o crescimento econômico se torna prioridade dos governos brasileiros e a igualdade social é posta em segundo plano;

- **Novo pacto social** - considera que o enfrentamento da dívida social será prioridade de sucessivos governos, contribuindo para o crescimento moderado da economia;
- **Construção** – prevê um crescimento um pouco mais lento, que concilia políticas sociais e econômicas em uma estratégia de crescimento sustentável.
- **Vai levando** – Previsão de continuidade da cultura curto-prazista em que o Estado age reativamente e de forma descoordenada, respondendo a pressões emergenciais.

Os horizontes de estudos para o PERH CBH Guandu são de 5, 10 e 15 anos a partir de 2017, portanto os anos de 2022, 2027 e 2042.

Para a área drenante a ETA Guandu, objeto desse estudo, são extraídas apenas as demandas a ela relacionadas, ou seja: as UHPs:

- Ribeirão das Lajes - A montante do reservatório;
- Ribeirão das Lajes - A jusante do reservatório;
- Rio Guandu;
- Rio Piraí - A montante reservatório Santana;
- Rio - Reservatório Santana e afluentes;
- Rios Queimados e Ipiranga; e
- Rios Santana e São Pedro.

A Tabela 20 apresenta os resultados das demandas associadas a cada um desses cenários para os horizontes de estudos nas UHPs a montante da captação da ETA Guandu.

Tabela 20 - Cenários de Demandas Hídricas por UHPs

UHPs	Cenários de Demandas Hídricas - (m³/s)												
	Atual	Vai levando			Crescer é o Lema			Novo Pacto Social			Construção		
		2022	2027	2042	2022	2027	2042	2022	2027	2042	2022	2027	2042
Ribeirão das Lajes - A jusante do reservatório	6,037	6,344	6,553	7,255	6,491	7,08	9,448	6,878	7,861	11,852	6,382	6,794	8,457
Ribeirão das Lajes - A montante reservatório	0,233	0,246	0,257	0,301	0,256	0,29	0,449	0,247	0,26	0,321	0,249	0,276	0,405
Rio Guandu	50,933	52,24	53,359	56,891	53,849	58,239	74,506	57,361	65,454	97,599	52,106	54,974	64,608
Rio Pirai - A montante reservatório Santana	0,116	0,129	0,144	0,213	0,143	0,187	0,439	0,132	0,158	0,298	0,142	0,184	0,427
Rio Pirai - reservatório Santana e afluentes	0,165	0,179	0,191	0,243	0,187	0,216	0,36	0,178	0,19	0,246	0,185	0,209	0,332
Rios Queimados e Ipiranga	0,942	0,986	1,024	1,149	1,034	1,175	1,771	1,064	1,216	1,842	1,001	1,104	1,529
Rios Santana e São Pedro	1,267	1,335	1,395	1,606	1,394	1,604	2,536	1,427	1,633	2,499	1,355	1,513	2,229
Totais	59,693	61,459	62,923	67,658	63,354	68,791	89,509	67,287	76,772	114,657	61,42	65,054	77,987

Fonte: Adaptação do Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

O Cenário “Novo Pacto Social” é o que apresenta maiores demandas nos três horizontes de estudos. A justificativa apresentada pela PROFIL (2017) para esse aumento na demanda é a previsão de forte crescimento da economia previsto no cenário, e conseqüentemente, aumento da demanda de água para indústria e termoeletricas, sem preocupações com o aumento da eficiência no uso da água. Ainda sobre esse cenário, o documento desenha que o crescimento econômico acarretaria um aumento nas taxas de urbanização das cidades, fator que, associado a falta de consciência ambiental, torna esse o cenário mais crítico em termos de demandas hídricas da RH II.

Para os outros cenários a PROFIL (2017) apontada:

- Para o cenário “Vai Levando”, que é considerado como o tendencial pela atualização do PERH CBH Guandu, foi previsto um menor crescimento das demandas visto que os problemas econômicos que atualmente afetam o país, e com maior gravidade o estado do Rio de Janeiro, impactarão a economia como um todo, especialmente o setor industrial. Esse cenário prevê a estagnação do setor industrial e, como consequência, ausência de incremento das demandas. Dessa forma, a demanda relativa ao abastecimento urbano também não cresce tão significativamente;
- Para o cenário “Crescer é o Lema” há previsão de desenvolvimento centralizado no setor industrial, com a demanda para resfriamento das termoeletricas crescendo conjuntamente. Nesse cenário, diferentemente do cenário “Novo Pacto Social”, são previstas medidas de aumento de eficiência nos usos da água, não tão acentuadas como no cenário “Construção”, mas que acabam atenuando o crescimento das demandas no longo prazo; e
- Para o cenário “Construção”, foi previsto um processo de desenvolvimento sustentável no qual o crescimento econômico é conciliado com o alcance da equidade social e com a proteção ambiental. Nesse cenário, as taxas de crescimento dos setores socioeconômicos não são tão acentuadas e, adicionalmente, ainda são verificados grandes investimentos em redução de perdas de água na distribuição e adoção de nova tecnologia, com significativo aumento de eficiência hídrica nas atividades produtivas das indústrias.

O Figura 106 ilustra a demanda atual, de 59,694 m³/s, e o crescimento da demanda hídrica segundo os cenários projetados no prognóstico da atualização do PERH CBH Guandu para cada um dos cenários supracitados.

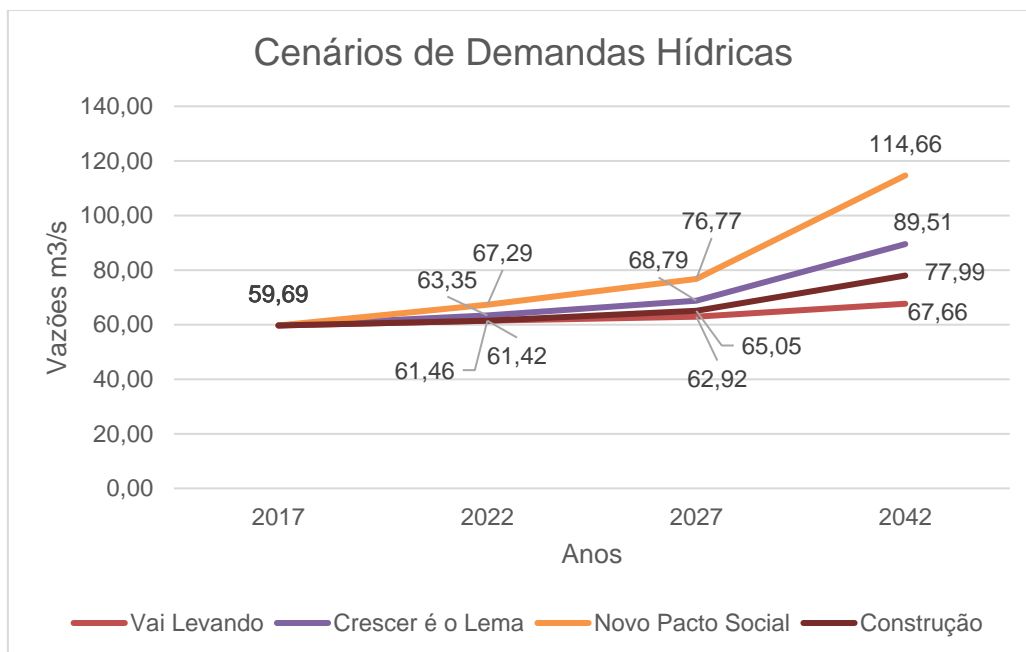


Figura 106 - **Cenários de Demandas Hídricas da Área Drenante à ETA Guandu**
 Fonte: Adaptação do Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

O Balanço Hídrico Qualitativo

As qualidades das águas superficiais são mensuradas por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA_{NSF}) que foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. Esse indicador considera as nove variáveis definidas como as mais representativas para a avaliação da qualidade da água, sendo elas:

- 1) Oxigênio Dissolvido (OD);
- 2) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- 3) Fósforo Total (PT);
- 4) Nitrogênio Nitrato (NO₃);
- 5) Potencial Hidrogeniônico (pH);
- 6) Turbidez (T);
- 7) Sólidos Dissolvidos Totais (RNFT);
- 8) Temperatura da Água e do Ar; e
- 9) Coliformes Termotolerantes.

É feita, também, análise dos parâmetros bacteriológicos, físico-químicos e biológicos.

A cada um desses indicadores é atribuído um peso, conforme Tabela 21.

Tabela 21 - **Parâmetros considerados no cálculo do IQA_{NSF} e seus respectivos pesos**

Variáveis - IQANSF	Unidade de Medida	Pesos (w_i)
Oxigênio Dissolvido	% Saturação	0,17
DBO	mg /L O ₂	0,11
Fósforo Total	mg / L	0,1
Nitrogênio Nitratos	mg / L	0,1
pH	-	0,11
Turbidez	uT	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	mg / L	0,07
Temperatura	°C	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 mL	0,16

Fonte: AGEVAP, 2017

O valor de IQA_{NSF} é calculado como o produtório ponderado da qualidade da água das nove variáveis selecionadas, elevadas ao seu respectivo peso. Conforme fórmula a seguir:

$$IQA_{NSF} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Sendo:

IQA_{NSF} - Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100;

q_i - qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

A Tabela 22 apresenta os níveis de qualidade de água a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA_{NSF} , classificados em faixas, de acordo com o INEA.

Tabela 22 - Faixas de Índice de Qualidade da Água

UHP	IQANSF	Faixas
Excelente	$100 > IQA > 90$	
Boa	$90 \geq IQA \geq 70$	
Média	$70 > IQA > 50$	
Ruim	$50 \geq IQA \geq 25$	
Muito Ruim	$25 > IQA > 0$	

Fonte: AGEVAP, 2017

As informações disponibilizadas nos Boletins de Qualidade da Água do INEA dos anos de 2017 e 2016 para os pontos de monitoramentos localizados a montante da ETA Guandu são apresentados nas Tabelas 23 e 24.

Há que se destacar que as coletas de dados nos anos citados não tiveram uma continuidade e em alguns meses houveram faltas de informações.

Tabela 23 - Índice de Qualidade da Água Superficial no ano de 2017

ANO DE 2017														
Estação de Amostragem	Localização	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
PI0241	Rio Piraí			43,7								32,7		38,2
LG350	Ribeirão das Lajes	67,4	74,8	71,2	70,1						72,8	78,5	77,2	73,1
LG351	Ribeirão das Lajes	72,1	74,4	71,1	69,8	77,6					74,4	73,9	79,8	74,1
MC410	Rio Macaco	35,4	38,4	37,5	32,6	42,4					38,5	35,6	33,1	36,7
SN331	Rio Santana	61,1	37,9	62,1	68,1	65,1					51,8	63,7		58,5
SP310	Rio São Pedro	71,2	60,3	68,4	67,8	67,9					60,8	73,2		67,1
QM270	Rio Queimados	22,6	18,6	22,5	16,7	18,2					25,8	31,4	14,5	21,3
QM271	Rio Queimados	25,0	18,5	18,6	17,3	18,4					26,3	22,3		20,9
PO290	Rio dos Poços	29,8	39,0	28,6	28,4	28,0					31,0	28,5	31,7	30,6

Categoria de Resultados	Excelente	Boa	Média	Ruim	Muito Ruim	Não avaliados
IQANSF	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0	
Significados	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público			Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados		

Fonte: Boletim Consolidado de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica II - GUANDU 2017 - INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mtuw/~edisp/inea0150377.pdf> acesso em 02/03/2018.

Tabela 24 - Índice de Qualidade da Água Superficial no ano de 2016

ANO DE 2016														
Estação de Amostragem	Localização	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
PI0241	Rio Piraí									37,1				37,1
LG350	Ribeirão das Lajes	71,3	62,2	72,0	73,9	72,4	69,7	82,6		81,5	79,5		79,7	74,5
LG351	Ribeirão das Lajes	72,5	67,0	68,3	80,0	70,3	68,6	76,6		80,6	79,3		75,4	73,9
MC410	Rio Macaco	35,8	43,8	38,1	31,8	37,1	41,0	35,2		38,6	41,2		35,3	37,8
SN331	Rio Santana	64,6	55,9	64,9	64,7	66,6	62,0	66,4		67,9	74,0		43,0	63,0
SP310	Rio São Pedro	71,1	64,2	65,3	76,3	74,7	73,7			60,2	72,4		69,7	69,8
QM270	Rio Queimados	15,4	34,6	21,7	18,6	16,6	20,8	15,8		22,4	14,4		22,1	20,2
QM271	Rio Queimados	15,3	34,8	18,8	16,4	16,1	24,0	16,2		23,3	14,1		21,7	20,1
PO290	Rio dos Poços	21,7	27,8	31,0	25,6	26,6	31,9	22,7		35,1	27,0		34,9	28,4

Categoria de Resultados	Excelente	Boa	Média	Ruim	Muito Ruim	Não avaliados
IQANSF	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0	
Significados	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público			Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados		

Fonte: Boletim Consolidado de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica II - GUANDU 2016 – INEA, disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mtm2/~edisp/inea0136697.pdf> acesso em 02/03/2018.

A Situação da Demanda de Água em 2017

Os principais resultados mensurados, da situação da demanda de água em 2017 da região drenante a ETA Guandu, podem ser resumidos a seguir:

As Demandas atuais dos usos outorgados e/ou cadastrados setoriais são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Demandas setoriais em 2017 (m³/s)

Usos	Abast. Urbano	Abast. Rural	Indústria	Termoelétrica	Irrigação	Criação Animal	Total
Demanda Total	53,247	0,036	1,253	4,959	0,105	0,093	59,693

Fonte: Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

Os números de captações significantes e insignificantes por tipos de usuários de recursos hídricos Significantes e Insignificantes são a apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Tipos de Usuários de Recursos Hídricos na área Drenante a ETA Guandu

Tipos de Usos	Total	308
	Significante	206
	Insignificantes	112

Fonte: O Autor com base em dados do CBH Guandu

Projeções de demandas para os horizontes de 5, 10 e 15 anos (2022, 2027 e 2042) para os cenários: Crescer é o lema; Novo pacto social; Construção e Vai levando são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Projeções de Demandas de Água pro Cenários

Demandas Hídricas - (m³/s)												
Cenários	Vai levando			Crescer é o Lema			Novo Pacto Social			Construção		
Anos	2022	2027	2042	2022	2027	2042	2022	2027	2042	2022	2027	2042
Totais	61,459	62,923	67,658	63,354	68,791	89,509	67,287	76,772	114,657	61,42	65,054	77,987

Fonte: Diagnóstico da Atualização do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica II - Guandu (PROFIL, 2017).

No aspecto Qualidade da Água das amostras das estações de amostragens da região drenante a ETA Guandu o ano de 2017, os dados médios, não apresentaram muitas variações comparado ao ano de 2016, muito embora os números de amostragens no

tenham sido menores. A Tabela 28 demonstra os dados médios dos anos citados por pontos de amostragens.

Tabela 28 – Números de Amostras e Médias Anuais das Amostragens de Águas Superficiais

Estações de Amostragens	Localizações	Número de Amostras		Médias	
		2016	2017	2016	2017
PI0241	Rio Pirai	1	2	37,1	38,2
LG350	Ribeirão das Lajes	10	7	74,5	73,1
LG351	Ribeirão das Lajes	10	8	73,9	74,1
MC410	Rio Macaco	10	8	37,8	36,7
SN331	Rio Santana	10	7	63,0	58,5
SP310	Rio São Pedro	9	7	69,8	67,1
QM270	Rio Queimados	10	8	20,2	21,3
QM271	Rio Queimados	10	7	20,1	20,9
PO290	Rio dos Poços	10	8	28,4	30,6

Fonte: Boletins Consolidados de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica II - GUANDU 2016/2017 – INEA

As Ações de Gestão em Execuções com Interferências na Demanda de Água

A principal ação relacionada ao estressor Pressão por Demanda de Água em curso, sem dúvida passa pela atualização da base de dados referentes aos usuários de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro, em especial da RH II face a sua importância no abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, atendendo a cerca de dez milhões de pessoas.

Os dados disponíveis apresentam inconsistências e/ou pendências, sendo as mais recorrentes:

- Informações do registro incompletas (ex.: responsável técnico não informado, endereços incompletos, dados de lançamento não informado);
- Informações não fidedignas (ex.: vazões de captação não compatíveis com o uso/finalidade declarados, coordenadas de localização com erro);
- Declarações sem vinculação clara (ex.: em alguns casos o usuário, no intuito de atualizar algum dado, cria outra declaração, sem conduzir o correto procedimento de retificação, gerando assim uma informação duplicada);
- Pendência processual (ex.: usuários que não deram entrada no processo de regularização do uso; usuários que possuem processos, mas não atendem às exigências para dar continuidade à análise);

- Usuários inexigíveis de documentação, que ainda sim deram entrada em processo administrativo (ex.: usuários que se enquadram na resolução INEA 84, que entraram e mantêm em abertos seus processos administrativos);
- Cadastro não validado (necessidade de finalizar a validação do cadastro); e
- Falta de padronização na inserção dos dados (ex.: nomes de um mesmo corpo hídrico e de bacia hidrográfica diferem nas bases de dados dos setores).

As etapas em andamentos por parte do INEA no âmbito do PROGESTÃO são:

- Revisão de todos os dados das planilhas (da RH I a RH IX) e padronização dos modelos, ponto a ponto, conforme proposta do banco de dados;
- Elaboração do diagnóstico final contendo informações de todas as regiões hidrográficas;
- Acompanhamento da implantação do CNARH40 e suporte na verificação dos dados a serem importados;
- Participação nas ações de Capacitação do CNARH40; e
- Apresentação do projeto para os comitês de bacia.

O Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH40)

O CNARH40 é fruto de uma evolução dentro do ambiente do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que foi organizado, implantado e gerido pela ANA, com base na Resolução ANA 317/2003.

O CNARH passou a contar com informações sobre a vazão utilizada, local de captação, denominação e localização do curso d'água, empreendimento do usuário, a atividade ou a intervenção realizada, como derivação, captação e lançamento de efluentes, que eram prestadas pelos usuários de recursos hídricos, em formas e tempos definidos pela ANA.

A resolução atribuía ao usuário responsabilidade administrativa, civil e criminal pelas informações declaradas ao CNARH.

A Resolução do CNRH 126/2011 estabeleceu diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração dos dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, constantes das bases de dados dos sistemas estaduais de cadastro de usuários de recursos hídricos e do CNARH.

Também apontou que o CNARH tem como objetivo o conhecimento da demanda pelo uso da água e dar suporte à implementação dos instrumentos das políticas de recursos hídricos, a fiscalização dos usos e interferências nos recursos hídricos.

Em 2013 a Resolução ANA nº 379, instituiu o PROGESTÃO baseado no princípio do pagamento por alcance de metas, a partir da adesão voluntária das unidades da federação. Que foi desenvolvido para apoio aos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGREHs), tendo como objetivos de fortalecer o modelo brasileiro de governança das águas, integrado, descentralizado e participativo.

Para o cumprimento de seus objetivos, o Programa aporta recursos orçamentários da ANA, na forma de transferência pelo alcance de metas acordadas entre a ANA e as entidades estaduais, sendo interveniente o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). As metas, concebidas em ciclos quinquenais de proposição e de avaliação, incluem:

- Metas de cooperação federativa, definidas pela ANA com base em normativos legais ou de compartilhamento de informações, comuns a todas as unidades da federação; e
- Metas de gerenciamento de recursos hídricos em âmbito estadual, selecionadas pelos órgãos gestores e aprovadas pelos respectivos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, a partir da tipologia de gestão escolhida.

O CBH Guandu vem atuando no sentido da potencialização da atualização da base de dados referentes aos usuários de recursos hídricos da RH II e uma oficina para a ampliação do cadastro está sendo programada.

Outra ação também importante, e que merece destaque, foi a edição da cartilha “Águas do Rio: Cuidando das nossas águas”, produzida no âmbito de “Regularização dos usos de recursos hídricos em bacias estratégicas e aprimoramento da base de dados de usuários no Estado do Rio de Janeiro”, com também recursos do PROGESTÃO.

“Águas do Rio: Cuidando das nossas águas” tem uma linguagem acessível à população em geral, como informações precisas e orientativas para regularizações de captações bem como aponta os caminhos para os exercícios dos direitos cidadãos.

A Figura 107 apresenta a capa da cartilha “Águas do Rio: Cuidando das nossas águas”.

As ações citadas são importantes para que seja possível se saber claramente:

- Quanto se consome de água na bacia?
- Quantas outorgas foram emitidas?
- Qual é o perfil dos usuários dessa região? E
- Quanto se lança de efluentes?
- Em quais corpos hídricos? e
- Qual a qualidade destes lançamentos?



Figura 107 - **Capa da Cartilha Águas do Rio: Cuidando das Nossas Águas**

Fonte: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/EstudosePublicacoes/Publicacoes/INEA0152009>
Acesso em 07/03/2018

5.4.3 POLUENTES ORDINÁRIOS, PRESSÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

Para entendimento dos fatores de pressão presentes na bacia em análise, antes de se apresentar os dados resultantes das redes de monitoramento disponíveis na bacia serão apresentados: (a) dados de licenciamento; (b) cenário do tratamento de esgoto e c) cadastro de lançamentos de efluentes. Os dados de licenciamento foram obtidos junto ao banco de dados do INEA.

As Licenças ambientais

O INEA atua de forma descentralizada, com nove superintendências, cada uma responsável por uma das Regiões Hidrográficas, e atua objetivando integrar a gestão ambiental e de recursos hídricos.

Estão entre as funções do INEA, conforme o artigo 5º da Lei 5.101/07:

- Conduzir os processos de licenciamento ambiental estadual;
- Exercer poder de polícia em matéria ambiental e de recursos hídricos;
- Regulamentar as matérias de sua competência, respeitadas as competências dos órgãos de deliberação coletiva;
- Editar atos de outorga e extinção de direito de uso dos recursos hídricos;
- Efetuar a cobrança aos usuários pelo uso dos recursos hídricos;
- Gerir as unidades estaduais de conservação da natureza e outros espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, incluindo aqueles não previstos no Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC
- Fixar o valor a ser cobrado pela visitação das unidades estaduais de conservação, bem como pelos serviços e atividades de cada unidade;
- Celebrar termos de ajustamento de conduta, nas hipóteses previstas na legislação;
- Resolver quanto à celebração, alteração ou extinção de seus contratos, bem como quanto à nomeação, exoneração e demissão de servidores, realizando os procedimentos necessários, na forma em que dispuser o regulamento;
- Adquirir, administrar e alienar seus bens, observada a legislação específica;
- Formular à Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) proposta de orçamento;
- Elaborar relatório anual de suas atividades, nele destacando o cumprimento da política de meio ambiente, dos recursos hídricos e dos recursos florestais;
- Enviar o relatório anual de suas atividades à SEA e, por intermédio da chefia do poder executivo, à Assembleia Legislativa do estado, disponibilizando-o posteriormente na rede mundial de computadores;
- Promover ações de recuperação ambiental; e
- Realizar ações de controle e desenvolvimento florestal.

O licenciamento ambiental no estado do Rio de Janeiro é regulamentado pelo Decreto 44.820/2014 que dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAM) que

determina no seu Art. 2º que *estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.*

O Art. 23 do referido Decreto determina que os empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental são enquadrados em classes, de acordo com seu porte e potencial poluidor (Tabela 29), as quais determinam a magnitude do impacto ambiental (Tabela 30).

Os parágrafos seguintes do mesmo artigo estabelecem:

- § 1º - O porte é estabelecido com base em critérios que qualificam o empreendimento ou a atividade como de porte mínimo, pequeno, médio, grande ou excepcional, na forma de regulamento específico.
- § 2º - O potencial poluidor é estabelecido com base em critérios que qualificam o empreendimento ou a atividade como de potencial poluidor insignificante, baixo, médio ou alto, na forma de regulamento específico.
- § 3º - O impacto ambiental é classificado como insignificante, baixo, médio ou alto, em função de suas classes, de acordo com a Tabela 30.

Tabela 29 - Classificações de Impactos de Empreendimentos e atividades.

PORTE	POTENCIAL POLUIDOR			
	Insignificante	Baixo	Médio	Alto
Mínimo	Classe 1A Impacto Insignificante	Classe 2A Baixo Impacto	Classe 2B Baixo Impacto	Classe 3A Médio Impacto
Pequeno	Classe 1B Impacto Insignificante	Classe 2C Baixo Impacto	Classe 3B Baixo Impacto	Classe 4A Médio Impacto
Médio	Classe 2D Baixo Impacto	Classe 2E Baixo Impacto	Classe 4B médioImpacto	Classe 5A Alto Impacto
Grande	Classe 2F Baixo Impacto	Classe 3C Médio Impacto	Classe 5B AltoImpacto	Classe 6A Alto Impacto
Excepciona I	Classe 3D Baixo Impacto	Classe 4C Médio Impacto	Classe 6B Alto Impacto	Classe 6C Alto Impacto

Fonte: Decreto Estadual do Rio de Janeiro, nº 44.820/2014

Tabela 30 - **Magnitudes dos Impactos Ambientais**

PORTES E POTENCIAIS POLUIDORES DAS ATIVIDADES	
1A – porte mínimo / potencial poluidor insignificante	3C – porte grande / potencial poluidor baixo
1B – porte pequeno / potencial poluidor insignificante	3D – porte excepcional / potencial poluidor insignificante
2A – porte mínimo / potencial poluidor baixo	4A – porte pequeno / potencial poluidor alto
2B – porte mínimo / potencial poluidor médio	4B – porte médio / potencial poluidor médio
2C – porte pequeno / potencial poluidor baixo	4C – porte excepcional / potencial poluidor baixo
2D – porte médio / potencial poluidor insignificante	5A – porte médio / potencial poluidor alto
2E – porte médio / potencial poluidor baixo	5B – porte grande / potencial poluidor médio
2F – porte grande / potencial poluidor insignificante	6A – porte grande / potencial poluidor alto
3A – porte mínimo / potencial poluidor alto	6B – porte excepcional / potencial poluidor médio
3B – porte pequeno / potencial poluidor médio	6C – porte excepcional / potencial poluidor alto

Fonte: Resolução CONEMA nº 42, de 17 de agosto de 2012

O Anexo 1 do Decreto 44.820/2014 relaciona e detalha as atividades sujeitas ao licenciamento ambiental segundo grupos específicos. A Tabela 31 relaciona os grupos e atividades para as quais são estabelecidos previstos licenciamentos ambientais.

Para a área drenante a ETA Guandu, foram emitidos 1286 documentos do Sistema de Licenciamento Ambiental conforme consta no Portal de Licenciamento do INEA⁴¹. A Tabela 32 demonstra o quantitativo dos referidos documentos segundo as diversas categorias.

No estado do Rio de Janeiro alguns municípios absorveram, em alguns níveis, atribuições de licenciamentos e, na área drenante a ETA Guandu, feitas simulações para o Grupo de Obras e Construções com a atividade de Recuperação de área degradada de até 5 ha. resultaram com e sem atribuições de licenciamentos os municípios os constantes na Tabela 33.

⁴¹ <http://200.20.53.7/listalicencas/views/pages/lista.aspx> acesso em 13/03/2018

Tabela 31 - Grupos e Atividades Sujeitas a Licenciamentos Ambientais

GRUPOS	ATIVIDADES SUJEITAS AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL
00	Extração de minerais
02	Agricultura e extração de vegetais e silvicultura
03	Pecuária e criação de outros animais
10	Produtos de minerais não metálicos
11	Metalúrgica
12	Mecânica
13	Material elétrico e de comunicações
14	Material de transporte
15	Madeira
16	Mobiliário
17	Papel e papelão
18	Borracha
19	Couros, peles e produtos similares
20	Química
21	Produtos farmacêuticos e veterinários
22	Perfumaria, sabões e velas
23	Produtos de matérias plásticas
24	Têxtil
25	Vestuário, calçados e artefatos de tecidos
26	Produtos alimentares
27	Bebidas
28	Fumo
29	Editorial e gráfica
30	Diversos
31	Unidades auxiliares de apoio industrial e serviços de natureza industrial
33	Construção civil
34	Álcool e açúcar
35	Serviços de utilidade pública
47	Transporte
55	Serviços auxiliares diversos

Fonte: Anexo 1 do Decreto Estadual do Rio de Janeiro, nº 44.820/2014

Tabela 32 - Documentos de Licenciamentos Emitidos pelo INEA (Ref. mar/2018)

DOCUMENTOS SLAM	SIGLAS	QUANTIDADES
Autorizações Ambientais	AA	105
Autorizações Ambientais de Funcionamentos	AAF	1
Certidões Ambientais	CA	212
Certificados de Credenciamentos de Laboratórios	CCL	10
Certidões de Faixas Marginais de Proteção	CFMP	23
Certidões de Registros - Agrotóxicos	CRA	3
Certidão de Reserva de Disponibilidade Hídricos	CRDH	1
Certificados de Registros - Higienizações	CRH	11
Certificados de Reservas Particulares de Patrimônios Naturais	CRPPN	3
Certificados de Registros - Vetores	CRV	19
Licenças Ambientais de Recuperações	LAR	8
Licenças Ambientais Simplificadas	LAS	49
Licenças de Instalações	LI	227
Licenças de Instalações e Operações	LIO	2
Licenças de Operações	LO	397
Licenças de Operações e Recuperações	LOR	12
Licenças Prévias	LP	51
Licenças Prévias e Instalações	LPI	109
Outorgas de Direitos de Usos de Recursos Hídricos	OUT	40
Termos de Encerramentos	TE	3
Total		1286

Fonte: Portal do Licenciamento (INEA)

Tabela 33 - Licenciamentos Municipais a Montante da ETA Guandu

LICENCIADORES	NÃO LICENCIADORES
Barra do Pirai	Engº Paulo de Frontin
Mendes	Japeri
Miguel Pereira	-
Nova Iguaçu	-
Paracambi	-
Pirai	-
Queimados	-
Rio Claro	-
Rio de Janeiro	-
Seropédica	-
Vassouras	-

Fonte: Portal do Licenciamento (INEA)

A Resolução Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONEMA) de nº 42/2012 definiu o conceito de impacto ambiental de âmbito local, classificou o impacto das atividades poluidoras, caracterizou as estruturas municipais de governança ambiental, definiu os procedimentos para as Autorizações de Supressão de Vegetação e ainda definiu o

Portal do Licenciamento, na página do INEA, como instrumento integrante do Sistema Estadual de Informações sobre Meio Ambiente com o objetivo de acesso à informação sobre as estruturas municipais de governança ambiental e de direcionamento ao órgão ambiental originariamente competente para as ações administrativas do licenciamento ambiental no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.

O Cenário do Tratamento de Esgoto

Do ponto de vista do esgotamento sanitário na região drenante à ETA Guandu existem 308 outorgas registradas, que são distribuídas segundo os corpos de lançamentos que são descritas na Tabela 34.

Tabela 34 – Corpos de Lançamentos das Outorgas e as Respectivas Vazões

CORPOS DE LANÇAMENTOS	Números de Outorgas	Vazões M ³ /dia
Lago natural ou lagoa	27	17,015
Reservatório/Açude/Barragem	2	0,270
Rio ou Curso d'água	88	527,129
Solo - Fertirrigação	4	0,115
Solo - Fossa ou sumidouro	134	31,250
Solo - outros	53	22,251
Totais	308	598,030

Fonte: O Autor com base em dados do CBH Guandu

Os indicadores esgotamento sanitário apontam para maior concentração de carga orgânica remanescente nas UHPs com maior concentração de população e consequente geração de esgoto, para a área a montante da ETA Guandu se destacam as áreas pertencente a RH II dos municípios de Nova Iguaçu e de Queimados, áreas essas que juntas contabilizam uma população de 348.205, segundo estimativas para o ano de 2016. (PROFIL, 2017b)

Na área drenante a ETA Guandu as bacias dos rios Queimados e Ipiranga são as que mais contribuem com a carga orgânica de DBO lançadas nos cursos da água, apesar de estarem as UHPs com maior cobertura de coleta e tratamento dos esgotos gerados.

Conforme consta no Diagnóstico (Tomo II) do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, de maneira geral, o índice de cobertura de serviços de esgotamento sanitário é muito baixo nos municípios da RH II, estando em sua maioria abaixo da média nacional e da região

Sudeste, o que resulta em cargas remanescentes de esgoto elevadas. O município com maior índice de coleta e tratamento a montante da ETA Guandu é o de Miguel Pereira (27,5%), Piraí (15,9%) e Vassouras (3,7%). A população urbana de Vassouras, no entanto, está localizada fora da RH II, na RH III. Os demais municípios não apresentam tratamento do esgoto coletado, ou apresentam índices muito baixos, abaixo de 1%, conforme dados do SNIS (2015).

O Cadastro de Lançamentos de Efluentes

Consta no Diagnóstico (PROFIL, 2017b) do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim que o cadastro de usuários que a carga orgânica em pontos de lançamento para os mananciais faz referência à demanda bioquímica de oxigênio (DBO): DBO máxima bruta, DBO média bruta, DBO máxima tratada, DBO média tratada, carga de DBO média bruta por dia, carga de DBO máxima tratada por dia e carga de DBO média tratada por dia.

Para fins de análise da carga orgânica lançada, foram utilizados os valores de carga DBO média bruta e tratada por dia. A carga foi calculada através da multiplicação dos valores de DBO (kg/l) pelo valor de vazão de lançamento (l/dia). Os dados foram consistidos, removendo-se as informações duplicadas e desatualizadas.

As atividades de aquicultura e mineração não apresentaram cadastro com informações de DBO. A criação animal possui um dos três cadastros de lançamento com informação de DBO e a irrigação possui um ponto, o qual é o único cadastrado. Esses dois pontos estão localizados na UHP Rio Piraí- reservatório Santana e afluentes.

O ponto de criação animal possui carga de DBO média bruta de 0,3 kg/dia e tratada de 0,04 kg/dia. O ponto de irrigação lança 339,8 kg/dia sem realizar tratamento.

Do total de 16 pontos com lançamento cadastrados referente ao abastecimento, apenas 2 pontos pertencentes à Prefeitura Municipal de Mendes têm informações de DBO e estão localizados na UHP Rio Piraí - reservatório Santana e afluentes. Já o esgotamento sanitário possui 15 dos seus 18 pontos com essas informações. Conforme a Tabela 35, a maior carga orgânica remanescente referente à essas atividades estão na UHP Rios Queimados e Ipiranga.

A UHP Ribeirão das Lajes – jusante é a que possui o melhor índice de tratamento da carga bruta. Ao comparar os dados do cadastro com os calculados para o de Esgotamento Sanitário na atualização do plano, percebe-se discrepância nos valores, sendo os calculados mais próximos da realidade da bacia hidrográfica.

Tabela 35 - Carga Orgânica de Esgotamento Sanitário Cadastrados por UHPs a Montante da ETA Guandu

UHPs	Cargas DBO médias brutas (kg/dia)	Cargas DBO médias tratadas (kg/dia)	Cargas DBO médias remanescentes (kg/dia)
Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	31,06	21,74	9,32
Rio Piraí - montante res. Santana	1044,68	467,52	577,15
Rio Piraí - res. Santana e afluentes	1009,71	26,4	983,31
Rios Queimados e Ipiranga	1285,52	179,39	1106,13
Total Geral	3370,97	695,05	2675,91

Fonte: PROFILL, 2017b

A indústria é o setor com maior número de pontos de lançamentos cadastrados. Dos 66 pontos cadastrados na RH II, 45 têm informações de DBO. No cadastro de lançamento de termelétricas, a montante de ETA Guandu, 2 pontos possuem informações de carga orgânica e estão localizados na UHP Rio Guandu. Conforme o Tabela 36, a maior carga orgânica referente à essas atividades estão nas UHPs Rio Piraí – res. Santana e afluentes.

Tabela 36 - Carga Orgânica de Indústrias e Termelétricas Cadastradas por UHPs a Montante da ETA Guandu

UHPs	Cargas DBO médias brutas (kg/dia)	Cargas DBO médias tratadas (kg/dia)	Cargas DBO médias remanescentes (kg/dia)
Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	288,53	265,49	23,04
Rio Piraí - montante res. Santana	1044,68	467,52	577,15
Rio Piraí - res. Santana e afluentes	2.825,99	254,29	2.571,70
Rios Santana e São Pedro	0,16	0,14	0,02
Rios Queimados e Ipiranga	2.281,42	1.205,98	1.075,44
Rio Guandu	1.410,78	50,40	1.360,38
Total Geral	7851,56	2243,82	5607,73

Fonte: PROFILL (2017b)

Além dessas atividades, outras cadastradas como condomínio, consumo humano, combate a incêndio, lavagem de veículos, urbanização também possuem informações sobre DBO. Seus valores por UHPs estão listados na Tabela 37.

Tabela 37 - Cargas Orgânicas de Outras Atividades Cadastradas por UHPs a Montante da ETA Guandu

UHPs	Carga DBO média bruta (kg/dia)	Carga DBO média tratada (kg/dia)	Carga DBO média remanescente (kg/dia)
Ribeirão das Lajes - jusante reservatório	1281,19	99,78	1181,41
Rio Pirai - res. Santana e afluentes	3,88	1,84	2,04
Rios Queimados e Ipiranga	304,00	166,20	137,80
Rio Guandu	336,00	50,40	285,60
Total Geral	2969,91	785,88	2184,02

Fonte: PROFIL (2017b)

Cabe ressaltar que como os cadastros de captação o cadastro de lançamentos de efluentes necessitam de revisões e atualizações como a que está em andamento com a demanda do PROGESTÃO.

A Qualidade da Água nos Corpos Hídricos a Montante da ETA Guandu

O Monitoramentos de Tócos

As avaliações da qualidade da água nos corpos hídricos nas séries históricas dos monitoramentos efetuados em duas campanhas do CBH Guandu no Reservatório de Tocos, contemplou dados obtidos nos períodos de julho de 2011 e abril de 2012 e de janeiro a dezembro de 2016.

A partir do Índice de Qualidade da Água (IQA), que considera um conjunto de parâmetros (como oxigênio, coliformes, pH, DBO, nitrato, fosfato e turbidez), tanto nas campanhas de 2011/2012 quanto na de 2016, para as quais os pontos amostrados foram classificados em sua maioria como de qualidade boa ou ótima.

Destacaram-se os menores valores, nos dois períodos de avaliações, nas campanhas que ocorreram no P2 que foi considerado o trecho mais crítico, devido à proximidade com o meio urbano do distrito de Lídice e os seus impactos como as descargas de efluentes domésticos e resíduos sólidos. Essa diminuição na qualidade da água ocorreu concomitante ao aumento de E.coli neste local, e consequente *input* de matéria orgânica de origem fecal.

A Figura 108 apresenta o mapa de distribuição do IQA médio nos pontos de monitoramentos nas campanhas de 2011/2012 e de 2016.

