PRODUTO 02

RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO (TOMO 02 DE 03)

ATUALIZAÇÃO E COMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ

2020

EXECUÇÃO:

RHA
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA

REALIZAÇÃO:

Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

AGEVAP
AGÊNCIA DE BACIA

RHA Engenharia e Consultoria SS Ltda.
CNPJ 03.983.776/0001-67

ATUALIZAÇÃO E COMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ

CONTRATO Nº 40/2019/AGEVAP

RELATÓRIO PARCIAL 02

DIAGNÓSTICO (TOMO 02 de 03)

REALIZAÇÃO:

Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

AGEVAP
AGÊNCIA DE BACIA

EXECUÇÃO:

RHA
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA

CURITIBA – PR

OUTUBRO/2020

ATUALIZAÇÃO E COMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ

CONTRATO Nº 40/2019/AGEVAP

Emissão Inicial

Rev.	Data	Elaborado por	Verificado por	Autorizado por	CREA Responsável Técnico	CE
0	18/05/2020	AM; TM; ND; AB; KRB; RK; MM	AP; AM; LMC	CSG	PR-67059/D	AE
1	21/08/2020	AM; TM; JP KRB; RK; AB	AP; AM; LMC	CSG	PR-67059/D	AE
2	01/10/2020	AM; TM; JP; KRB	AP; AM	CSG	PR-67059/D	AE
3	14/10/2020	AM	AP	CSG	PR-67059/D	AF

CE – Códigos de emissão
AE Aprovado para emissão **AF** Aprovação final **VS** Versão preliminar **CD** Cancelado

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

RHA ENGENHARIA E CONSULTORIA SS LTDA.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – Sala 1402

CEP 80020-000 – Centro – Curitiba/PR – Brasil

Tel./Fax +55 41 3232 0732 – www.rhaengenharia.com.br

REPRESENTANTE LEGAL

Candice Schauffert Garcia

Engenheira Civil

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental

csgarcia@rhaengenharia.com.br

COORDENAÇÃO

Coordenadora Geral

Eng.ª Civil Candice Schauffert Garcia, MSc.

Coordenadora Executiva

Eng.ª Ambiental Andréia Pedroso, MSc.

EQUIPE TÉCNICA CHAVE

Especialista em Hidrologia

Eng.° Civil Laertes Munhoz da Cunha, MSc.

Especialista em Organização e Mobilização Social

Licenciada em Ciências Sociais Mary Helena Allegretti, Dra.

EQUIPE TÉCNICA DE APOIO

Eng.ª Ambiental Alinne Mizukawa, Dra.

Oceanógrafa Tábata Miranda, MSc.

Eng.ª Ambiental e Sanitarista Kássia Regina Bazzo, MSc.

Eng.º Ambiental João Lucas do Carmo Ponciano, MSc.

Eng.º Civil Natan Dezanet Ricci Szatkowski

Arquiteta Urbanista Marcia Maira Melo Machado, MSc.

Auxiliar administrativo Gisele Dutra

Técnico Otávio Maruyama Wogel

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

EQUIPE TÉCNICA DE CONSULTORES

Especialista em análise de Sistemas de Informações Geográficas e modelagem de banco de dados geográficos

Geógrafa Karine Krunn, Esp.

Especialista em planejamento estratégico e planejamento institucional

Arquiteta e Urbanista Regina Maria Martins de Araújo Klein, Dra.

Especialista em monitoramento e modelagem de qualidade de água e de sistemas fluviais e reservatórios

Eng.ª Civil Akemi Kan, Dra.

Especialista em dimensionamento e custos de sistema de abastecimento de água e de sistemas de coleta e tratamento de esgotos

Eng.° Civil Bogodar Szpak, Esp.

Especialista em irrigação, erosão, sedimentação e práticas conservacionistas de controle de erosão

Eng.° Agrícola Jorge Vidal Oliveira Duarte, MSc.

Especialista em hidrogeologia

Eng.° Químico André Virmond Lima Bittencourt, Dr.

Especialista em orçamento e políticas públicas

Economista Heloisa de Puppi e Silva, Dra.

Especialista em meio ambiente

Geógrafo Evandro Gottardo, Dr.

Especialista em meteorologia e/ou hidrometeorologia

Meteorologista Vinicius Nunes Pinto, MSc.

Especialista em planos de manejo

Biólogo Luiz Carlos Daudt, MSc.

Especialista em ictiofauna

Biólogo Vinícius Abilhoa, Dr.

Especialista em vegetação

Engenheiro Florestal Brasil Avila Vargas Dorneles Andrade Holsbach

Especialista em saneamento ambiental e sustentabilidade

Eng.º Químico Adriano Gama, Esp.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

DADOS CONTRATUAIS

Contrato nº 40/2019/AGEVAP, de 20 de setembro de 2019.

Ordem de Serviço nº 07/2019/AGEVAP, 11 de novembro de 2019.

Partes: Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), CNPJ n° 05.422.000/0001-01, e RHA Engenharia e Consultoria, CNPJ nº 03.983.776.0001-67.

Objeto: Contratação de empresa especializada para Atualização e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.

Prazo para prestação dos serviços: 25 meses, contados a partir da data de emissão da Ordem de Serviço.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste no Relatório Parcial 02 (RP-02) – Diagnóstico – Tomo 02, no âmbito da "Atualização e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá", visando ao levantamento das informações referentes aos aspectos mais relevantes da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares, no estado do Rio de Janeiro.

O RP-02 – Diagnóstico é baseado na Proposta Técnica da RHA Engenharia e Consultoria submetida à AGEVAP no processo licitatório Concorrência nº 09/2019, no RP-01 – Plano de Trabalho aprovado, além das contribuições do Grupo Técnico de Acompanhamento do Plano (GTA-Plano) apresentadas na reunião inicial e ao longo do processo de elaboração do Diagnóstico.

O Tomo 02 apresenta uma compilação das principais Políticas, Planos e Projetos relacionados à gestão dos recursos hídricos que incidem na RH-V e Sistemas Lagunares. Adicionalmente, apresenta uma análise dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da região, em termos de quantidade e qualidade da água, finalizando com o balanço hídrico quanti-qualitativo.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Situação dos Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB.....39
Figura 1.2 – Planos diretores da RH-V.....56
Figura 1.3 – Sentido de expansão urbana do planejamento municipal e as diretrizes regionais de expansão.....60
Figura 2.1 – Distribuição dos reservatórios do Pré-sal em relação às bacias sedimentares da margem continental sudeste brasileira.....64
Figura 2.2 – Baía de Guanabara.....65
Figura 2.3 – Frequência de atendimento a classe dos parâmetros OD, nitrogênio amoniacal, fósforo total, pH e coliformes termotolerantes.....70
Figura 2.4 – IQA_{CCME} no pontos de monitoramento da Baía de Guanabara, para ano de 2018.....71
Figura 2.5 – Distribuição das praias da RH-V.....72
Figura 2.6 – Limites Marítimos.....80
Figura 2.7 – Batimetria plataforma continental RH-V.....81
Figura 2.8 – Batimetria na Baía de Guanabara.....83
Figura 2.9 – Carta de correntes de maré – Baía de Guanabara – condição de preamar, maré de sizigia.....85
Figura 2.10 – Isolinhas de salinidade na Baía de Guanabara em um ciclo de maré de sizígia no inverno e no verão – condição de preamar.....86
Figura 2.11 – Isolinhas de salinidade na Baía de Guanabara em um ciclo de maré de sizígia no inverno e no verão – condição de baixa-mar.....87
Figura 2.12 – Área de modelagem da Baía de Guanabara – Região (a) abrange os rios Iguaçu/Sarapuí e Região (B) abrange os rios Caceribú e Guapimirim.....94
Figura 2.13 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Iguaçu/Sarapuí (A) – Cenário atual: Típico (I.1).....94
Figura 2.14 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM RIOS Caceribú e Guapimirim (B) - Cenário atual: Típico (I.1).....95
Figura 2.15 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Iguaçu/Sarapuí (A) - Cenário atual: Extremo (I.2).....95
Figura 2.16 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Caceribú e Guapimirim (B) - Cenário atual: Extremo (I.2).....96
Figura 2.17 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Iguaçu/Sarapuí (A) - Cenário de 50 anos: Típico (II.1).....96
Figura 2.18 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Caceribú e Guapimirim (B) - Cenário de 50 anos: Típico (II.1).....97
Figura 2.19 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Iguaçu/Sarapuí (A) - Cenário de 50 anos: Extremo (II.2).....97
Figura 2.20 – Limites das três zonas – ZNA, ZIC e ZM Rios Caceribú e Guapimirim (B) - Cenário de 50 anos: Extremo (II.2).....98
Figura 2.21 – Localização do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina.....100
Figura 2.22 – Velocidade das correntes – maré vazante.....102
Figura 2.23 – Velocidade das correntes – maré enchente.....102
Figura 2.24 – Taxa de troca da água no Sistema Lagunar Maricá-Guarapina.....103
Figura 2.25 – Localização Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga.....104
Figura 2.26 – Localização das Lagoas de Itaipu e Piratininga e obras realizadas 105
Figura 2.27 – Sentido predominante do fluxo de água no sistema lagunar itaipu-piratininga.....106