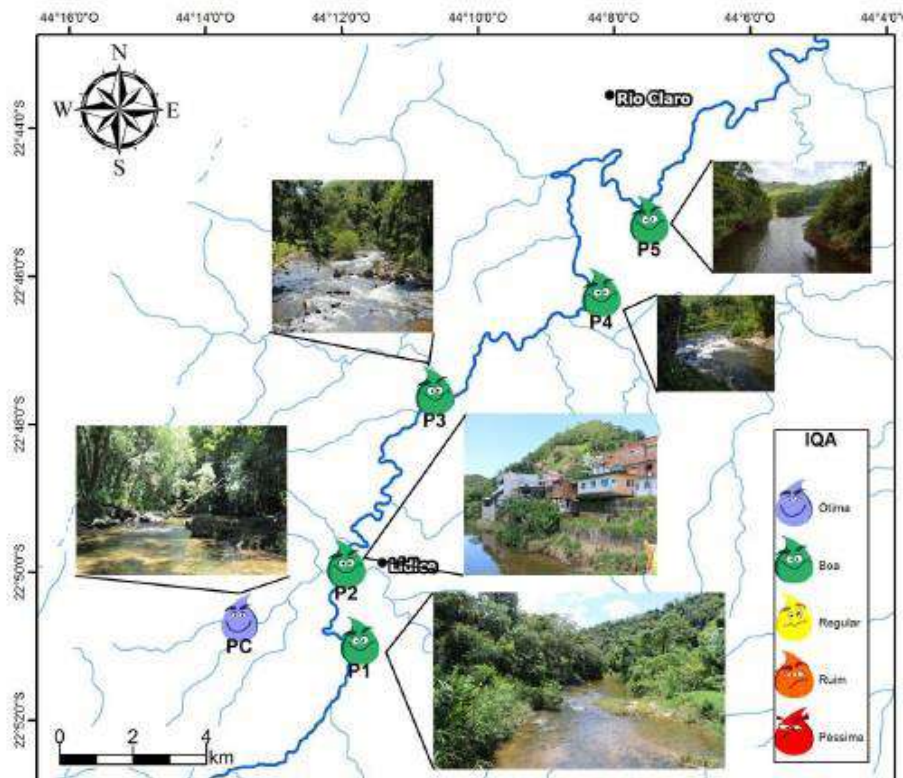


Figura 108 - Mapa de distribuição do IQA médio de Tocos nos monitoramentos 2011/2012 e 2016
 Fonte: SEA PROJECTS, 2017

O Monitoramento INEA

Os boletins de qualidade das águas por regiões hidrográficas do INEA apresentam retratos das qualidades das águas dos rios através da aplicação Índice de Qualidade de Água (IQA_{NSF})⁴² que consolida em um único valor os resultados dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Nitrato (NO_3), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez (T), Sólidos Dissolvidos Totais (RNFT), Temperatura da Água e do Ar e Coliformes Termotolerantes. É considerado também as análises dos parâmetros bacteriológicos, físico-químicos e biológicos.

Os resultados consolidados médios anuais de 2013 a 2017 são apresentados da Figura 109 até a Figura 113.

⁴² Foi criado no ano de 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF).

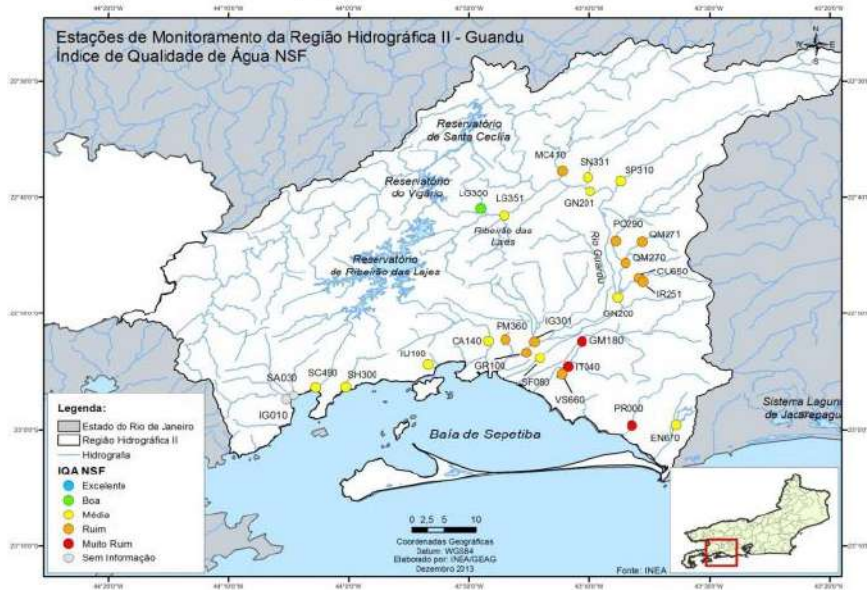


Figura 109 - Índice de Qualidade de Água (IQ_{NSF}) 2013 na RH II
 Fonte: INEA (2017a)

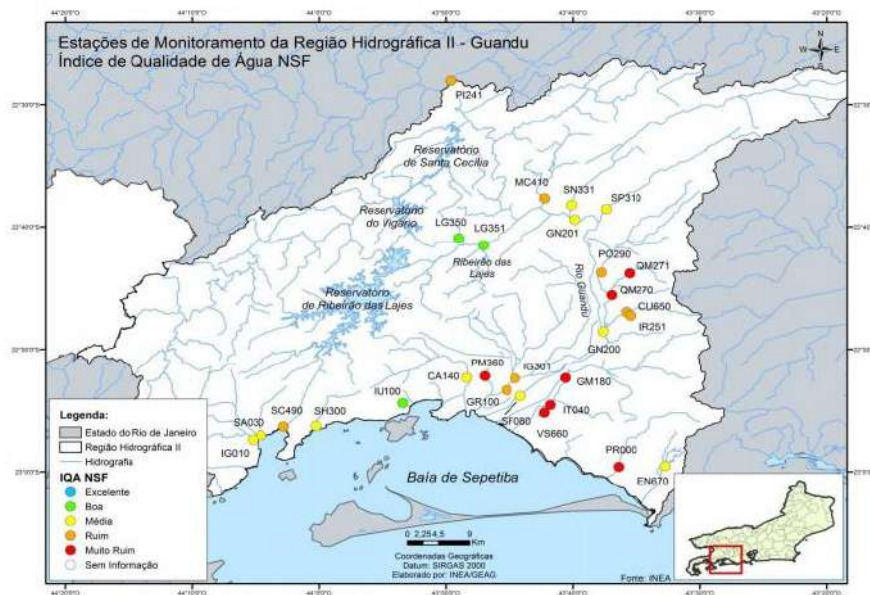


Figura 110 - Índice de Qualidade de Água (IQ_{NSF}) 2014 na RH II
 Fonte: INEA (2017a)

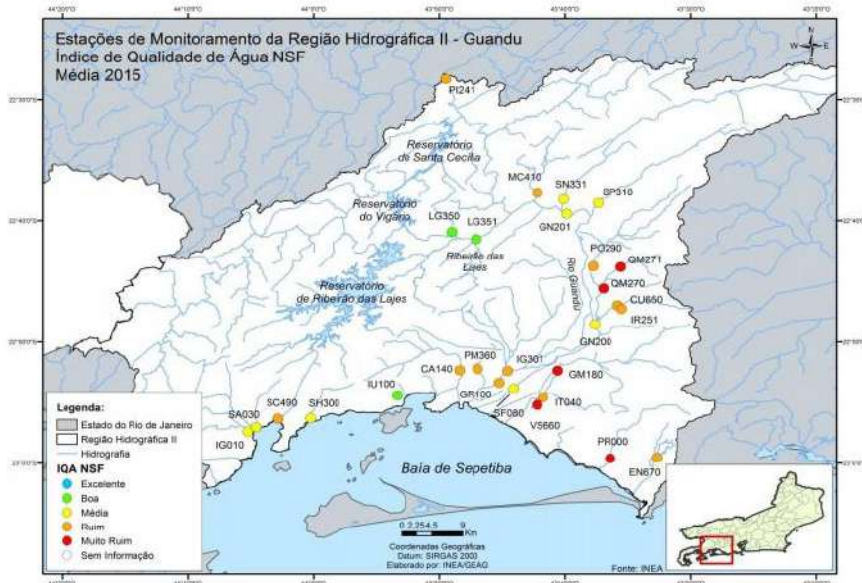


Figura 111 - Índice de Qualidade de Água (IQANSF) 2015 na RH II
Fonte: INEA (2017a)

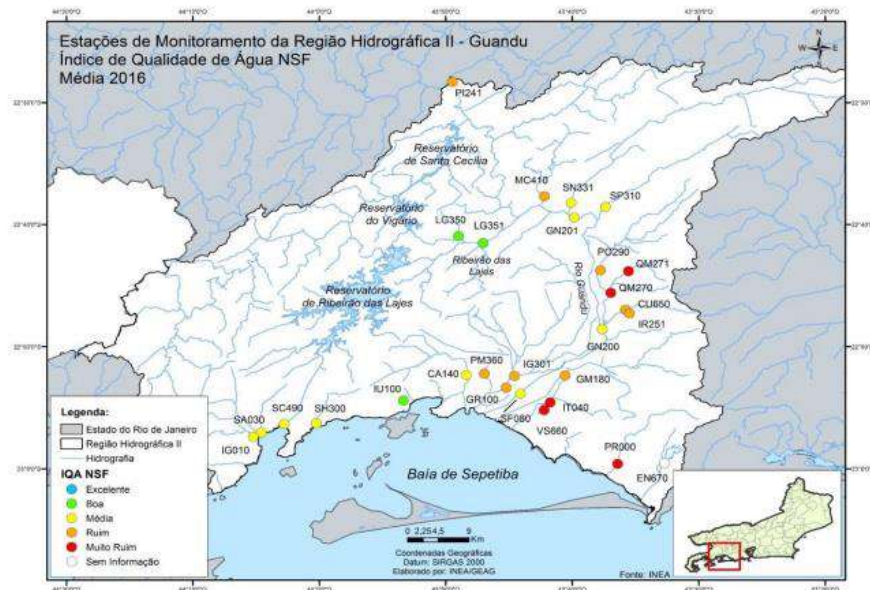


Figura 112 - Índice de Qualidade de Água (IQANSF) 2016 na RH II
Fonte: INEA (2017a)

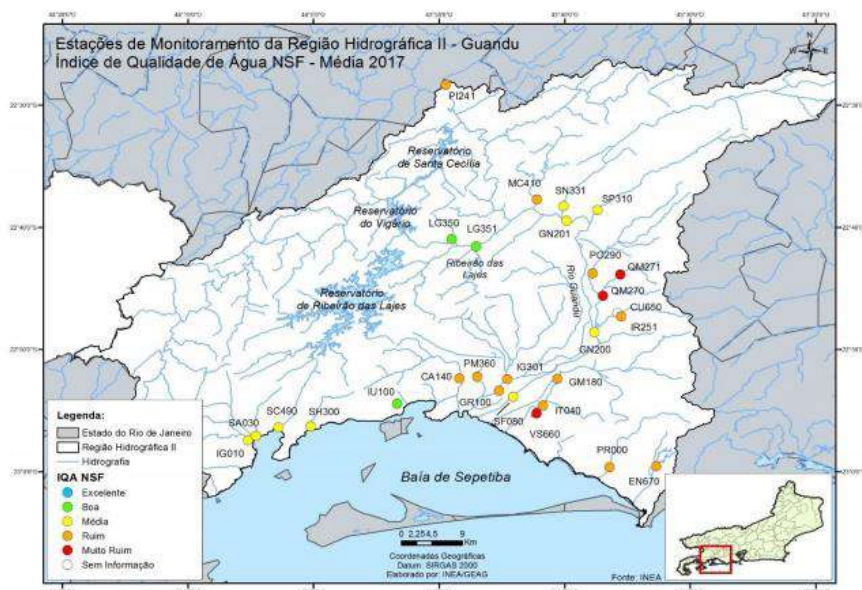


Figura 113 - Índice de Qualidade de Água (IQ_{NSF}) 2017 na RH II
 Fonte: INEA (2017a)

Na composição do IQ_{NSF} o INEA usa o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.

Para Coliformes Termotolerantes é utilizado o resultado de Escherichia Coli, seguindo o mesmo critério adotado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), descrito no Relatório Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo / Apêndice C - Índices de Qualidade de Água.

A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

É destacado que as dificuldades econômicas do estado do Rio de Janeiro dificultaram as campanhas de coletas de amostras, em especial no ano de 2017. Os resultados dos IQ_{NSF} médios anuais disponibilizados pelo INEA dos anos de 2013 a 2017 são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 - IQ_{NSF} médios anuais dos anos de 2013 a 2017

Estações de amostragens	Localizações	Municípios	IQ _{NSF}				
			2013	2014	2015	2016	2017
CA140	Rio Cação	Itaguaí	56,4	54,4	38,1	58,9	47,3
CU650	Rio Cabuçu	Nova Iguaçu	28,8	30,1	27,7	26,2	-
EN670	Rio Engenho Velho	Rio de Janeiro	60,2	52,7	47,7	-	30,3
GM180	Rio Guandu-Mirim		24,5	22,7	15,5	27,5	28,1
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	61,5	64,7	62,7	64,6	63,8
GN201		Seropédica	64,9	68,7	66,9	68,9	67,9
GR100	Rio da Guarda	Itaguaí	33,2	43,7	32,4	49,6	37,7
IG010	Rio Ingaíba	Mangaratiba		66,5	66,6	65,4	55,3
IG301	Rio Itaguaí	Itaguaí	44,4	36,2	29,9	42,0	33,9
IR251	Rio Ipiranga	Nova Iguaçu	29,3	29,2	30,6	26,6	-
IT040	Canal do Itá	Rio de Janeiro	22,1	15,8	32,5	23,4	30,6
IU100	Rio Itinguçu	Mangaratiba	64,6	71,0	70,5	72,2	77,1
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	70,8	74,3	73,6	74,5	73,1
LG351	Ribeirão das Lajes	Paracambí	68,1	76,7	72,8	73,9	74,1
MC410	Rio Macaco		42,4	33,6	36,5	37,8	36,7
PI0241	Rio Piraí	Barra do Piraí	-	41,5	43,6	37,1	38,2
PM360	Rio Piranema	Itaguaí	31,5	23,6	32,7	27,3	30,2
PO290	Rio dos Poços	Queimados	37,0	33,1	30,3	28,4	30,6
PR000	Rio Piraquê	Rio de Janeiro	22,7	19,3	13,3	19,4	26,7
QM270	Rio Queimados	Queimados	26,5	20,0	19,6	20,2	21,3
QM271			26,6	21,5	21,9	20,1	20,9
SA030	Rio Santo Antônio	Mangaratiba	-	66,9	60,0	65,1	53,5
SC490	Rio do Saco		50,6	49,1	42,1	55,0	57,7
SF080	Canal de São Francisco	Rio de Janeiro	66,2	63,7	50,7	69,7	64,7
SH300	Rio Sahy	Mangaratiba	66,9	58,1	53,4	69,6	68,7
SN331	Rio Santana	Paracambi	56,5	60,5	58,1	63,0	58,5
SP310	Rio São Pedro	Japeri	66,2	66,5	64,6	69,8	67,2
VS660	Vala do Sangue	Rio de Janeiro	29,6	20,3	23,0	-	22,6

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQ _{NSF}	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Significado	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público			Águas impróprias para tratamento convencional visando abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados	

Fonte: INEA (2017a)

Como pode ser observado as estações de amostragens destacadas na Tabela 38 e que estão localizadas a montante da ETA Guandu não apresentaram no período de 2013-2017 variações significativas nos IQ_{NSF} médios anuais com classificações de

categorias, em sua maioria, de média a ruim, excetuando os pontos do Rio Queimados (QM270 e QM271) que apresentam ao longo do período a classificação de muito ruim, nos últimos quatro anos de análises.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento

O enquadramento é o estabelecimento de nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um trecho de corpo d'água ao longo do tempo. Ele é um dos instrumentos das Políticas Federal e Estadual de Recursos Hídricos, e, de acordo com as Leis Federal 9.433/1997 e estadual nº 3.239/1999, que visam a:

- I. assegurar às águas qualidade compatível com os usos prioritários a que forem destinadas;
- II. diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes; e
- III. estabelecer as metas de qualidade da água, a serem atingidas.

Em 2014, o Comitê Guandu-RJ aprovou a Resolução nº 107, que dispõe sobre a aprovação da proposta de enquadramento de corpos d'água em classes de uso para 24 trechos rios inseridos na Região Hidrográfica II - Guandu, apresentados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), por meio da Nota Técnica nº 02/2013/DIGAT de 04 de novembro de 2013 provocada pelas discussões no âmbito da Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão (CTIG)⁴³ do Comitê Guandu. A Tabela 39 apresenta os trechos que foram enquadrados.

O enquadramento estabelecido na Resolução Guandu de nº 107/2014 foi homologada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), através da Resolução CERHI-RJ nº 127/2014.

⁴³ A CTIG foi incorporada a Câmara Técnica de Instrumentos Legais e de Gestão (CTIL-G) conforme a Resolução Comitê Guandu nº 109, de 28 de agosto de 2014.

Tabela 39 – Enquadramentos de corpos hídricos da Região Hidrográfica II

Sub Bacias	Corpo Hídrico	Trecho	Classe
Reservatório de Lajes	Reservatório de Lajes	Braços e afluentes de 1ª, 2ª e 3ª ordem do corpo principal	Especial
		Corpo principal (saída do canal de Tocos até a barragem)	1
Rio Santana	Rio Santana	Da nascente até confluência com rio São João da Barra e afluentes	1
	Rio Falcão	Da nascente até a foz no rio Santana	1
	Rio Vera Cruz	Da nascente até a foz no rio Santana	1
	Rio Santana	Da confluência com rio São João da Barra até a foz	2
	Rio São João da Barra	Da nascente até a foz no rio Santana	2
	Rio Santa Branca	Da nascente até a foz no rio Santana	2
	Rio Cachoeirão	Da nascente até a foz no rio Santana	2
	Córrego João Correia	Da nascente até a foz no rio Santana	2
Rio São Pedro	Canal Paes Leme	Da nascente até a foz no rio Santana	2
	Rio São Pedro	Da nascente até limite da reserva do Tinguá e afluentes	Especial
Rio Poços	Rio São Pedro	Jusante limite reserva Tinguá até a foz	2
	Rio D'Ouro	Da nascente até o limite da reserva Tinguá	Especial
Rio Ipiranga	Rio Santo Antônio	Da nascente até o limite da reserva Tinguá	Especial
	Rio Cabuçu	Da nascente até o limite da APA Gericinó Mendanha	1
Ribeirão das Lajes (Reservatório de Lajes com confluência com Rio Macaco)	Ribeirão das Lajes	Barragem de Lajes – Confluência com o rio Macaco	2
	Rio Cacaria	Da nascente até a foz no Ribeirão das Lajes	1
	Rio da Prata	Da nascente até a foz no Ribeirão das Lajes	1
	Rio da Onça	Da nascente até a foz no Ribeirão das Lajes	1
	Córrego dos Macacos	Da nascente até a foz no Ribeirão das Lajes	1
Rio Guandu	Afluentes de 1ª ordem	Da nascente até a foz no Ribeirão das Lajes	1
	Rio Guandu	Da foz do rio Macaco até a travessia da antiga estrada Rio-Santos	2
Rio Guandu Mirim	Rio Guandu do Sapê	Da nascente até o limite da APA Gericinó-Mendanha	1

Fonte: Resolução Comitê Guandu nº 107/2014

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) é um indicador de qualidade da água e foi desenvolvido pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá (CABRAL e MELO, 2015 *apud* CCME, 2001). O principal objetivo deste indicador é avaliar a distância entre a qualidade da água atual e a meta estabelecida pelo enquadramento de um corpo de água.

Conforme AMARO (2009), este índice está baseado no *Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index* (CCME WQI) desenvolvido em 1997, o qual avalia a condição do corpo hídrico em relação a determinados objetivos de qualidade da água anteriormente definidos.

Ainda conforme AMARO (2009) o CCME WQI, ou simplesmente CWQI, foi concebido mediante o modelo adotado em British Columbia (BCWQI) para o qual os três fatores presentes no cálculo variam entre 0 e 100. Ele contempla os fatores *F1* (abrangência), *F2* (frequência) e *F3* (amplitude).

O ICE foi adaptado com o objetivo de representar os fatores de pressão identificados nas bacias hidrográficas monitoradas.

O ICE é composto pelos seguintes fatores: *Fator 1* - Abrangência: representa o número de variáveis de qualidade da água que, pelo menos uma vez no período de observação, não atenderam os limites estabelecidos. É calculado pela Equação 1.

$$F_1 = \frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} * 100 \quad (1)$$

O *Fator 2* - Frequência: representa a porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiverem em desconformidade, em relação ao número de observações. Dado pela Equação 2.

$$F_2 = \frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de medições}} * 100 \quad (2)$$

O *Fator 3* - Amplitude: representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto é, a diferença entre o valor mensurado e o valor a ser alcançado de acordo com o objetivo de qualidade da água. O fator *F3* é calculado em três etapas:

- a) O número de vezes em que a concentração individual é maior que (ou menor que, quando o objetivo é um mínimo), ou seja, quando o valor do teste não deve exceder o objetivo (Equação 3).

$$\Delta V_i = \text{Variação} = \frac{\text{Valor testado que falhou}}{\text{Objetivos}(i)} - 1 \quad (3)$$

Para os casos em que o valor do teste não deve ser abaixo do objetivo, o cálculo é dado pela Equação 4:

$$\Delta V_i = \text{Variação} = \frac{\text{Objetivos}(i)}{\text{Valor testado que falhou}} * 100 \quad (4)$$

- b) A junção dos testes individuais, que não apresentaram inconformidade, é calculada somando todas as variações individuais que não atenderam aos objetivos e dividindo pelo número total de testes. Esta variável é denominada 'soma normalizada das variações' (*snv*) e é calculada pela Equação 5:

$$snv = \sum_{n=1}^n \frac{\Delta V_i}{\text{Número total de testes}} \quad (5)$$

- c) O valor de *F3* é calculado pela soma normalizada das variações dos objetivos (*snv*), sendo que estas foram reduzidas a uma variável entre 0 e 100 (Equação 6).

$$F_3 = \frac{snv}{0,01 * snv + 0,01} \quad (6)$$

Portanto, o índice pode ser obtido através da Equação 7, sendo o fator 1,732 empregado de forma a normalizar o resultado, pois cada um dos três fatores individuais pode chegar a 100.

$$ICE = 100 - \frac{\sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 + (F_3)^2}}{1,732} \quad (7)$$

Conforme (AMARO, 2009) se o corpo hídrico estiver com um índice próximo de 100, a condição de enquadramento está atendida. Entretanto, quando o índice estiver próximo de zero o corpo hídrico estará fora dos padrões de conformidade ao enquadramento, possibilitando aos tomadores de decisão identificar quais os locais que precisam de maior prioridade na aplicação de medidas de controle para atingir o objetivo de qualidade da água.

A medição da "distância", isto é, para saber o quão longe o corpo hídrico está da meta, será idealizada uma categorização similar àquela adotada para o índice canadense e adaptada para o acompanhamento da situação de enquadramento, em três categorias: a) conforme; b) afastado; e c) não conforme.

As categorias de classificação do ICE adotadas pretendem refletir as condições dos corpos hídricos em relação aos usos preponderantes do trecho do rio analisado, uma vez que as variáveis mais representativas do uso da água naquele trecho farão parte do cálculo do índice.

Os resultados dos parâmetros analisados nas estações de amostragem foram confrontados com seus respectivos limites de classes. Assim, analisou-se a incidência de não conformidade desses parâmetros no período de 2014 a 2017 para selecionar os parâmetros para o cálculo do ICEs. A relação dos parâmetros selecionados para compor o índice em cada ponto pode ser observada na Tabela 40.

Tabela 40 - Padrões de Qualidade das Águas Utilizados no Cálculo do ICE

Parâmetros	Unidades	Classes de Enquadramentos			
		1	2	3	4
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	> 2
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-
Fósforo total – ambiente lântico	mg/L	≤ 0,020	≤ 0,030	≤ 0,050	-
Fósforo total – ambiente intermediário	mg/L	≤ 0,025	≤ 0,05	≤ 0,075	-
Fósforo total – ambiente lótico	mg/L	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,15	-
Turbidez	UNT	≤ 40	≤ 100	≤ 100	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	≤ 200	≤ 1.000	≤ 2.500	-

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005

Considerando que uma das exigências para o cálculo desse indicador é ter no mínimo quatro resultados para cada parâmetro, foram agrupados os dados de monitoramentos registrados pelo INEA de 2014 e 2017. Desta forma, foi possível realizar o cálculo de ICE para 13 pontos a montante da ETA Guandu.

Os ICEs foram calculados para os pontos que apresentaram valores anuais consolidados e os seguintes procedimentos foram adotados para os cálculos:

1. Para os pontos enquadrados como Classe Especial da Resolução CONAMA 357, utilizou-se os padrões da Classe 1;
2. Os parâmetros adotados para os cálculos dos ICEs foram demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, Oxigênio Dissolvido, turbidez e coliformes termotolerantes;
3. Para os padrões de qualidades de Fósforo total foram adotados os de ambientes intermediários; e
4. Face as precárias condições econômicas que assolou o estado do Rio de Janeiro no ano de 2017, as campanhas de monitoramentos ficaram muito prejudicadas, inclusive com a não cobertura de alguns pontos, razão pela qual se usou, para os cálculos os valores médios anuais, e se desconsiderou o ano para aqueles pontos não monitorados.

Os resultados são apresentados na Tabela 41 apresenta os resultados obtidos nos cálculos dos ICEs para os pontos de amostragens a montante da ETA Guandu.

A Figura 114 demonstra graficamente os resultados obtidos dos ICEs ao logo dos 4 anos nos respectivos pontos de amostragens a montante da ETA Guandu.

Tabela 41 - ICes nos Pontos de Amostragens a Montante da ETA Guandu

Estações de amostragens	Localizações	Municípios	Classes Adotadas	ICes para os Anos			
				2014	2015	2016	2017
CU650	Rio Cabuçu	Nova Iguaçu	2	12,81958	12,81958	12,81958	-
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	2	33,67295	33,66714	33,67013	33,66583
GN201		Seropédica	2	33,67648	33,68649	33,66751	34,07050
IR251	Rio Ipiranga	Nova Iguaçu	2	33,66572	33,66572	33,66572	-
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	1	33,69816	33,68146	33,79086	34,18202
LG351	Ribeirão das Lajes	Paracambí	1	33,89229	33,89294	34,08779	34,50964
MC410	Rio Macaco		1	33,66572	33,66572	33,66572	33,66572
PI241	Rio Piraí	Barra do Piraí	1	33,66830	33,66572	33,66602	33,67278
PO290	Rio dos Poços	Queimados	2	33,66583	33,66572	33,66572	33,66602
QM270	Rio Queimados	Queimados	2	33,66572	33,66572	33,66572	33,66572
QM271			2	33,66572	33,66572	33,66572	33,66572
SN331	Rio Santana	Paracambi	1	33,67023	33,68051	33,67603	33,67726
SP310	Rio São Pedro	Japeri	1	33,71895	33,71382	33,69817	33,71381

Fonte: O Autor

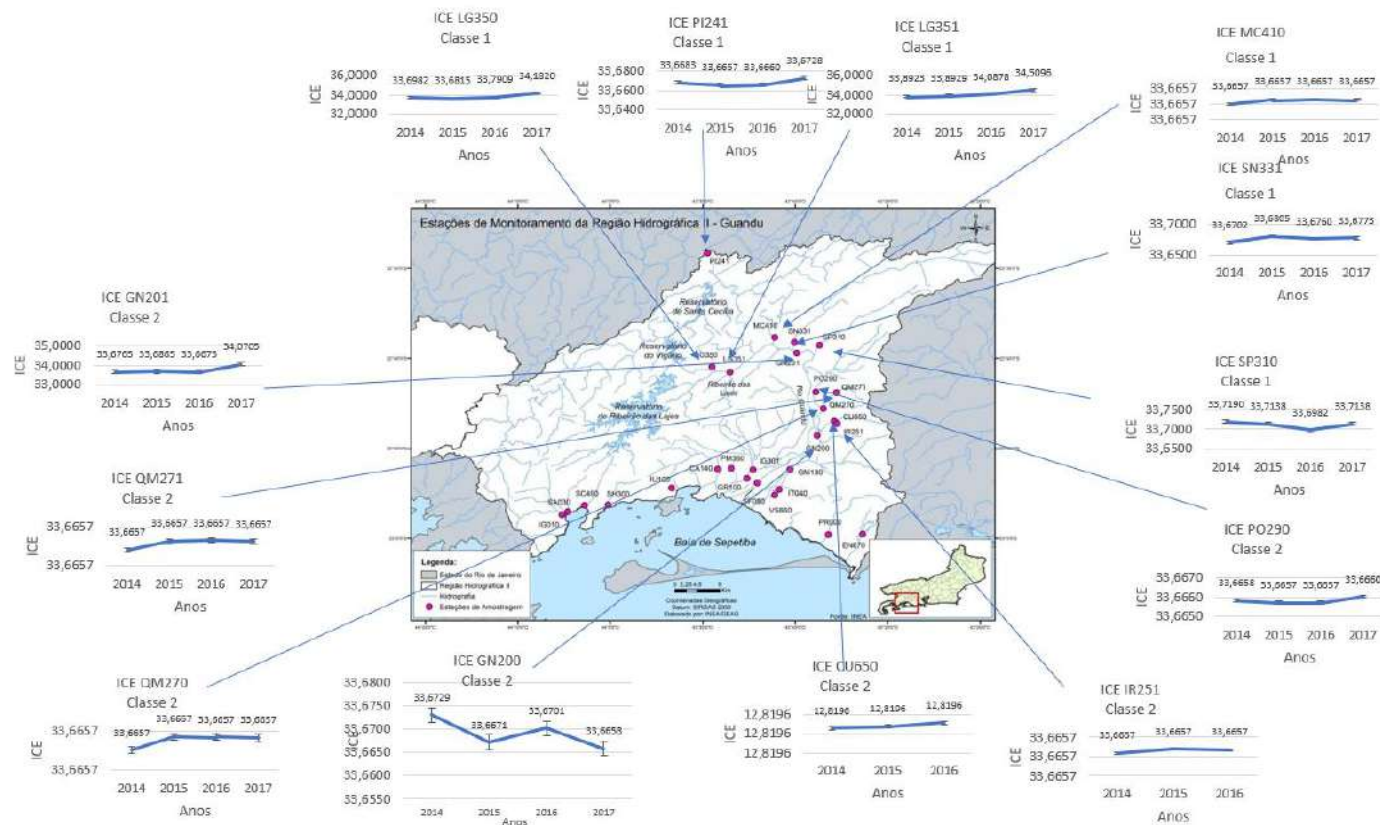


Figura 114 – Gráficos de ICES no Período de 2014/2017 e os Pontos de Amostragens
 Fonte: O Autor a partir de imagem do INEA

Confrontando-se os valores dos ICEs com as faixas de classificações nas categorias de qualidade da água do CCME WQI, conclui-se que os resultados das amostragens demonstram que as qualidades das águas monitoradas não atenderam aos padrões estabelecidos para seus enquadramentos, como é possível observar nas classificações em classes do CCME WQI, constantes a Tabela 42.

Tabela 42 - **Classes do Índice de Conformidade ao Enquadramento e seus Significados**

Valor ICEs	Classes	Significados
95 < ICE ≤ 100	Ótimo	A qualidade de água está protegida com virtual ausência de impactos. A qualidade da água está muito próxima da condição natural.
80 < ICE ≤ 95	Bom	A qualidade da água está protegida, apresentando apenas um pequeno grau de impacto. A qualidade da água raramente se desvia da condição natural ou dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
65 < ICE ≤ 80	Regular	A qualidade da água está protegida, mas ocasionalmente ocorrem impactos. A qualidade da água se desvia dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
45 < ICE ≤ 64	Ruim	A qualidade da água é frequentemente afetada. Com frequência os parâmetros de qualidade de água não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.
ICE ≤ 45	Péssimo	A qualidade da água quase sempre está alterada. Os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.

Fonte: ANA (2012b) *apud* CCME (2001)

Cabe destacar que dentre os cinco parâmetros analisados para uma possibilidade total de 104 amostras para fósforo total e coliformes termotolerantes, em todos os pontos de monitoramentos, houveram inconformidades aos enquadramentos nas faixas estabelecidas para as classes da resolução CONAMA, 357. E os valores para coliformes termotolerantes apresentaram, ao longo do período, valores muito elevados. A Tabela 43 apresenta os parâmetros nos Pontos de Amostragens no Período de 2014-2017

Tabela 43 - Parâmetros nos Pontos de Amostragens no Período de 2014-2017

Estação de amostragem	Localização	Município	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) - mg/L				Fósforo Total (PT) - mg/L				Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L				Turbidez (T) - uT				Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL			
			2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
CU650	Rio Cabuçu	Nova Iguaçu	13,0	8,0	6,0		2,22	3,06	3,04		1,8	3,6	0,0		4,8	32,0	70,9		1600000	1600000	1600000	
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	2,0	2,0	2,0	2,0	0,14	0,17	0,33	0,12	8,8	6,6	5,2	8,2	14,0	31,4	59,5	88,0	35000	160000	56000	920000
GN201		Seropédica	3,0	2,0	2,0	2,0	0,13	0,08	0,60	0,14	9,2	7,4	7,2	8,8	40,0	27,0	43,2	53,0	24000	13000	130000	1614
IR251	Rio Ipiranga	Nova Iguaçu	24,0	2,0	8,0		2,24	3,49	2,25		2,0	1,2	0,0		8,0	30,0	23,9		1600000	1600000	1600000	
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	2,0	2,0	2,0	2,0	0,23	0,27	0,10	0,13	8,8	6,4	6,6	7,8	27,0	30,0	49,9	30,5	7900	16000	2200	680
LG351	Ribeirão das Lajes	Paracambi	2,0	2,0	2,0	2,0	0,44	0,24	0,10	0,09	9,2	6,2	6,4	9,0	23,0	24,0	48,2	29,4	1300	1300	790	490
MC410	Rio Macaco		156,0	5,0	4,0	6,4	0,65	0,82	0,76	1,00	7,2	2,2	2,0	4,60	248,0	324,0	137,0	34,0	1600000	1600000	1600000	1600000
PI241	Rio Piraí	Barra do Piraí	3,2	2,0	12,0	4,0	0,26	0,47	0,37	0,26	3,2	1,8	3,6	3,6	13,0	106,0	7,0	40,9	92000	1600000	540000	35000
PO290	Rio dos Poços	Queimados	20,0	2,0	8,0	8,0	2,95	1,95	1,83	2,02	2,8	1,2	0,0	10,2	19,0	63,0	238,0	39,9	920000	1600000	1600000	540000
QM270	Rio Queimados	Queimados	190,0	8,0	8,0	20,0	2,48	3,69	5,33	3,97	2,0	0,8	0,0	1,8	205,0	51,0	91,2	40,8	1600000	1600000	1600000	1600000
QM271			56,0	12,0	10,0	16,0	6,54	4,23	4,31	4,26	2,6	1,0	0,0	1,4	94,0	44,0	69,2	66,5	1600000	1600000	1600000	1600000
SN331	Rio Santana	Paracambi	3,0	2,0	2,0	2,0	0,57	0,25	0,55	1,18	10,0	8,0	7,4	9,2	436,0	140,0	780,0	117,0	54000	17000	24196	21661
SP310	Rio São Pedro	Japeri	2,0	2,0	2,0	2,0	0,12	0,10	0,07	0,17	7,4	7,2	7,2	8,8	12,0	32,8	20,9	29,7	4900	5400	7900	5400

Fonte: INEA (2017a)

A Situação da Pressão de Poluentes Ordinários em 2017

A Tabela 44 dá um panorama da situação em 2017 do estressor “Poluentes ordinários - Pressão sobre a qualidade das águas”, ao resumir os valores obtidos para os cinco parâmetros poluidores considerados na análise do ICE. Em destaque estão os parâmetros que se encontram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA, 357.

Tabela 44 - Poluentes Ordinários em 2017

Estações de amostragens	Localizações	Município	Classes Adotadas	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) - mg/L	Fósforo Total (PT) - mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Turbidez (T) - uT	Coliformes Termotolerantes - NMP/100mL
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	2	< 2,00	0,10	7,11	18,38	3224
GN201		Seropédica	2	< 2,00	0,06	7,95	13,65	1137
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	1	< 2,00	0,07	7,00	16,34	254
LG351	Ribeirão das Lajes	Paracambi	1	< 2,00	0,05	7,27	12,13	229
MC410	Rio Macaco		1	10,75	0,44	3,22	25,95	>210000
PI241	Rio Piraí	Barra do Piraí	1	10,00	0,25	2,60	23,64	>865000
PO290	Rio dos Poços	Queimados	2	12,18	0,97	2,36	26,56	>110000
QM270	Rio Queimados	Queimados	2	30,09	20,21	0,91	27,25	>650000
QM271			2	33,45	2,40	0,53	34,41	>587000
SN331	Rio Santana	Paracambi	1	< 2,0	0,20	8,46	107,36	4293
SP310	Rio São Pedro	Japeri	1	< 2,0	0,07	8,04	16,94	1196

Fonte: INEA, (2017a)

As Ações de Gestão com Interferência na Pressão de Poluentes Ordinários

O Comitê Guandu aportou recursos financeiros para a CEDAE, por meio da Resolução nº48, 23/9/2010, no sentido de que a empresa desenvolvesse os projetos básicos de saneamento básico para os municípios integrantes da Região Hidrográfica II.

A empreitada foi dividida em três lotes de projetos básicos, que abrangeram os seguintes municípios em suas partes integrantes dentro dos limites da Região Hidrográfica RH-II:

- Lote 1 – Queimados (integralmente) e Nova Iguaçu (parcialmente);
- Lote 2 – Seropédica (integralmente), Paracambi (integralmente) e Miguel Pereira (parcialmente);
- Lote 3 – Itaguaí (integralmente), Piraí (parcialmente) e Barra do Piraí (parcialmente).

A execução dos projetos básicos de plano diretores de esgotamento sanitário da região metropolitana do Rio de Janeiro e das bacias contribuintes à Baía de Guanabara foram desenvolvidos pela empresa STE Serviços Técnicos de Engenharia S.A. com horizonte de projeto até 2040, tendo como ano base o ano de 2010.

Envolveram aspectos técnicos do sistema separador absoluto com coleta, transporte e tratamento de esgotos e teve como componentes:

- Serviços de Campo (topografias e sondagens);
- Estudo de Concepção (escolha de melhores alternativas);
- Projetos Básicos (desenhos, memoriais descritivo e de cálculos);
- Especificações técnicas; e
- Orçamentos Estimativos das Obras.

Os valores envolvidos em toda a empreitada somam R\$ 10.072.609,23 e foram distribuídos nas seguintes ordens:

- Lote I - R\$ 6.213.933,92;
- Lote II - R\$ 2.782,786,60; e
- Lote III - R\$ 3.858.675,31.

A elaboração dos projetos de complementação para toda a RH II incluindo os municípios de Mangaratiba, Engenheiro Paulo de Frontin, Japeri, Mendes, Rio Claro e Vassouras, está orçado em R\$7.229.219,05, já aportados pelo Comitê Guandu.

5.4.4 ESTRESSOR POLUENTES ACIDENTAIS

O estressor poluentes acidentais é função direta da intensidade com que ocorre e podem ser provenientes de fontes fixas, ou fontes móveis. Ele é consequência de qualquer evento anormal, indesejado e inesperado, com potencial para causar danos diretos ou indiretos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (MELO, 2016 *apud* CETESB, 2003).