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 2.28 – Mapa batimétrico da Lagoa de Piratininga 107
Figura 2.29 – Mapa batimétrico da Lagoa de Itaipu 108
Figura 2.30 – Perda do espelho de água nas Lagoas de Itaipu e Piratininga 111
Figura 2.31 – Localização Lagoa Rodrigo de Freitas 112
Figura 2.32 – Mapa de isolinhas de profundidade para a Lagoa Rodrigo de Freitas 113
Figura 2.33 – Localização comportas da Lagoa Rodrigo de Freitas – setas indicam as condições predominantes de escoamento em função da operação das comportas 115
Figura 2.34 - Distribuição espacial das concentrações totais de zinco (a), chumbo (b), cobre (c), cromo (d), níquel (e) e mercúrio (f) em 117
Figura 2.35 – Localização Sistema Lagunar de Jacarepaguá.....119
Figura 2.36 – Sistema Lagunar de Jacarepaguá e seus canais de ligação 120
Figura 2.37 – Divisão do sistema lagunar em nove regiões para avaliação do transporte de traçadores lagrangeanos.....122
Figura 2.38 – Localização das estações pluviométricas selecionadas.....125
Figura 2.39 – Curvas duplo-acumulativas dos postos pluviométricos da ANA.....126
Figura 2.40 – Curvas duplo-acumulativas dos postos pluviométricos do INEA.....127
Figura 2.41 – Curvas duplo-acumulativas dos postos pluviométricos do Alerta Rio 128
Figura 2.42 – Precipitações médias mensais anuais na RH-V.....128
Figura 2.43 – Curva de permanência da estação Parque Ribeira (59240000) 138
Figura 2.44 – Curva de permanência da vazão no período de dados em comum de 1969 a 1978 140
Figura 2.45 – Curva de permanência da vazão específica no período de dados em comum de 1969-1978 141
Figura 2.46 – Regiões da Resolução ANA n° 903/2013.....149
Figura 2.47 – Curvas de qualidade 155
Figura 2.48 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna) 160
Figura 2.49 – Frequências de atendimento de classe quanto à DBO – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna).....160
Figura 2.50 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna).....161
Figura 2.51 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna).....161
Figura 2.52 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna) 162
Figura 2.53 – Frequências de atendimento de classe quanto a turbidez – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna).....163
Figura 2.54 – IQA médios anuais – UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna) 165
Figura 2.55 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 166
Figura 2.56 – Frequências de atendimento de classe quanto a DBO – UHP V-B (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 167
Figura 2.57 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi).....167
Figura 2.58 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 168