A característica mensurável do estressor poluentes acidentais pode ser medida pela concentração do parâmetro da atividade representativa que gerou algum acidente. Assim a metodologia avalia o impacto da ocorrência do estressor. Esta forma de mensuração, demanda o conhecimento do comportamento do poluente representativo na ocorrência do acidente e como ele impacta a qualidade da água. (MELO, 2016)

Portanto a avaliação do risco de um acidente, que pode ser presente ou iminente, para análise do contexto de uma bacia em estudo, deve ser iniciada pelo diagnóstico de

fontes fixas e móveis que representam potencial perigo a acidentes ambientais. O conhecimento do perigo existente favorece ações preventivas a fim de minimizar a ocorrência dos acidentes e assim, prevenir a ocorrência dos impactos.

Dessa forma, serão aqui avaliadas, sobretudo, as fontes fixas potenciais de poluição acidental da área de estudo. Serão também consideradas as fontes móveis, comumente caracterizadas como transportes.

Conforme consta no Plano de Contingência para Abastecimento de Água (Guandu) (DRZ, 2015), a montante da ETA Guandu, os corpos d'água compartilham o território com diferentes elementos-focos, entre os quais se destacam as rodovias (federais, estaduais e vicinais), ferrovias, dutovias, empreendimentos variados (com destaque para indústrias e minerações), além de outras fontes de contaminação (tais como aterros de resíduos, lançamento de esgoto sanitário, áreas contaminadas etc.).

As Fontes Móveis

Rodovias

Entre as principais rodovias a montante da ETA Guandu, destaca-se duas que são rodovias federais sob concessão, BR-116 (CCR Nova Dutra) e BR-393 (ACCIONA), todas as demais são estaduais e administradas pelo DNIT (BR-465 e BR-101) ou pelo DER-RJ (RJ-093, RJ-105, RJ-113, RJ-121, RJ-125, RJ-127, RJ-141, RJ-145, RJ-149, RJ-153 e RJ-155, além do Arco Rodoviário Metropolitano).

Há um projeto de mudança de traçado da BR-116 no trecho da Serra das Araras, local com maior ocorrência de acidentes com produtos perigosos, prevendo-se a construção de uma nova pista de descida, ao valor estimado é de R\$ 1 bilhão e prazo de execução de cerca de três anos (excluindo-se ações prévias de detalhamento de projeto executivo e ações mitigadoras de licenciamento ambiental).

Esse trecho na Serra das Araras é o de maior risco e incidência de acidentes, conforme DRZ, 2015 *apud* SOPEA (2013), STRAUCH (2004), VIANA (2009) e VIANA *et al.* (2012).

Ferrovias

Na área de estudo, as ferrovias são operadas pelas concessionárias MRS e FCA, atualmente não se transportam produtos perigosos, excetuando-se o combustível das locomotivas (diesel). (DRZ, 2015)

Dutos

Dutos são tubulações especialmente desenvolvidas e construídas de acordo com normas internacionais de segurança, para transportar petróleo e seus derivados, álcool,

gás e produtos químicos diversos por distâncias especialmente longas, sendo então denominados como oleodutos, gasodutos ou polidutos (capaz de transportar mais de um produto). São construídos com chapas que recebem vários tratamentos contra corrosão e passam por inspeções frequentes, através de modernos equipamentos e monitoramento à distância. Entre os dispositivos de segurança estão válvulas de bloqueio, instaladas em vários intervalos das tubulações para impedir a passagem de produtos, em caso de anormalidades. Desta forma, um duto permite que grandes quantidades de produtos sejam deslocadas de maneira segura, diminuindo o tráfego de cargas perigosas por caminhões, trens ou por navios e, conseqüentemente, diminuindo os riscos de acidentes ambientais (DRZ, 2015 *apud* CETESB, 2013b).

Na área de estudo, a TRANSPETRO opera os seguintes oleodutos: ORBIG, ORBEL I, ORBEL II E OSRIO / OSVOL (DRZ, 2015 *apud* TRANSPETRO, 2013a, 2014)

Um risco específico para este setor tem sido algumas ligações clandestinas para furto de produtos que são pelos transportados.

As Fontes Fixas

Indústrias

Conforme DRZ (2015) a temática das indústrias apresentou a pior base de dados disponível, entre todos os elementos-foco. Foram obtidas informações indiretas, através dos registros de outorgas, junto ao INEA e ANA, que se constituem na base principal atualmente disponível, porém insuficiente para uma análise mais consistente para fins de risco e do plano de contingência.

Foram complementadas com dados obtidos junto à Associação das Empresas do Distrito Industrial de Queimados (ASDINQ) e Prefeitura de Piraí. No geral, não há informações consistentes disponíveis sobre principais matérias-primas e produtos perigosos utilizados ou manuseados; tipos e quantidades de resíduos e efluentes gerados, seu controle e destinação; material transportado de/para as indústrias; e registro de acidentes. Pelos levantamentos efetuados, A DRZ levantou 164 indústrias para seus estudos e mais 40 nos arredores imediatos.

Síntese do Registro de acidentes

Conforme os estudos da DRZ (2015) o histórico de acidentes nas áreas de estudo, obtidos nos dados do Serviço de Operações em Emergências Ambientais (SOPEA) subordinado respectivamente ao Centro de Informação Emergências Ambientais (CIEM) e este a Diretoria de Informação, Monitoramento e Fiscalização (DIMFIS) do INEA, para o período 2000-2013, complementado com os dados de ocorrências de

emergências ambientais para até 2015, disponíveis no sítio do INEA na rede mundial de computadores, mostra com amplo destaque de acidentes para as rodovias, em especial, a BR-116, como demonstrado na Tabela 45.

A principal atribuição do SOPEA é o atendimento *in loco* das ocorrências ambientais emergenciais tecnológicas com envolvimento de produtos químicos perigosos, que são aqueles denominados “acidentes ambientais tecnológicos”.

Tabela 45 - Acidentes com produtos perigosos nas áreas de estudo, 2000 a 2015

Tipo de Acidentes	Total	Total %
BR-116	135	71,1
BR-393	11	5,8
RJ-125	1	0,5
RJ-127	1	0,5
Outras rodovias	1	0,5
Indústrias	13	6,8
Disposições inadequadas	13	6,8
Postos	6	3,2
Comerciais	6	3,2
Ferrovia MRS	2	1,1
Dutos	1	0,5
Total	190	100

Fontes: DRZ (2015) *apud* SOPEA (2013), VIANA (2009) e VIANA *et al.* (2012); e SOPEA/INEA, (2015).

Situação do Estressor Poluentes Acidentais em 2017

A Tabela 46 apresenta o comportamento do estressor “poluentes acidentais” no ano de 2017.

MELO (2016) ressalta que para os estressores contingentes a avaliação do período deve ser ponderada com a avaliação da série histórica disponível, pois nem sempre aquele período pode ser representativo do padrão médio de ocorrência do estressor. Por exemplo, caso haja ocorrência do estressor no período a medida ocorrência pode ser superestimada e o mesmo se aplica ao inverso.

Tabela 46 - Comportamento do Estressor “Poluentes Acidentais” no ano de 2017

Poluentes Acidentais		
Característica Mensuráveis	Parâmetros de Elementos característicos	Ocorrências
Acidente	fontes fixas	Não há registros disponíveis de acidentes
	fontes móveis	Não há registros disponíveis de acidentes que tenha comprometido os corpos hídricos

Fonte: O Autor

As Ações de Gestão em Execução sobre o Estressor Poluentes Acidentais

O Plano de Contingência ao Abastecimento de Água do Guandu é pioneiro no Brasil. O mesmo deve ser entendido como um documento que define as ações estruturadas e organizadas a serem acionadas quando constatada uma situação de emergência associada a um ou mais elementos-foco (rodovias, ferrovias, dutos, indústrias, sistemas de transposição, barragens etc.), com o fim de restabelecer o sistema afetado, por meio de ações integradas, baseadas em procedimentos e abordagens técnico-científicas e apoio de bases de dados e informações georreferenciadas, com o envolvimento de múltiplos atores.

O Plano de Contingência ao Abastecimento de Água do Guandu inclui ações de prevenção, preparação, resposta, mitigação e recuperação, após a sua conclusão, com definições de papéis dos principais atores.

Dentre as análises efetuadas foram apresentadas no Plano de Contingência ao Abastecimento de Água do Guandu (DRZ, 2015) que:

- As principais ameaças nas bacias estudadas estão vinculadas ao transporte terrestre de produtos perigosos;
- Em termos de elementos-foco e poluição accidental, destaca-se a marcante importância do modal rodoviário e do dutoviário, relativamente ao modal ferroviário, indústrias, e carga difusa;
- Os elementos da transposição (elevatórias e reservatórios) constituem barreiras físicas de contenção, no sentido de limitar o avanço da pluma contaminante migrando pelos corpos d'água superficiais da bacia dos rios Paraíba do Sul e ou Piraí para a do Guandu;
- Quanto mais próximo o acidente ocorrer em relação à captação da ETA Guandu, maior será o risco, por não haver recursos de contenção (elementos de transposição e barragens) e pelo menor tempo de transporte do poluente;
- Os riscos de maior relevância para o abastecimento via ETA Guandu são aqueles vinculados à Área III (Sistema de captação e ETA Guandu), seguido pelos da Área II (Bacia do Rio Piraí) e da Área I (Bacia do Paraíba do Sul), devido à maior vulnerabilidade / gravidade e à maior frequência nesta área, sem o nível de proteção representado pela possibilidade de interrupção de um ou mais elementos de transposição / barragens;
- Quanto ao risco associado aos elementos de transposição, as falhas em UHEs, falhas em comportas de barragens, vandalismo/atentado em elementos da ETA Guandu, e falhas em túnel de adução de água, detêm a quase totalidade do risco alocado, embora não haja registro de ocorrência;
- Há ligeira diferença entre a ordem de posicionamento dos tipos de acidentes de maior frequência e os de maior risco: enquanto os mais frequentes são, por ordem decrescente, rodoviários, indústrias, ferrovias e dutovias; os de maior risco para manutenção do abastecimento na ETA Guandu são, em ordem decrescente: acidentes rodoviários, dutoviários, indústrias e ferrovias.
- Os níveis atuais de contaminação orgânica e microbiológica não são necessariamente impeditivos do uso da água bruta para fins de abastecimento público, porém, implicam em custo adicional para o

seu tratamento. Em relação aos principais contaminantes, merecem atenção: quanto aos parâmetros microbiológicos, as algas eutrofizantes (nos reservatórios de Santana e Vigário); quanto a inorgânicos, os metais pesados; quanto a orgânicos, compostos tóxicos variados, com destaque para hidrocarbonetos;

- Os municípios naturalmente mais vulneráveis são Volta Redonda, Pirai, Nova Iguaçu, Barra do Pirai e Queimados, em face do lançamento de esgoto sanitário e efluentes industriais não tratados;
- O modal rodoviário (com destaque para o trecho de descida da Serra das Araras – BR-116) e o dutoviário aportam maior risco ao abastecimento pela ETA Guandu;
- Os volumes atuais de reservação de água bruta são insuficientes para atender eventos emergenciais de médio prazo que interrompa o acesso às águas do Rio Paraíba do Sul, visto que a capacidade atual de reservação faria frente a apenas alguns dias de consumo da RMRJ (considerando-se o volume máximo acumulado e as condições atuais de demanda / produção), demandando ações para sua complementação (pequenos cursos superficiais, uso da água subterrânea, situações emergenciais);
- Embora a questão quantitativa não seja foco deste Plano de Contingência, as demandas futuras apontam para criticidade no balanço com a disponibilidade de água bruta nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu e seus arredores, o que demonstra a necessidade de maior articulação em diversas esferas (estados e municípios com a união; interestadual, notadamente com SP e MG envolvendo a bacia do rio Paraíba do Sul; diálogo e negociação de pactos), além da busca e execução de ações integradas (diminuição de perdas; combate ao desperdício; avanço no reuso; aumento de coleta e tratamento de efluentes; proteção de mananciais e suas áreas de proteção; controle da poluição; avaliação de alternativas – novos mananciais, aumento do uso de águas subterrâneas etc.); o atual evento de criticidade de escassez inclusive já implicou em sucessivas alterações nas condições da Resolução ANA 211/2003 ao longo de 2014 (regras operativas – transposição a partir do rio Paraíba do Sul), com o agravamento paulatino da situação e incertezas quanto a sua recuperação, frente às baixas precipitações pluviométricas dos últimos meses.
- São ações prioritárias para a redução do risco ao abastecimento de água bruta da ETA Guandu:
 - Implantação da expansão prevista da ETA-Guandu, mas não somente, muito menos colocar nesta a única alternativa de aumento da segurança de abastecimento à RMRJ;
 - Ampliação da reservação de água bruta em outros locais ou fontes (avaliação da ampliação do volume / cota operacional atual do reservatório de Ribeirão das Lajes; novas regularizações; mananciais alternativos) e avaliação do aumento do uso de águas subterrâneas;
 - Avaliação da ampliação da “Calha da CEDAE”, bem como a execução de ações de monitoramento e manutenção de suas adutoras (mal sinalizadas, mal protegidas e/ou invadidas, em vários locais);
 - Constituição da Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) Guandu nas áreas estudadas deste Plano, notadamente nas bacias dos rios Pirai e Guandu;
 - Construção do Canal Vigário - Ponte Coberta, no sistema de aproveitamento hidrelétrico da LIGHT, possibilitando maior flexibilidade ao atual sistema, notadamente em situações de manutenção; a depender das características e locais afetados, também em casos de acidentes;

- Execução da reconfiguração do traçado da BR-116 na Serra das Araras, notadamente em relação à atual pista de descida, que concentra grande parte dos acidentes registrados envolvendo vazamento de produtos perigosos e seu alcance a mananciais;
- Execução do conjunto de ações preventivas em rodovias, sobretudo na BR116 / Serra das Araras (devida à maior incidência de acidentes) e rodovias estaduais (devido à precariedade atual, em termos de estruturas de fiscalização e atendimento, notadamente em casos de acidentes envolvendo produtos perigosos) – estão são de fiscalização, colocação de placas de alerta (crimes ambientais, área de mananciais etc.), conscientização e educação ambiental, colocação de estruturas de contenção, alocação de kits de emergência etc.;
- Construção do Canal de Desvio CEDAE (obras de proteção da tomada d'água da CEDAE no rio Guandu);
- Construção, melhoria ou ampliação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos e sistemas de disposição final de resíduos sólidos para os municípios das áreas estudadas;
- A preparação e a resposta às emergências deverão ser enfrentadas tanto com a melhoria nas estruturas, como pelo aprimoramento do tripé constituído pelos procedimentos, tecnologias e ação interinstitucional coordenada, subsidiada por comunicação eficaz;
- Para a prevenção dos acidentes, várias ações são igualmente necessárias, com destaque para as ações de capacitação e treinamento e sua contraparte, as de inspeção e de fiscalização;
- Para suporte a todas as ações citadas, há a necessidade de incentivo a estudos e pesquisas para temas de interesse ao Plano de Contingência, preferencialmente com a constituição de um núcleo local ou regional, nos moldes do Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED); com envolvimento de universidades, como a UFRRJ, UERJ, UFRJ, UFF, CEFET, entre outras; e
- Incentivar a implantação de iniciativas como um Plano de Ação Mútua (PAM) para o Distrito Industrial de Queimados e o retorno de iniciativas como o Plano de Contingência Regional de Atendimento a Acidentes no Transporte de Produtos Químicos Perigosos (PARE), ou equivalentes.

Para fazer frente aos riscos identificados, foi proposta uma metodologia de abordagem pelo Plano de Contingência ao Abastecimento de Água do Guandu aponta:

- O Plano de Contingência deverá ser coordenado por um **Grupo de Apoio Técnico (GAT)**, a ser criado e constituído com a colaboração do Comitê Guandu. Esta ação dará início aos trabalhos de implementação e acompanhamento do Plano de Contingência, tendo por base o Fluxograma de Acionamento e Procedimentos associados; o Plano de Ações; o fortalecimento e a interação entre atores envolvidos.
- O GAT do Plano de Contingência Guandu terá papel fundamental na implementação do Plano de Contingência, atuando ao longo de todos os níveis operacionais do Plano de Contingência, atuando em estreito contato com os atores chave da resposta a emergência ambiental nas bacias de interesse, buscando viabilizar condições adequadas para desempenho eficiente e eficaz.

- Uma vez criado o GAT, dever-se-á aprimorar paulatinamente sua estrutura organizacional e executiva, sendo responsável pela implementação, acompanhamento e atualização do Plano de Contingência.
- Tendo em vista o horizonte de implementação do Plano de Contingência e seu propósito de melhoria contínua, sugere-se a adoção de uma proposta anual de eventos, incorporando períodos para eventos institucionais e multi-institucionais. Ao longo do tempo e com a evolução das necessidades, os modelos de simulado poderão ser remodelados, para melhor comodidade.
- Em todo final de período (ano), o Grupo de Acompanhamento Técnico - GAT deverá providenciar a elaboração do Relatório Anual de Situação, o qual será utilizado para a atualização quinquenal do Plano de Contingência a cada cinco anos.
- A revisão do Plano de Contingência deverá ser a cada 5 anos, aproximadamente.
- Através de Plano de Contingência para Abastecimento de Água - Guandu, pretende-se pôr em prática um conjunto de ferramentas para a progressiva e contínua diminuição de riscos ao abastecimento de água bruta da ETA Guandu.
- O Plano de Contingência não deve ser visto como o somatório de diversos planos, mas como um elemento integrador e potencializador destes, articulando as ações de melhoria contínua em prol da finalidade expressa. Nesse sentido, será decisivo o fomento de um forte relacionamento entre os atores-chave responsáveis pelo gerenciamento dos riscos ambientais, bem como o aprimoramento da melhoria da comunicação entre estes atores-chave, em termos de redução do tempo de resposta.

O Plano de Contingência ao Abastecimento de Água do Guandu à luz dos dados e informações apresentadas, recomendou que na sua implementação sejam observados os seguintes aspectos:

a) Aspectos gerais:

- Constituição, viabilização e fortalecimento do Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT), o mais breve possível, sob supervisão do INEA, SEDEC-RJ e CEDAE;
- Abordagem sistêmica e continuada na eliminação das causas raízes dos riscos à água bruta captada pela ETA Guandu, no sentido de que existem várias ações concorrentes capazes de reduzir os atuais riscos, bem como impedir que novos riscos se constituam;
- Contratação de estudos e levantamentos apontados para consolidação de informações para o aprimoramento do Plano de Contingência;
- Ampla divulgação dos riscos a que está sujeito o abastecimento da RMRJ, no sentido de angariar prioridade que para os investimentos que o Plano de Ações do Plano de Contingência requer, nos três níveis de Governo e junto à iniciativa privada e população em geral;
- Rigor na implementação do conceito do poluidor-pagador, com sanções e processos de reembolso àqueles que aportam risco ao abastecimento da RMRJ, bem como agravamento para os casos de reincidência;

- Integração do Plano de Contingência com o P2R2⁴⁴ (Federal e Estadual) e com o Plano de Contingência a ser elaborado para a bacia (Federal) do Rio Paraíba do Sul;
 - Maior interação com o município do Rio de Janeiro, o qual tem um centro com pessoal experiente e equipado (Centro de Operações RIO) e, juntamente com outros municípios situados fora das áreas estudadas, são grandes beneficiários da água tratada a partir da ETA-Guandu;
 - Incorporar, ao Plano, outras variáveis chave ao abastecimento de água da RMRJ, em particular aspectos quantitativos e demais etapas do sistema de abastecimento de água;
 - Envolvimento do Distrito Industrial de Santa Cruz, com as responsabilidades relativas à implementação das ações do Plano de Contingência para Abastecimento de Água - Guandu (cooperação / interação e ou participação, nas suas devidas proporções), em face de serem grande beneficiários tanto da água bruta da transposição Paraíba do Sul - Guandu como da água tratada pela ETA Guandu;
 - Maior envolvimento do setor industrial no Plano de Contingência, pois a indústria é o elemento-foco com base de dados mais precária e há crescente presença industrial nas áreas estudadas pelo Plano; entre outras.
- b) Prevenção de acidentes:
- Instalação de caixas de contenção em trechos críticos da Serra das Araras – BR-116, notadamente na pista atual de descida;
 - Implementar programas de conscientização dos responsáveis pelas principais fontes que aportam risco ao abastecimento de água bruta da ETA Guandu - tanto agentes públicos quanto privados;
 - Instalação de placas nos pontos de maior vulnerabilidade e risco ao abastecimento de água bruta da ETA Guandu (com mensagens relativas à proteção dos mananciais; crimes ambientais relativos à poluição da água; contatos dos órgãos responsáveis, para o caso de emergências ambientais); ainda quanto às placas, a delimitação das bacias de mananciais em relação aos principais elementos-foco (rodovias, ferrovias, dutos etc.);
 - Aumento das ações de fiscalização, com foco no transporte de cargas, notadamente de produtos e resíduos perigosos;
 - Aperfeiçoamento de sistemas de controle de velocidade e de fiscalização de veículos e cargas, nos pontos de maior vulnerabilidade e risco ao abastecimento de água bruta da ETA Guandu;
 - Execução de operações comboio e/ou restrição de circulação, quando de condições meteorológicas adversas e período noturno na Serra das Araras; em determinadas situações, proibir ou limitar o tráfego, notadamente de produtos perigosos;
 - Utilização de sistema informatizado de controle de transporte de produtos perigosos; neste sentido, iniciativas interessantes do IBAMA, como Sistema Nacional de Transporte de Produtos Perigosos (SNTPP) e o Sistema de Comunicação de Acidentes Ambientais (SIEMA), ambos em fase de testes iniciais de implantação, merecem menção; também utilizar a experiência

⁴⁴ O Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (P2R2) foi criado pelo Decreto do Presidente da República nº 5.098 de 2004 com o objetivo de prevenir a ocorrência de acidentes com produtos químicos perigosos e aprimorar o sistema de preparação e resposta a emergências químicas no País.

- do DNIT e IPR em seu sistema de rotas rodoviárias de produtos perigosos;
- Aprimoramento das práticas de análise de acidentes (causas, horários, veículos etc.) e das bases de registros (INEA, IBAMA, concessionárias etc.);
 - Aprimoramento do licenciamento e monitoramento de atividades, empreendimentos e intervenções que aportam risco à água bruta captada pela ETA Guandu, bem como divulgação das bases de dados associadas;
 - Em empreendimentos que demandem licenciamento ambiental, incluir, nas condicionantes e programas ambientais, ações de gestão e obras e estruturas de prevenção e controle de risco a acidente, notadamente nas áreas de mananciais;
 - Elaboração e implantação de programas de educação ambiental e iniciativas de conscientização, como o programa “Olho vivo na estrada”, instituído pela ABIQUIM em parceria com outras entidades;
 - Implementação de iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e de “aumento de produção de água”, como medidas preventivas adicionais para as situações de escassez hídrica (a exemplo de iniciativas exitosas nos municípios de Rio Claro – RJ e Extrema – MG); entre outras.
- c) Preparação para resposta aos acidentes:
- Instalação de um ou mais Centros Regionais de Prevenção, Resposta e Controle Ambiental (CRPRA), bem como de unidades regionais do INEA/SOPEA e do GOPP;
 - Aprimorar treinamento e capacitação de equipes na primeira resposta a emergências com produtos perigosos, tanto para o caso de atingimento exclusivo do solo como para os casos de comprometimento dos corpos d’água das áreas de estudo, incluindo simulados periódicos;
 - Disponibilização de kits de emergência (contenção, absorção etc.), para solo e água;
 - Definir e preparar locais para a instalação de barreiras de contenção, próximo às captações, para agilizar as ações nas ocasiões de emergência.
- d) Resposta aos acidentes:
- Alocar equipes, estruturas, equipamentos, materiais em quantidade necessária às diferentes abordagens de gerenciamento de risco na bacia;
 - Viabilizar mecanismos regionais de auxílio mútuo à resposta a emergências ambientais com produtos perigosos;
 - Aprimorar os mecanismos de monitoramentos da qualidade da água bruta, por intermédio das sistemáticas tradicionais e de sistemas telemétricos;
 - Promover a melhoria dos procedimentos de comunicação entre atores-chave, em termos de redução do tempo de resposta; e
 - Implantar, manter, aprimorar e atualizar o Plano de Contingência, no sentido de sua melhoria contínua, à luz dos procedimentos, ações e indicadores propostos.

Embora tenha havido uma ampla mobilização institucional para concepção do Plano de Contingência ao Abastecimento Guandu, pouco foi avançado nos pontos apontados no ano de 2017.

No alinhamento do Plano de Contingência a CCR Nova Dutra implantou sinalizações de redução de velocidade nos trechos mais críticos. A Figura 115 apresenta as placas de limite de velocidade de 40 km/h bem como o equipamento de captura de imagens de infratores.



Figura 115 - Sinalização de controle de velocidade da Serra das Araras
Fonte: Google Maps

O INEA possui o Serviço de Operações em Emergências Ambientais (SOPEA) que opera na área de abrangência do estado do Rio de Janeiro, em regime de plantão vinte e quatro horas, sete dias por semana, coordenando técnica e operacionalmente as emergências ambientais, representadas pelas diversas tipologias acidentais, tais como acidentes no transporte (rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aeroviário), acidentes industriais (intra e extramuros), acidentes comerciais, residenciais, disposições inadequadas e descartes clandestinos de produtos classificados como perigosos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em suas nove classes de riscos intrínsecos listados abaixo. As classes de risco 1* e 7* respectivamente, materiais explosivos e radioativos, o SOPEA atua em apoio ao Ministério de Exército e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) decorrente de suas regulamentações específicas. Atua também nos casos que envolvem resíduos perigosos e produtos químicos não classificados como perigosos.

- Classe 1 – Explosivos*;
- Classe 2 – Gases;
- Classe 3 – Líquidos inflamáveis;
- Classe 4 – Sólidos inflamáveis, substâncias auto-reagentes e explosivas, sólidos insensibilizados;
- Classe 5 – Substâncias oxidantes; peróxidos orgânicos;

- Classe 6 – Substâncias tóxicas e substâncias infectantes;
- Classe 7 – Materiais radioativos*;
- Classe 8 – Materiais corrosivos; e
- Classe 9 – Substâncias e artigos perigosos diversos.

5.4.5 EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS

Eventos hidrológicos extremos que podem afetar a segurança hídrica nas estiagens, inundações, alagamentos, enxurradas, granizos, movimentos de massas e vendavais, desastres que impactaram diversas localidades provocando transtornos, prejuízos e vítimas fatais.

Conforme PROFIL (2107b), o conceito de desastres foi elaborado pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), baseando-se nos critérios de desastres do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)* e no tipo de dano, que levam em conta a seguinte metodologia:

- Um ou mais óbitos;
- 50 ou mais afetados;
- Declaração de Situação de Emergência; e
- Declaração de Estado de Calamidade Pública.

Na RH II, no período de 1991 a 2012, ocorreram 53 diferentes tipos de desastres naturais constantes no Anuário Brasileiro de Desastres Naturais do ano de 2012, (CENAD, 2012), conforme consta no Diagnóstico do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim (PROFIL, 2017b).

Os Alagamentos

Dos diferentes tipos de desastres registrados sobre as cidades da RH II, destaca-se que as áreas municipais a montante de ETA Guandu de Piraí, Barra do Piraí, Paracambi, Queimados e de Rio Claro foram atingidos por, pelo menos, um evento de desastre natural provocado por alagamentos, que se enquadrou dentro dos critérios estabelecidos para a composição do Anuário Brasileiro de Desastres Naturais do ano de 2012.

As Enxurradas

O evento que mais atingiu a RH II em quase a totalidade dos municípios, porque os eventos ocorridos em Seropédica não satisfizeram os critérios utilizados para determinar desastre natural.

A avaliação neste trabalho refere-se aos impactos dos eventos estiagens na segurança hídrica, sendo que a inundação será apenas avaliada quanto ao risco à integridade física do subsistema captação e tratamento.

A montante da ETA Guandu, no Município de Mendes, o número de desastres associados as enxurradas variaram entre 4 a 6 eventos. Em Barra do Piraí, o número de variou entre 7 a 10 eventos. Em Rio Claro, Piraí, Nova Iguaçu, Vassouras, Engenheiro Paulo de Frontin, Miguel Pereira, Paracambi, Japeri e Queimados, o número de desastres naturais associados a enxurradas variou entre 1 a 3 eventos. (PROFIL, 2017b).

As Ocorrências de Granizos

A ocorrência de granizo, de forma geral no estado do Rio de Janeiro e na RH II, não costuma provocar tantos estragos, e no período de análise não ocorreram registros de tempestade com granizo em magnitude, a montante da ETA Guandu, dentro do enquadramento nos critérios estabelecidos para ter a denominação de desastres naturais.

As Inundações

Seguindo os critérios estabelecidos para a denominação de desastres naturais, foi possível identificar que nos municípios a montante da ETA Guandu de Mendes e Japeri, o número de desastres naturais associados a inundação, variam entre 1 a 2 eventos.

No município de Seropédica, foi registrado o maior número de ocorrências de desastres naturais associados a inundação, cujos números variaram de 3 a 5 eventos.

Novamente é importante ressaltar que as inundações são frequentes em todos os municípios do estado, inclusive sobre todos os municípios da RH II, no entanto, as inundações ocorridas a montante da ETA Guandu no período analisado e disponibilizado no Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, elaborado no ano de 2012, não atenderam aos critérios da metodologia utilizada pela equipe de supervisão e análise técnica do CENAD para se classificar como desastre natural.

Os Movimentos de Massa

Em áreas, a montante da ETA Guandu, dos municípios de Barra do Piraí, Mendes, Vassouras, Engenheiro Paulo de Frontin, Nova Iguaçu, Queimados e Miguel Pereira, o número de desastres associados a um movimento de massa variaram entre 1 a 3 eventos, indicando que a região como um todo, está propensa a ocorrência deste tipo de desastre. Por outro lado, em áreas dos municípios de Rio Claro e Piraí, o número de desastres naturais associados a um movimento de massa, variou entre 7 e 8 eventos.

Os Vendavais

O fenômeno meteorológico e que costuma provocar bastante transtornos e prejuízos é o vendaval. Este fenômeno ocorre praticamente ao longo de todo o ano e, geralmente, está associado a forte instabilidade atmosférica e tem como origem os diversos tipos de sistemas meteorológicos.

Nos municípios de Rio Claro, Piraí, Paracambi, Japeri e Queimados, o número de desastres naturais que provocaram fortes impactos associados aos vendavais, variaram entre 1 a 2 eventos.

Em Guaratiba segundos os dados disponíveis no sítio eletrônico Alerta Rio, no período de abril/2013 a julho/2018 só houveram quinze ocorrências de ventos fortes, ou seja: com velocidades entre 50 e 61 km/hora, conforme a escala de Beaufort classifica a intensidade dos ventos, tendo em conta a sua velocidade e os efeitos resultantes das ventanias no mar e em terra.

O Comportamento da Precipitação da RH II

No Diagnóstico do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim (PROFIL, 2017b) foram levantados os valores históricos de precipitação acumulada anual, temperaturas médias máximas e mínimas na RH II, e calculadas as tendências dos seus dos seus valores com base nas médias anuais foram baseadas em dez estações selecionadas para representar a RH II, conforme disponibilidade de dados.

Os valores anuais médios, as médias gerais e as linhas de tendências para RH II estão representadas: para precipitações na Figura 116, para temperaturas máximas na Figura 117 e temperaturas mínimas Figura 118.

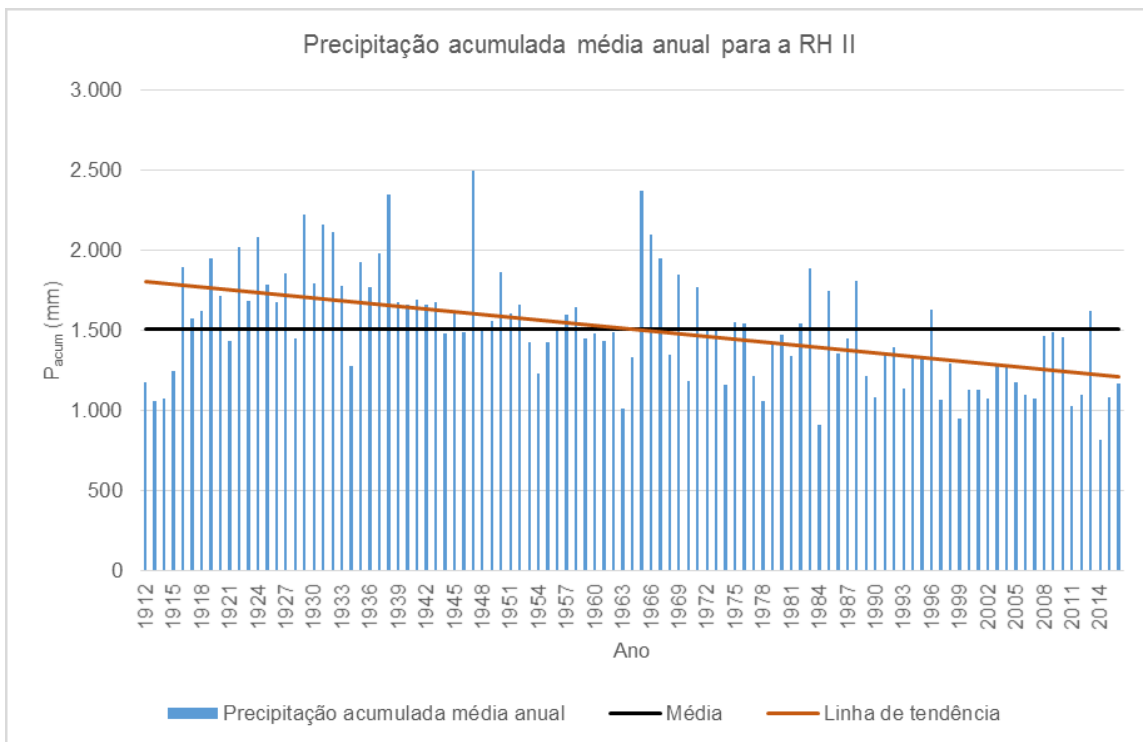


Figura 116 - **Precipitação acumulada média anual, média dos acumulados anuais e tendência para a RH II**

Fonte: PROFIL (2017b), com dados do INMET

Ao analisar o comportamento da precipitação na RH II, no período de medições dos anos 1912 a 2016, percebe-se a diminuição nos volumes precipitados. A linha de tendência indica comportamento decrescente, a uma taxa de negativa de 5,73 mm/ano. A PROFRL (2017b) destacou que a partir de 1990 a quase totalidade das precipitações ficaram abaixo da média da região.

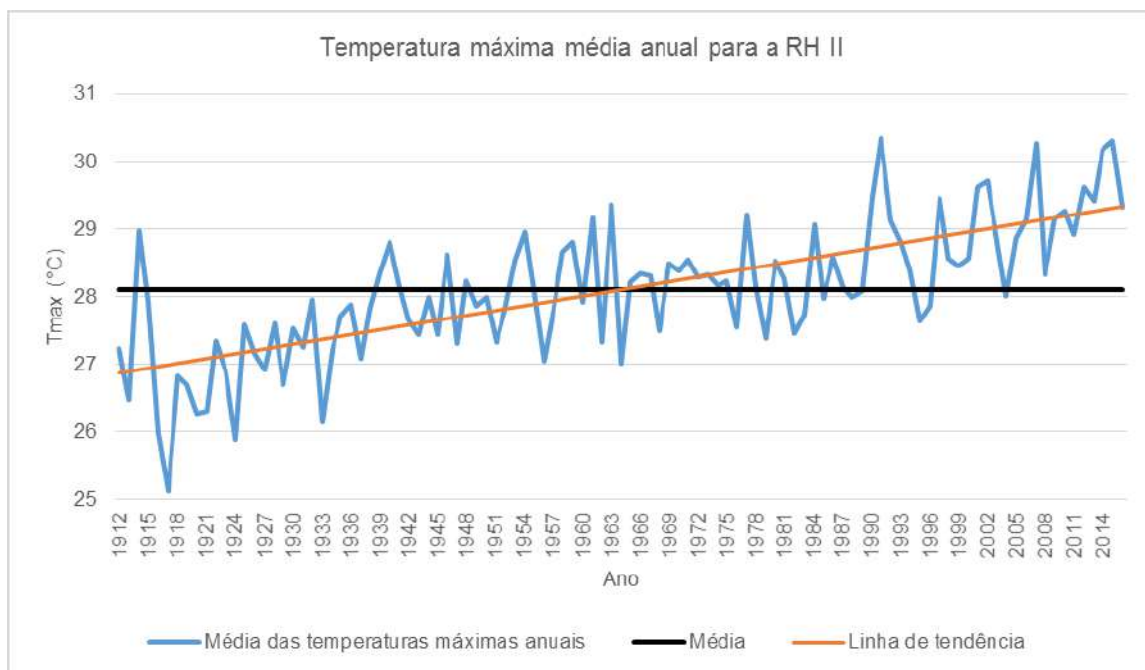


Figura 117 - Temperatura máxima média anual, média das temperaturas máximas anuais e linha de tendência para RH II

Fonte: PROFIL (2017b), com dados do INMET

A temperatura máxima média da RH-II ao longo de todo o período de 1912 a 2014 ficou em 28,1°C, mas a partir do ano de 1965, as temperaturas médias anuais registradas tenderam a superar à média global do período analisado, indicando uma tendência de aquecimento sobre os municípios da região. A PROFIL (2017a) destacou que em 2016, a temperatura máxima média anual registrada sobre a RH II, foi de 29,3°C, indicando uma elevação de 1,2°C nos últimos 50 anos observados.

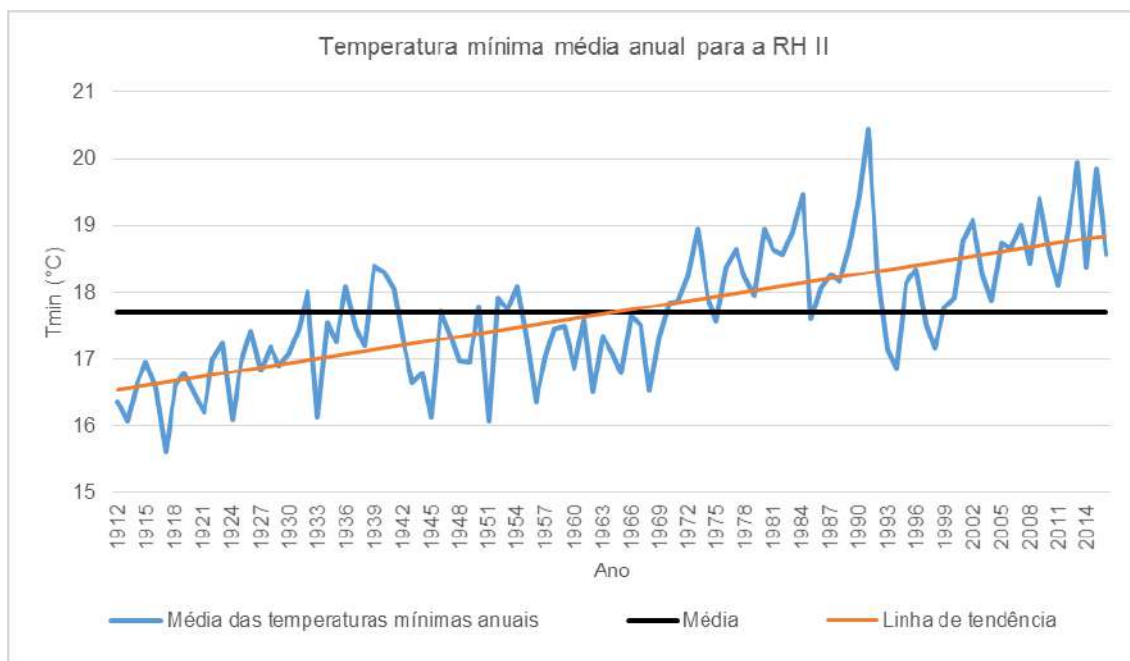


Figura 118 - Temperatura mínima média anual, média das temperaturas máximas anuais e linha de tendência para RH II

Fonte: PROFIL (2017b), com dados do INMET

A temperatura mínima média, segundo os estudos da PROFIL (2017b) sobre a área da RH II, no período de 1912 a 2014, foi de 17,7 °C. Da mesma forma que as temperatura máxima média a partir de 1965, as temperaturas mínimas registradas foram mais elevadas do que a média mínima de todo o período, também indicando tendência de elevação dos valores das temperaturas mínimas registradas nos últimos anos.

Também foi destacado que em 2016 a mínima média anual registrada ficou acima da média, atingindo o valor de 18,6°C, cerca de 0,9°C acima da média. A linha de tendência indica a continuidade da elevação da temperatura mínima anual média.

A PROFIL (2017b) ressalta que os valores de precipitação após o ano 2000, onde se observaram chuvas irregulares e totais pluviométricos abaixo da média, já indicavam probabilidade de anos futuros com problemas hídricos em parte do país.

Para as temperaturas em que ambas, máximas e mínimas, apresentaram comportamentos crescentes com o passar dos anos e que no período de dados de 1912 a 2016, observa-se um aumento de, aproximadamente, 2,5°C nas temperaturas máximas e de 2°C nas mínimas. Outras observações são que as temperaturas mínimas e máximas estão desde o ano 2000 acima da média, 17,8°C para mínimas e 28,0°C para as máximas, na RH II, sendo essas tendências observadas desde a década de sessenta.

Vale ressaltar que desastres de caráter súbito, como como chuvas intensas, deslizamentos de terra, transbordamentos de rios e ventanias ganham maior destaque devido aos seus impactos observados concentrados e em um curto período de tempo, enquanto estiagens, sendo um processo mais lento, tem seus efeitos percebidos ao longo de meses ou anos, como por exemplo o caso da última estiagem que atingiu de forma impactante as bacias hidrográficas do Sudeste do Brasil, incluindo a área da RH II, no Rio de Janeiro.

Conforme consta no diagnóstico do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim os municípios da RH II estão inseridos em uma região de precipitação média acumulada anual elevada (1460,9 mm). O período do ano com maior volume de chuvas vai de outubro a abril, com média de 170,2 mm por mês. Os meses restantes, maio a setembro, são os meses com menor volume precipitado, com média de 53,88 mm por mês. (PROFIL, 2017b)

A precipitação média anual da estação de Santa Cruz, próximo a Guaratiba, é de 1219,1 mm. As temperaturas máximas e mínimas anuais são de 29,2°C e de 19,7°C, respectivamente. (PROFIL, 2017b)

Foram também analisados pela PROFIL (2017b) para o diagnóstico do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim as influências da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); a ZCAS, topografia e interação com o oceano e a influência do El Niño/la Niña sobre o clima da RH II, como segue:

Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

A ZCAS é um sistema meteorológico característico do período de verão na América do Sul. Este sistema, se distingue por uma faixa de nuvens orientada no sentido noroeste-sudeste, se estendendo pelo Atlântico adjacente, cuja área de atuação engloba o centro-sul da Amazônia e regiões Centro-Oeste, Sudeste do Brasil, incluindo as cidades da RH II.

Este mesmo sistema está associado a uma zona de convergência do fluxo de umidade na baixa troposfera, e tem um papel importante no regime de chuvas do estado do Rio de Janeiro, incluindo a área da RH II, entre os meses de outubro/novembro, quando se inicia o período chuvoso sobre a região, se prolongando até os meses de março/abril, quando o período chuvoso se encerra.

Assim sendo, este fenômeno tem grande influência no regime hídrico desta região de estudo. Sua atuação, posicionamento e intensidade, pode indicar que um determinado ano pode ser com regime de chuvas abundantes ou pode sugerir um período de escassez de precipitação, resultando em baixas vazões, que por sua vez geram racionamento de água, problemas com a geração de energia elétrica, prejuízos aos setores agrícola, pecuário, pesqueiro, industriais e etc. Desta maneira, tanto o excesso quanto a falta de chuvas, podem impactar de forma drástica nos diversos setores da economia e da sociedade.

A formação, manutenção e intensificação da ZCAS podem estar correlacionadas com outros sistemas meteorológicos, tais como as

frentes frias, os cavados em 500 e 250 hPa, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), a Alta da Bolívia (AB), anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), dentre outros.

Mesmo que tais características sejam observadas em todos os verões, importantes variações ocorrem na organização espacial, no padrão de circulação e conseqüentemente, na intensidade das chuvas.

Essas variações são, muitas vezes, responsáveis pela ocorrência de eventos severos, alagamentos e deslizamentos de encostas nos municípios da região hidrográfica estudada. Por outro lado, a ausência ou a supressão das chuvas e a descaracterização deste sistema, podem representar longos períodos de seca ou má distribuição do regime de precipitação sobre grande parte da RH II, além de outras regiões do território brasileiro (LLOPART, 2012).

ZCAS, topografia e interação com o oceano

A topografia acidentada que compõe a geografia da região RH II, com a presença da Serra da Mantiqueira, localizada a norte desta região de estudo, assim como a Serra do Mar, posicionada na porção sudoeste e nordeste dos municípios da RH II, são fatores físicos que podem propiciar retenção da umidade e a intensificação das chuvas, em função do levantamento forçado provocado pelo fator orográfico que exerce um papel determinante para a intensificação da ZCAS, podendo causar volumes muito elevados em áreas da região hidrográfica de estudo.

Além disso, áreas de baixada como Sepetiba e a presença do oceano Atlântico, a leste da área em estudo, também permitem a incursão de umidade adicional evaporada do mar, principalmente quando o oceano está mais aquecido que o normal.

O fluxo de umidade do oceano Atlântico chega sobre a RH II pela porção sul/sudeste desta região de estudo, intensificando e potencializando a condição para precipitações volumosas sobre esta área, especialmente no período de verão.

Influência do El Niño/La Niña sobre o clima da RH II

Em escalas de tempo interanuais, os fenômenos El Niño / La Niña, exercem um papel importantíssimo na variabilidade da monção sobre a América do Sul, refletindo nos eventos de ZCAS, sistema responsável (nos meses entre outubro a abril) por grande parte dos totais pluviométricos registrados ao longo do ano e que são os principais causadores de volumes que ajudam a recompor o regime hídrico sobre a RH II, assim como em toda a região Sudeste do Brasil. Em anos com atuação do El Niño, costumam ocorrer chuvas mais abundantes e acima da média no sudeste de SP e no Sul do Brasil, assim como chuvas abaixo da média climatológica em áreas do sudeste da Amazônia e em parte do Nordeste brasileiro, fato este que pode ser justificado pelo posicionamento da ZCAS mais ao sul de sua posição climatológica padrão.

Este deslocamento para sul é bem mais evidente quando o fenômeno El Niño está na sua forma ativa. Além disso, em anos de La Niña, as chuvas costumam ficar abaixo da média, nos estados do Sul do Brasil, entretanto, na região de atuação da ZCAS, não há muita variabilidade com relação às médias climatológicas, tanto no campo de precipitação e de temperatura.

Foi avaliado o comportamento dos dados obtidos nas estações meteorológicas localizadas sobre a área da RH II, em anos de El Niño, La Niña e em anos neutros (ausência de El Niño e La Niña), apresentado na Figura 119.

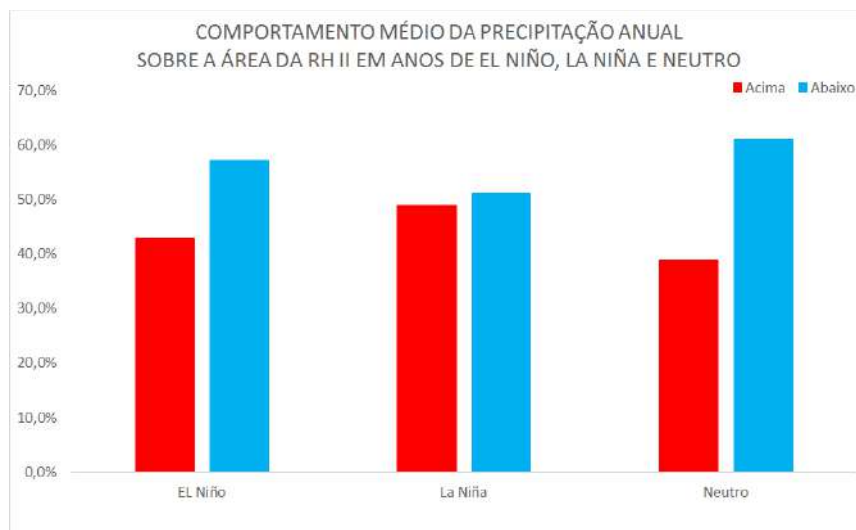


Figura 119 - **Comportamento Médio da Precipitação anual sobre a área da RH II em anos de El Niño, La Niña e Neutro**

Fonte: PROFIL (2017b) com base em dados do INMET

Em 58% dos anos analisados com evento de El Niño, observou-se chuvas abaixo da média climatológica, em contraste com 42% do período onde os totais ficaram acima da média.

Considerando os anos com eventos de La Niña, verifica-se que em 51% das ocorrências os totais ficaram abaixo da média climatológica, enquanto que em 49% do período ficaram acima. Nos anos chamados de “neutros”, percebe-se que os totais pluviométricos anuais ficam abaixo da média em 61% dos anos, enquanto que 39% dos anos tiveram totais pluviométricos mais chuvosos que a média.

Considerando os dados observados nos anos de El Niño, observam-se mais anos secos (abaixo da média) do que úmidos. No entanto, o mesmo fenômeno foi observado nos anos neutros, que inclusive possuem mais registros de ocorrência com anos de totais pluviométricos abaixo da média. Por isso, não é possível concluir apenas por essa análise a influência do El Niño sobre os regimes pluviométricos na RH II.

O comportamento da temperatura máxima ao longo do período também foi analisado, com os resultados apresentados na Figura 120.

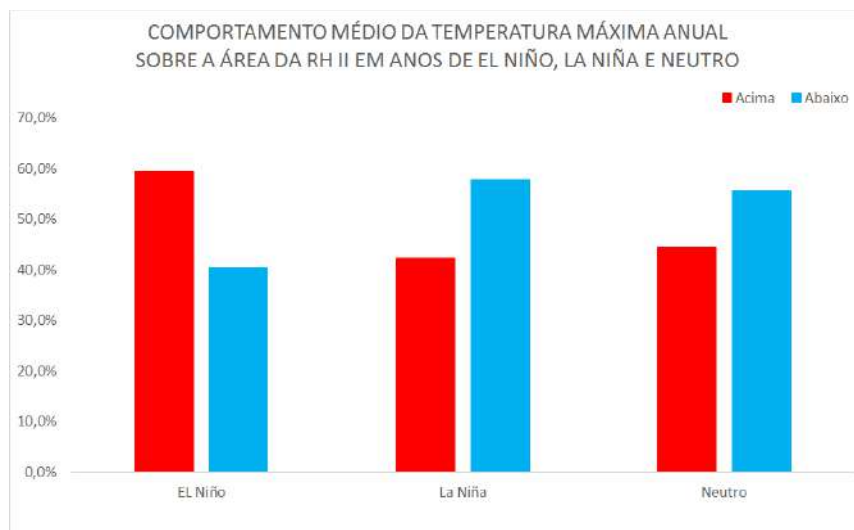


Figura 120 – **Comportamento Médio da Temperatura Máxima Anual Sobre a Área de RH II em anos de El Niño, La Niña e Neutro**

Fonte: PROFIL (2017b) com base em dados do INMET

Diante das informações, percebe-se que em 60% dos anos com a atuação do fenômeno El Niño, as temperaturas máximas médias anuais ficaram acima da média climatológica, enquanto que em 40% do período, as temperaturas máximas médias anuais ficaram abaixo da média.

Para os anos de atuação da La Niña, verifica-se que em 59% dos anos, as temperaturas máximas médias anuais ficaram abaixo da média climatológica, enquanto que em 41% do período, ficaram acima.

Nos anos de neutralidade, percebe-se que as temperaturas máximas médias anuais ficam abaixo da média em 57% dos anos, enquanto que em 43% do período, encontram-se acima da média climatológica.

Por fim, observou-se o comportamento das temperaturas médias mínimas na região, apresentado na Figura 121.

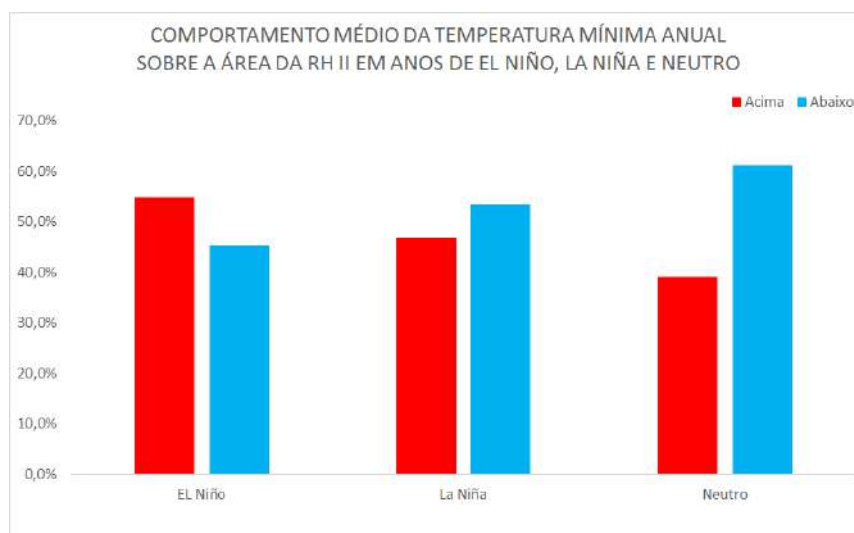


Figura 121 - **Comportamento Médio da Temperatura Mínima Anual Sobre a Área de RH II em anos de El Niño, La Niña e Neutro**

Fonte: PROFIL (2017b) com base em dados do INMET

Avaliando o comportamento da temperatura mínima, percebe-se que em 55% dos anos com evento de El Niño as temperaturas mínimas médias ficaram acima da média climatológica, enquanto que em 45%

do período, as temperaturas mínimas médias anuais ficaram abaixo da média.

Nos anos de atuação da La Niña, verifica-se que em 52% dos anos, as temperaturas mínimas médias anuais ficaram abaixo da média climatológica, enquanto que em 48% do período, as temperaturas mínimas médias anuais ficaram acima da média. Nos anos de neutros, percebe-se que as temperaturas mínimas médias anuais ficam abaixo da média em 61% dos anos, enquanto que em 39% destes, as temperaturas mínimas médias anuais ficaram acima da média climatológicas.

Os registros dos dados em série histórica possibilitam avaliar os comportamentos do tempo e do clima de uma localidade e planejar as ações de forma preventiva, com objetivos de reduzir ou mitigar os impactos dos eventos extremos e promover ações e medidas voltadas para maior segurança hídrica, visando a manutenção dos sistemas de abastecimento de água, geração de energia, investimentos na infraestrutura para aumentar sua capacidade de suportar os eventos extremos e adequação dos sistemas de gestão de risco para lidar com as ações necessárias na ocasião dos eventos.

Para efeito de alertas de escorregamentos de encostas do município do Rio de Janeiro existe a rede tele pluviométrica do Sistema Alerta Rio, a qual é composta por um conjunto de estações remotas automáticas que realizam as medições dos índices pluviométricos e o envio dos dados coletados em intervalos regulares de 15 minutos para a sala de operação do Alerta Rio, no Centro de Operações Rio (COR).

Particularizando Guaratiba, há as estações tele pluviométricas de Guaratiba, no Campo de Provas Marambaia - Est. Roberto Burle Marx, 9.140 (20) e a da Grota Funda, na Base Operacional da Transoeste, na entrada Recreio do Túnel da Grota Funda (25), das quais a Fundação Geo-Rio faz os acompanhamentos de precipitações. (Figura 122)



Figura 122 - Estações Tele pluviométricas do Sistema Alerta Rio no município do Rio de Janeiro
 Fonte: Sistema Alerta Rio

O Sistema Alerta Rio destaca os Eventos Pluviométricos Significativos (EPS) ocorridos ao longo dos anos.

São denominados Eventos Pluviométricos Significativos àqueles que, dentre todos os eventos pluviométricos (chuvas), são definidos, segundo uma série de critérios pré-estabelecidos pela Fundação Geo-Rio, como portadores de um elevado potencial para deflagrar escorregamentos nas encostas.

Os relatórios dos anos de 2015 a 2017 apontam para os seguintes EPS registrados na Tabela 47.

Tabela 47 - Eventos Pluviométricos Significativos de 2017, 2016 e 2015

Anos	Inícios		Términos		Chuvras nas Estações (mm/h e acumulados)	
	Data	Hora	Data	Hora	20	25
2017	05/01/2017	14:45	05/01/2017	23:15	> 40mm/h	de 25 a 40mm/h
	05/01/2017	14:45	05/01/2017	23:15	de 50 a 100mm	de 25 a 50mm
	12/01/2017	12:00	14/01/2017	12:45	de 25 a 50mm	-
	22/01/2017	20:45	23/01/2017	00:15	> 40mm/h	-
	22/01/2017	20:45	23/01/2017	00:15	de 50 a 100mm	-
	18/03/2017	00:00	18/03/2017	06:30	de 25 a 40mm/h	de 25 a 40mm/h
	18/03/2017	00:00	18/03/2017	06:30	de 50 a 100mm	de 50 a 100mm
	19/03/2017	22:00	20/03/2017	05:15	-	de 25 a 50mm
	07/04/2017	19:45	08/04/2017	11:30	-	> 40mm/h
	07/04/2017	19:45	08/04/2017	11:30	-	de 50 a 100mm
	12/04/2017	15:15	13/04/2017	15:30	-	> 40mm/h
	12/04/2017	15:15	13/04/2017	15:30	-	de 50 a 100mm
	19/06/2017	22:45	22/06/2017	04:30	-	de 25 a 40mm/h
	19/06/2017	22:45	22/06/2017	04:30	de 100 a 200mm	de 100 a 200mm
	19/11/2017	19:00	20/11/2017	21:00	de 25 a 40mm/h	-
19/11/2017	19:00	20/11/2017	21:00	de 50 a 100mm	de 50 a 100mm	
2016	01/01/2016	19:15	02/01/2016	02:30	> 40mm/h	> 40mm/h
	01/01/2016	19:15	02/01/2016	02:30	de 50 a 100mm	de 50 a 100mm
	13/01/2016	16:15	14/01/2016	07:30	de 25 a 50mm	de 50 a 100mm
	14/01/2016	16:30	15/01/2016	04:15	de 15 a 40mm/24h	de 40 a 80mm/24h
	15/01/2016	16:45	16/01/2016	12:15	de 40 a 80mm/24h	de 80 a 140mm/24h
	15/01/2016	16:45	16/01/2016	12:15	de 50 a 100mm	de 50 a 100mm
	18/01/2016	22:00	19/01/2016	20:30	de 25 a 50mm	de 25 a 50mm
	29/02/2016	09:30	01/03/2016	02:30	-	de 25 a 40mm/h
	29/02/2016	09:30	01/03/2016	02:30	de 40 a 80 mm/24h	de 40 a 80 mm/24h
	29/02/2016	09:30	01/03/2016	02:30	de 50 a 100mm	de 50 a 100mm
	04/06/2016	20:00	05/06/2016	10:00	de 25 a 50mm	de 25 a 50mm
	06/06/2016	23:15	08/06/2016	10:45	de 15 a 40mm/24h	de 40 a 80mm/24h
	03/11/2016	18:00	05/11/2016	19:15	de 25 a 50mm	de 50 a 100mm
21/12/2016	21:00	22/12/2016	00:15	de 25 a 40mm/h	-	

Continua

Anos	Inícios		Términos		Chuvas nas Estações (mm/h e acumulados)	
	Data	Hora	Data	Hora	20	25
2015	30/01/2015	23:30	31/01/2015	06:15	> 40mm/h	> 40mm/h
	30/01/2015	23:30	31/01/2015	06:15	de 100 a 200mm	de 50 a 100mm
	02/02/2015	11:00	03/02/2015	02:00	de 25 a 40mm/h	de 25 a 40mm/h
	06/02/2015	14:15	07/02/2015	02:30		> 40mm/h
	06/02/2015	14:15	07/02/2015	02:30	de 25 a 50mm	de 50 a 100mm
	08/02/2015	15:30	08/02/2015	22:00		> 40mm/h
	08/02/2015	15:30	08/02/2015	22:00		de 50 a 100mm
	15/02/2015	17:00	16/02/2015	01:15	> 40mm/h	> 40mm/h
	15/02/2015	17:00	16/02/2015	01:15	de 50 a 100mm	de 50 a 100mm
	17/02/2015	16:45	17/02/2015	23:30		de 25 a 40mm/h
	08/03/2015	22:00	09/03/2015	03:45	de 25 a 40mm/h	
	08/03/2015	22:00	09/03/2015	03:45	de 50 a 100mm	
	16/04/2015	22:30	17/04/2015	03:30	> 40mm/h	
	16/04/2015	22:30	17/04/2015	03:30	de 25 a 100mm	
	30/04/2015	00:15	30/04/2015	17:30		de 25 a 100mm
	19/06/2015	00:30	20/06/2015	00:00		de 25 a 100mm
21/11/2015	05:45	21/11/2015	20:30	de 25 a 40mm/h	de 25 a 40mm/h	

Fonte: Geo-Rio: Relatórios Anuais de Chuvas para a cidade do Rio de Janeiro, 2017, 2016 e 2015.

No âmbito do estado do Rio de Janeiro existe o Sistema de Alerta de Cheias com a disponibilidade de uma rede hidro meteorológica telemétrica com dados de nível de rio e chuva enviados em tempo real para uma equipe de meteorologistas e técnicos em meteorologia da Sala de Situação, se revezando em turnos 24h/dia, todos os dias, com a missão de monitorar as chuvas e níveis de rios, alertando população e integrantes do Sistema Estadual de Defesa Civil.

Os dois radares entraram em operação em 2015 e o Protocolo Operacional foi aperfeiçoado para incluir para apoio as tomadas de decisões. Os sistemas de alertas regionais foram unificados e os avisos setorizados por município monitorado, dando lugar a um único Sistema de Alerta de Cheias do estado do Rio de Janeiro.

Os dois radares meteorológicos estão em Guaratiba e em Macaé com a cobertura de todo o estado do Rio de Janeiro e suas bacias hidrográficas. A Figura 123 demonstrar a área de cobertura dos radares.

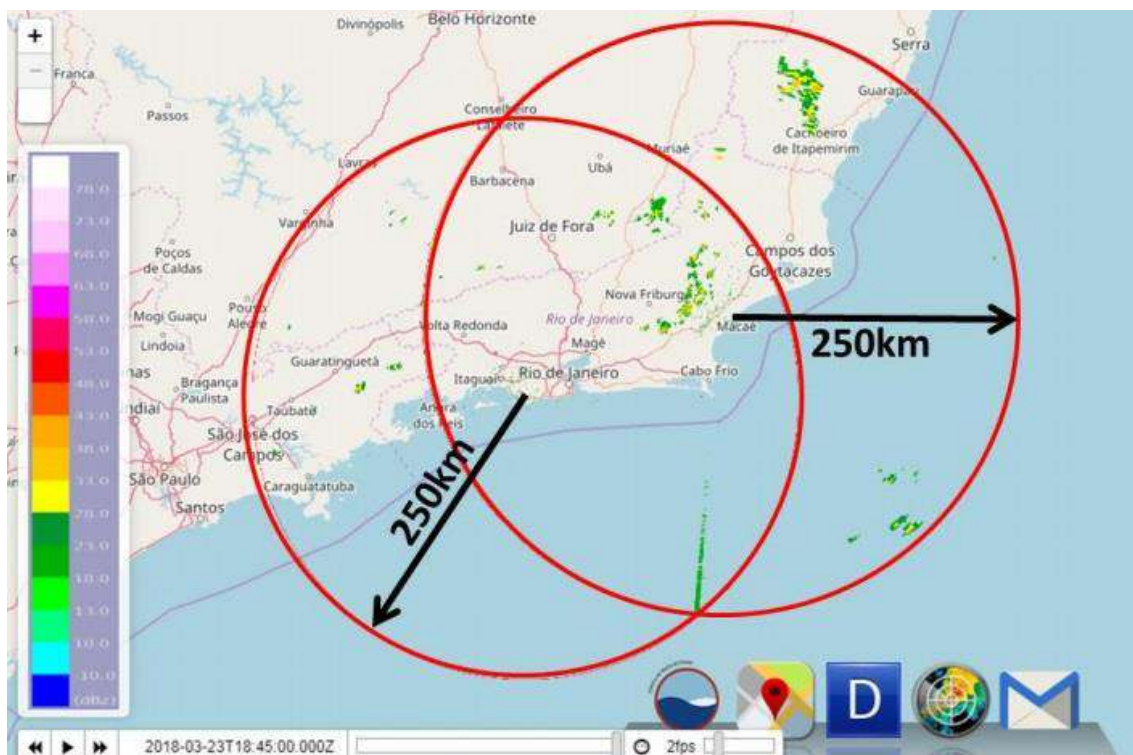


Figura 123 - Áreas de Coberturas dos Radares do Sistema de Alerta de Cheira do Rio de Janeiro
 Fonte: Protocolo Operacional do Sistema de Alerta de Cheias

Os links dedicados de comunicação entre os radares e o INEA permitem a operação remota dos equipamentos e o envio das informações geradas em tempo real para os operadores da Sala de Situação, Website e para as instituições parceiras, permitindo múltiplos usos dos dados. A rede do Sistema de Alerta de Cheias do estado do Rio de Janeiro é apresentada na Figura 124.



Figura 124 - Rede do Sistema de Alerta de Cheias do Estado do Rio de Janeiro
 Fonte: Protocolo Operacional do Sistema de Alerta de Cheias do INEA

Embora exista um Radar instalado em Guaratiba ainda não existem pontos de monitoramentos para os níveis e vazões de rios locais, existindo a necessidade de expansão da rede estadual.

A Situação do Estressor Eventos Hidrológicos Extremos (2017)

A Tabela 48 apresenta as características mensuráveis do estressor eventos hidrológicos extremos para RH II.

Tabela 48 - Cenário do estressor: eventos hidrológicos extremos em 2017

EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS		
Características Mensuráveis	Parâmetros	Valores
Precipitação ⁽¹⁾	Altura da chuva (mm)	1217
Vazão Natural em Santa Cecília ⁽²⁾	Menor Média de Longo Termo (%)	44 (dez/2017)
Temperatura Média Máxima ⁽¹⁾	Graus Celsius	23,9
Temperatura Média Mínima ⁽¹⁾	Graus Celsius	22,8

Fonte: INMET⁽¹⁾ e CEIVAP⁽²⁾; apresentações ONS.

As precipitações diárias em 2017 apresentaram o comportamento demonstrado na Figura 125.

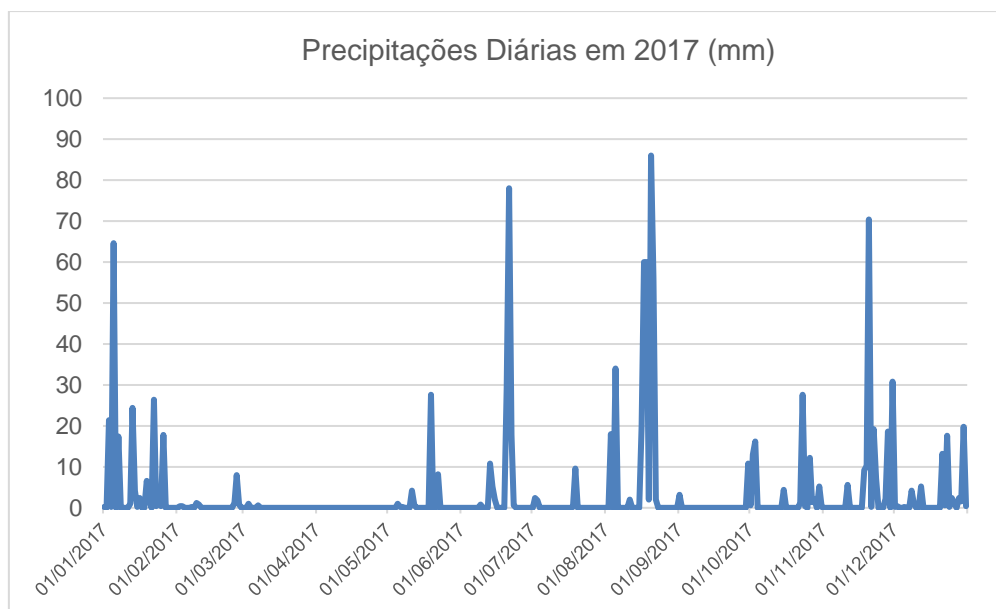


Figura 125 - Precipitações Acumuladas Diariamente de Coletas de Dados Periódicos de 15 minutos
 Fonte: Elaboração a partir dos dados do Alerta Rio

As Ações de Gestão para Mitigação de Eventos Hidrológicos Extremos em 2017

Para Guaratiba no ano de 2017 os eventos hidrológicos extremos ficaram apenas nos estágios de “Atenção”, dentro dos 3 (três) os estágios em vigor do sistema Alerta Rio: 1. Normalidade 2. Atenção 3. Crise.

Segundo a Geo_Rio, o ano de 2017 apresentou uma baixa intensidade pluviométrica quando comparado às médias anuais por Estação do Alerta Rio, considerando o período de 1997-2016, sendo 23,5% menos úmido, ou seja, foi um ano significativamente mais seco que o normal.

Com relação às médias mensais da rede e sua comparação com as médias observadas para o período de 1997 a 2016 e com a Normal Climatológica do INMET (1966-1990), observou-se, ao longo do ano de 2017, em alguns momentos um aumento na pluviometria média registrada, em outros uma redução.

5.4.6 ANÁLISE DE RISCO A SEGURANÇA HÍDRICA (R_{SHW})

A análise de risco a Segurança Hídrica realizada para o conjunto dos estressores apresentados permite identificar a medida do risco associado a segurança hídrica da ETA Guandu que é a maior demandante do abastecimento público para Guaratiba.

A medida de risco está vinculada a cada estressor, que em conjunto compõem o cenário de risco. O cenário de risco indica quais estressores devem ser prioritariamente controlados ou geridos para aumentar a segurança hídrica em termos quantitativos e qualitativos e é a base para uma política de recursos hídricos que garanta a segurança da bacia ou em seus trechos.

A análise de risco é realizada compreendendo uma referência temporal, sendo neste estudo considerado o ano base de 2017. Destaca-se que a avaliação do risco de um determinado período será a base para o estabelecimento de ações de gestão no período subsequente. Desta forma, as avaliações devem ser periódicas e com intervalos predefinidos, para permitir mensurar a eficácia das ações empreendidas. Espera-se, pois, que o risco decresça à medida que as ações sejam empreendidas, atuando sobre os estressores com maior risco associado.

A Tabela 49 apresenta o resumo de todos os estressores que agem na RH II a montante da captação da ETA Guandu, bem como o grau de severidade atribuído a cada um deles para composição da análise de riscos de efeitos quantitativos e qualitativos, conforme a Tabela 12 - Medidas de risco possíveis – calculadas por MELO (2016).

Em relação à severidade do estressor “poluentes acidentais”, não houveram ocorrências de eventos em 2017 de fontes fixas e móveis que tenha comprometido o corpo hídrico a montante da ETA Guandu.

Diante da avaliação histórica anterior, é possível observar que a severidade dos acidentes ao longo do tempo tem sido moderada, com impactos, em alguns casos em corpos de água, mas sem, contudo, ter gerado paralisação na ETA Guandu.

Tabela 49 - Resumo dos estressores e grau de severidade na bacia hidrográfica a montante da ETA Guandu em 2017

Estressores	Incidências	Características Mensuráveis	Parâmetros		Unid.	Situação em 2017	Indicadores de Severidade		Graus de Severidades
Pressão sobre as condições ambientais	Frequente	Uso e ocupação da terra	Área de alta antropização	Edificações	km ²	506,525	Percentual em relação à área da bacia estudada	5,72	1
				Minerações		4,454		0,15	
				Pastagens		261,838		8,78	
				Cultivos		19,873		0,67	
				Solos Expostos		49,955		1,68	
Pressão por Demanda de Água	Frequente	Usos atuais e usuários da água	Vazão outorgada e cadastrada	Total atual	m ³ /s	59,693	$I_{eh} = \frac{Q_{out}}{Q_{ref}} * 100$	46,17	3
		Projeção de Demanda	Vazão demandada futura no cenário construção (15 anos)	Total projetado		77,987		60,31	
Poluentes Ordinários	Frequente	Condição qualitativa do corpo de água, com relação ao enquadramento	ICE: P _{tot} , OD, DBO, Turbidez e Coli-TT (ANA, 2012)	Rio Guandu GN200	%	33,6658	ICE médio	33,83	3
				Rio Guandu GN201		34,0705			
				Ribeirão das Lajes LG350		34,1820			
				Ribeirão das Lajes LG351		34,5096			
				Rio Macaco MC410		33,6657			
				Rio Pirai PI241		33,6728			
				Rio Poços PO290		33,6660			
				Rio Queimados QM270		33,6657			
				Rio Queimados QM271		33,6657			
				Rio Santana SN331		33,6773			
Rio São Pedro SP301	33,7138								
Estressores	Incidências	Características Mensuráveis	Parâmetros		Unid.	Situação em 2017		Indicadores de Severidade	

Poluentes Acidentais	Contingente	Concentração no corpo de água de poluentes acidentalmente lançados por fontes fixas	Elementos característicos	mg/L	Não há registros disponíveis de acidentes			-
		Concentração no corpo de água de poluentes acidentalmente lançados por fontes móveis			Não há registros disponíveis de acidentes que tenha comprometido os corpos hídricos			
Eventos hidrológicos extremos	Contingente	Redução de vazão gerada pelo extremo hidrológico	Vazão	m³/s	Vazão Média em Pereira Passos (Q _m)	128,37	Q _m < Q _{ref}	1
					Vazão mínima de Referência (Q _{ref})	119,00		

Fonte: O Autor adaptado de MELO (2016)

Para compor a medida do risco e considerando os critérios estabelecidos nos Quadros 5 e 6 e 7 do Capítulo 2, foi definida a ocorrência do estressor a montante da ETA Guandu no período de análise, assim como a sua detectabilidade.

Conforme a graduação de MELO (2016) onde a ocorrência do impacto é classificada em: baixa frequência (1), frequência moderada (2) e alta frequência (3) e baseado na observação do período delimitado para a medida do risco, o ano de 2017, na série histórica disponível e o que foi discutido nos itens descritivos dos estressores de água bruta, a graduação da ocorrência foi graduada conforme Tabela 50.

Tabela 50 - Graduações das ocorrências dos estressores em 2017

Estressores	Graus de ocorrências
Pressão sobre as condições ambientais	1
Demanda	3
Poluentes ordinários	3
Poluentes acidentais	2
Eventos hidrológicos extremos	2
Ocorrência do Impacto: baixa frequência (1), frequência moderada (2) e alta frequência (3)	

Fonte: O Autor adaptado de MELO (2016)

Foi atribuída baixa frequência ao estressor “pressão sobre as condições ambientais da bacia” tendo em vista que os indicadores apontados em: 1) as pressões sobre as condições ambientais tendo como elemento de análise a ocupação e uso da terra e a cobertura vegetal a montante da captação da ETA Guandu; 2) as áreas de Unidades de Conservação; 3) a situação do estressor em 2017; e 4) as ações de gestão em execução com interferência nas ocupações e usos das terras.

Para o estressor “demanda” foi atribuído alta frequência, pois a ação deste estressor ocorre em intensidade mínima.

Para o estressor “poluentes ordinários”, com efeito qualitativo, também foi atribuído alta frequência, pois a qualidade dos corpos hídricos nas áreas urbanas tende a ser muito ruim, especialmente devido aos efluentes domésticos lançados continuamente sem tratamento nos corpos de água da bacia a montante da captação da ETA Guandu.

Já em relação aos “poluentes acidentais”, com efeito qualitativo, que para as fontes móveis e para as fontes fixas, não apresentaram ocorrências no ano de 2017, as avaliações históricas dos dados disponíveis (2010-2015) indicam frequência moderada.

A mesma graduação de frequência moderada foi atribuída ao estressor “eventos hidrológicos extremos”. O ano de 2017 foi um ano de recuperação de anos atipicamente secos.

Cabe-se destacar que a avaliação de ocorrência deve ser sistemática, na periodicidade estabelecida para a análise de risco, uma vez que o padrão de ocorrência dos estressores está submetido a alterações temporais.

Para a detectabilidade foi graduada conforme apresentado na Tabela 51.

Tabela 51 - **Graduação da detectabilidade do estressor**

Estressor	Graus de detectabilidade
Pressão sobre as condições ambientais	3
Demanda	1
Poluentes ordinários	2
Poluentes acidentais	2
Eventos hidrológicos extremos	3
Detectabilidade: fácil (1), moderada (2) e difícil (3)	

Fonte: O Autor, adaptado de MELO (2016)

Na avaliação dos impactos dos estressores na qualidade da água a montante da ETA Guandu com base no ano de 2017 adotou-se:

- para o estressor “pressão sobre as condições ambientais” foram considerados no grau de severidade a ampla participação da cobertura vegetal, as unidades de conservação e o volume transposto regularizado do rio Paraíba do Sul. No grau de ocorrência se considerou a baixa degradação ambiental e no grau de detectabilidade se considerou a necessidade de elementos de análises dependentes de imagens e outros meios avançados de detecções;
- para estressor “demanda” os graus de severidade e de ocorrência se considerou o volume necessário ao atendimento de 9 milhões de pessoas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e as demandas por atendimentos de áreas ainda não atendidas pelo abastecimento público com perenidade e a tendência de crescimento populacional e econômico dos municípios atendidos, que pressionam de maneira crescente o uso dos recursos hídricos; para o grau de detectabilidade se considerou a baixa percepção da sociedade pela necessidade de consumos conscientes;
- para o estressor “poluentes ordinários” foram considerados nos graus de severidade e de ocorrência, especialmente os efluentes domésticos lançados

continuamente sem tratamento nos corpos hídricos a montante da ETA Guandu; e para o grau de detectabilidade se considerou a relativa percepção social;

- para o estressor “poluentes acidentais” foram considerados nos graus de severidade, ocorrências e de detectabilidade uma ponderação com os históricos relatados de 2000 a 2015, embora o ano de 2017 não se teve registros de ocorrências que tenha exigido atenção especial ao sistema de abastecimento; e
- para o estressor “eventos hidrológicos extremos” foi considerado para o grau de severidade baixa, o grau de ocorrência moderada e de detectabilidade alta.