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 2.59 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 169
Figura 2.60 – Frequências de atendimento de classe quanto à Turbidez – UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 169
Figura 2.61 - Frequências de atendimento a classe do Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Coliformes temotolerantes, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal das lagoas da Tijuca, Marapendi, Camorim e Jacarepaguá na UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 171
Figura 2.62 – IQA médios anuais – UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) 173
Figura 2.63 - Frequência de classificação do Índice de Conformidade para sistemas lagunares, UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi).....174
Figura 2.64 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão).....175
Figura 2.65 – Frequências de atendimento de classe quanto a DBO – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) 175
Figura 2.66 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão).....176
Figura 2.67 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) 176
Figura 2.68 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) 177
Figura 2.69 – Frequências de atendimento de classe quanto a Turbidez – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) 178
Figura 2.70 – IQA médio anuais – UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão).....179
Figura 2.71 – Índice de Qualidade de Água do Rio Carioca 182
Figura 2.72 – Frequência de classificação da salinidade na UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) 183
Figura 2.73 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido, nos rios e canais da UHP V-C2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) 184
Figura 2.74 – Frequências de atendimento de classe quanto a DBO, nos rios e canais da UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas).....185
Figura 2.75 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total, nos rios e canais da UHP V-C2 (Lagoa Rodrigo de Freitas).....186
Figura 2.76 – Frequências de atendimento de classe quanto a E. Coli, nos rios e canais da UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) 187
Figura 2.77 – Frequências de atendimento de classe quanto a Turbidez, nos rios e canais da UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) 187
Figura 2.78 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrogênio amoniacal, nos rios e canais da UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas).....188
Figura 2.79 – Frequências de atendimento a classe do Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, E. coli, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal e pH da lagoa Rodrigo de Freitas na UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) 189

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 2.80 – IQA médio anuais – UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) 191
Figura 2.81 – Frequência de classificação do Índice de Conformidade para sistemas lagunares.....191
Figura 2.82 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-d1 (Rio Macacu).....192
Figura 2.83 – Frequências de atendimento de classe quanto a DBO – UHP V-d1 (Rio Macacu).....192
Figura 2.84 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – UHP V-d1 (Rio Macacu) 193
Figura 2.85 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-d1 (Rio Macacu).....193
Figura 2.86 – Frequências de atendimento de classe quanto a Turbidez – UHP V-d1 (Rio Macacu).....194
Figura 2.87 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-d1 (Rio Macacu).....195
Figura 2.88 – IQA médios anuais – UHP V-d1 (Rio Macacu).....196
Figura 2.89 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá) 197
Figura 2.90 – Frequências de atendimento de classe quanto a DBO – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá) 197
Figura 2.91 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá).....198
Figura 2.92 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá) 199
Figura 2.93 – Frequências de atendimento de classe quanto à Turbidez – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá) 199
Figura 2.94 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá).....200
Figura 2.95 – IQA médio anuais – UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá).....201
Figura 2.96 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....203
Figura 2.97 – Frequências de atendimento de classe quanto a DBO – UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....204
Figura 2.98 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – UHP V-e1 (Lagoas de Niterói) 204
Figura 2.99 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-e1 (LagoaS de Niterói) 205
Figura 2.100 – Frequências de atendimento de classe quanto a Turbidez – UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....206
Figura 2.101 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....206
Figura 2.102 - Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – canal e lagoas da UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....207
Figura 2.103 - Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total – canal e lagoas da UHP V-e1 (Lagoas de Niterói) 208
Figura 2.104- Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – canal e lagoas da UHP V-e1 (Lagoas de Niterói) 208

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 2.105 - Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrogênio Amoniacal– canal e lagoas da UHP V-e1 (LagoaS de Niterói).....209
Figura 2.106 - Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – canal e lagoas da UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....209
Figura 2.107 - Frequências de atendimento de classe quanto ao pH – canal e lagoas da UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....210
Figura 2.108 – IQA médios anuais – UHP V-e1 (Lagoas de Niterói).....212
Figura 2.109 - Frequência de classificação do Índice de Conformidade para Lagoas Itaipu-Piratininga 213
Figura 2.110 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Oxigênio Dissolvido – UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) 214
Figura 2.111 – Frequências de atendimento de classe quanto à DBO – UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) 215
Figura 2.112 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Fósforo Total– UHP V-e2 (Lagoa de Maricá).....215
Figura 2.113 – Frequências de atendimento de classe quanto ao Nitrato – UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) 216
Figura 2.114 – Frequências de atendimento de classe quanto a Turbidez – UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) 217
Figura 2.115 – Frequências de atendimento de classe quanto aos Coliformes Termotolerantes – UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) 218
Figura 2.116 - Frequências de atendimento a classe do Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Coliformes Termotolerantes, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal das lagoas da UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) 219
Figura 2.117 – IQA médio anuais – UHP V-e2 (Lagoa de Maricá).....221
Figura 2.118 - Frequência de classificação do Índice de Conformidade para Lagoas Guarapina, do Padre, Barra e Maricá.....221
Figura 2.119 – Quantidade de rios em cada classe de qualidade da água de cada UHP.....249
Figura 2.120 – índice de conformidade agrupados por UHP 251
Figura 3.1 – Sistemas aquíferos da RH-V.....255
Figura 3.2 – Frações da área da RH-V correspondentes à área superficial ocupada por cada aquífero 256
Figura 3.3 – Comparativo entre o número de poços constantes do cadastro de usuários no INEA e no SIAGAS. 263
Figura 3.4 – Comparativo entre os números de poços constantes dos registros de usuários e de banco de dados do siagas, normalizados pelo número de habitantes 263
Figura 3.5 – Frequência de vazões de estabilização obtidas nos poços da RH-V, conforme dados do cadastro de usuários 266
Figura 3.6 – Frequência de vazões específicas em poços da RH-V cadastrados.267
Figura 3.7 – Distribuição das vazões dos poços constantes dos bancos de cadastro de usuários na RH-V 268
Figura 3.8 – Distribuição regional das concentrações de poços de captacão de água subterrânea na RH-V 269
Figura 3.9 – Localização dos poços do cadastro de usuários dos Sistemas Aquíferos da RH-V com os usos declarados da água 271
Figura 3.10 – Volumes cadastrados de poços segundo tipos de usuários conforme banco de cadstro de usuários 277

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 3.11 – Volumes dos poços operantes segundo tipos de usuários conforme banco de cadastro de usuários 278
Figura 3.12 – Volumes de produção de poços segundo tipos de usuários conforme banco do SIAGAS (2020) 278
Figura 3.13 – Ilustração de um Diagrama de Piper 286
Figura 3.14 – Classes de água subterrânea identificadas em diagramas de Piper 288
Figura 3.15 – Relação dos valores de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais, conforme apresentada no banco de dados do CNARH (2019): a) Total dos registros; b) Registros após depuração 290
Figura 3.16 – Anotação dos valores de condutividade elétrica nos poços cadastrados da RH-V 291
Figura 3.17 – Condutividade do conjunto de amostras CNARH (2019) e SIAGAS (2020), por faixas de valores 292
Figura 3.18 – Concentração de Sódio em poços da RH-V 294
Figura 3.19 – Concentração de Potássio em poços da RH-V 295
Figura 3.20 – Concentração de Cálcio em poços da RH-V 296
Figura 3.21 – Concentração de Magnésio em poços da RH-V 297
Figura 3.22 – Concentração de Bicarbonato em poços da RH-V 299
Figura 3.23 – Concentração de Cloreto em poços da RH-V 300
Figura 3.24 – Concentração de Nitrato em poços da RH-V 301
Figura 3.25 – Concentração de Fluoreto em poços da RH-V 302
Figura 3.26 – Análises de águas do banco de dados de cadastro de usuários do CNARH (2019), com diferença de Balanço iônico inferior a 10%, locadas em um Diagrama de Piper 304
Figura 3.27 – Análises de águas do banco de dados do SIAGAS, com diferença de Balanço iônico inferior a 10%, locadas em um Diagrama de Piper 304
Figura 3.28 – Tipologia química quanto aos cátions, das águas subterrâneas da RH-V, conforme registros do cadastro de usuários 305
Figura 3.29 – Tipologia química quanto aos ânions, das águas subterrâneas da RH-V, conforme registros do cadastro de usuários 305
Figura 3.30 – Águas subterrâneas da RH-V locadas em um diagrama de Gibbs [SDT x Na/(Na+K)] 307
Figura 3.31 – Concentração de Ferro total em poços da RH-V 315
Figura 3.32 – Concentração de Alumínio em poços da RH-V 316
Figura 3.33 – Concentração de Arsênio em poços da RH-V 317
Figura 3.34 – Concentração de Cádmio em poços da RH-V 318
Figura 3.35 – Concentração de Chumbo em poços da RH-V 319
Figura 3.36 – Concentração de Selênio em poços da RH-V 320
Figura 3.37 – Concentração de Cobre em poços da RH-V 321
Figura 3.38 – Concentração de Cromo em poços da RH-V 322
Figura 3.39 – Concentração de Bário em poços da RH-V 323
Figura 3.40 – Concentração de Mercúrio em poços da RH-V 324
Figura 3.41 – Concentração de Manganês em poços da RH-V 325
Figura 3.42 – Concentração de Nitrito em poços da RH-V 326
Figura 3.43 – Densidade de lineamentos geológicos da região da RH-V 331
Figura 3.44 – Topo de aquífero da RH-V 332
Figura 3.45 – Declividades da RH-V 333
Figura 3.46 – Geologia/litologia simplificada da RH-V 334
Figura 3.47 – Compartimentos geomorfológicos da RH-V 335