Do ponto de vista da qualidade a avaliação dos impactos dos estressores resultou nas graduações apresentada na Tabela 52.

Tabela 52 - Avaliação dos impactos dos estressores

Estressor	Grau de Severidade	Grau de ocorrência	Graus de detectabilidade
Pressão sobre as condições ambientais	1	1	3
Demanda	3	3	1
Poluentes ordinários	3	3	2
Poluentes acidentais	2	2	3
Eventos hidrológicos extremos	1	2	3
Qualidade do Impacto: baixa (1), moderada (2) e alta (3)			

Fonte: O Autor, adaptado de MELO (2016)

Atribuídos à graduação às propriedades dos estressores, pode-se calcular a medida do risco a montante da ETA Guandu pela aplicação do *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) metodologicamente descrito no item 2.2.3, que resulta com o constante na Tabela 53.

O cenário de risco composto pela avaliação das medidas apresentadas na Tabela 53 permite concluir que o estressor com maior risco à segurança hídrica, tanto quantitativa quanto qualitativa, é o de “demanda”, dentro do nível “inaceitável” da OCDE (2013).

Para o estressor “poluentes ordinários”, com efeito qualitativo, apresenta medida de risco à segurança hídrica a montante da ETA Guandu, portanto, no nível “inaceitável” da OCDE (2013). Por isso devem ser definidas ações de prevenção, mitigação ou redução da ação e das causas associadas ao estressor.

Tabela 53 - Medidas do risco a Montante da ETA Guandu

Efeitos Quantitativos				
Estressor	S	O	D	R _{shw}
Pressão sobre as condições ambientais	1	1	3	2,5
Demanda	3	3	1	17
Poluentes ordinários	-	3	2	-
Poluentes acidentais	-	2	2	-
Eventos hidrológicos extremos	1	2	3	3,2
Efeitos Qualitativos				
Estressor	S	O	D	R _{shw}
Pressão sobre as condições ambientais	1	1	3	2,5
Demanda	3	3	1	17
Poluentes ordinários	3	3	2	18
Poluentes acidentais	2	2	3	6,7
Eventos hidrológicos extremos	1	2	3	3,2

Fonte: O Autor, adaptado de MELO (2016)

O estressor “poluentes acidentais”, com efeito qualitativo, apesar de não ter havido ocorrência em 2017, foi classificado como risco tolerável em função da leitura do seu comportamento histórico.

Pela descrição de cada um dos estressores previamente apresentada, pôde-se constatar que a medida de risco a segurança hídrica retratou bem a realidade discutida do comportamento dos estressores a montante da ETA Guandu, bem como para serem indicativos de cenários futuros. Desta forma, pode-se afirmar que a medida de risco a segurança hídrica é um importante indicador para suporte à tomada de decisão.

5.5 A SEGURANÇA HÍDRICA SOB A ÓTICA LOCAL DE GUARATIBA

Complementar a abordagem da segurança hídrica proposta por MELO (2016) e que foi usada para a avaliação do caso da área a montante da ETA Guandu, de onde provem a maior quantidade de água do abastecimento público de Guaratiba, avalia-se a seguir a segurança hídrica sob a ótica local. Para tanto se busca valer da proposta da GWP (2014) dentro das limitações encontradas, para seguintes dimensões chaves (em inglês *key dimensions* – KDs) de avaliações:

- KD₁ - Seguranças Hídricas Domésticas;
- KD₂ - Segurança Hídrica Econômica;
- KD₃ - Segurança Hídrica Urbana;
- KD₄ - Segurança Hídrica Ambiental; e
- KD₅ – Resiliência - Perigos Relacionados.

5.5.1 A SEGURANÇA HÍDRICA DOMÉSTICA DE GUARATIBA

A Determinação de KD₁ - Seguranças Hídricas Domésticas

O abastecimento público responde pelo percentual dos domicílios de Guaratiba atendido por abastecimento público, conforme o censo de 2010, que foi da ordem de 88,80%.

O percentual dos domicílios de Guaratiba atendido por rede geral de esgoto ou pluvial, conforme o censo de 2010, foi da ordem de 0,18%.

É importante ressaltar que os dados censitários são auto declaratórios e não necessariamente retrata a veracidade dos fatos.

Para determinação do DALY buscou-se as estatísticas relacionadas as diarreias em Guaratiba e não foi possível se obter tais dados junto a Divisão de Vigilância em Saúde (CAP 5.2), uma alternativa foi o Ministério da Saúde, entretanto não se conseguiu os dados trabalhado para a Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID 10), também conhecida como Classificação Internacional de Doenças, periodicamente atualizada e publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que visa padronizar a codificação de doenças e outros problemas relacionados à saúde. Para diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível o código é A09.

Para tanto se optou por arbitrar, com as devidas ressalvas, o score DALY da Região Sudeste do Brasil da taxa ajustada, que tem como padrão a população do país, para ambos os sexos, obtidos por LEITE *et al.* (2015).

Destaca-se que no referido trabalho não foi detalhado aspectos relacionados as diarreias e gastroenterite de origem infecciosa presumível.

Para a KD₁ de Guaratiba ficou estabelecida para efeito deste trabalho conforme a Tabela 54.

Tabela 54 - Scores da KD₁ para Guaratiba adotado

Acesso a água canalizada		Acesso ao Esgotamento Sanitário		Higiene		Segurança Hídrica Doméstica	
%	Categoria	%	Categoria	DALY	Categoria	Indicador	Index
88,8	4	0	1	185	2	7	3

Fonte: O Autor, adaptado de GWP (2014)

A Situação atual sobre a Segurança Hídrica Doméstica em Guaratiba

Guaratiba ainda conserva características rurais embora seja considerada tanto pelo IBGE quanto pela Prefeitura do Rio como região urbana.

Na pesquisa de campo realizada no período de com 02/05 a 11/05, tendo como referências iniciais os produtores rurais associados a Associação de Produtores Rurais de Guaratiba (Rural Guaratiba) e tendo como base o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TECLE), aprovado pelo Parecer Consubstanciado do Comitê e Ética na Pesquisa da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro de nº 2.445.133, foram entrevistados 21 produtores rurais de um universo de 28 ativos (75%).

Dentre os pesquisados: um não faz uso de água subterrânea e sim de reservação de águas pluviais para usos de regas de plantas como complementos de águas do abastecimento público; onze usam águas de poços em conjunto com águas do abastecimento público e nove usam apenas águas de poços, sendo que destes seis também usam águas de captações superficiais, dentre estes últimos um tem os três tipos de fontes hídricas, ou seja: abastecimento público, água de poços e captações superficiais.

Dos pesquisados a maioria usa água de apenas um poço existente em suas propriedades. Tais poços possuem profundidades variando de 6 a 16 metros e em sua maioria do tipo tubular. Um dos pesquisados possui dois poços profundos de aproximadamente 100 metros. Para os volumes estimados de água diariamente os resultados declarados foram preponderantes para menos de 1000 litros/dia.

Os Aspectos de Instalações de Captações de Águas Subterrâneas

Nos aspectos visuais das instalações de captações de águas subterrâneas observa-se precariedades quanto as proteções dos pontos de captações dos poços. Como se pode observar nos exemplos da Figura 126 até a Figura 131.

As Percepções sobre o quadro hídrico de Guaratiba do ponto de vista dos Pesquisados

As entrevistas com os pesquisados identificaram que há uma percepção acentuada da degradação das águas subterrâneas de Guaratiba e é deficitário o atendimento do abastecimento público, com agravos nos períodos de verão, principalmente nos últimos cinco anos.

Foi possível constatar que há um enorme descrédito com a qualidade das águas subterrâneas, principalmente pelas repetidas declarações de que *“as águas dos poços eram mais usadas para irrigações e limpeza”*, também que *“as águas de consumos*

alimentares são obtidas de outras fontes mais confiáveis, do tipo das fornecidas em galões”.

Muitos dos que se valem da água do abastecimento público não tem seu abastecimento legalizado, com tomadas d'águas em ligações clandestinas, com alegações de que “há muitas dificuldades para proceder as ligações legais”.



Figura 126 - Aspecto de captação em poço tubular raso (1) (a)

Figura 127 - Aspecto de captação e poço tubular raso (2) (b)

Figura 128 - Aspecto de Captação e poço tubular raso (3) (c)

Figura 129 - Aspecto de captação de poço cacimba (1) (d)

Figura 130 - Aspecto de captação de poço cacimba (2) (e)

Figura 131 - Aspecto de captação de poço cacimba (3) (f)

Fonte: O Autor

O mesmo ocorre com as captações de águas em poços rasos que não são cadastrados na Agência Nacional de Águas (ANA) e no INEA, também sob as alegações de que “é muito difícil”, e “é muito demorado” ou que “o cadastro implicará no aumento dos custos”.

Embora a legislação obrigue os registros das captações não há um programa institucional que agilize os mesmos.

Também há percepção de que o crescimento das ocupações imobiliárias, inclusive com a participação de milicianos, e sem controle do poder público vem reduzindo as disponibilidades e as qualidades das águas subterrâneas.

A Avaliação da Qualidade das Água Subterrâneas de Guaratiba

Com a sonda profissional YSI 603223 de multi parâmetros de qualidade de água foram possíveis analisar pontualmente 24 tomadas de águas dos poços rasos utilizados pelos pesquisados, dos quais 21 poços tubulares rasos e 3 cacimbas.

Os parâmetros avaliados foram: Salinidade (ppm); Condutância Específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$); Oxigênio Dissolvido (ppm); Redox (mV); pH e Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Salinidade

A salinidade variou 0,08 a 0,35 ppm, com uma média de 0,16 ppm. Dentre as 24 amostras os dois pontos com maiores resultados (0,35 e 0,29 ppm) são sujeitos a influências de águas marinhas, quando das ocorrências de marés altas em períodos chuvosos, face a topografia do terreno, segundo relatos obtidos durante a pesquisa de campo.

Conforme MENEZES *et al.* (2013), teores de salinidades inferiores a 0,75 são classificados como de baixa salinidade e podem ser usadas para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos. Característica importante devido a vocação ainda rural da região que utiliza as águas subterrâneas para irrigação. A Figura 132 apresenta os resultados de salinidades.

Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Os resultados de condutividade elétrica variaram de 172,9 a 718 $\mu\text{S}/\text{cm}$, apresentando como média 333,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Não são feitas referências diretas a esse parâmetro na legislação no que diz respeito ao consumo humano, embora ele possa ser utilizado indiretamente na avaliação da qualidade da água, principalmente em áreas próximas a regiões litorâneas. Os pontos com maiores valores foram os mesmos que apresentaram valores altos para salinidades. A Figura 133 apresenta os resultados de condutividade elétrica.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Os resultados para Oxigênio Dissolvido (ppm) variou de 0,14 a 5,12ppm, como média de 2,02 ppm. Os valores normalmente encontrados em águas subterrâneas variam de

zero a 5 ppm, segundo MARION *et al.* (2007) *apud* FEITOSA (1997). Assim apenas um ponto apresentou-se fora do limite normalmente encontrado. A Figura 134 demonstra os resultados para OD.

Redox (E_H)

Os parâmetros de reação de oxidação-redução das amostras das águas dos poços apresentaram resultados que variaram de 124,0 a 436,9 mV, apresentando como média 347,0 mV. A Figura 135 apresenta os resultados.

Potencial de Hidrogênio (pH)

As amostras das águas dos poços analisados apresentaram resultados de pH que variaram de 4,35 a 7,13, com média de 5,83, portanto ligeiramente ácidas. A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 estabelece que o pH da água destinada ao abastecimento humano deve situar-se entre 6,0 e 9,0. Os baixos valores de pH podem ser atribuídos à presença de vários fatores, tais como concentrações de CO₂, oxidação da matéria orgânica, temperatura da água, entre outros (MENEZES *et al.*, 2013). A Figura 136 apresenta os resultados.

A comparação dos parâmetros E_H (cV) com pH possibilita inferir que as águas dos poços são de ambiente que recebe influência da atmosfera, ou seja, de rápida circulação, embora as concentrações de OD não apontem para este fato, devido possivelmente as reações com a matéria orgânica de antigos ambientes sedimentares. (MAGALHÃES, 2006). A Figura 137 demonstra a relação E_H X pH.

Temperatura (°C)

As temperaturas das amostras variaram de 24,1 a 27,3°C, com média de 25,2°C. As águas subterrâneas possuem uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças da temperatura atmosférica. Em profundidades maiores a temperatura da água pode ser influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m) (CORCÓVIA e CELLIGOI, 2012). A Figura 138 apresenta os comportamentos das temperaturas nos pontos de coletas.

Análise dos Parâmetros de Águas Coletados, das Observações de Campo e Consulta a Órgãos Públicos de Saúde

Os valores dos parâmetros observados apresentaram resultados que se enquadram nas faixas observadas também no estudo de CAMPOS (1996), em micro bacia vizinha aos rios de Guaratiba. Mas como a água subterrânea dos aquíferos sedimentares é muito vulnerável à poluição, devido a pequena profundidade do nível freático e na região há falta de rede de esgotamento sanitário, é necessária uma atenção especial, por parte

dos entes públicos, para as zonas de concentrações de residências pela maior chance de ocorrer a contaminação por dejetos orgânicos.

Um destaque de atenção se faz premente para a circunvizinhança do Cemitério de Guaratiba, localizado na Estrada da Ilha, número 1575 que tem a jusante as comunidades residentes no Caminho do Poder da Boa da Vontade e do Caminho do Furador.

Os padrões de salinidades embora dentro dos parâmetros de salinidade, dois apresentaram valores mais elevados (0,35 e 0,29 ppm), que são por forte suposição de influências de águas marinhas que invadem áreas alagáveis por ocasiões de mares altas e inundam a região destes dois poços. Cabe destacar que conforme MISTRETTA (1984) a água pode ser utilizada na agricultura mesmo quando apresenta condutividade elétrica menor que 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entretanto pode ocorrer salinização quando a lavagem e a drenagem do terreno não forem adequadas. Em geral, a água com valores de condutividade elétrica (CE) abaixo de 750 pode ser utilizada sem problemas para a irrigação, no que diz respeito ao teor de sais, embora existam certas culturas sensíveis que reagem negativamente mesmo quando a condutividade elétrica varia de 250 a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

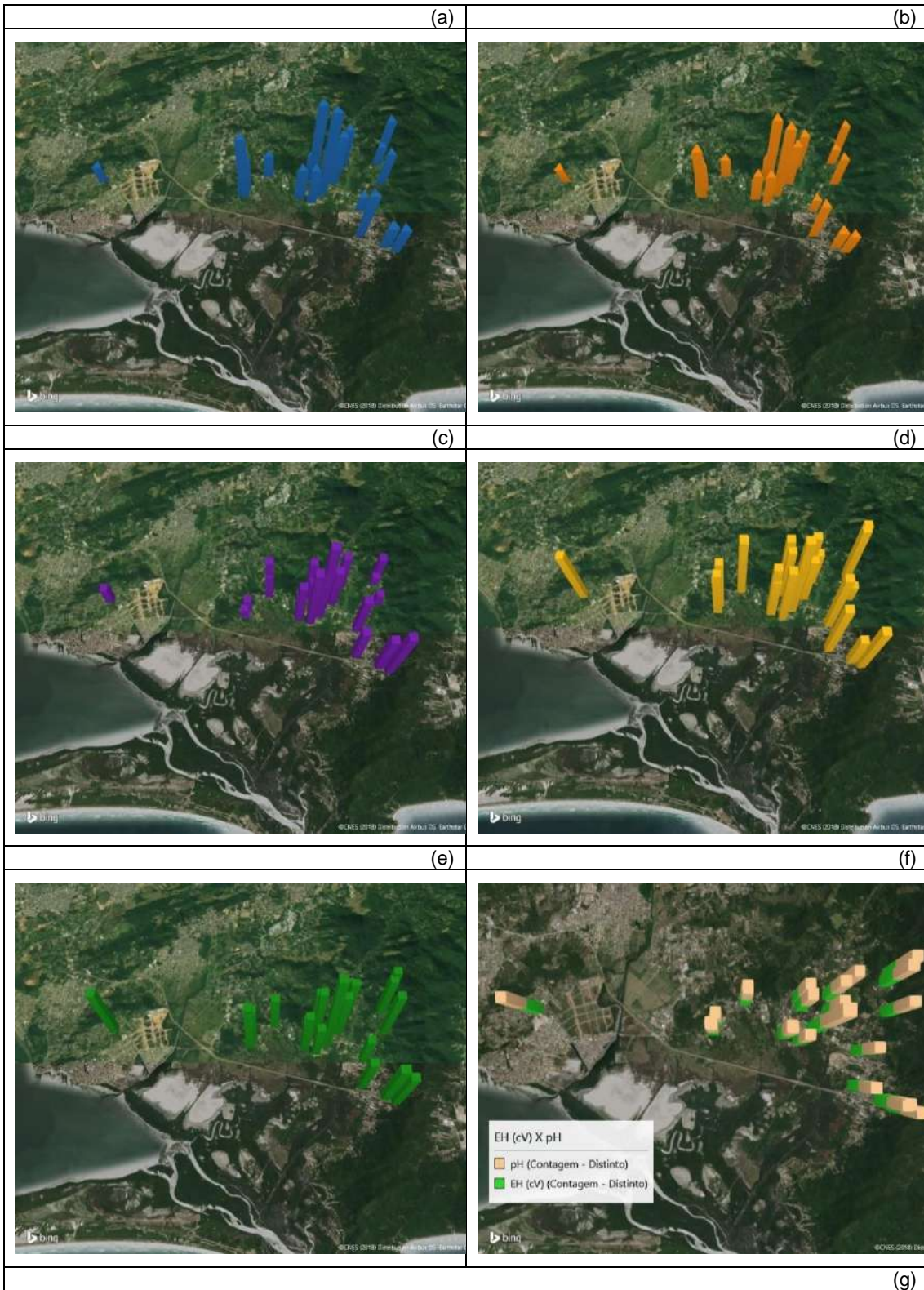




Figura 132 - **Salinidades das águas dos poços analisados (a)**
 Figura 133 - **Condutividades Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas dos poços analisados (b)**
 Figura 134 - **Oxigênio dissolvido (ppm) nas águas dos poços analisados (c)**
 Figura 135 - **Redox (E_H) das águas dos poços analisados (d)**
 Figura 136 - **pH das águas dos poços analisados (e)**
 Figura 137 - **Relação EH X pH das águas dos poços analisados (f)**
 Figura 138 - **Temperaturas das águas dos poços analisados (g)**
 Fonte: O Autor

Os quadros de doenças por veiculação hídrica levantados junto a Coordenadoria Geral de Atenção Primária da Área de Planejamento 5.2 (CAP 5.2) da Cidade do apresentou a série histórica apenas de Hepatite tipo “A” que não apresentou variações significativas em Guaratiba, comparados aos casos de toda a CAP 5.2 (Figura 139).

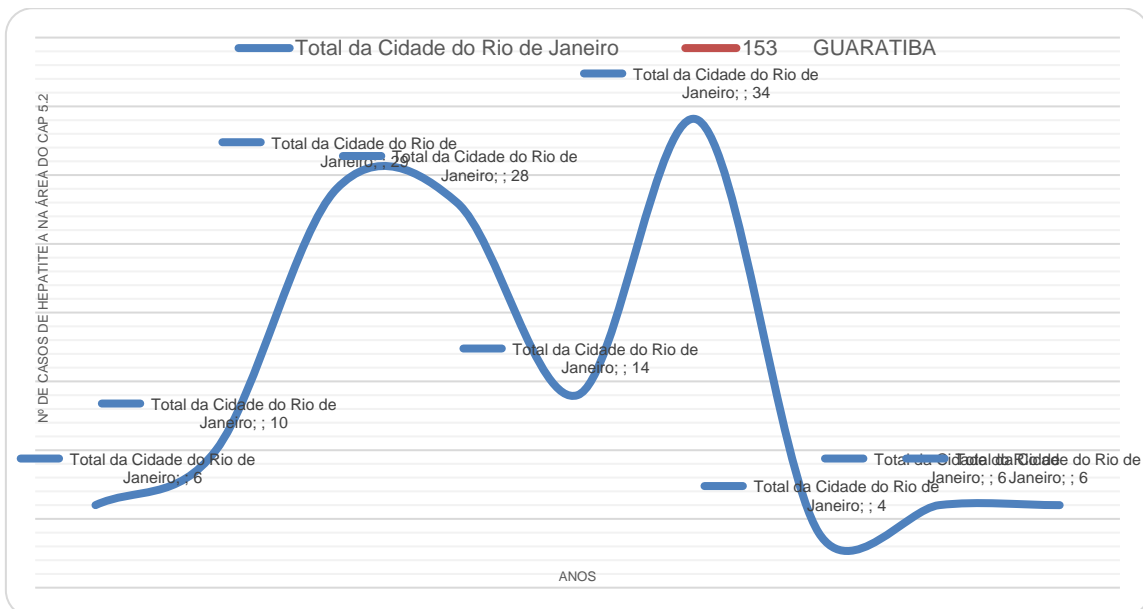


Figura 139 - **Casos de Hepatite A na área de abrangência da CAP 5.2 (2010-2018)**
 Fonte: Elaboração a partir dos dados fornecidos pela CAP 5.2

5.5.2 A SEGURANÇA HÍDRICA ECONÔMICA

A Determinação de KD_2 – Produtividade Econômica

Para a determinação de KD_2 que considera segundo os seguintes aspectos:

- Avaliação do setor agrícola;
- Resiliência;
- Dependência agrícola;
- Eficiência na utilização agrícola;
- Avaliação do uso industrial da água;
- Avaliação do uso da água para fins energéticos; e
- Índice global das economias produtivas.

Avaliação do Setor Agrícola

Resiliência do Setor Agrícola

Para avaliação da resiliência do setor agrícola foi considerado neste trabalho que o armazenamento de água é o mesmo que atende parte da RMRJ e que envolve a bacia do Paraíba do Sul e aqueles reservatórios a montante da ETA Guandu, constituído pelo grupo de usinas e reservatórios representados na Figura 140.

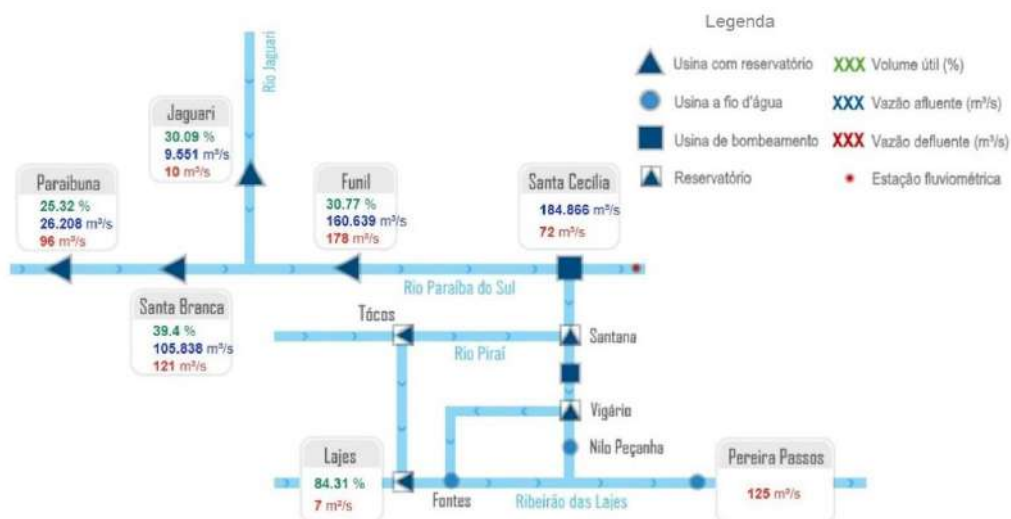


Figura 140 - Complexo de usinas e reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Fonte: O Autor a partir de Sala de Situação CEIVAP (www.ceivap.org.br)

A quantidade de água armazenada no sistema da bacia do rio Paraíba do Sul é avaliada através do indicador “Reservatório Equivalente” que é uma abstração do volume total

de água existente nos reservatórios das hidrelétricas que regularizam as águas do rio Paraíba do Sul, ou seja, as dos reservatórios do Funil, Jaguari, Santa Branca e Paraibuna.

No ano de 2017 o comportamento do indicador Reservatório Equivalente ficou com a média de 52,57%. A Figura 141 apresenta o comportamento do indicador no ano.

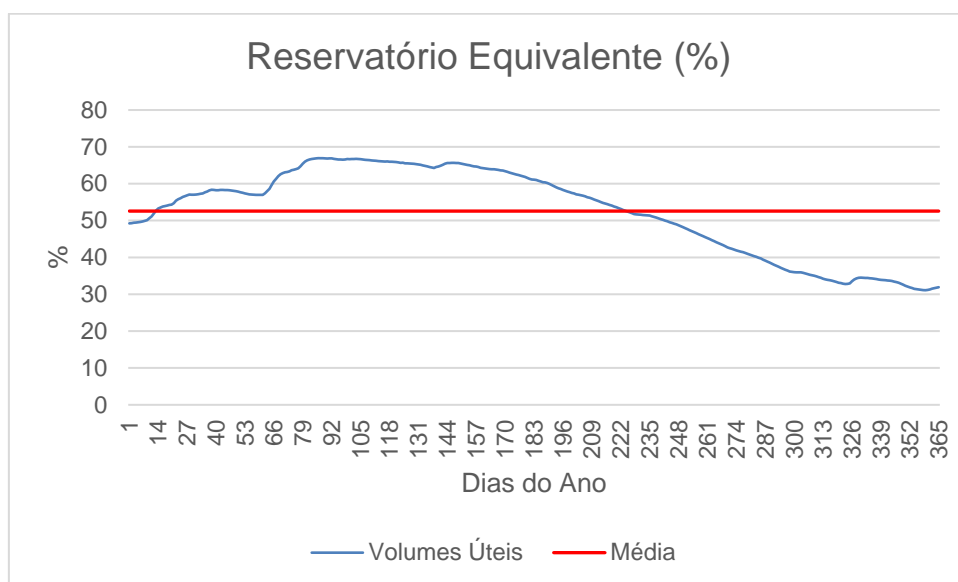


Figura 141 - **Comportamento do Reservatório Equivalente em 2017**

Fonte: O Autor a partir de Sala de Situação CBH Guandu (www.comiteguandu.org.br)

Para a variabilidade da precipitação, foram utilizados dados do gerados na Estação da ANA (02244038), localizada em Ponte do Souza, Resende, com dados brutos mensais de janeiro/1939 a março/2018. O grau de variabilidade interanual foi classificado com o indicador 2 e o coeficiente de variação da precipitação intranual foi então classificado com o indicador 1. A Tabela 55 apresenta os resultados dos indicadores para a resiliência do setor agrícola.

Tabela 55 – **Resultados dos indicadores de Resiliência do Setor Agrícola**

Armazenamento		Precipitação interanual		Precipitação intranual		Resiliência do Setor Agrícola
Reservatório Equivalente (%)	Indicador	CV	Indicador	CV	Indicador	Indicador
A		B		C		(A+B+C)/3
52,57	5	0,86	2	1,49	1	3

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

Dependência Agrícola

Para determinação dos indicadores de dependência agrícola de Guaratiba, que pela sua característica ainda preserva aspectos rurais, tem pouca dependência externa de bens agrícolas.

A irrigação agrícola se dá em pequena escala, face os tamanhos das propriedades que não são de grandes extensões. A própria área do bairro é de 944,20 ha, portanto abaixo do módulo adotado pelo estudo da GWP (2014) de 1000 ha. Por outro lado, a produção agropecuária também é de pequena escala.

A proporção da dependência externa foi considerada como inexistente, portanto o indicador atribuído foi 5, por outro lado para determinação do indicador de pegada agrícola valeu-se de HOEKSTRA e MEKONNEN (2011), que atribuíram balanço negativo para o Brasil por ser considerado exportador líquido virtual de água. A Tabela 56 apresenta os indicadores de dependência agrícola considerado para Guaratiba.

Tabela 56 – Indicadores de Dependência Agrícola de Guaratiba

Dependência Externa	Indicador ^a	Pegada agrícola	Indicador ^b
0	5	75	5

Nota: Segurança hídrica agrícola = a+b

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

Eficiência na utilização agrícola de Guaratiba

Para determinação dos indicadores de eficiência de uso de água na agricultura foram determinados em função: 1) da produtividade da água na agricultura; 2) da proporção de terra arável irrigada e a precipitação.

Produtividade da água na agricultura em Guaratiba

A produtividade da água na agricultura foi estabelecida com a adoção dos indicadores no nível do município do Rio de Janeiro, que a menor escala que é trabalhada o indicador de Produto Interno Bruto, e que foi disponibilizada pela Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ) para o ano de 2015.

O dado de demanda total por água para o município do Rio de Janeiro, para o ano de referência, foi também obtido junto a CEPERJ.

Foi adotada a distribuição setorial agrícola para o município tal qual a apontada pela COPETEC (2013) como sendo de 28% do total. E para o indicador da proporção de terra arável irrigada foi atribuído valor 5. A matriz da produtividade da água na agricultura para Guaratiba é apresentada na Tabela 57.

Tabela 57 - **Matriz da produtividade da água na agricultura para Guaratiba**

Produtividade da água na agricultura		Terra arável irrigada	
PIB/km ³	Indicador ^a	Proporção (%)	Indicador ^b
0,37	1	0	5
Nota: Uso eficiente = a+b			

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

A Avaliação do Uso Industrial da Água

Para avaliação do uso industrial da água em Guaratiba são aqui avaliados a produtividade da água na indústria e o consumo de bens industriais (em termos de unidades de água) em relação à água retirada para a indústria.

A Produtividade da Água na Indústria em Guaratiba

A produtividade da água na indústria foi estabelecida com a adoção dos indicadores no nível do município do Rio de Janeiro, disponibilizada pela CEPERJ para o ano de 2015.

O dado de demanda total por água para o município do Rio de Janeiro, para o ano de referência, foi também obtido junto a CEPERJ.

Foi adotada a distribuição setorial industrial para o município tal qual a apontada pela COPETEC (2013) como sendo de 26% do total. E para o indicador de da proporção de consumo industrial foi atribuído valor “0”, tendo em vista que não dependência externa de energia. A matriz da produtividade da água na indústria para Guaratiba é apresentada na Tabela 58.

Tabela 58 - Matriz da produtividade da água na indústria para Guaratiba

Produtividade da água na indústria		Consumo Industrial	
PIB/km ³	Indicador ^a	Proporção (%)	Indicador ^b
19.465,74	3	0	5
Nota: Segurança Hídrica Industrial = a+b			

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

A Avaliação do uso da água para fins energéticos para Guaratiba

Para avaliação do uso da água para fins energéticos que foram baseados pela GWP (2014) em: 1) o que se concentra na proporção da capacidade hidroelétrica tecnicamente explorável e que foi realmente explorada e; 2) na contribuição relativa da energia hidroelétrica para o abastecimento.

A proporção da capacidade hidroelétrica tecnicamente explorável e que é explorada no caso brasileiro, em especial na RH II onde se insere Guaratiba, tem uma relação direta.

Segundo a EPE (2017) a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Rio de Janeiro, no ano de 2016 foi de 8.916 MW, desta capacidade 60,9% foram de usinas hidrelétricas e 3,3 de Pequenas Centrais Elétricas (PCHs), totalizando 64,2% de fonte hídrica.

No mesmo ano o Brasil produziu 541,6 GWh de energia elétrica e o consumo interno no período foi de 460,3 GWh. O excedente gerado foi vendido para a Argentina e Uruguai, que enfrentaram problemas de geração principalmente no período de baixas temperaturas (TRINDADE *et al.* 2017), portanto a relação geração X consumo foi de 100%.

Os indicadores de segurança hídrica de produção energética de fonte hídrica são apresentados na Tabela 59.

Tabela 59 – Matriz de produção de energia hidroelétrica em 2016

Potencial hidroelétrico		Dependência hidroelétrica	
Proporção Desenvolvida (%)	Indicador ^a	Proporção do Uso de Energia Elétrica (%)	Indicador ^b
1	5	>50	5
Nota: Uso eficiente = a+b			

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

O Índice Global das Economias Produtivas

O índice global das economias produtivas que define o indicador KD₂ é consolidado na Tabela 60.

Tabela 60 - Resultado de KD₂ - Segurança Hídrica Econômica

Resultados de KD ₂ para Guaratiba	Agricultura			Indústria	Energia	Indicador KD ₂
	Resiliência ^a	Segurança Hídrica Agrícola ^b	Uso eficiente ^c	Segurança Hídrica Industrial	Uso Eficiente	
	3	10	6	8	10	3
	(a+b+c)/3 6,33					

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

A Situação Atual que Envolve a Segurança Hídrica Econômica em Guaratiba

Segundo a SEBRAE (2017) em Guaratiba tem instalados o seguinte perfil empresarial:

- 1.242 empresas da indústria da construção;
- 93 empresas da área Química e Petroquímica;
- 45 empresas do ramo de Produtos de Agropecuária;
- 39 empresas do ramo de Papel e Celulose;
- 24 empresas da indústria digital; e
- 4 empresas da indústria automotiva.

Destas todas duas grandes indústrias se destacam pelo grande porte, uma de produção de pneus e a outra de produção de utensílios plásticos, as demais são de pequeno para médio porte. A Figura 142 destaca as indústrias registradas pelo Google.



Figura 142 - Indústrias em Guaratiba registradas pelo Google

Fonte: Google Maps

5.5.3 SEGURANÇA HÍDRICA URBANA

A Determinação de KD_3 – Segurança Hídrica Urbana

Para determinações dos indicadores de KD_3 – Segurança Hídrica Urbana de Guaratiba - se considerou que o bairro está no primeiro estágio das avaliações das cidades classificadas pela GWP (2014) como “Cidades Abastecimento de Água”.

Foi arbitrado que a cobertura do abastecimento público esteja em uma faixa, otimista, de 60%, a cobertura de esgotamento sanitário em 0%, assim o resultado para KD_3 ficou estabelecido conforme a Tabela 61.

Tabela 61 - Matriz do Abastecimento e Esgotamento Sanitário Públicos

Coberturas (%)	Indicador de Abastecimento Público ^a	Indicador de Esgotamento Sanitário Público ^b	Indicador (a+b)
0	-	1	3
60	2	-	

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

Outro componente de avaliação KD_3 é o indicador ‘Cidade Drenada’, avaliado a partir dos níveis relatados de danos causados por inundações (\$/ano) padronizados de acordo com a perda per capita como proporção do PIB per capita. O indicador de inundação urbana é avaliado com base na estimativa de perda padronizada.

A edição 01 dezembro 2017 do Jornal O Estado de São Paulo, em matéria de André Borges, afirma que “entre 2013 e o ano passado, os desastres naturais afetaram 55,7

milhões de pessoas - mais de 25% da população nacional. No total, as perdas são R\$ 9 bilhões por ano”.

O PIB do Brasil em valores correntes em 2017 foi de R\$ 6,6 trilhões e o PIB per capita de R\$ 31.587,00.

O indicador de Avaliação de danos de inundação urbana para o caso brasileiro se enquadra conforme a Tabela 62.

Tabela 62 – Matriz de Avaliação de danos de inundação urbana

Perda Padronizada (porcentagem do PIB Per Capita/ano)	Indicador de avaliação de danos de inundação urbana
1,36	4

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

Um valor inicial para a segurança hídrica urbana é estimado como a soma dos indicadores Tabela 61 e Tabela 62 e escalado pela divisão por 5, que resultou no indicador da Tabela 63.

Tabela 63 - Indicador Preliminar de Segurança Hídrica Urbana

Indicador de Abastecimento e Esgotamento Sanitário Urbano	Indicador Preliminar de Segurança Hídrica Urbana
7	1,4

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

Por derradeiro outro indicador de KD_3 é avaliação da saúde da bacia hidrográfica para o provável gerenciamento urbano dos rios, adicionando um fator de correção adicional ao valor inicial do indicador de segurança hídrica urbana.

O fator de manejo dos rios urbanos é avaliado em uma escala de 1 a 5 e é atribuído zero (0) para escala de saúde de bacia menor que três e como unidade (1) para uma escala de três ou mais.

Para Guaratiba foi atribuído, neste trabalho, o fator de manejo dos seus rios como 3, tendo em vista a Unidades de Conservação do Parque Estadual da Pedra Branca a montante, entretanto os rios existentes estão sem manejo.

O resultado da avaliação para KD_3 é consolidado na Tabela 64.

Tabela 64 - Indicador KD₃ - Segurança Hídrica Urbana

Indicador Preliminar de Segurança Hídrica Urbana	Fator de Manejo da Saúde da Bacia	Resultado de KD ₃
1,4	1	2

Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

A Situação atual que envolve a Segurança Hídrica Urbana KD₃

Guaratiba de tempos em tempos é acometida por alagamentos conforme pode ser constatado na Figura 143 e na Figura 144.



Figura 143 – Matéria do G1 de 21/01/2013

Fonte: O Globo (2013)

Conforme a matéria do O GLOBO, 2013:

Mais uma enchente no Jardim Guaratiba, na Zona Oeste do Rio, e o leitor Moisés Silva cita "frustração" quanto ao que ele classifica de "falta de serviços essenciais" na região. O advogado de 27 anos fotografou alagamentos na área aproximadamente às 14 horas desta segunda-feira (21) e disse que ficou impossibilitado de sair para trabalhar.

Por iniciativa de cidadã foi criado o 1º Grupamento de Ação Comunitária de Guaratiba (1º GAC) que está apontado na estrutura da Defesa Civil da cidade do Rio de Janeiro. Inicialmente o 1º GAC foi configurado como um Núcleo de Defesa Civil Comunitária (NUDEC), previsto na Política Nacional de Defesa Civil (PNDC).



Figura 144 - **Matéria RJ1 exibida em 15/fevereiro/2018**
Fonte: RJ1 (2018)

A Política Nacional de Defesa Civil aponta o NUDEC como o elo mais importante do Sistema Nacional de Defesa Civil.

O NUDEC tem como finalidade implementar a integração de todo o Sistema de Defesa Civil, empresas, estabelecimentos de ensino, comunidade e instituições de segurança pública para garantir uma ação conjunta de toda a sociedade nas ações de segurança social.

O agente de Defesa Civil é a ligação entre o poder constituído e sua comunidade, multiplicando as informações recebidas e articulando discussões sobre problemas e formas de intervenções. É neste sentido que o 1º GAC mantém diariamente uma rede informada sobre as condições meteorológicas e de marés com atuações voluntárias além da prontidão para as primeiras ações, mesmo que com poucos recursos.

5.5.4 SEGURANÇA HÍDRICA AMBIENTAL

A Determinação de KD₄ – Segurança Hídrica Ambiental de Guaratiba

Os operadores e agrupamentos temáticos para o índice de saúde da bacia hidrográfica são descritos resumidamente como os indicadores de ameaça à biodiversidade (BD) que foram computados por GWP (2014) *apud* VÖRÖSMARTY *et al.* (2010) para formar a base para o índice de saúde da bacia hidrográfica em AWDO, (2013).