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 3.48 – Distribuição dos tipos de cobertura sobre os aquíferos na RH-v.....336
Figura 3.49 – Grandes grupos de solos da RH-V.....337
Figura 3.50 – Localização de diferentes níveis potenciométricos na RH-V.....338
Figura 3.51 – Classes de recarga na RH-V.....339
Figura 3.52 – Ilustração da circulação de água subterrânea doce e salina na zona de difusão de um aquífero costeiro 344
Figura 4.1 – Demanda hídrica estimada para abastecimento humano urbano e rural por UHP na RH-V.....363
Figura 4.2 – Distribuição da demanda hídrica estimada para abastecimento urbano por UHP na RH-V.....363
Figura 4.3 – Registros do cadastro de usuários para abastecimento público na RH-V 365
Figura 4.4 – Distribuição da demanda hídrica potencial para abastecimento urbano por UHP na RH-V.....366
Figura 4.5 – Demanda hídrica potencial superficial e subterrânea para abastecimento público urbano por UHP na RH-V 367
Figura 4.6 – Comparação entre a demanda hídrica estimada e potencial para abastecimento público por UHP na RH-V 368
Figura 4.7 – Demanda potencial e vazão transposta da RH-II para abastecimento público da RH-V 371
Figura 4.8 – Comparação entre a demanda hídrica estimada e a potencial considerando a vazão transposta do rio guandu para abastecimento público por UHP na RH-V.....372
Figura 4.9 – Registros do cadastro de usuários de captação para consumo humano na RH-V.....375
Figura 4.10 – Demanda hídrica potencial superficial e subterrânea para consumo humano por UHP na RH-V.....376
Figura 4.11 – Distribuição da demanda hídrica potencial para consumo humano por UHP na RH-V.....377
Figura 4.12 – Registros do cadastro de usuários para irrigação na RH-V 378
Figura 4.13 – Comparação entre a demanda hídrica estimada e potencial para irrigação por UHP na RH-V 380
Figura 4.14 – Registros do cadastro de usuários para dessedentacação animal na RH-V 383
Figura 4.15 – Comparação entre a demanda hídrica estimada e potencial para dessedentação animal por UHP na RH-V 384
Figura 4.16 – Registro de captação do cadastro de usuários para a indútria na RH-V 385
Figura 4.17 – Distribuição da demanda hídrica potencial para indústria por UHP na RH-V 387
Figura 4.18 – Vazões captadas para indústria por divisão CNAE na RH-V 387
Figura 4.19 – Registro de captação do cadastro de usuários para mineração e outros processos extrativos na RH-V.....391
Figura 4.20 – Distribuição da demanda hídrica potencial para mineração por UHP na RH-V 392
Figura 4.21 – Distribuição da demanda hídrica potencial para aquicultura em tanque de rede por UHP na RH-V.....394
Figura 4.22 - Registro de captação do cadastro de usuários para aquicultura na RH-V.....394

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Figura 4.23 – Distribuição da demanda hídrica potencial para outros usos por UHP na RH-V....396
Figura 4.24 – Distribuição da demanda hídrica potencial por descrição de uso para a finalidade enquadrada como “outros”....396
Figura 4.25 – Registro de captação do cadastro de usuários para os usos enquadrados como “outros” na RH-V....397
Figura 4.26 – Formas de abastecimento de água para os agLomerados subnormais nos municípios da RH-V....399
Figura 4.27 – Relação renda per capita x consumo per capita segundo Von Sperling (2002)....402
Figura 4.28 – Relação despesa anual per capita x consumo per capita segundo Beux (2014)....403
Figura 4.29 – Consumo de água diário per capita estimado nos aglomerados subnormais dos municípios da RH-V....405
Figura 4.30 – Vazões do cadastro de usuários para lançamento de efluentes por UHP na RH-V....410
Figura 4.31 – Carga de DBO para lançamento de efluentes por UHP na RH-V ...411
Figura 4.32 – Distribuição das cargas de DBO por setor usuário na RH-V....412
Figura 4.33 – Resgitro de lançamento do cadastro de usuários para esgotamento sanitário na RH-V....413
Figura 4.34 – Resgitro de lançamento do cadastro de usuários para consumo humano na RH-V....414
Figura 4.35 – Resgitro de lançamento do cadastro de usuários para indústria na RH-V....415
Figura 4.36 – Resgitro de lançamento do cadastro de usuários para os usos enquadrados como outros na RH-V....416
Figura 4.37 – Resgitro de lançamento do cadastro de usuários para termelétricas na RH-V....417
Figura 4.38 – Carga de DBO remanescente nos municípios da RH-V....426
Figura 4.39 – Carga de DBO urbana bruta e distribuição das cargas de DBO remanescentes conforme a solução adotada na RH-V....428
Figura 4.40 – Carga de DBO rural bruta remanescentes conforme na RH-V 428
Figura 4.41 –Cargas de DBO brutas e remanescentes lançadas por UHP....429
Figura 4.42 – Distribuição das cargas remanescentes por UHP conforme tipo de solução adotada....432
Figura 4.43 – Carga de DBO lançada nos corpos hídricos por UHP....433
Figura 4.44 – Demandas hídricas superficiais para o cenário atual na RH-V por UHP 437
Figura 4.45 – Demandas hídricas subterrâneas para o cenário atual na RH-V por UHP....438
Figura 4.46 – Vazões de retorno para o cenário atual na RH-V por UHP 441
Figura 4.47 – Carga orgânica (DBO) lançada no cenário atual na RH-V por UHP444
Figura 4.48 – Portos na RH-V....454
Figura 5.1 – Concentração de DBO e limites das Classes de enquadramento para cada UHP....470
Figura 5.2 – Classe de enquadramento para cada UHP considerando a concentração de DBO e a vazão média de longo termo 471
Figura 7.1 – Exemplo da estrutura de pastas e nomenclatura adotada para nomear os arquivos....484
Figura 7.2 – Padrões de temas e de cores dos mapas....486

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Situação dos Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB.....38
Quadro 1.2 – Conjuntura da legislação de ordenamento territorial nos municípios da RH-V.....57
Quadro 1.3 – Potenciais conflitos ou conformidade entre o sentido de expansão indicado no Planejamento Municipal e as diretrizes dos Planos Regionais 59
Quadro 1.4 - Potenciais riscos entre os zoneamentos municipais e a gestão dos recursos hídricos.....61
Quadro 2.1 – Faixas de classificação do IQA_{CCME}.....67
Quadro 2.2 – Pontos de monitoramento e número de campanhas, em 2018, para cada estação de monitoramento 68
Quadro 2.3– Praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro.....73
Quadro 2.4 – Praias oceânicas do município de Niterói.....75
Quadro 2.5 – Praias do município de Maricá 76
Quadro 2.6 – Praias Baía de Guanabara.....77
Quadro 2.7 – Classes de balneabilidade.....89
Quadro 2.8 – Balneabilidade Maricá – Qualificação anual.....89
Quadro 2.9 – Balneabilidade Niterói – Qualificação anual 90
Quadro 2.10 – Balneabilidade Rio de Janeiro – qualificação anual 90
Quadro 2.11 – Balneabilidade Rio de Janeiro / Ilha do Governador e Ramos – Qualificação anual.....91
Quadro 2.12 – Balneabilidade Rio de Janeiro / Ilha de Paquetá – Qualificação anual 91
Quadro 2.13 – Características do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina.....101
Quadro 2.14 – Áreas de redução no espelho de água do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga entre 1976 e 2011 110
Quadro 2.15 – Características das Lagoas do Sistema Lagunar de Jacarepaguá119
Quadro 2.16 – Tempo de residência e taxa de renovação dos traçadores lagrangeanos de cada região (caixa) 122
Quadro 2.17 – Situação das estações pluviométricas selecionadas.....124
Quadro 2.18 – Precipitações médias mensais anuais na RH-V.....129
Quadro 2.19 – Situação das estações com dados disponíveis 132
Quadro 2.20 – Curva de descarga da estação Parque Ribeira (5924000).....135
Quadro 2.21 – $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} da estação 59240000.....139
Quadro 2.22 – $Q_{7,10}$ no período comum de 1969-1978 141
Quadro 2.23 – Equações para regionalização das vazões segundo a CPRM para bacia 59.....142
Quadro 2.24 – Equações ajustadas de $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} Estações da ANA e Inea localizadas nos rios Macacu, Guapiaçu e Iconha, no PERHI-RJ (2014).....143
Quadro 2.25 – Vazões de referência para a disponibilidade hídrica nas UHPs, no PERHI-RJ (2014) 144
Quadro 2.26 – Disponibilidade hídrica por UHP na RH-V 145
Quadro 2.27 – Disponibilidade hídrica por bacia hidrográfica dos sistemas de abastecimentos 146
Quadro 2.28 – Densidade e composição mínima de estações de monitoramento das regiões hidrográficas do Brasil 149
Quadro 2.29 – Parâmetros de qualidade de água para águas doce adotados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 152