- Tema 1: Distúrbio de bacia hidrográfica – para captar o efeito de escala local das mudanças no uso da terra e a falta de manejo na bacia de drenagem. Os operadores incluem a conversão para área cultivada (Operador I), construção de superfícies impermeáveis (Operador II), destruição de zonas ribeirinhas (Operador III) e desconexão de zonas úmidas dos rios (Operador IV).
- Tema 2: Poluição - engloba um amplo conjunto de poluentes com efeitos negativos diretos ou indiretos bem documentados sobre os recursos hídricos e a biodiversidade. Os condutores incluem salinização (Operador V), carga antropogênica de nitrogênio (Operador VI), carga antropogênica de fósforo (Operador VII), deposição de mercúrio antropogênico (Operador VIII), carga de pesticida (Operador IX), sólidos suspensos totais (Operador X), carga orgânica, expressa como demanda bioquímica de oxigênio (Operador XI), acidificação potencial (Operador XII) e impacto térmico (Operador XIII).
- Tema 3: Gestão de recursos hídricos - inclui uma variedade de maneiras pelas quais os seres humanos alteraram a quantidade de água disponível para a sociedade. Os impulsionadores incluem a densidade da barragem nas bacias de drenagem (Operador XIV), fragmentação da rede fluvial por barragens (Operador XV), consumo relativo de água (Operador XVI), tensão hídrica (Operador XVII), água disponível em relação à área agrícola (Operador XVIII) e alterações no tempo de residência nas redes fluviais (Operador XIX).
- Tema 4: Fatores bióticos - captura os impactos locais e espacialmente distribuídos da mudança da biota dos ecossistemas fluviais. Os seres humanos afetaram a fauna ribeirinha de várias formas, mas os conjuntos de dados globais que documentam essas mudanças estão amplamente indisponíveis. Portanto, foram concentradas atenções em três categorias de impacto: a introdução de espécies não-nativas, a pesca e a aquicultura. Os impulsionadores específicos incluem a proporção de espécies de peixes não nativos (Operador XX), o número de espécies de peixes não nativos (Operador XXI), a pressão de pesca (Operador XXII) e a aquicultura (Operador XXIII).

Para a determinação dos indicadores de KD_4 específica para Guaratiba, face a complexidade de dados necessários, as dimensões de escalas, a falta de recursos dentro do tempo disponível, optou-se por dar pesos a cada um dos operadores acima citados, segundo a percepção da experiência de campo. Os resultados são apresentados nas Tabela 65 a 68.

Tabela 65 - Operadores do Tema 1 - Distúrbio de bacias hidrográficas

Operadores	I	II	III	IV4	Média do Tema 1
Pesos Atribuídos	2	1	2	2	1,75

Fonte: O Autor, a partir de GWP (2014)

Tabela 66 - Operadores do Tema 2 - Poluição

Operadores	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Média do Tema 2
Pesos Atribuídos	2	3	3	1	1	2	3	2	1	2

Fonte: O Autor, a partir de GWP (2014)

Tabela 67 - Operadores do Tema 3 - Gestão de recursos hídricos

Operadores	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	Média do Tema 3
Pesos Atribuídos	2	3	3	3	2	2	2,5

Fonte: O Autor, a partir de GWP (2014)

Tabela 68 - Operadores do Tema 4 - Fatores bióticos

Operadores	XX	XXI	XXII	XXIII	Média do Tema 4
Pesos Atribuídos	3	1	3	2	2,25

Fonte: O Autor, a partir de GWP (2014)

O resultado para o KD₄ – Segurança Hídrica Ambiental de Guaratiba foi determinado pela medida das médias dos operadores e é apresentado na Tabela 69.

Tabela 69 - Resultado do Indicador KD₄ - Segurança Hídrica Ambiental de Guaratiba

Médias	Tema 1	Tema 2	Tema 3	Tema 4	Indicador KD ₄
Resultados	1,75	2,00	2,50	2,25	2,13

Fonte: O Autor, a partir de GWP (2014)

5.5.5 RESILIÊNCIA: PERIGOS RELACIONADOS

A Determinação de KD₅ – Resiliência: Perigos Relacionados

Para determinação de KD₅ para Guaratiba foram seguidas as seguintes etapas, conforme ADB (2017):

Etapa 1: Processamento de dados básicos

- Coleta de dados sobre fatores dos indicadores, exposição (E), vulnerabilidade básica (V_B) e capacidades de enfrentamentos fortes e leves; e
- Padronização dos fatores entre 0 e 1 (log)

Desta etapa foram selecionados e quantificados os indicadores da Tabela 70:

Tabela 70 - Indicadores e Sub indicadores com os respectivos valores atribuídos

Indicadores de Riscos Hídricos Relevantes					
Perigo (H)*	Inundação e tempestade	Seca	Tempestade com Inundação costeira	Categorias de Sub indicadores e valores atribuídos**	
		Precipitação média anal máxima (milímetro) = 59,98 Pressão Atmosférica (hPa) < 850 hPa	Número de dias secos consecutivos (<5 mm de precipitação - 2017) = 219 Vazão em Santa Cecília (m ³ /s) < 110		Pressão Atmosférica (hPa) < 850 hPa Comprimento da linha costeira / área terrestre = 1,60
Exposição (E)	Densidade populacional = 79,20 Taxa anual de crescimento da população urbana = 0,01 Taxa anual de crescimento da população de Guaratiba = 0,01		Densidade populacional = 79,20 Proporção da população da área de várzea (abaixo de 10 metros) (%) = 4 Taxa anual de crescimento da população urbana em Guaratiba = 0,01		
Vulnerabilidade básica (V _B)	Governança (IPC) = 37 Taxa da população abaixo do consumo de ¼ do salário mínimo = 0,16 Taxa de assistência oficial líquida no PIB = 0,30 Taxa de desmatamento = 0,06 Taxa de mortalidade infantil (1.000 nascidos vivos) = 0,14	Governança (IPC) = 37 Taxa da população abaixo do consumo de ¼ do salário mínimo = 0,16 Taxa de assistência oficial líquida no PIB = 0,30 Taxa de produção agrícola no PIB (2017) = 0,0003 Taxa de mortalidade infantil (1.000 nascidos vivos) = 0,14	(IPC) = 37 Taxa da população abaixo do consumo de ¼ do salário mínimo = 0,16 Taxa de assistência oficial líquida no PIB = 0,30 Taxa de produção agrícola no PIB (2017) = 0,0003 Taxa de mortalidade infantil (1.000 nascidos vivos) = 0,14		
Capacidade de enfrentamento pesada (C _H)	Potencial de investimento municipal (PIB por área) = 0,01 Capacidade total do reservatório equivalente = 0,53		Potencial de investimento municipal (PIB por área) = 0,01 Infraestrutura (densidade rodoviária pavimentada) = 0,85		
Capacidade de enfrentamento suave (C _S)	IDH de Guaratiba = 0,744 IDEB = 4,40 Taxa de receptores de televisão por 10.000 habitantes = 11,00 Taxa de assinaturas de celular por 10.000 habitantes = 11,00				

Notas: * Os dados em H não são necessários para determinar a dimensão principal.

** Os valores atribuídos estão referenciados no Anexo 3

Fonte: O Autor com base em ADB (2017)

Na sequência os dados da Tabela 70 foram padronizados na base logarítmica.

Etapa 2: Cálculos das médias e definição de Capacidade de Enfrentamento Máxima

Os resultados dos cálculos de **H**, **E**, **V_B** e a capacidades de encontros são apresentados na Tabela 71.

Tabela 71 - Valores calculados para H, E, V_B e a capacidades de encontros

Categorias	Inundação e tempestade	Seca	Tempestade com Inundação costeira	Valores Calculados
H	0,09	0,11	0,21	
E	0,57	0,57	0,43	
V _B	0,51	0,58	0,58	
C _H	0,63	0,63	0,61	
C _S	0,35	0,38	0,38	
C	0,98	1,01	0,99	
C _{MAX}	1,48	1,51	1,49	

Fonte: O Autor com base em ADB (2017)

Etapa 3: Cálculos da vulnerabilidade, da resiliência de cada categoria e da soma dos índices de resiliências com os resultados apresentados na Tabela 72.

Tabela 72 – Resultados de vulnerabilidade, resiliência de cada categoria e soma de índices de resiliência

Categorias	Inundação e tempestade	Seca	Tempestade com Inundação costeira
V	0,06	0,08	0,13
Res	0,53	0,51	0,58
Soma dos Índices de resiliência	1,62		

Fonte: O Autor com base em ADB (2017)

O valor da soma dos índices de resiliência comparado com Tabela 73, que é a matriz de resiliência para avaliação do Índice de Desastres Relacionados à Água que desenvolvida pela GWP (2014) possibilita a classificação da Resiliência (KD₅) para Guaratiba como de grau **3**.

Tabela 73 - Índice de Desastres Relacionados à Água

Índice de resiliência	Índice de resiliência relacionado à água
$x \leq 0,5$	1
$0,5 \leq x < 1,0$	2
$1,0 \leq x < 2,0$	3
$2,0 \leq x < 2,5$	4
$2,5 \leq x$	5

Fonte: GWP (2014)

A classificação final da avaliação de segurança hídrica dos cinco componentes de avaliação de segurança hídrica propostos por GWP (2014) para Guaratiba é consolidado na Figura 145.

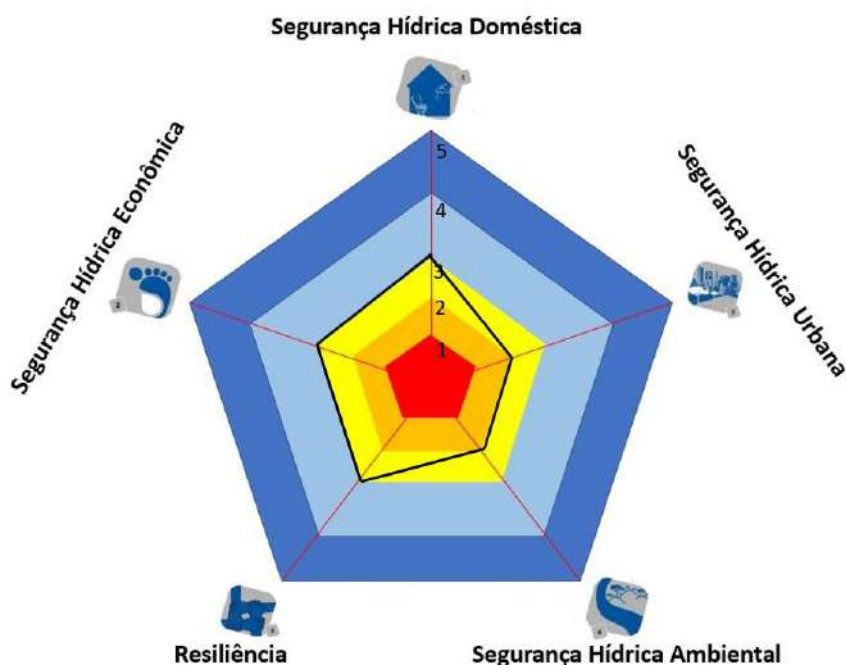


Figura 145 – Resultado da Avaliação de Segurança Hídrica de Guaratiba
 Fonte: O Autor a partir de GWP (2014)

Apenas como referência, já que há diferenças de escalas nas quantificações dos dados, é apresentado na Figura 146 a classificação brasileira em GWP (2014).

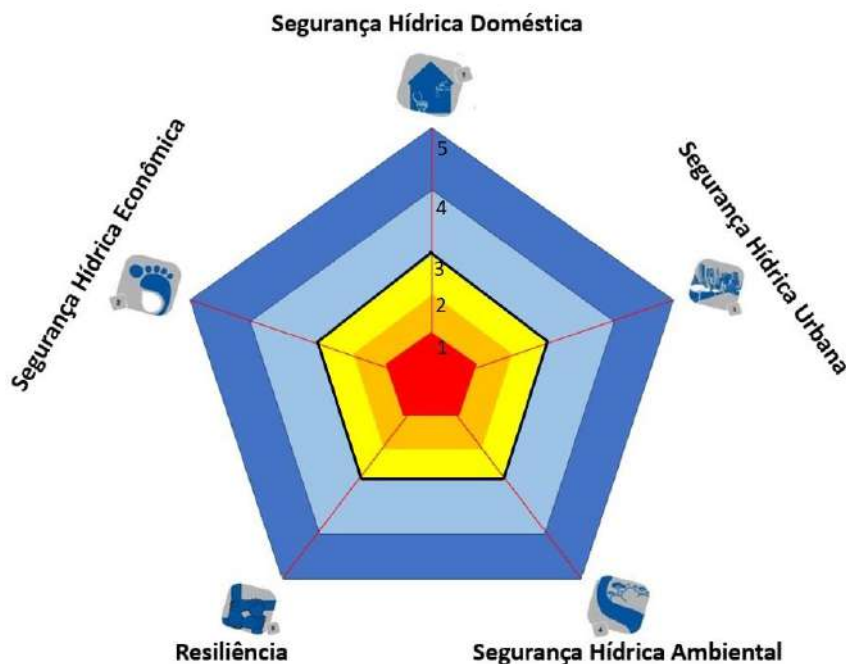


Figura 146 - Resultado da Avaliação de Segurança Hídrica do Brasil em GWP (2014)
 Fonte: GWP (2014)

Voltado a caso de Guaratiba observa-se que a segurança hídrica urbana (KD₃) e a segurança hídrica ambiental (KD₄) foram os indicadores que menores pontuações receberam o que retratam os fatos recorrentes nas matérias jornalísticas.

A Situação que envolvem os aspectos relacionados ao Indicador de Resiliência em Guaratiba

Alguns aspectos das Mudanças Globais inerentes a Guaratiba e possíveis impactos a Segurança Hídrica Local são apontados no **Estudo de Vulnerabilidades no Litoral do Estado do Rio de Janeiro Devido às Mudanças Climáticas**, (NEVES *et al*, 2007) desde o final dos anos 80, vários estudos têm sido elaborados no âmbito do *Intergovernmental Panel on Climate Changes* (IPCC) e outros organismos da Organização das Nações Unidas para identificar áreas de risco, quantificar os impactos, propor respostas economicamente viáveis e, principalmente, estimular o monitoramento permanente de áreas costeiras.

Conforme aponta NEVES *et al*, 2007:

O tsunami da Indonésia em dezembro de 2004 evidenciou, ao mesmo tempo, as virtudes e as fraquezas das redes internacionais de observação, quando se deparou com o desafio (por que não dizer, com o choque) que a tecnologia representa para diferentes culturas, meios de comunicação e questões sociais. O furacão Katrina nos EUA demonstrou claramente que nem mesmo a nação mais rica do mundo estava imune às

respostas violentas da Natureza, trazendo à lembrança várias outras catástrofes naturais que ocorreram ao longo da história da civilização. No Brasil, ocorre em 2005 o primeiro furacão registrado em nossa história, um ciclone extratropical que ganha força, muda sua trajetória de propagação costumeira do continente para o oceano, volta-se em direção ao continente e atinge o litoral sul do Estado de Santa Catarina. Pode-se assegurar que os cenários futuros serão de incerteza e de instabilidade.

Alguns modelos numéricos de simulação climática indicam de fato que o litoral Sul do Brasil até o Cabo Frio passaria a ser uma região afetada por ciclones com força de furacão. Num cenário de aquecimento global, mudanças no regime de ventos sobre o Atlântico Sul, mudanças no padrão de circulação oceânica induzida nas regiões equatorial, tropical e polar, aquecimento e fortalecimento da Corrente do Brasil, mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul, incluindo a questão do desmatamento da Amazônia, ocupação do cerrado e do Pantanal, todos esses fatores juntos seriam condições certamente preocupantes para a previsão climática, tanto atmosférica quanto oceanográfica, no Brasil.

As previsões de elevação global do nível do mar indicam, para diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa, taxas que variam de 18 cm a 59 cm em 2099, relativo a 1999. Deve-se lembrar, contudo, que há 120.000 anos, o nível do mar encontrava-se a cerca de 6 m acima do nível atual no Rio de Janeiro e a previsão do IPCC para o caso de derretimento completo das geleiras da Groenlândia é de uma elevação global de 7 m do nível do mar.

O nível médio do mar, porém, é uma variável dinâmica, que responde a forçantes atmosféricas e oscila em forma de ondas de longo período (alguns dias até alguns meses) que se propagam ao longo da plataforma continental. A passagem de um ciclone (sistema atmosférico de baixa pressão) provoca uma elevação do nível médio do mar denominada maré meteorológica, que, no caso de furacões, pode atingir até 3m com duração de 5 a 7 dias.

Guaratiba se situa ao fundo da Baía de Sepetiba, que é limitada também pela Restinga da Marambaia, em geral a baía é de águas pouco profundas, apresentando cerca de metade de sua área profundidades inferiores a 6 m. As menores profundidade e baixas declividades se encontram no setor leste. Na porção central uma depressão alongada atinge profundidades de até 8 m. O contato com o oceano se faz, principalmente, pelo setor oeste, através de dois canais, com profundidades máximas variando entre 31 e 24 metros. Um dos canais, entre as ilhas de Itacuruçá e Jaguanum, é utilizado como acesso ao porto de Sepetiba. Uma outra ligação, mais restrita, é o canal de maré da Barra de Guaratiba, na extremidade leste da restinga, em cuja retaguarda se desenvolve amplo

manguezal, parte da reserva biológica e arqueológica de Guaratiba (NEVES *et al.*, 2007).

A restinga (cordão litorâneo) da Marambaia se estreita em direção ao seu segmento central a ponto de dar a impressão de rompimento iminente, impressão reforçada pela ocorrência de transposição de ondas e tendência erosiva do seu flanco lagunar (vide Figura 147 e Figura 148). Esses são certamente indicadores de instabilidade. A ocasional transposição de ondas em ponto bem localizado resulta de abertura no campo de dunas por ação do vento (blow out) e não por ação de ondas, enquanto que a retrogradação do flanco lagunar do cordão ainda deixa na porção submersa um arcabouço capaz de resistir a uma ruptura que levaria à formação de um canal de maré, que seria rapidamente fechado pelo predomínio das ondas sobre a maré. Uma elevação do nível do mar, no entanto, poderá romper este equilíbrio. (NEVES *et al.*, 2007 *apud* MUEHE, 2006)



Figura 147 - **Transposição do cordão litorâneo da Marambaia.**
Fonte: NEVES *et al.*, 2007 *apud* MUEHE, 2006



Figura 148 - **Erosão no flanco lagunar da Marambaia.**
Fonte: NEVES *et al.*, 2007 *apud* MUEHE, 2006

Guaratiba é uma área de fragilidade para alagamentos pela elevação do nível do mar, conforme demonstrado no modelo digital de terreno (MDT), que representa o relevo da cidade, com tons que vão do vermelho ao amarelo, para as áreas da cidade com cotas de até 10 metros e as áreas em tons de verde com as demais altitudes da cidade, como pode ser observado na Figura 149.

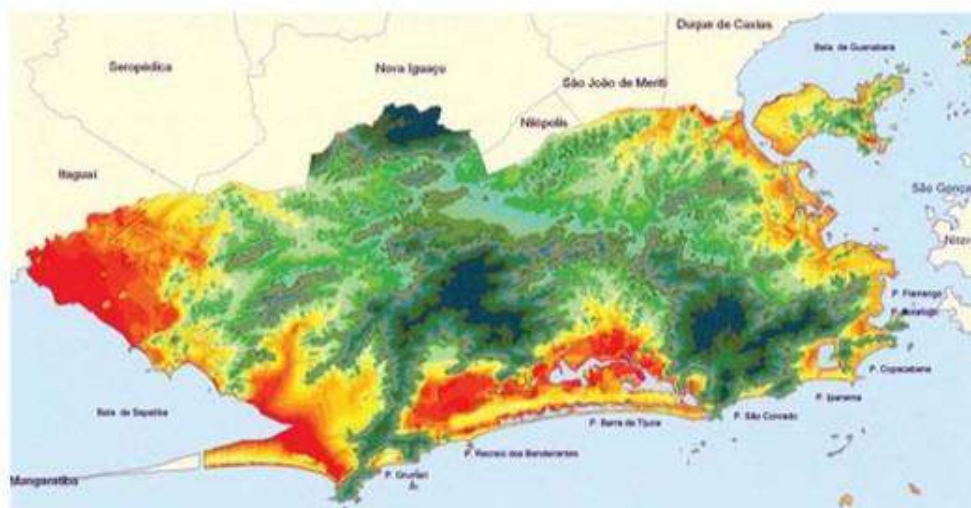


Figura 149 - **Relevo da Cidade do Rio de Janeiro**
Fonte: MENDONÇA & SILVA (2008)

MENDONÇA & SILVA (2008) ao considerarem como frágeis a linha de costa com as possibilidades de ressacas e outros fenômenos, além da elevação do nível do mar, ampliaram os estudos até a cota 2,00m. Os resultados são apresentados na Figura 150.

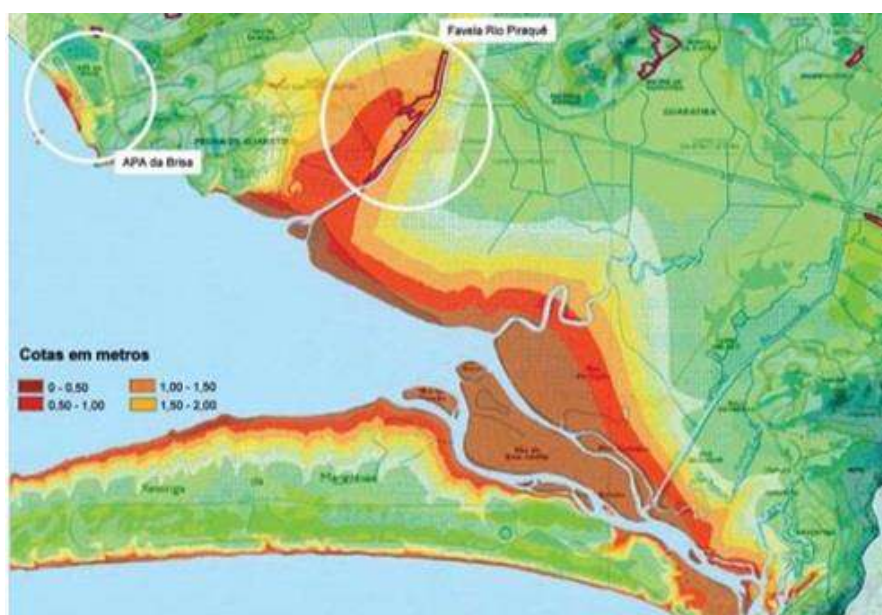


Figura 150 - **Áreas em Guaratiba com cotas até 2,00 metros**
Fonte: MENDONÇA & SILVA (2008)

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSÕES, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho de tese partindo do conhecimento das várias fragilidades relacionadas à Guaratiba, Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro, quanto as águas, seja pelas condições de abastecimentos, seja pelo não atendimento local com rede de esgotamento sanitário, seja pelo consumo intensivo de águas subterrâneas de um aquífero ainda não reconhecido oficialmente, seja pelas constantes condições de inundações e, seja ainda pela condição de vulnerabilidades a eventos extremos, se valeu do modelo analítico de avaliação de segurança hídrica de sistemas urbanos de abastecimento público de água, desenvolvido por MELO (2016) e complementou, para um olhar local, com o modelo aplicado pela *Global Water Partnership* (2014) para avaliação a segurança hídrica de vários países do mundo.

Para realização do trabalho foi feito as atualizações da conceituação de segurança hídrica para o abastecimento público, com delimitação na garantia do provimento de quantidade e qualidade de água bruta para o abastecimento urbano, associado a um determinado risco, no contexto da área a montante do ponto de captação da Estação de Tratamento de Água do Guandu.

O modelo de MELO (2016) se baseou na premissa de que a segurança hídrica de sistemas de abastecimento de água potável depende, principalmente, dos resultados da gestão dos recursos hídricos, pois dela resultarão a quantidade e a qualidade da água bruta no ponto de captação.

A bacia hidrográfica está submetida a uma série de estressores, entre eles: pressões ambientais, demanda de água, poluentes ordinários ou acidentais e eventos hidrológicos extremos, que geram impactos mais ou menos severos sobre a quantidade e qualidade da água.

A conjugação da capacidade de detecção do estressor, sua probabilidade de ocorrência e os impactos gerados constituem uma medida do risco à segurança hídrica. Segundo o modelo de MELO (2016), uma medida é obtida com a ferramenta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) que pode ser usada para indicar a prioridade de ações de uma política pública de segurança hídrica do abastecimento urbano.

O modelo analítico de MELO (2016) foi desenvolvido para avaliação semiquantitativa do nível de segurança hídrica de abastecimentos urbanos e compreende duas partes distintas e complementares:

- o nível de segurança da disponibilidade de água bruta, em quantidade e qualidade, para o abastecimento urbano em determinado ponto de captação do manancial de abastecimento, de acordo com vários fatores;
- a vulnerabilidade do serviço de abastecimento de água potável em relação à quantidade e qualidade dos recursos hídricos, que envolvem os sistemas de captação, de tratamento ou ainda ações de gestão como redução de perdas ou indução ao uso racional da água.

Nesta tese a pesquisa se restringiu à água bruta, em especial a área de gerenciamento dos recursos hídricos e da gestão ambiental a montante da ETA Guandu e em menor proporção ao complexo de represas das Tachas de onde provem as águas do abastecimento público que atende Guaratiba.

Do ponto de vista da pesquisa para os sistemas de distribuição e consumo, foi considerado que eles podem ser objetos de medidas de uso racional para diminuir a pressão do consumo urbano sobre o manancial de abastecimento, ao mesmo tempo em que pode aumentar a disponibilidade de água para o abastecimento público.

Por outro lado, tendo em vista que Guaratiba reúne vários aspectos relacionados às águas e tem o seu abastecimento público em ponta de linha com usos intensivos de águas subterrâneas, além de outros fragilidades, também se valeu dos aspectos envolvidos, para a avaliação local, dos elementos analíticos do modelo aplicado por GWP (2014), que fez um ranking de segurança hídrica de vários países, e que apontaram para os indicadores de segurança hídrica sob a ótica de cinco indicadores, quais sejam: 1) Segurança Hídrica Doméstica, 2) Segurança hídrica Econômica; 3) Segurança Hídrica Urbana; 4) Segurança Hídrica ambiental e; 5) Resiliência para perigos relacionados.

A integração dos modelos visou dar suporte à elaboração e à aplicação de políticas públicas, em especial aquelas sob a competência do Comitê Guandu, que venham a produzir resultados que, embora afetos aos riscos estimados, sejam satisfatórias em termos da quantidade e da qualidade das águas brutas destinadas ao abastecimento público das áreas urbanas, neste caso aquelas da RMRJ, e periurbana, que é o caso de Guaratiba.

Os modelos são validados pela aplicação, no caso do primeiro, na área a montante da captação da Estação de Tratamento de Água Guandu, responsável pela maior parte do abastecimento público da RMJR e também de Guaratiba e no segundo caso pelas avaliações das dimensões chaves (em inglês key dimensions – KDs).

6.2 DISCUSSÕES

6.2.1 OS RESULTADOS DAS APLICAÇÕES DOS MODELOS ADOTADOS

As conjunções dos modelos adotados para a avaliação do caso de Guaratiba, que apresenta particularidades bem distintas quanto ao abastecimento público, bem como de outras condições locais de baixo atendimento de demandas de infraestrutura urbana e outros aspectos territoriais se mostram importantes ferramentas de gestão, já que podem ser utilizados desde o planejamento voltado a garantia da segurança hídrica, ao identificar prioridades de ações, até as avaliações de desempenhos de gestão, mediante ao contínuo acompanhamento dos indicadores das características mensuráveis dos estressores e suas medidas de risco associadas no caso do modelo de MELO (2016) e dos indicadores possíveis de intervenções públicas no caso do modelo GWP (2014).

As definições de prioridades se baseiam nas avaliações dos riscos, tomando-se por base as hierarquizações dos riscos estudados e consequente identificação daquele(s) que apresente(m) maior ameaça ao sistema de abastecimento público em termos de disponibilidade quali-quantitativa de água bruta, ou ainda, qual(is) risco(s), caso concretizado(s), geraria(m) maior(es) impacto(s) ao abastecimento urbano de estudo, no caso do modelo MELO (2016) e nas Dimensões Chaves (KDs) no caso do modelo GWP (2014).

O FMEA pela sua simplicidade de aplicação, proporciona uma ferramenta simples, mas eficaz de apoio à tomada de decisão, que proporcione aos gestores o escalonamento para a priorização das ações de gestão de garantia da segurança hídrica e para o acompanhamento do desempenho da gestão. Da mesma forma os KDs também são de fáceis compreensões e simples de aplicações, possibilitando as mesmas condições acima citadas.

Sob os aspectos de vulnerabilidades em ambos os modelos são possíveis de avaliações em seus graus de sensibilidades quali-quantitativa no modelo MELO (2016), e qualitativa no modelo GWP (2014).

Das análises com os modelos trabalhados na tese pode-se concluir que os mesmos são possíveis de reaplicações para análises de localidades urbanas e periurbana, que tenham semelhanças com as de Guaratiba, com as individualizações de caso a caso e as medidas adaptativas que minimizem suas vulnerabilidades e escalas.

6.2.2 RESULTADOS LOCAIS PARA O CASO DE GUARATIBA

Os resultados obtidos no estudo de segurança hídrica de Guaratiba que foi segundo dois componentes: aquele a montante da ETA Guandu, que é de onde se origina significativa parcela do abastecimento público, em ponta de linha; e um mais local com as dimensões chaves (KDs) com abordagens de: a) Segurança Hídrica Doméstica (KD₁), b) Segurança hídrica Econômica (KD₂); c) Segurança Hídrica Urbana (KD₃); d) Segurança Hídrica ambiental (KD₄); e e) Resiliência para perigos relacionados (KD₅).

Os resultados das avaliações do abastecimento público urbano levaram a destacar que o estressor “demanda” (do modelo MELO, 2016) é o que apresenta o maior risco à segurança hídrica, tanto quantitativa quanto qualitativa, dentro dos limites de aceitabilidade da OCDE (2013) com quadro de “inaceitável”.

O estressor “poluente ordinários”, com efeito qualitativo, apresentou medida de risco à segurança hídrica a montante da ETA Guandu, também com o limite de aceitabilidade da OCDE (2013) com o quadro de “inaceitável”.

No âmbito da segurança hídrica, segundo a GWP (2014), a avaliação de Guaratiba apresentaram menores escores na Segurança Hídrica Urbana (KD₃) e na Segurança Hídrica Ambiental (KD₄).

O escore de KD₃ de Guaratiba refletiu o estágio ainda precário de abastecimento, dentro da lógica estabelecida pelo modelo, que considera maior peso a condição de amplo serviço de abastecimento público. Também considera a condição da localidade ainda não contar com redes coletoras de esgotamento sanitário e ter experimentado constantes problemas de inundações, com constantes perdas materiais.

Da mesma forma para o outro menor escore, KD₄ de Guaratiba, refletiu que a localidade conta com distúrbios na bacia com o avanço de superfícies impermeáveis, destruições das zonas ribeirinhas, desconexões de zonas úmidas dos rios, com lançamentos de cargas orgânicas, principalmente por não contar com rede de esgotamento sanitário. Também está sujeita a fragmentação da rede fluvial, principalmente, pelo avanço irregular das ocupações urbanas, por algumas vezes noticiadas na imprensa, embora

tenha como pontos positivos que a localidade tem a montante o Parque Estadual da Pedra Branca e a jusante a Reserva Biológica de Guaratiba.

6.2.3 LIMITES DA PESQUISA E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Os modelos adotados neste trabalho, incorporam simplificações da realidade, e permitem avaliações analíticas dos diversos fatores que podem colocar em risco um sistema de abastecimento urbano e também relacionados as questões relacionadas com as águas em um ambiente envolvendo ocupações periurbanas e bens materiais.

As simplificações da realidade são mecanismos usados para aumentar a aplicabilidade dos modelos por gestores públicos municipais, estaduais, também dos comitês de bacias hidrográficas, que são as instâncias de gestões hídricas das regiões hidrográficas, tais instâncias nem sempre tem disponíveis profissionais experientes em modelagens mais complexas.

Como exemplo das simplificações para segurança hídrica nos abastecimentos urbanos, são citados: a) a correlação do efeito da pressão ambiental sobre a bacia na qualidade de água; b) a correlação demanda com a qualidade de água; c) o número de estressores; e d) a escolha dos indicadores para mensurar os estressores (MELO, 2016). O mesmo se dá no caso do modelo do GWP (2014).

Também se aplica nesta tese a observação de MELO (2016) de que embora os indicadores utilizados para graduação da severidade do impacto tenham sido baseados na revisão da literatura, em certa proporção foram arbitrados pelo autor conforme a sua experiência prática e também de opiniões de alguns dos componentes do grupo de pesquisa.

Da mesma forma, a graduação das propriedades em três níveis, na avaliação do abastecimento público, apresenta a vantagem de diminuir erros na entrada da medida de risco, pela limitação na qualidade de escolhas permitidas, contudo, reduz a sensibilidade na escala de mensuração. Não foram avaliados os efeitos cumulativos decorrentes da ação dos estressores.

As questões relacionadas à segurança hídrica passam pelos atendimentos aos previstos: na Política Nacional de Recursos Hídricos; na Política Nacional de Saneamento Básico; na Política Nacional de Defesa Civil; na Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outras, que precisam ser amplamente implementadas para garantir os abastecimentos de águas, esgotamentos sanitários, condições adequadas de drenagens e destinações adequadas de resíduos sólidos.

É atribuído aos Comitês de Bacias Hidrográficas estabelecer condições para que hajam melhorias de quantidade e qualidade disponíveis nos pontos de captações de águas brutas, se valendo: da promoção de debates das questões relacionadas aos recursos hídricos e articulação das entidades intervenientes; arbitragem, em primeira instância administrativa, dos conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovação do Plano de Recursos Hídricos da bacia; acompanhamento da execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugestões das providências necessárias aos cumprimentos de suas metas; propostas das acumulações, derivações, captações e lançamentos de poucas expressões, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes; estabelecimentos dos mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugestões dos valores a serem cobrados; estabelecimento dos critérios e promoções dos rateios de custos das obras de usos múltiplos, de interesse comum ou coletivo.

Embora a ocupação do uso do solo seja de âmbito municipal, algumas posições dos CBHs podem apontar para a garantia da sustentabilidade do provimento de água, bem como a manutenção dos serviços prestados pelos ecossistemas aquáticos.

Por fim, aos CBHs também pesam as responsabilidades de capitanearem ações que visem apontar estratégias para respostas aos fenômenos hídricos inesperados, identificando os agentes que devem agir para que sejam garantidas as respostas contingenciais oportunas, minimizando os impactos sociais e ambientais, bem como à escassez originada de fenômenos naturais.

Assim outras frentes de estudos se abrem para análises mais ampliadas para os melhores alicerces dos desenvolvimentos econômicos e sociais com as garantias de qualidade de vida para as populações.

6.3 RECOMENDAÇÕES

Ao ser abordado vários pontos para o desenvolvimento desta tese alguns deles se destacaram e vale aqui serem elencados como recomendações. A Tabela 74 apresenta recomendações específicas para cada um dos atores institucionais, com as influências diretas e/ou indiretas nos indicadores trabalhados na tese.

Tabela 74 - **Recomendações aos Atores Institucionais e Influências nos Indicadores**

Recomendações	Atores Institucionais	Influências nos Estressores					Influências nas Dimensões Chaves					
		PSCA	PPDA	PSQA	EPA	EHV	KD ₁	KD ₂	KD ₃	KD ₄	KD ₅	
Promover ações para o monitoramento do Aquífero Guaratiba que pode ser uma alternativa por demanda de água em quantidade e qualidade, pelo menos para a região, diminuindo a pressão pela demanda de água tratada da ETA Guandu	Comitê Guandu		X				X		X	X		
Reeditar o Encontro da Sociedade Civil com o Comitê Guandu em Guaratiba para que a sociedade local possa ampliar a interação com o mesmo e vice-versa				X			X				X	
Estimular o cadastro de captações dos produtores rurais, que em sua grande maioria, serão enquadrados como de usos insignificantes, com ações diretas de disseminação de informações que vise reverter a visão de resistências quanto a valores a serem cobrados e dificuldades para as legalizações				X				X	X	X		X
Promover a reedição em Guaratiba do curso de proteção e recuperação de nascentes, que foi um sucesso na primeira edição, tendo em vista os relatos de muitas minas d'água da região estarem secas ou com expressiva redução de vazões			X	X	X		X	X	X	X	X	X
Estimular a implantação de biodigestores rurais de baixo custo, a exemplo do desenvolvido pela Embrapa Instrumentação, que além de reduzir a contaminação dos corpos hídricos, reduzir problemas de saúde, principalmente de crianças e idosos, possibilitar os aproveitamentos de biofertilizantes para produção de plantas e mudas, que é a atual vocação local			X	X	X	X		X	X	X	X	X
Promover a qualificação de perfuradores de poços locais para que haja o aperfeiçoamento das técnicas utilizadas, bem como o enquadramento legal que cobre a atividade				X	X	X		X	X	X		X
Promover a qualificação de Agentes de Saúde Ambiental, para que sejam também inventariantes de captações de águas e multiplicadores dos aspectos que devem ser observados nos consumos de águas brutas, pelos moradores e produtores rurais de Guaratiba				X	X	X		X			X	X
Promover ações que estimulem o desenvolvimento e aplicações dos planos de manejos das Unidades de Conservação e RPPNs da RH II, em especial aquelas localidades a montante da ETA Guandu e em localidades a Montante do complexo das Tachas			X		X						X	X
Mobilizar entes para que seja elaborado um plano de contingência que atenda Guaratiba em casos de situações de eventos extremos						X	X	X	X			X

PSCA - Pressões Sobre Condições Ambientais / **PPDA** - Pressão por Demanda de Água / **PSQA** - Poluentes Ordinários, Pressão Sobre a Qualidade da Água / **EPA** - Estressor Poluentes Acidentais / **EHV** - Eventos Hidrológicos Extremos / **KD₁** - Seguranças Hídricas Domésticas / **KD₂** - Segurança Hídrica Econômica / **KD₃** - Segurança Hídrica Urbana / **KD₄** - Segurança Hídrica Ambiental / **KD₅** – Resiliência - Perigos Relacionados.

Continua

Recomendações	Atores Institucionais	Influências nos Estressores					Influências nas Dimensões Chaves				
		PSCA	PPDA	PSQA	EPA	EHV	KD ₁	KD ₂	KD ₃	KD ₄	KD ₅
Fortalecer as ações cidadãs do 1º Grupamento de Ação Comunitária de Guaratiba (1º GAC), principalmente com recursos de comunicação	Comitê Guandu					X		X			X
Estimular o armazenamento e aproveitamento de águas pluviais		X	X				X	X			
Promover ações para o enquadramento dos corpos hídricos de Guaratiba, principalmente a montante do Complexo das Tachas		X	X	X			X	X	X	X	X
Implantar placas informativas, de sinalizações de corpos hídricos e de pontos de importantes para preservações de recursos hídricos		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Ampliar os estudos sobre os riscos associados aos elementos de transposição, as falhas em UHEs, as falhas em comportas de barragens, vandalismo/atentado em elementos da ETA Guandu, e falhas em túnel de adução de água						X	X	X	X		X
Avaliar o potencial do aumento do armazenamento de água no Complexo das Tachas, que podem vir a aumentar a contribuição com o abastecimento público de Guaratiba ou de parte dela	CEDAE		X				X		X		X
Capitanear o Plano de Contingência ao Abastecimento que foi custeado pelo Comitê Guandu, mas que ainda não avançou com efeitos práticos				X	X	X		X			X
Desenvolver campanhas em Guaratiba com vistas a regularizações das tomadas de águas do abastecimento público			X	X			X				X
Apontar para Secretaria de Conservação e Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro para a implantação do projeto Guardiões dos Rios, para ações nos rios Portinho, Piracão e Piraquê-Cabuçu	CONSEMAC	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Refinamento dos parâmetros dos indicadores utilizados, com consultas à especialistas	ACADEMIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estabelecer estudos de sensibilidades dos indicadores visando refletir na prática com mais precisão, assim possibilitando mais elementos de gestão		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

PSCA - Pressões Sobre Condições Ambientais / **PPDA** - Pressão por Demanda de Água / **PSQA** - Poluentes Ordinários, Pressão Sobre a Qualidade da Água / **EPA** - Estressor Poluentes Acidentais / **EHV** - Eventos Hidrológicos Extremos / **KD₁** - Seguranças Hídricas Domésticas / **KD₂** - Segurança Hídrica Econômica / **KD₃** - Segurança Hídrica Urbana / **KD₄** - Segurança Hídrica Ambiental / **KD₅** - Resiliência - Perigos Relacionados.

Continua

Recomendações	Atores Institucionais	Influências nos Estressores					Influências nas Dimensões Chaves				
		PSCA	PPDA	PSQA	EPA	EHV	KD ₁	KD ₂	KD ₃	KD ₄	KD ₅
Ampliação dos estudos relativos ao aquífero Guaratiba	Academia		X			X	X	X	X	X	
Aplicações comparativas de bacias hidrográficas do estado e do país, do Modelo GWP (2014)		Tópicos com influências difusas nos indicadores									
Promover no âmbito da Região Hidrográfica II Seminários Anuais de apresentações dos estudos relacionados a Bacia Hidrográfica, ampliando assim o conhecimento das comunidades acadêmicas											
PSCA - Pressões Sobre Condições Ambientais / PPDA - Pressão por Demanda de Água / PSQA - Poluentes Ordinários, Pressão Sobre a Qualidade da Água / EPA - Estressor Poluentes Acidentais / EHV - Eventos Hidrológicos Extremos / KD₁ - Seguranças Hídricas Domésticas / KD₂ - Segurança Hídrica Econômica / KD₃ - Segurança Hídrica Urbana / KD₄ - Segurança Hídrica Ambiental / KD₅ – Resiliência - Perigos Relacionados.											

Fonte: O Autor



Figura 151 - Mensagem de Reflexão

Fonte: www.flickr.com

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSELRAD, Henri. **Conhecimento do ambiente e o ambiente do conhecimento – anotações sobre a conjuntura do debate sobre vulnerabilidade**. In: Em Pauta (Uerj) v. 11, nº 32 (2013), p.113-130.
- ACSELRAD, M. V. FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; AZEVEDO, J. P. S. “Cobrança pelo uso da água no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (2004–2013): histórico e desafios atuais”. **Eng. Sanit. Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 199-208, abr/jun 2015.
- ACSELRAD, M. V. Proposta de aperfeiçoamento da metodologia de cobrança do setor de saneamento básico no Estado do Rio de Janeiro à luz do objetivo de racionalização do uso dos recursos hídricos. 2013. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Lista de termos para o Thesaurus de recursos hídricos da Agência Nacional de águas”. **ANA**, 2014. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_14_9-2015.pdf. Acesso em 22/03/2017
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil”: 2012 - Brasília: **ANA**, 2012b.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Portaria nº 149, de 26 de março de 2015”. **ANA**, 2015. Disponível em http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_14_9-2015.pdf Acesso em 03/04/2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Programa de Desenvolvimento do Setor Água – INTERÁGUAS”. **ANA**, 2012a. Disponível em <http://interaguas.ana.gov.br/Paginas/Programa.aspx> Acesso em 24/04/2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Agenda Nacional de Águas Subterrâneas** Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/AguasSubterraneas.aspx> Acesso em 10/05/2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em <http://www.cbh.gov.br> Acesso em 02/09/2015.
- AMARO, Cristiane Araújo. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. C.A. Amaro. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009.
- AMARO, Cristiane Araújo. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. C.A. Amaro. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009.
- ANTUNES, Júlio César Oliveira. **Gestão de Recursos Hídricos – Atuação do Comitê Guandu**. Apresentação no Fórum Estadual sobre Política de Meio Ambiente, 02 de junho de 2017.
- ANTUNES, Júlio César Oliveira. **Importância do Sistema Guandu / Rio Guandu**. Apresentação para elaboração do Plano de Contingência ao Abastecimento do CBH Guandu. 2014.
- ARAÚJO, Vera. “Polícia investiga venda de água por milícias na Zona Oeste - Poços artesianos perfurados clandestinamente secam reservatórios de moradores

- da região de Guaratiba”. **O GLOBO**, 2016. (08/02/2016). Disponível em <http://oglobo.globo.com/rio/policia-investiga-venda-de-agua-por-milicias-na-zona-oeste-15279251> Acesso em 22/01/2017.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. “Asian Water Development Outlook 2007”. **ADB**, 2007, Manila, Philippines. Disponível em: www.adb.org/sites/default/files/publication/27971/awdo.pdf Acesso em 22/03/2017.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. “Asian Water Development Outlook 2013: Measuring Water Security in Asia and the Pacific”. **ADB**, 2013. Disponível em: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/30190/asian-water-development-outlook-2013.pdf> - Acesso em: 9/4/2017.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. “Asian Water Development Outlook 2016: Description of methodology and data”. Mandaluyong City, Philippines. **ADB**, 2017.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. “Asian Water Development Outlook 2016: Strengthening Water Security in Asia and the Pacific”. **ADB**, 2016. Disponível em: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/189411/awdo-2016.pdf> Acesso em: 22/03/2017.
- ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. “Relatório de Situação do Comitê Guandu -2017”. **AGEVAP**, 2017.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Tratamento de águas de abastecimento**. São Paulo. USP, 2015.
- BAKKER, K. “Water: Political, biopolitical, material”. **Social Studies of Science**, 2012, v. 42, n. 4, p. 616–623.
- BAKKER, K.; COOK, C. “Water governance in Canada: Innovation in the context of fragmentation”. **International Journal of Water Resources Development**, v. 27, n. 2, p. 275-289, 2011.
- BRISCOE, J. Water. “Challenges in the Developing World: A Perspective from the World Bank”. Marrakech: **IWA Congress**, 2004.
- BROWN, R., KEATH, N., and WONG, T. “Urban water management in cities: historical, current and future regimes”. **Water Science and Technology**, 2009. 59(5):847–55.
- CABRAL, Lorena Soares Laia e MELLO, Carlos Eduardo Ferraz de. “Avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento em um Trecho do Rio das Velhas”. Brasília - DF, **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2015.
- CADASTRO AMBIENTAL RURAL. “Relatório SiCAR”. **CAR**, 2018. Disponível em www.car.gov.br Acesso em 24/09/2018.
- CAJAZEIRAS, Cláudio César de Aguiar. **Qualidade e Uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica, Região de Crajubar/CE**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza, 2007.
- CALHEIROS, Rinaldo de Oliveira *et al.* **Cadernos da Mata Ciliar / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade**. - N 1 - São Paulo: SMA, 2009. Disponível em: http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf Acesso em 17/01/2017.

- CALHEIROS, Rinaldo de Oliveira. **Curso Extensivo de Produção de Água e de Recuperação e Preservação de Nascentes**. Comitê Guandu, 2013.
- CAMPOS, Jander Duarte. “Cobrança pelo Uso da Água nas Transposições da Bacia do Rio Paraíba do Sul Envolvendo o Setor Elétrico”. **Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ, 2001**.
- CARDOSO, Jessé. “Estado retomará obras de saneamento em Santa Cruz, Campo Grande, Barra, Pedra e Guaratiba”. **Folha da Terra, 2017**. Postado em 25/07/2017. Disponível em <http://www.folhadaterranet.com.br/index.php/2017/07/25/estado-retomara-obras-de-saneamento-em-santa-cruz-campo-grande-barra-pedra-e-guaratiba> Acesso em 05/09/2017.
- CASTRO, L. M. A. de. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- CEIVAP. “Grupo de Trabalho de Acompanhamento da Operação Hidráulica (GTAOH)”. **CEIVAP, 2015**. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ophidraulica.php> Acesso em: 09/06/2017.
- CEIVAP. “Programa Monitorar CEIVAP. GTAOH, 12 de dezembro de 2016”. **CEIVAP, 2016**. Disponível em: <http://agevap.org.br/gtaoh/apresentacao-agevap-14-16.pdf> Acesso em 25/06/2017.
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. “EM-DAT International Disaster Database”. **Emergency Events Database (EM-DAT), 2010**. Disponível em: <http://www.emdat.be> Acesso em: 27/04/2017.
- CENTRO NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RISCOS E DESASTRES. “Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012 - Ministério da Integração Nacional”. Secretaria Nacional de Defesa Civil. - Brasília: **CENAD, 2012**.
- CHAVES, Felipe de Oliveira; GOMES, José Rodrigues; SOARES, Mário Luiz; DUQUE ESTRADA, Gustavo Calderucio; ALMEIDA, Paula Maria Moura e OLIVEIRA, Viviane Fernandez. “Contribuição ao conhecimento e à conservação da planície costeira de Guaratiba – Baía de Sepetiba - Rio de Janeiro – Brasil”. **Revista da Gestão Costeira Integrada, 2010**. Número Especial 2, Manguezais do Brasil.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). “Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe”. **CEPAL, 2016**. Disponível em: www.cepal.org/sites/default/files/desafios.pdf Acesso em: 22/03/2017.
- COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (CEIVAP) - **Programa Monitorar CEIVAP**. GTAOH, 12 de dezembro de 2016. **CEIVAP, 2016**. Disponível em: <http://agevap.org.br/gtaoh/apresentacao-agevap-14-16.pdf> Acesso em 25/06/2017.
- COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (CEIVAP). “Relatório Técnico Sobre a Situação dos Reservatórios com Subsídios para Ações de Melhoria da Gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul”. Resende, RJ, **CEIVAP, 2010**.
- CONSÓRCIO CKC – COBRAPE. “Plano de Desenvolvimento Sustentável da região hidrográfica da Baía de Sepetiba”. P07 - Diagnóstico Consolidado - Final. Rio de Janeiro, **CONSÓRCIO CKC – COBRAPE, 2013**.

- CONSTRUÇÃO MERCADO. “Novos PEUS no Rio De Janeiro: Projeto de Estruturação Urbana deve Ampliar Taxa de Ocupação dos Terrenos e Reduzir Metragem do Lote Mínimo, Viabilizando Novos Empreendimentos”. **Construção Mercado**, edição nº 134, 2012. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/index.aspx> Acesso em 24/01/2017.
- Coordenação de Vigilância Ambiental em Saúde (CVAS). “Nossa estrutura”. **CVAS RIO, 2015**. Disponível <http://cvasrio.blogspot.com.br/> Acesso em 01/07/2017
- CTBDBS/CONSEMAC. **Parecer da Câmara Técnica da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/web/consemac/exibeconteudo?id=4637324> Acesso em 7/01/2017
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH - **Environmental Audit** 2010. **GIZ, 2011**. Disponível em: <https://www.giz.de/en/downloads/giz2011-en-Environmental-Audit-2010-web.pdf> Acesso em 22/03/2017.
- DRZ - GEOTECNOLOGIA & CONSULTORIA. **Plano de Contingência para Abastecimento de Água (Guandu)** Produto P3.1 - Análise Preliminar de Risco Ambiental ao Abastecimento de Água. Londrina - PR, maio de 2014.
- ECONOMIC COMMISSION FOR AFRICA. “Water in Africa: Economic Commission for Africa Management Options to Enhance Survival and Growth”. **ECONOMIC COMMISSION FOR AFRICA, 2006** Disponível em: <http://www.unwater.org/downloads/nepadwater.pdf>. Acesso em 22/03/2017.
- EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. “ONU reforça tema da água na agenda do Conselho de Segurança”. **EBC, 2013**. Disponível em <http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2013/03/onu-reforca-tema-da-agua-na-agenda-do-conselho-de-seguranca> Acesso em: 24/01/2017.
- ENGLE, N.& LEMOS, M. C. “Capacidade de adaptação às mudanças climáticas e gerenciamento de recursos hídricos no nordeste brasileiro: estudo preliminar”. São Paulo: **SBRH, 2007**.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. “Water Topics”. **EPA, 2012**. Disponível em: <https://www.epa.gov/environmental-topics/water-topics>. Acesso em 22/03/2017
- EUROMONITOR. “Survey Shows Regional Differences in Bathing Habits Around the World”. **EUROMONITOR, 2014** - Disponível em <http://blog.euromonitor.com/2014/07/survey-shows-regional-differences-in-bathing-habits-around-the-world.html>. Acesso em 10/05/2017.
- FERNANDES, Marcio Luis, 2005. **Ilha de Guaratiba em suas Especificidades Naturais**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). “ResourceSTAT database”. Dados relativos ao ano de 2007. **FAO, 2007**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx> Acesso em: 20/04/2017.
- FORMIGA-JOHNSON, R. M. **Water allocation in Brazil: A global overview and the case of Ceará State**. 2013. Disponível em: http://www.suyonetimi.gov.tr/Libraries/su/Rosa_Maria_FORMIGA_JOHNSON_-_Water_allocation_in_Brazil_A_global_overview_and_the_case_of_Cear%C3%A1_State.sflb.ashx Acesso em: 09/05/2017.

- FORMIGA-JOHNSON, R. M.; MELO, M. C DE. “Esquema conceitual e metodológico para avaliação de segurança hídrica de sistemas de abastecimento público”. Rio de Janeiro: **UERJ**, 2016.
- FUNDAÇÃO COPPETEC. “Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - R8 – Cenário Econômico e Demográfico”. Revisão 2. **Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente**, 2013. Disponível em <http://www.agevap.org.br/downloads/Relatorio-Cenarios-Economico-Demografico.pdf> Acesso em 26/09/2018
- GASPAR, Roberto Lucas. **A Gestão Integrada de Águas Subterrâneas e Águas Superficiais**. 2003.
- GERMAN TECHNICAL COOPERATION AGENCY (GTZ). “The Water Security Nexus: Challenges and Opportunities for Development Cooperation”. Eschborn, Germany. 2010.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP / Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. “Securing Water, Sustaining Growth. Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth”. **GWP/OECD**, 2015. Disponível em <https://www.water.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2015/04/SCHOOL-OF-GEOGRAPHY-SECURING-WATER-SUSTAINING-GROWTH-DOWNLOADABLE.pdf> Acesso em 08/05/2017.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP TECHNICAL COMMITTEE (TEC). “Water Security: Putting the Concept into Practice”. **GWP-TEC**, 2014. By Eelco van Beek and Wouter Lincklaen Arriens. Tec Background Papers, 2014. No. 20. Disponível em <https://www.noexperiencenecessarybook.com/NbedX/water-security-putting-the-concept-into-practice-global-water.html> Acesso em 07/05/2017.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. “Action - annual report 2010”. **GWP**, 2010. Disponível em <http://www.gwp.org/en/search/?query=annual+report+2010> Acesso em: 29/03/2017.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. “Proceedings from the GWP workshop: Assessing water security with appropriate indicators”. **GWP**, 2014. Disponível em: www.gwp.org/globalassets/.../p763_gwp_proceedings_paper.pdf Acesso em: 20/04/2017.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. “Securing Water, Sustaining Growth. Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth”. **GWP**, 2015. Disponível em <http://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/the-global-dialogue/securing-water-sustaining-growth.pdf> Acesso em 08/05/2017.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. “Towards Water Security: A Framework for Action”. **GWP**, 2000, Stockholm, Sweden and London, United Kingdom. Disponível em: www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/towards-water-security.-a-framework-for-action.-mobilising-political-will-to-act-gwp-2000.pdf Acesso em 22/03/2017
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. “Water and Urbanisation”. **GWP**, 2013. Disponível em <http://www.gwp.org/en/CRITICAL-CHALLENGES1/Water-and-Urbanisation/>. Acesso em 04/04/2017.
- GNADLINGER, Johann. **A Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável**. Dublin, Irlanda, 31 de janeiro de 1992. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf Acesso em: 03/04/2017.

- GOMIDE, F. L. S. “Sobre Reservatórios e Segurança Hídrica”. Brasília: **ANA**, 2012.
- GREY, D.; SADOFF, C. W. “Sink or Swim? Water security for growth and development”. **Water Policy**, 2007, v. 9, p. 545–571.
- GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. 2007. Disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 10/05/2017.
- HAGER, Francis Priscilla Vargas; SILVA, José de Ribamar da Costa; ALMEIDA, Wesley Machado de; OLIVEIRA, Wilton de Arruda. “A Problemática da Gestão das Águas Subterrâneas no Brasil”. **XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2002.
- HEATH, Ralph C. “Hidrologia Básica de Água Subterrânea”. **Geological Survey water-supply paper**; 2220. Tradução Mário Wrege e Paul Potter. IPH/UFRGS. 1983.
- HELLER, L. & PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água Para Consumo Humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
- HOEKSTRA, A. and CHAPAGAIN, A. **Globalization of Water: Sharing the Planet’s Freshwater Resources**. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 2008.
- HOEKSTRA, Arjen Y. and MEKONNEN, Mesfin M. “The water footprint of humanity”. Department of Water Engineering and Management. **University of Twente**, 2011. Disponível em <http://www.pnas.org/content/pnas/109/9/3232.full.pdf> Acesso em 26/09/2018.
- HOPE, R.; ROUSE, M. “Risks and responses to universal drinking water security”. **Phil Trans R Soc.**, 2013, v. A 371.
- HOWE, C. A. *et al.* **Sustainable Water Management in the City of the Future**. 2011. Disponível em: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/Switch_Final_Report.pdf Acesso em: 04/05/2017.
- ICMBIO. “Unidades de Conservação - Mata Atlântica”. **ICMBIO**, 2017. Disponível em: www.icmbio.gov.br Acesso em 18/01/2018.
- ICWE. “A Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável”. Dublin, Irlanda, 31 de janeiro de 1992. **ICWE**, 1992 Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html> Acesso em: 03/04/2017.
- INEA. “Vamos falar sobre Segurança Hídrica”. Disponível em www.segurancahidricarj.com.br/estiagem Acesso em 12/06/2017.
- INSTITUTO DE TERRAS E CARTOGRAFIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (ITERJ). **Mapas**. Disponíveis em http://www.iterj.rj.gov.br/iterj_site Acesso em 05/01/2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). “Boletins Consolidados de Qualidades das Águas por Região Hidrográfica” – 2013/2014/2015/2016/2017. **INEA**, 2017(a), Disponíveis em <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/como-e-feito-o-monitoramento-das-aguas-interiores/> Acessos em 22/01/2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). “Emergências Ambientais – Ocorrências”. **INEA**, 2015. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Acidentestecnologicos/Ocorrencias/index.htm&lang=PT-BR>, acesso em 17/06/2018

- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). “Plano de Manejo da Reserva Biológica de Guaratiba”. **INEA, 2012b**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/UnidadesdeConservacao/inea0062566>. Em 22/01/2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). “Plano de Manejo do Parque Estadual da Pedra Branca”. **INEA, 2012a**. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/UnidadesdeConservacao/INEA_008594. Em 22/01/2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). “Serviço de Cadastro e Cobrança pelo Uso da Água (SECOB)”. Rio de Janeiro, **INEA, 2017**.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). “Vamos falar sobre Segurança Hídrica”. **INEA, 2016**. Disponível em www.segurancahidricarj.com.br/estiagem Acesso em 12/06/2017.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Monitoramento das Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br>. Em 22/01/2017.
- INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. “Summary Report of the International Conference on Water and Sustainable Development”. **Sustainable Developments**. Volume 13, Number 4, 22 March 1998.
- IRITANI, Mara Akie e EZAKI, Sibebe. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. Cadernos de Educação Ambiental 1. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2009.
- LEB, C. and WOUTERS, P. “The Water Security Paradox and International Law: Securitisation as a Obstacle to Achieving Water Security and the Role of Law in De-Securitising the World’s Most Precious Resource”. In Lankford. B.A., K. Bakker, M. Zeitoun and D. Conway (Eds.), **Water Security: Principles, Perspectives and Practices**. London, UK: **Earthscan Publications, 2013**.
- LEITE, Iuri da Costa; VALENTE, Joaquim Gonçalves; SCHRAMM, Joyce Mendes de Andrade; DAUMAS, Regina Paiva; RODRIGUES, Roberto do Nascimento; SANTOS, Maria de Fátima; OLIVEIRA, Andreia Ferreira; SILVA, Raulino Sabino da; CAMPOS, Mônica Rodrigues; MOTA, Jurema Corrêa. **Carga de doença no Brasil e suas Regiões, 2008**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 31(7): 1551-1564, jul, 2015
- LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. RAP, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-48, mar/abr. 2011.
- LIGHT. **Relatório de Sustentabilidade Light 2014**. Rio de Janeiro, 2015.
- LIMA, M.L.S.; ROMÃO, A.F.S.; SANT’ANNA JUNIOR, M.P. “Dinâmicas Geomorfológicas na Bacia do Rio do Portinho: Uma Contribuição para Análise de Risco na Região de Guaratiba”. Rio de Janeiro (RJ). **MARINGÁ / PR - XI SINAGEO, 2016**.
- MARIENHOFF, Miguel S. **Régimen y legislación de las aguas públicas y privadas**. Buenos Aires: Abeledo Perrot, 1971.
- MASON, N.; CALOW, R. “Water security: from abstract concept to meaningful metrics - an initial overview of options”. ODI Working Paper 357. London: **Overseas Development Institute, 2012**.
- MELO, Marília Carvalho de, 2016. **Segurança Hídrica em Áreas Urbanas: estudo de**

- caso da Bacia do Rio das Velhas.** PEC/COPPE/UFRJ, Tese de Doutorado, Rio de Janeiro. Dezembro de 2016.
- MENDONÇA, Maria Luiza Furtado de; SILVA, Luiz Roberto Arueira da. “Áreas da cidade passíveis de alagamento pela elevação do nível do mar”. Coleção Estudos Cariocas, **IPP, 2008**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.
- MIDÕES, Carla e FERNANES, Judite. **Água Subterrânea: Conhecer para Proteger e Preservar**. Publicação sob o Projeto Nº P-IV-1052 do Programa Ciência Viva. Portugal. 2001.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER. “Plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau: Manuel de gestion des risques par étapes à l'intention des distributeurs d'eau de boisson”. **International Water Association**. 2010. Disponível em: <http://www.pseau.org/outils/ouvrages/iwa_oms_plans_de_gestion_de_la_securite_sanitaire_de_l_eau_2010.pdf> - Acesso em 20/03/2017.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. “Plano de Segurança da Água: Garantindo a Qualidade e Promovendo a Saúde - Um olhar do SUS”. **MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012**. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. 1ª Edição, Brasília/DF, 2012.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. “Caderno de saneamento ambiental 5”. **MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004** - Disponível em: <http://www.sepog.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/Conf.%20Cidades/ministerio/5CadernoSaneamento.pdf> Acesso em 09/05/2017.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p. : il.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. “Governo lança Plano Nacional de Segurança Hídrica”. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014**. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/08/governo-lanca-plano-nacional-de-seguranca-hidrica> Acesso em 24/04/2017.
- MINISTRY OF PUBLIC WORKS INDONESIA. “Java Water Resources Strategic Study: Final Report”. **MINISTRY OF PUBLIC WORKS INDONESIA, 2012**. Disponível em: <http://citarum.org/citarum-knowledge/arsip-dokumen/dokumen-perencanaan/540-java-water-resources-strategy-study/file.html> Acesso em: 07/05/2017.
- MOURA, Carlos Roberto Weide; ESCOBAR, Gustavo Carlos Juan; ANDRADE, Kelen Martins. “Padrões de Circulação em Superfície e Altitude Associados a Eventos de Chuva Intensa na Região Metropolitana do Rio de Janeiro”. **Revista Brasileira de Meteorologia, 2013**. v.28, n.3, 267 – 280.
- NEVES, Claudio F.; MUEHE, Dieter E.; VALENTINI, Enise M.; ROSMAN, Paulo C. C. **Estudo de Vulnerabilidades no Litoral do Estado do Rio de Janeiro Devido às Mudanças Climáticas: Relatório Final**. Fundação COPPETEC, Rio de Janeiro, 2007.
- O GLOBO (08/02/2016). “Polícia investiga venda de água por milícias na Zona Oeste - Poços artesianos perfurados clandestinamente secam reservatórios de moradores da região de Guaratiba”. **O GLOBO, 2016**. Disponível em <http://oglobo.globo.com/rio/policia-investiga-venda-de-agua-por-milicias-na-zona-oeste-15279251> Acesso em 22/01/2017.

- O Globo. “Leitor registra enchente no bairro de Guaratiba no Rio e cita frustração”. **O GLOBO**, 2013. Disponível em <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/vc-no-g1-rj/noticia/2013/01/leitor-registra-enchente-no-bairro-de-guaratiba-no-rio-e-cita-frustracao.html> Acesso em 27/09/2018.
- OCDE. “Benefits of Investing in Water and Sanitation”. **OCDE**, 2011. Disponível em: <http://www.oecd.org/berlin/47630231.pdf> Acesso em 04/05/2017. Acesso em 07/05/2017.
- OECD. “Water security for better lives - A Summary for Policymakers”. **OECD**, 2013. Disponível em <https://www.oecd.org/env/resources/Water%20Security%20for%20Better%20Lives-%20brochure.pdf> Acesso em 20/03/2017.
- OLIVEIRA, Edes Fernandes de. **Sistemas de abastecimento de água do da Cidade do Rio de Janeiro, com ênfase no GUANDU**. Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), Diretoria de Produção e Grande Operação (DG), Apresentação SEAERJ em 05/09/2017.
- OLIVEIRA, Ricardo Castro Nunes de; SOUZA, Maria Rosa Esteves; MURI, Tania Catarina Lopes do Nascimento. **Projeto Orla – SPURJ**, 2016.
- OPAS-BRASIL. “Plano de Segurança da Água no Brasil”. **OPAS-BRASIL**, 2011. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=1254:plano-de-seguranca-da-agua-no-brasil&Itemid=839. Acesso em 27/04/2017.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Addressing Water Security: Climate Impacts and Adaptation responses in Africa, the Americas, Asia and Europe** (With the support from Flanders Trust Fund for Science. www.geo.uzh.ch/~snus/publications/UNESCO_Paris.pdf Acesso em 29/03/2017
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **The United Nations World Water Development Report 4**. Paris, France: World Water Assessment Programme. 2012.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **United Nations World Water Assessment Programme. 2017**. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, 2017.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. “Water Safety Plan Manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers”. Genebra: **OMS**, 2009.
- PÁDUA, V. L. de (coord.). Remoção de microrganismos emergentes e micro contaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
- POMPEU, Cid Tomanik. **Direito de Águas no Brasil**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2006.
- PORTAL GUARATIBA “Moradores do Caminho do Morgado no Retiro em Ilha de Guaratiba se mobilizam para garantir abastecimento de água”. **Portal Guaratiba**, 2012 Disponível em <http://www.portalguaratiba.com.br> Acesso em 25/01/2017
- PORTAL GUARATIBA. Guaratiba abandonada pelas autoridades está vulnerável e indefesa. **Portal Guaratiba**, 2012, publicado em 11.08.2012. Disponível em: www.portalguaratiba.com.br Acesso em: 24/01/2017.

- PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. "Vigilância Ambiental". **Prefeitura Rio**. Disponível em: <http://prefeitura.rio/web/sms/vigilancia-em-saude?id=4376257#ambiental> Acesso em 17/05/2017.
- PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. "Vigilância em Saúde". **Prefeitura Rio**. Disponível em: <http://prefeitura.rio/web/sms/vigilancia-em-saude?id=4376257> Acesso em 17/05/2017.
- PROFIL. "Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Tomo I do Diagnóstico" (RP-02). **PROFIL, 2017a**.
- PROFIL. "Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Tomo II do Diagnóstico" (RP-02). **PROFIL, 2017b**.
- REES, Judith A.; PENNY, James Win and HALL, Alan W. "Water Financing and Governance". **Global Water Partnership Technical Committee (TEC)**, GWP, 2008. Disponível em <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/12-water-financing-and-governance-2008-english.pdf> Acesso em 22/03/2017
- REIS FILHO, Nelson Rodrigues dos. **A Gestão Participativa no Comitê de Bacias Hidrográficas do Guandu** – 1ª ed. – Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Direito Ambiental, 2017.
- RENOU, Yvan. **La sécurité hydrique: analyse critique d'un concept émergent**. 2014. Disponível em <http://informations-et-commentaires.nursit.com/spip.php?article29> Acesso em 22/03/2017.
- RIO DE JANEIRO. "Secretaria Estadual do Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro: Relatório Gerencial - Maio 2014". **INEA, 2014**. Rio de Janeiro, 2014, Pag. 29.
- RITCHER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.
- RJ1. "Magarça em Campo Grande, está alagado". **GLOBOPLAY, 2018**. Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/6504679/> Acesso em 27/09/2018.
- ROCHA, G. A.; JORBA, A.F. **Manual de operação e manutenção de poços**. São Paulo, DAEE, 3ª Ed., 2007.
- ROCHA, José Carlos. **Subsídios para estabelecimento de um programa de educação ambiental, envolvendo os Ecossistemas Ciliares do Rio dos Macacos em Paracambi**. RJ. IF/UFRRJ. Serpédica, 2002.
- ROSMAN, Paulo C. C. (Coordenador); KLEIN, Antonio H. F.; NEVES, Claudio F.; MUEHE, Dieter C. E. H.; CARVALHO, João L. B.; e ARAÚJO, Moacyr. **Vulnerabilidades da Zona Costeira Brasileira às Mudanças Climáticas**. PENO-11896, Fundação COPPETEC. Rio de Janeiro, 2009.
- ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. "Global Water Security – an engineering perspective". Engineering the future. **ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2010**. Disponível em: <http://www.raeng.org.uk/publications/reports/global-water-security> Acesso em 07/05/2017.
- SEA PROJECTS. "Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Piraí à Montante do Túnel de Tócos, na Região Hidrográfica II - Guandu, em Conformidade com o Plano da Bacia: Relatório Consolidado novembro 2011 a outubro de 2012".

- SP 400/13 Rev.: 1/03/2013. **SEA PROJECTS, 2013**. Disponível em http://54.94.199.16:8080/publicacoesArquivos/arg_pubMidia_Processo_02_4-2011_RC.pdf Acesso em 21/05/2018.
- SEA PROJECTS. “Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Pirai à Montante do Túnel de Tócos, na Região Hidrográfica II - Guandu, em Conformidade com o Plano da Bacia: Relatório Consolidado janeiro a dezembro de 2016”. SP 627/2017 Rev.: 2/03/2017. **SEA PROJECTS, 2017**. Disponível em http://www.comiteguandu.org.br/conteudo/relatorio_Tocos-Final_PDF.pdf Acesso em 21/05/2018.
- SEBRAE. **Economia Urbana: Um Olhar para as Oportunidades das Cidades em Transformação - Mapa de Oportunidades: Demanda de água – Guaratiba**. Apresentação em evento da Secretaria Municipal de Urbanismo. 2017.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO, INFRAESTRUTURA E HABITAÇÃO (SMUIH) – “Guaratiba: Proposta para o PEU”. Rio de Janeiro, **SMUIH, 2017**.
- SOUZA, Ricardo Luiz Nogueira de. **Restauração da mata atlântica: potencialidades, fragilidades e os conflitos ambientais na Floresta Nacional Mário Xavier**. Seropédica/RJ. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Agronomia/Instituto Multidisciplinar, UFRRJ, 2017.
- TEIXEIRA, Talissa Mira. **Gestão de Recursos Hídricos: Uma Visão Integrada Baseada em Área de Proteção de Poços, Vulnerabilidade de Aquíferos e Uso e Cobertura do Solo – Um Estudo de Caso dos Poços Tubulares Profundos de Seropédica/RJ**. Palestra na UERJ, maio 2017.
- THE NATURE CONSERVANCY “Las Comunidades Saludables Necesitan Agua Limpas y Confiable para Prosperar”. **TNC, 2015**. Disponível em: <http://water.nature.org/waterblueprint/#/section=overview>. Acesso em: 03/05/2017.
- THE NATURE CONSERVANCY. “Urban Water Blueprint: Mapping conservation solutions to the global water challenge”. **TNC, 2014**. Disponível em: <http://www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/06/Urban-Water-Blueprint-Report.pdf> Acesso em: 04/05/2017.
- THE UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT (WWDR). **Água para um Mundo Sustentável - Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. - Sumário Executivo**. 2015. Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_sc_WWDR2015_main_messages_pt_2015.pdf 22/04/2017.
- TRATA BRASIL. “Ociosidade das Redes de Esgoto – 2015”. **TRATA BRASIL, 2016**. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em 01/05/2017.
- TRATA BRASIL. **Coleta de Esgoto**. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>. Acesso em 01/05/2017.
- TRINDADE, Gabriel Henrique; SPERLING, Eduardo; BOURBON, Fillipe de. “Geração de Energia Elétrica no Brasil”. **FEA-USP, 2017**.
- UN WATER. “Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief”. United Nations University Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH), **UN WATER, 2013**. Disponível em: www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/ Acesso em 22/03/2017.

- UNDP, 1994. "New Dimensions of Human Security. Human Development Report 1994". **United Nations Development Programme, 1994**. New York, Oxford: Oxford University Press.
- UNESCO-IHP. "Addressing Water Security: Climate Impacts and Adaptation responses in Africa, the Americas, Asia and Europe" (With the support from Flanders Trust Fund for Science). **UNESCO-IHP, 2015**, <www.geo.uzh.ch/~snus/publications/UNESCO_Paris.pdf> em 29/03/2017.
- UNESCO-IHP. "The United Nations World Water Development Report 4". Paris, France: World Water Assessment Programme. 2012.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. "Human Development Report 2006: Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis". **UNDP, 2006**. Disponível em : <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/HDR/2006%20Global%20HDR/HDR-2006-Beyond%20scarcity-Power-poverty-and-the-global-water-crisis.pdf> Acesso em 08/05/2017.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Human Development Report 2006: Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis**. (UNDP) 2006. Disponível em : <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/HDR/2006%20Global%20HDR/HDR-2006-Beyond%20scarcity-Power-poverty-and-the-global-water-crisis.pdf> Acesso em 08/05/2017.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **New Dimensions of Human Security. Human Development Report 1994**. New York, Oxford: Oxford University Press.
- UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC (UNESCAP). "Annual core indicators online database". **UNESCAP, 2009**. Disponível em: <http://www.unescap.org/publications/detail.asp?id=1333>. Acesso em: 20/04/2017.
- UNITED NATIONS WATER. "Water Security & the Global Water Agenda - a UN-Water Analytical Brief". United Nations University, 2013.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Water Topics**. Disponível em: <https://www.epa.gov/environmental-topics/water-topics>. Acesso em 22/03/2017.
- VETTORAZZI, Janaina. **Projeto de Mapeamento da Cobertura da Terra e de Detecção de Mudanças na Cobertura Florestal do Estado do Rio de Janeiro**. Projeto submetido ao Prêmio ANA, 2017.
- VETTORAZZI, Janaina. **Relatório de Atividades 2016 da Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu**. Seropédica, 2016.
- VICENTE, Jenesca Florencio; CARVALHO, Maria Geralda de; BARBOSA, Giselle Ramalho – "Avaliação Hidrogeológica das Regiões Administrativas de Campo Grande e Guaratiba / RJ". **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2011**. Disponível em <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23139> em 20/01/2017.
- VILLAR, Pilar Carolina. **As Águas Subterrâneas e o Direito a Água em um Contexto de Crise**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. XIX, nº 1 n p. 83-102. 2016.

- VOIVODIC, Ricardo Augusto de Almeida. **Gestão Ambiental e Gerenciamento Costeiro Integrado no Brasil: uma análise do Projeto Orla em Cabo Frio – RJ**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO/PPGG, 2007.
- VÖRÖSMARTY, C.J. **Water for a Crowded Planet: an Emerging Global Challenge for Earth System Science and Technology**. Taylor and Francis, London, UK. 2008.
- VÖRÖSMARTY, C.J., Mcintyre, P.B., GESSNER, M.O., DUDGEON, D., PRUSEVICH, A., GREEN, P., and GIDDEN, S. “Global threats to human water security and river biodiversity”. **Nature**, 2010, 467: p. 555–561.
- WAHNFRIED, Ingo & HIRATA, Ricardo. “Perímetros de proteção de poços: uma importante ferramenta para a sustentabilidade de mananciais públicos”. **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2010**. São Luís - MA.
- WANG, J. *et al.* “Optimal Allocation of Water Resources Based on Water Supply Security”. **Water**. v. 8, n. 237; 2016.
- WATER SECURITY AGENCY. “The 25 year Saskatchewan water security plan”. **Water Security Agency, 2012**. Disponível em: https://www.wsask.ca/Global/About%20WSA/25%20Year%20Water%20Security%20Plan/WSA_25YearReportweb.pdf Acesso em: 23/4/2017.
- WATERAID. “Estrutura de Segurança Hídrica”. Londres: **WaterAid, 2012**.
- WHITTINGTON, D.; SADOFF, C.; ALLAIRE, M. “The Economic Value of Moving Toward a More Water Secure World”. Estocolmo: **GWP, 2013**
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. “Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States. Natural Infrastructure”. **WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2013**. Disponível em http://usendowment.org/images/wri13_report_4c_naturalinfrastructure_v2.pdf Acesso em 07/05/2017.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. “Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States”. *by* Todd Gartner, James Mulligan, Rowan Schmidt and John Gunn - October 2013. **WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2013**. Disponível em <http://www.wri.org/publication/natural-infrastructure> Acesso em 03/05/2017.
- WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). “The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk”. UNESCO, Paris, France. **WWAP, 2012**.
- WORLD WATER COUNCIL (WWC). **A pact for water security: World Water Council 2013-2015 Strategy**. 2013. Disponível em: http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/documents/official_documents/2013-05_Strategy_2013-2015.pdf Acesso em: 03/04/2017.
- WOUTERS, P., S. Vinogradov and MAGSIG, B. **Water Security, Hydrosolidarity, and International Law: A River Runs Through It...** Yearbook of International Environmental Law 19: 97–134. 2009.
- WWC. “A pact for water security: World Water Council 2013-2015 Strategy”. **WWC, 2013**. Disponível em: http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/documents/official_documents/2013-05_Strategy_2013-2015.pdf Acesso em: 03/04/2017.
- WWC. “Declaração Ministerial de Haia sobre Segurança da Água no Século XXI”. **WWC,**

2000. Disponível em <http://www.gdrc.org/uem/water/hague-declaration.html>
Acesso em: 03/04/2017.

- WWDR. “Água para um Mundo Sustentável - Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - Sumário Executivo”. **WWDR, 2015.** Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_sc_WWDR2015_main_messages_pt_2015.pdf Acesso em 22/04/2017.
- YEVJEVICH, V. **Quo Vadis, America?**. Douglas, Colorado: Highland Ranch General Publishing, 1999.
- YOHE, G. E. & TOL, R. S. “Indicators for social and economic coping capacity — moving toward a working definition of adaptive capacity”. **Global Environmental Change, 2002**, v. 12, n. 1, p. 25–40.
- YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann; AGUIAR, Camilla; SOUZA, Elismar. **Valorando Tempestades: Custo econômico dos eventos climáticos extremos no Brasil nos anos de 2002 - 2012**. São Paulo: Observatório do Clima, 2015.
- ZAHED FILHO, Kamel *et al.* **Gestão de Águas Subterrâneas em Áreas Urbanas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2008.
- ZEITOUN, M. **The Global Web of National Water Security**. Global Policy 2(3): 286-296. 2011.

ANEXOS

I. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

II. Referências de Valores Atribuídos no cálculo de KD_5

III. Glossário de Termos

I. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Rio de Janeiro, 18 de setembro de 2017

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a)

Você está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa para Tese de Doutorado do Programa de Engenharia Civil do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, intitulado **Segurança Hídrica de Guaratiba**, porque reúne conhecimentos que acreditamos ser importantes para apontar para medidas que possam vir a garantir a melhor qualidade e quantidade de água para a população local.

Esta pesquisa está estruturada conforme os aspectos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos, estabelecidos nas Resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS) de números 466/2012 e 510/2016.

Aplicaremos a você um questionário com usos de equipamento eletrônico, com 28 perguntas, com um tempo estimado de cerca de 1 hora para ser respondido integralmente.

O questionário tem perguntas sobre os seguintes assuntos:

1. os dados pessoais, tais como: nome, faixa de renda, escolaridade, tempo de vida em Guaratiba;
2. os dados da propriedade, tais como: endereço, nome do proprietário, número de pessoas que a frequenta diariamente, a área, os tipos de produções e volumes;
3. os meios de obtenções de água, as condições e, se há dificuldades para tais obtenções;
4. os usos das águas e os volumes utilizados diariamente;
5. a destinação do esgotamento sanitário;
6. as proximidades do esgotamento com as fontes de obtenções de água;
7. a qualidade momentânea da sua água consumida por meio de medições com a sonda profissional YSI 603223 de multe parâmetros de qualidade de água;
8. os registros fotográficos e em vídeos, caso seja por você autorizados;
9. os dados sobre usos de defensivos agrícolas;
10. as acumulações e destinações de resíduos; e
11. as localizações dos pontos de captações de águas e dos pontos de esgotamentos sanitários, por meio de captura de coordenadas geográficas.

Embora não haja nenhuma garantia de que você terá benefícios com este estudo, além do resultado imediato dos parâmetros da água decorrente das medições com a sonda profissional YSI 603223, as informações que você fornecer serão úteis para o conhecimento científico que poderão ser utilizados para beneficiar a coletividade de Guaratiba e por extensão a sociedade do município do Rio de Janeiro.

Sua participação no estudo não implicará em custos adicionais. O(A) Sr(a) não terá qualquer despesa com a realização dos procedimentos previstos neste estudo, que serão custeados pelo pesquisador. Também não haverá nenhuma forma de pagamento pela sua participação.

Assinando esse consentimento, o(a) senhor(a) não desiste de nenhum de seus direitos. Além disso, o(a) senhor(a) não libera o pesquisador de suas responsabilidades legais e profissionais no caso de alguma situação que lhe prejudique.

A sua participação é inteiramente voluntária. Uma vez aceitando participar desta pesquisa, o(a) Sr(a) deverá se sentir livre para abandonar o estudo a qualquer momento do curso deste, sem que isto afete o seu cuidado ou relacionamento futuro com as instituições envolvidas no estudo. O pesquisador deste estudo também poderá retirá-lo do estudo a qualquer momento, se ele julgar que seja necessário para o seu bem-estar.

Caso surja alguma dúvida quanto à ética do estudo, o(a) Sr.(a) deverá se reportar contatando:

- ao pesquisador, que estará sob contato permanente, por meio do telefone (21) 981 684 682;
- o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação (COPPE), Av. Horácio Macedo, 2030, Bairro Cidade Universitária - Rio de Janeiro, CEP 21941-914, telefone (21) 3622-3477; ou
- o Comitê de Ética em Pesquisa da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro Rua: Evaristo da Veiga, 16 - 4º andar - Sala 401 – Centro - CEP - 20031-040 - site: www.prefeitura.rio/web/sms/comite-de-etica-em-pesquisa / e-mails: cepsms@rio.rj.gov.br / cepsmsrj@yahoo.com.br / telefone (21) 2215-1485.

É assegurado o completo sigilo de sua identidade quanto a sua participação no estudo citado acima, incluindo a eventualidade da apresentação dos resultados deste estudo em congressos e periódicos científicos.

Os dados coletados na pesquisa serão mantidos em arquivo do projeto, bem como o protocolo e os relatórios correspondentes, por um período de 5 anos, após o encerramento do estudo, em meio digital. Todo cuidado possível será dispensado para que seja mantido a privacidade e confidencialidade dos dados do participante. Embora ainda possa existir o risco de vazamento das informações.

Diante do exposto nos parágrafos anteriores eu, firmado abaixo, _____
_____, residente à _____
_____, concordo em participar do estudo intitulado **Segurança Hídrica de Guaratiba**.

Eu fui completamente orientado pelo pesquisador Nelson Rodrigues dos Reis Filho, que está realizando o estudo, de acordo com sua natureza, propósito e duração.

Eu pude questioná-lo sobre todos os aspectos do estudo. Além disto, ele me entregou uma via da folha de informações para os participantes, a qual li, compreendi e me deu plena liberdade para decidir acerca da minha espontânea participação nesta pesquisa.

Depois de tal consideração, concordo em cooperar com este estudo e informar a equipe de pesquisa responsável por mim sobre qualquer anormalidade observada.

Estou ciente que sou livre para sair do estudo a qualquer momento, se assim desejar.

Minha identidade jamais será publicada. Os dados colhidos poderão ser examinados por pessoas envolvidas no estudo com autorização delegada do pesquisador.

Estou recebendo uma via assinada deste Termo.

Pesquisador: Nome: Nelson Rodrigues dos Reis Filho

Assinatura: _____

Participante: Nome: _____

Data: ____/_____/2017

Assinatura: _____

QUESTIONÁRIO

Identificação da Participante da Pesquisa:

- 1) Nome:
- 2) Faixa Etária: () 18 a 30 / () 31 a 50 / () 51 ou mais
- 3) Escolaridade:
 - () Fundamental - Incompleto
 - () Fundamental - Completo
 - () Médio - Incompleto
 - () Médio - Completo
 - () Superior - Incompleto
 - () Superior - Completo
 - () Pós-graduação (Lato sensu) - Incompleto
 - () Pós-graduação (Lato sensu) - Completo
 - () Pós-graduação (Stricto sensu, nível mestrado) - Incompleto
 - () Pós-graduação (Stricto sensu, nível mestrado) - Completo
 - () Pós-graduação (Stricto sensu, nível doutor) - Incompleto
 - () Pós-graduação (Stricto sensu, nível doutor) – Completo
- 4) Quantos anos vive em Guaratiba?

Identificação da Propriedade

- 5) Posso fazer os registros fotográficos e em vídeos da entrevista?
- 6) Endereço:
- 7) Nome do Proprietário:
- 8) Quantas pessoas frequentam a propriedade diariamente?
- 9) Qual a área total da propriedade?
- 10) Quais são os tipos de produtos produzidos na propriedade?
- 11) Quais os volumes mensais ou anuais destas produções?
- 12) Quais são os meios para obtenções de água na propriedade?
- 13) Há dificuldades para tais obtenções?
- 14) Como são os usos das águas na propriedade?
- 15) Quais os volumes utilizados diariamente?
- 16) Você sabe qual a destinação do esgotamento sanitário da propriedade?
- 17) Pode apontar a(s) localidade(s) da(s) saída(s) de esgoto(s) e a(s) fonte(s) de obtenção(ões) de água(s)?
- 18) Posso medir a(s) distância(s)?
- 19) Posso registrar as coordenadas das localizações dos pontos de captações de águas e dos pontos de esgotamentos sanitários?
- 20) Posso avaliar a qualidade momentânea da sua água consumida por meio de medições com a sonda profissional YSI 603223 de multe parâmetros de qualidade de água?
- 21) Há usos de defensivos agrícolas na propriedade?
- 22) Quais tipos?
- 23) Quais os procedimentos para aplicações?
- 24) Em quais épocas do ano são usados?
- 25) Em quais locais são feitas as acumulações de resíduos (lixos)?

- 26) Quais as destinações destes resíduos (lixos)?
- 27) Como você vê a questão da água em Guaratiba?
- 28) Como você acha que se pode garantir água em quantidade e qualidade para as futuras gerações em Guaratiba?

:

II. REFERÊNCIAS DE VALORES ATRIBUÍDOS NO CÁLCULO DE KD₅

Fontes dos Indicadores e Subindicadores

Indicadores de Riscos Hídricos Relevantes			
Perigo (H)*	Inundação e tempestade	Seca	Tempestade com inundação costeira
	Precipitação média anal máxima (milímetro) => http://alertario.rio.rj.gov.br/ Pressão Atmosférica (hPa) => MOURA et al., 2013	Número de dias secos consecutivos (<5 mm de precipitação - 2017) => http://alertario.rio.rj.gov.br/ Vazão em Santa Cecília (m ³ /s) => CBH Guandu	Pressão Atmosférica (hPa) => MOURA et al., 2013 Comprimento da linha costeira / área terrestre => Google Earth
Exposição (E)	Densidade populacional => IBGE Taxa anual de crescimento da população urbana => IBGE Taxa anual de crescimento da população de Guaratiba=> IBGE		Densidade populacional => IBGE Proporção da população da área de várzea (abaixo de 10 metros) (%) => http://riocomovamos.org.br Taxa anual de crescimento da população urbana em Guaratiba => IBGE
Vulnerabilidade básica (V _B)	Governança (IPC) = www.ipc.transparenciainternacional.org.br Taxa da população abaixo do consumo de ¼ do salário mínimo => http://riocomovamos.org.br Taxa de assistência oficial líquida no PIB => IBGE Taxa de desmatamento = 0,06 Taxa de mortalidade infantil (1.000 nascidos vivos) => http://riocomovamos.org.br	Governança (IPC) = www.ipc.transparenciainternacional.org.br Taxa da população abaixo do consumo de ¼ do salário mínimo = http://riocomovamos.org.br Taxa de assistência oficial líquida no PIB => IBGE Taxa de produção agrícola no PIB (2017) = IBGE Taxa de mortalidade infantil (1.000 nascidos vivos) => http://riocomovamos.org.br	(IPC) = www.ipc.transparenciainternacional.org.br Taxa da população abaixo do consumo de ¼ do salário mínimo = http://riocomovamos.org.br Taxa de assistência oficial líquida no PIB => IBGE Taxa de produção agrícola no PIB (2017) = IBGE Taxa de mortalidade infantil (1.000 nascidos vivos) => http://riocomovamos.org.br
Capacidade de enfrentamento pesada (C _H)	Potencial de investimento municipal (PIB por área) => IBGE Capacidade total do reservatório equivalente => AGEVAP		Potencial de investimento municipal (PIB por área) => IBGE Infraestrutura (densidade rodoviária pavimentada) => arbitrado com base no campo
Capacidade de enfrentamento suave (C _S)	IDH de Guaratiba = IBGE IDEB => http://riocomovamos.org.br Taxa de receptores de televisão por 10.000 habitantes => IBGE Taxa de assinaturas de celular por 10.000 habitantes => IBGE		

MOURA, Carlos Roberto Weide; ESCOBAR, Gustavo Carlos Juan; ANDRADE, Kelen Martins - *Padrões de Circulação em Superfície e Altitude Associados a Eventos de Chuva Intensa na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.3, 267 - 280, 201

III. GLOSSÁRIO DE TERMOS

- Adução** - Processo que se baseia na derivação e/ou condução de águas pelo sistema de distribuição (abastecimento de águas).
- Afloramento** - Significa qualquer exposição de rochas na superfície da Terra; podendo ser natural ou artificial (Ex: Cortes de estradas, pedreiras, nas minas).
- Água Bruta** - É o mesmo que água não tratada, pode ser a água de um rio, fonte, poço, barragem, aquífero etc.
- Água Subterrânea** - É a água de precipitação de chuvas ou de rios que se infiltra nos solos ou rochas, circulando nos vazios e ficando na região saturada ou subsaturada do solo.
- Altura da Maré** - altura do nível da água, num dado momento, em relação ao plano do zero hidrográfico.
- Aluvial** - É formado por aluvião, que está relacionado á inundaçãõ, enxurrada. As aluviões são depósitos de matérias orgânicas e inorgânicas deixadas pelas águas; apresentam: calhaus, cascalhos, areia e lodo. São terrenos geologicamente recentes.
- Amplitude de Marés** - variação do nível das águas, entre uma preia-mar e uma baixa-mar imediatamente anterior ou posterior.
- Apicum** - áreas de solos hipersalinos situadas nas regiões entre marés superiores, inundadas apenas pelas marés de sizígias, que apresentam salinidade superior a 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), desprovidas de vegetação vascular (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).
- Aquíferos** - Reservatório natural de água subterrânea, formado por solo ou rocha compactada (porosa) capaz de armazenar água e fornecê-la através de poços ou outro meio da captação.
- Área Verde Urbana** - espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).
- Arroio** - Nos países tropicais significa canal natural ou artificial, que liga cursos de água; também é chamado de córrego ou riacho.
- Assoreamento** - Deposição de terra, ou outros sedimentos nos rios, lagos, lagoas e mares. O assoreamento diminui a profundidade dos corpos hídricos, prejudicando o seu ambiente.
- Bacia Hidrográfica** - Conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes
- Baixa-mar ou Maré baixa** - nível mínimo de uma maré vazante.
- Batólito** - Grandes injeções maciças de material magmático que sobe em estado de fusão, ao se solidificar forma geralmente, rochas magmáticas que apresentam mais 100km² de área.
- Biodiversidade** - se refere à riqueza de espécies de vida existentes em um determinado local, bem como à riqueza de relação entre essas espécies e de relação entre as formas de vida e os elementos não vivos de seu habitat.
- Bioma** - é o conjunto de ecossistemas de um local.
- Biota** - é o conjunto de todos seres vivos de um determinado ambiente ou de um determinado período. Pode ser empregado em múltiplas escalas, referindo-se desde o conjunto de organismos em um *habitat* particular (e.g., biota do rio Amazonas) até o conjunto de todos organismos da Terra, a biota que compõe a biosfera.
- Braços de Mar** - Diz-se de canal limitado ou confinado entre duas ilhas ou uma ilha e o continente, frequentemente, sujeito a forte corrente de maré.
- Cabeceiras dos rios** - Lugar onde nasce um curso d'água.
- Calhau** - Rocha de pequena dimensão também chamada de seixo.
- Canais de maré (*tidal in-lets*)** – são aqueles que ligam lagoas costeiras (lagunas) ou bacias interiores ao mar, e nos quais a vazão de água doce é geralmente pequena em relação à vazão de água salgada.

- Canal** - Curso de água artificial escavado pelo homem, utilizado para navegação, irrigação, drenagem de certas regiões ou para abastecimento de instalações industriais; também chamado de braço de mar ou estreito.
- Captação** - Toda retirada de água, para qualquer fim, de curso d'água, lago, nascente, aquífero ou oceano.
- Carcinicultura** - é a técnica de criação de camarões em viveiros, muito desenvolvida, atualmente, no litoral brasileiro do Rio Grande do Norte.
- Caudal** - o mesmo que vazão.
- Coalescência** - Junção de partes que se encontravam separadas; portanto é o fenômeno de crescimento de uma gotícula de líquido pela incorporação à sua massa de outras gotículas com as quais entra em contato.
- Colegiado** - diz respeito à forma de gestão na qual a direção é compartilhada por um conjunto de pessoas com igual autoridade, que reunidas, decidem. No órgão colegiado inexistente a decisão de somente um membro.
- Colúvio** - Detritos transportados por agentes diversos e que se depositam nos sopés das vertentes (tálus).
- Conurbação** – Conjunto urbano formado por uma cidade grande e suas tributárias limítrofes ou agrupamento de cidades vizinhas de igual importância.
- Córrego** - Sulco aberto pelas águas correntes, também dito como regueiro; é um atalho fundo, canal entre montes.
- Costões Rochosos** -
- Cume** - Parte mais alta ou culminante de um maciço, serra ou morro.
- DBO** - Demanda Bioquímica de Oxigênio - corresponde à quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos durante o processo de degradação da matéria orgânica.
- Deliberar** - decidir após reflexão e/ou consulta.
- Demersais** - animais aquáticos que, apesar de terem capacidade de natação ativa, vivem a maior parte do tempo em associação com o substrato, quer em fundos arenosos como os linguados, ou em fundos rochosos, como as garoupas.
- Desaguar** - Desembocar, lançar a água em algum lugar.
- Detrítico** - Diz-se de rocha constituída predominantemente por fragmentos de outras rochas.
- Diáclase** - Aberturas microscópicas ou macroscópicas que aparecem no corpo de uma rocha, principalmente por causa de esforços tectônicos, e tendo direções variadas (também chamada de fratura, junta ou fenda).
- Dique** - Forma de rochas magmáticas discordantes que geralmente se apresenta de forma alongada entre as rochas pré-existente.
- Dobra** - Ondulação produzida nas camadas rochosas por causas variadas, sendo as mais importantes àquelas que são produzidas por forças tectônicas.
- Dolina** - Depressão de forma geralmente circular e afunilada, com largura e profundidade variadas e que se forma em regiões calcáreas principalmente quando o teto de uma gruta/caverna perde sua resistência.
- DQO** - Demanda Química de Oxigênio - corresponde a capacidade de consumir o oxigênio não só pela degradação da matéria orgânica, mas também através de reações químicas, em processos mais lentos no meio natural.
- Drenar** - Remover natural ou artificialmente a água superficial ou subterrânea de uma determinada área. Escoamento da água.
- Dunas** – Corpos de areia acumulados naturalmente pelo vento. Podem se mover devido a escassez de vegetação, neste caso chamadas de dunas móveis, dunas livres, dunas ativas ou dunas transgressivas.
- Ecossistemas** - Comunidade/conjunto total de organismos (animais, plantas, micro-organismos etc.) que vivem em um determinado ambiente, se relacionando entre si e com os fatores abióticos (clima, solo, disponibilidade de água, temperatura etc.).
- Efluentes industriais** - Produtos descartados das indústrias e que, se não tratados, podem causar poluição.
- Efluentes líquidos industriais** - Líquidos descartados resultantes do processo industrial, lançados no terreno ou em rios, e que, se não tratados, poluem o ambiente.

Elevação da Maré - altitude da superfície livre da água, num dado momento, acima do nível médio do mar.

Eluvial - É formado por eluvião, que corresponde aos produtos de decomposição e de desintegração das rochas, que permaneceram no mesmo lugar; portanto distingue-se do transportado que se denomina de aluvião.

Epirogênese - É o movimento de levantamento ou de rebaixamento de um terreno, sem que ocorra dobras, falhas, vulcanismo ou terremotos; é característicos de terrenos estáveis e antigos (é difícil o estudo devido a falta de referencial).

Erosão - Processo de transporte do solo, podendo ser feita pelas curvas, por rios, por geleiras, por ventos etc; conseqüentemente a região que perde o material vai sofrendo rebaixamento enquanto que a região que recebe o material tem o seu nível elevado.

Escarpa - Rampa ou declive de terrenos que aparecem nos bordos dos planaltos, de serras, montanhas, morros etc.

Estirão de Rio - Trecho largo e reto de um rio.

Estofo - também conhecido como repondo de maré, ocorre entre marés, curto período em que não ocorre qualquer alteração na altura de nível.

Estuarina-lagunar - Área formada em função da inter-relação dos cursos fluviais e lagunares, em seu deságuo no ambiente marinho.

Estuário - Um corpo hídrico costeiro que tem uma ligação livre com o mar, dentro do qual ocorre uma mistura mensurável de água doce de origem terrestre com água salgada do mar e se estende para montante até onde se pode medir efeito de maré nos níveis d'água.

Faixa de Passagem de Inundação - área de várzea ou planície de inundação adjacente a cursos d'água que permite o escoamento da enchente (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).

Falésias - são formas geográficas litorais, caracterizadas por abruptos encontros da terra com o mar. Formam-se escarpas na vertical que terminam ao nível do mar e encontram-se permanentemente sob a ação erosiva do mar.

Falha - Ocorre devido à continua busca de equilíbrio que se processam entre as rochas, desde a sua formação; acontece uma fratura na rocha com subsequente deslocamento dos blocos resultantes.

Fonte - Local da crosta terrestre onde brotam ou nascem águas; isto ocorre devido a infiltração das águas em camadas permeáveis; os tipos vão depender da topografia, e da posição do solo ou da rocha aquífera.

Força Tectônica - É o esforço que as camadas da crosta terrestre sofrem em função das forças endógenas.

Geomorfologia - Ciência que estuda as formas de relevos, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas, que de modo geral, entram como fatores construtivos e destrutivos do relevo terrestre.

Gestão - Ato de gerir, administrar, gerenciar.

Habitat - é um conceito da biologia que significa o espaço físico onde vivem uma ou mais espécies e as condições desse espaço, como a luz, as marés, a temperatura e o vento.

Hidrológicos - Relativos a ocorrência, circulação e distribuição das diferentes formas de água existentes, suas propriedades físicas e químicas e suas interações com o meio ambiente.

Ilha - Porção de terra (ou rochas) emersa, circundada de água doce ou salgada

Iluvial - Resultado do processo de iluviação que resulta no aparecimento de um horizonte, constituído por uma camada compacta; pois recebe as partículas colóides e as soluções que vêm de cima.

Inselbergue - É um resíduo de pediplanação, ocorre em climas áridos quentes e semiáridos quentes e semiáridos; apresenta pequena elevação, pouco alongada e relativamente ilhada, cuja evolução se faz em função do intemperismo.

Insular - Diz respeito a ilha, podendo ser a fauna, a flora, a população, as rochas e o solo.

Insumos agrícolas - Adubos, pesticidas etc. utilizados na agricultura.

Intemperismo - Conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e a decomposição das rochas pré-existentes.

Intrusão Salina - Fenômeno pelo qual uma massa de água salgada penetra em uma massa de água doce. Pode ocorrer em águas superficiais como subterrâneas. Constitui fator de risco aos poços costeiros, motivo pelo qual deve ser mapeada antes de sua perfuração.

- Isóbata** - é uma curva que é usada em mapas para representar o mapeamento dos pontos da mesma profundidade em oceanos e lagos com grandes dimensões.
- Jusante e montante** - São lugares referências de um rio pela visão de um observador. A jusante é o lado para onde se dirige a corrente de água e montante é a parte onde nasce o rio. Por isso se diz que a foz de um rio é o ponto mais a jusante deste rio, e a nascente é o seu ponto mais a montante.
- Lago** - Depressão do solo produzida por causas diversas e cheia de água confinada, mais ou menos tranquilas, pois depende da área ocupada pela mesma.
- Lagoa** - é um corpo hídrico com pouco fluxo, mas geralmente sem água estagnada, podendo ser natural ou feita pelo Homem (artificial), e é usualmente menor que um lago. Uma larga variedade de corpos hídricos feitos pelo homem. São classificadas como lagoas, incluindo jardins d'água desenhados para ornamentação, tanques para a produção comercial de peixes e tanques solares para o armazenamento de energia termal.
- Lagoa costeira** - em regime de cheias os corpos hídricos que já foram lagunas, mas que devido a eventos diversos perderam sua ligação com o mar. Tal ligação é ocasionalmente restabelecida, geralmente por breve período, na ocorrência de grandes cheias, quando a "barra" de areia que separa a lagoa do mar é rompida. Considera-se como lagoa costeira especificamente, os corpos hídricos de água doce formados por acumulação de água doce, ou afloramentos do lençol freático, usualmente atrás de cordões de dunas litorâneas. Tais corpos hídricos não têm ligação livre com o mar.
- Laguna** - Apresenta água rasa, relativamente quieta, separada do mar por uma barreira (restinga) e que recebe, ao mesmo tempo, águas doces e sedimentos dos rios e águas salgadas do mar, quando ocorrem as marés altas.
- Latitude** - É medida angular entre o plano do horizonte e o eixo de rotação da Terra, isto é, a distância em graus de um dado ponto da superfície terrestre à linha do Equador. A latitude varia de 0 a 90° tanto para o norte quanto para o sul.
- Leito regular** - a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).
- Lençol d'água** - Reservatório natural de água doce sob o solo e que pode ser facilmente captada para consumo.
- Linhas de base** – são aquelas estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, a partir das quais se mede a largura do mar territorial.
- Longitude** - É a medida angular entre o plano de um meridiano qualquer e o plano do meridiano de Greenwich, isto é, a distância em graus de um dado ponto da superfície terrestre ao meridiano de origem. A longitude varia de 0 a 180° tanto para leste quanto para oeste.
- Maciço** - Conjunto de elevações (serras e morros) que apresentam frequentemente caráter montanhoso. O maciço antigo é formado de rochas pré-cambrianas. O termo deve ficar reservado para as massas de rochas magmáticas e metamórficas; que abrangem áreas relativamente extensas.
- Mananciais** - Qualquer corpo hídrico, superficial ou subterrâneo, utilizado para abastecimento humano, rural ou industrial.
- Manguezal** - ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e de Santa Catarina (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).
- Maré de Quadratura** – é a maré de pequena amplitude, maré que se segue ao dia de quarto crescente ou minguante da lua.
- Maré de Sizígia** - as maiores amplitudes de maré verificadas, durante as luas nova e cheia, quando a influência da Lua e do Sol se reforçam uma a outra, produzindo as maiores marés altas e as menores marés baixas.
- Maré Enchente** - período entre uma baixa-mar e uma preia-mar sucessivas, quando a altura da maré aumenta.
- Marisma** – Terrenos baixos, costeiros, pantanosos, de pouca drenagem, essencialmente alagados por águas salobras e ocupados por plantas holófitas anuais e perenes, bem como por plantas de terras alagadas por água doce.
- Matacão** - Fragmento de rocha destacado, de diâmetro superior a 25cm, geralmente de forma arredondada.
- Meridional** - Relativo ao que está do lado sul ou o próprio sul.

Milha Náutica – Unidade de distância usada em navegação e que corresponde a um mil, oitocentos e cinquenta e dois metros.

Mineral - É formado de um tipo de elemento químico ou de composto químico e que apresenta as seguintes qualidades: natural, sólido, inorgânico, composição química definida e apresenta homogeneidade.

Montanha - Forma de relevo caracterizada pela sua altitude relativamente elevada e, quase sempre, pelo forte desnivelamento entre o cume e os vales que o cercam.

Montante – veja em jusante.

Monte - Relevo de importância muito variável, pois a sua altitude pode ser pequena ou gigantesca (Ex: Monte Everest 8.848m).

Morro - Monte de pequena elevação; variando de 100 a 200 metros.

Nascente - afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).

Nível Hidrostático ou Freático - É a superfície de separação entre a zona subsaturada e saturada de um solo; varia de profundidade na dependência do clima.

Olho d'água - afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).

Ondas de tempestade – Ondas do mar de grande amplitude geradas por fenômenos meteorológicos.

Órgão ambiental – Órgão do poder executivo federal, estadual ou municipal, integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), responsável pelo licenciamento ambiental, fiscalização, controle e proteção do meio ambiente, no âmbito de suas competências.

Orla Marítima – é a faixa contida na zona costeira, de largura variável, compreendendo uma porção marítima caracterizada pela interface entre a terra e o mar.

Outorgar - Conceder, consentir, possibilitar, tornar viável.

Pedimento - Formação que aparece nos países de clima árido quente ou semiárido, cujo material é trazido pelos rios, que fazem um lençol à semelhança de um grande leque, logo após aos tálus.

Pediplano - É uma superfície inclinada, formada pela coalescência de pedimentos. Nos pediplanos ou nos pedimentos podem ser encontrados relevos residuais, isto é, os inselberges.

Pelágico - Trata-se do ambiente ecológico das águas oceânicas abertas, acima do ambiente bentônico do fundo dos mares, sendo habitado principalmente por seres planctônicos e nectônicos. Esses organismos dependem apenas das características das massas de água mais adequadas ao seu ciclo de vida, e são conhecidos como seres pelágicos. O plâncton não é geralmente incluído entre os seres pelágicos, uma vez que apresenta essencialmente movimento passivo, deslocando-se principalmente com as massas de água onde vive. O ecossistema pelágico não abrange apenas o alto mar, dele fazendo parte também as águas que cobrem a plataforma continental. Assim, a zona pelágica começa abaixo da zona de influência das marés, prolongando-se até o alto mar, em profundidades que variam desde algumas dezenas de metros até aproximadamente 6000 metros. As partes próximas da superfície recebem a luz do sol, o que permite que as plantas aquáticas realizem fotossíntese.

Pico - Significa montanha cujo cimo termina em ponta de agulha.

Poço Artesiano - A descarga da água subterrânea poderá ocorrer baseada no princípio dos vasos comunicantes; a água da chuva se acumula nos vazios de rochas permeáveis.

Poço não Artesiano - A descarga da água subterrânea é realizada através de cavidade perfurada no terreno, indo até o nível freático; conforme a água vai sendo retirada o nível freático aumenta a profundidade, isto é, vai baixando.

Praia - é uma formação geológica composta por partículas soltas de mineral ou rocha na forma de areia, cascalho, seixo ou calhaus ao longo da margem de um corpo hídrico, ou seja, uma costa, de mar, de um rio ou de um lago.

Preamar – Altura máxima do nível do mar ao longo de um ciclo de maré, também chamada de maré cheia.

Preia-mar (ou Preamar) ou Maré Alta - nível máximo de uma maré cheia.

Preponderante - Mais importante, principal, que predomina.

Prospectivo - Estimativo, de resultados esperados para o futuro.

Q_{7,10} - vazão mínima média de sete dias de duração e dez anos de recorrência. (veja também o termo vazão)

- Q₉₅** - vazão em uma probabilidade em uma probabilidade de 95% das recorrências. (veja também o termo vazão)
- Recarga dos aquíferos (Área de Recarga)** - Área por onde as águas de chuvas ou de outras fontes se infiltram para abastecer os aquíferos.
- Recursos hídricos** - São as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis em uma determinada região, com qualidade e quantidade suficiente para seu uso.
- Recursos naturais** - Recursos fornecidos pela natureza e que são utilizados pelo ser humano (água, madeira, petróleo, minério etc.).
- Rede Hidrográfica** - Maneira como se dispõe o traçado dos rios, existindo uma grande variedade de formas de drenagem.
- Regato** - Corrente de água pouco considerável, pequeno ribeiro, riacho, córrego ou arroio.
- Regolito** - Material decomposto que recebe a rocha matriz, sem ter sofrido transporte.
- Relevo Ondulado** - expressão geomorfológica usada para designar área caracterizada por movimentações do terreno que geram depressões, cuja intensidade permite sua classificação como relevo suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).
- Restinga** - é um espaço geográfico formado sempre por depósitos arenosos paralelos à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, podendo ter cobertura vegetal em mosaico. Esse tipo de vegetação também pode ser encontrado em praias, cordões arenosos, dunas e depressões em diversos estágios sucessionais existentes fora da restinga na parte interiorana do continente. A restinga também pode se formar nos estuários dos rios, pela deposição de sedimentos, dando origem à formação de rios ou assoreamentos.
- Riacho** - Pequeno rio; também chamado de ribeiro ou regato; mas é mais volumoso que o regato e menos que a ribeira.
- Ribeira** - Curso de água, navegável ou não, entre margens próximas, maior que os regatos e riachos e menor que os rios; também é o nome que se dá as terras baixas das margens de um rio.
- Ribeiro** - Pequeno curso de água - riacho, regato ou arroio.
- Rio** - Curso de água natural, mais ou menos caudaloso (dependendo da topografia e do clima) e que deságua em outro, no mar, num lago ou numa lagoa.
- Rocha** - É um agregado de um só tipo ou de vários tipos de minerais, podendo também ser formada de material orgânico.
- Rocha Magmática** - É produzida por solidificação do magma quando sofre resfriamento, isto pode ocorrer dentro ou sobre a crosta terrestre.
- Rocha Metamórfica** - É formada a partir de rochas pré-existentes que sofreram ação de grandes pressões e altas temperaturas (metamorfismo), portanto só se formam dentro da crosta terrestre.
- Rocha Sedimentar** - É formada a partir da consolidação de sedimentos de rochas pré-existentes; que sofrem decomposição ou / e desintegração; podendo ter, portanto, origem física, química ou orgânica.
- Saibro ou Areia** - Material formado pela decomposição in situ do granito ou gnaisse. As argilas são levadas pela água e o que sobra são os grãos de quartzo não trabalhados e os silicatos aluminosos não hidratados, provenientes dos feldspatos, mas que se encontram desagregados. Material usado como argamassa
- Salgado ou Marismas Tropicais Hipersalinos** - áreas situadas em regiões com frequências de inundações intermediárias entre marés de sizíguas e de quadratura, com solos cuja salinidade varia entre 100 (cem) e 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), onde pode ocorrer a presença de vegetação herbácea específica (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).
- Salinidade** - é uma medida da quantidade de sais existentes em massas de água naturais, como sejam um oceano, um lago, um estuário ou um aquífero. A forma mais simples de descrever a salinidade é como a razão entre a quantidade total de sólidos (em massa) dissolvidos e a massa da água que lhe serve de solvente (daí que a forma mais comum de expressão seja em g/kg ou em percentagem ou permilagem, sendo que 1 % representa 10 g/kg). Em oceanografia, a salinidade é medida em unidades adimensionais denominadas PSU (Practical Salinity Units ou Unidades Práticas de Salinidade) determinadas com base na relação direta entre a condutividade eléctrica da água do mar e a sua salinidade. O parâmetro tem grande importância na caracterização das massas de água,

já que a salinidade determina diversas propriedades físico-químicas, entre as quais a densidade, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos humanos da água.

Seixo - Fragmento de rocha, transportado geralmente pela água e que apresenta um diâmetro inferior a 25 cm e cujo resultado é o seu arredondamento.

Separador Absoluto – Sistema de tratamento de esgoto onde o esgoto é totalmente separado da canalização de águas pluviais, este sistema é o mais indicado e também o mais econômico.

Serra - É formada por um conjunto de morros, montes ou montanhas; também chamada de cordilheira ou cadeia de montanhas.

Setentrional - Relativo ao que está do lado norte ou o próprio norte.

Sistema de Tratamento de esgotos Tempo Seco – sistema utilizado como alternativo para coleta de esgoto em locais com baixas condições de infraestrutura que se usa as calhas pluviais, canais e riachos que passam a receber o esgoto que é depois bombeado para pequenas estações de tratamento nas localidades. O termo “tempo seco” se refere à impossibilidade de usar o sistema em dias de chuva, pois com o aumento do volume de água, o esgoto transbordaria.

Sistema separador misto - Sistema de tratamento de esgoto que é constituído de duas partes, porém o esgoto ainda é misturado à água de chuva, a outra canalização é usada apenas em grandes volumes de chuva.

Sistema unitário - Sistema de tratamento de esgoto que é composto de grandes tubulações que transportam ao mesmo tempo água de chuva e esgotos domésticos e industriais.

Sistemas lagunares - são estuários formados por barras (em geral restingas frontais), e estas são mais facilmente geradas em costas com marés médias ou fracas, por terem zona de arrebentação das ondas limitadas a uma faixa mais estreita. Quando as marés de uma região são muito altas a zona de arrebentação varia muito entre a baixa-mar e a preamar, com isso a areia é distribuída por uma grande extensão, dificultando a formação de barras. Na literatura internacional sistemas lagunares levam o nome de bar built estuaries. É um sistema estuarino, sendo, portanto, um corpo hídrico costeiro com uma ligação livre com o mar, dentro do qual ocorre uma mistura mensurável da água salgada do mar com a água doce proveniente da drenagem das terras. Em um sistema lagunar há franca troca de massas d'água e trocas biológicas entre o mar e a “lagoa” em cada ciclo de maré. Lagoas costeiras em tais sistemas serão denominadas lagunas.

Solo - Parte superficial do manto de intemperismo, inconsolidado, contendo material rochoso desintegrado e decomposto e que, sob a ação de agentes orgânicos e inorgânicos, é misturado em quantidade variável de matéria orgânica pode fornecer condições para o desenvolvimento de vegetais.

Stock - Intrusão semelhante a um batólito, com menos de 100 km², geralmente granítico.

Tálus - Superfície inclinada do terreno, na base do morro de uma encosta, onde se encontra um depósito de detritos.

Terrenos de Marinha e Seus Acrescidos - são bens dominicais da União, conforme o inciso VII do artigo 20 da Constituição Brasileira de 5 de outubro de 1988. Portanto podem ser concedidos a terceiros, sob a forma de enfiteuse, sendo facultada aos foreiros, no caso de sua extinção, a remição dos aforamentos mediante aquisição do domínio direto.

Várzea de Inundação ou Planície de Inundação - áreas marginais a cursos d'água sujeitas a enchentes e inundações periódicas (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).

Vazante - período entre uma preia-mar e uma baixa-mar sucessivas, quando a altura da maré diminui.

Vazão - É o volume de determinado fluido que passa por uma determinada seção de um conduto livre ou forçado, por uma unidade de tempo. Ou seja, vazão é a rapidez com a qual um volume escoar. Vazão corresponde à taxa de escoamento, ou seja, quantidade de material transportado através de uma tubulação, por unidade de tempo.

Vazão ambiental - É a quantidade de água que deve permanecer no leito dos rios para atendimento das demandas do ecossistema aquático, para preservação da flora e da fauna relacionada ao corpo hídrico; também conhecida como: vazão ecológica, vazão de águas residuais, vazão de águas remanescentes, vazão reduzida, dentre outras denominações.

Vazão mínima ecológica - aquela que garante a sobrevivência dos ecossistemas. Nem os ecologistas ou ambientalistas ainda chegaram a uma determinação de aceitação comum, daí usualmente se emprega a vazão $Q_{7,10}$ como a vazão mínima ecológica.

Vereda - fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* - buriti emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas (Redação pela Lei nº 12.727, de 2012).

Vertente - Superfície inclinada, que pode ser subaérea ou subaquática (definição dada pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 12.651, 2012).

Zero hidrográfico - nível de referência a partir da qual se define a altura da maré; é variável em cada local, muitas vezes definida pelo nível da mais baixa das baixa-mares registadas (média das baixa-mares de sizigia) durante um dado período de observação maregráfica.

Zona Costeira - refere-se à interface entre terra e mar. Segundo PEREZ *et al.* 2009 *apud* MASSOUD, 2004 esta interface possui dois eixos, um paralelo à costa propriamente dita, que forma o limite entre a costa e a praia, denominado linha de costa e outro eixo perpendicular à costa.