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Quadro 2.30 – Parâmetros de qualidade de água para águas salinas adotados pela resolução CONAMA n° 357/2005.....152
Quadro 2.31 – Parâmetros de qualidade de água para águas salobras adotados pela resolução CONAMA n° 357/2005.....153
Quadro 2.32 – Variáveis e pesos do IQA.....156
Quadro 2.33 – Faixas de variação do IQA.....156
Quadro 2.34 – Categorias do índice de conformidade.....157
Quadro 2.35 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-a, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....164
Quadro 2.36 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-b, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....172
Quadro 2.37 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-b, de acordo com a Resolução CONAMA n°357/2005.....172
Quadro 2.38 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-c1, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....178
Quadro 2.39 – Classificação dos pontos de monitoramento dos rios/canais da UHP V-c2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....190
Quadro 2.40 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-c2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....190
Quadro 2.41-Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-d1, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....195
Quadro 2.42 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-d2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....200
Quadro 2.43 – Classificação dos pontos de monitoramento localizados nos rios da UHP V-e1, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....211
Quadro 2.44 - Classificação dos pontos de monitoramento localizado no canal e lagoas da UHP V-e1, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....211
Quadro 2.45 – Classificação dos pontos de monitoramento da UHP V-e2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....220
Quadro 2.46 - Classificação dos pontos de monitoramento localizado nas lagoas da UHP V-e2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.....220
Quadro 2.47 – Estações de monitoramento da qualidade da água na RH-V, operadas pelo INEA.....222
Quadro 2.48- Estações de monitoramento da qualidade da água na RH-V, operadas pela SMAC.....225
Quadro 2.49 – Pontos de Monitoramento da Qualidade da água na RH-V, realizado pela Hydroscience.....225
Quadro 2.50- Densidade de pontos de monitoramento na RH-V.....227
Quadro 2.51 – Número de campanhais anuais em cada estação de monitoramento 229
Quadro 3.1 – Áreas ocupadas pelos aquíferos da RH-V.....255
Quadro 3.2 – Cronologia de registro de poços no banco de cadastro de usuários e SIAGAS (2020).....262
Quadro 3.3 – Sumário das características de poços cadastrados no, CNARH (2019) e no SIAGAS (2020), para a RH-V.....265
Quadro 3.4 – Registro dos valores médio, máximo e mínimo de vazão de poços na RH-V.....267
Quadro 3.5 – Distribuição de poços com as vazões média e específica, por compartimentos litológicos da RH-V constantes do banco integrado de dados de cadastro de usuários e SIAGAS.....272

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Quadro 3.6 – Distribuição de poços, vazões específicas e profundidades de poços por município do Banco de cadastro de usuários até setembro de 2019.....273
Quadro 3.7 – Distribuição de poços, vazões específicas e respectivas profundidades por município do Banco do SIAGAS até janeiro de 2020.....273
Quadro 3.8 – Avaliação da produtividade dos poços por município da RH-V.....274
Quadro 3.9 – Distribuição comparativa dos volumes cadastrados por setor até 09/2019 e volume máximo extraível dos poços operantes.....275
Quadro 3.10 – Volumes de produção cadastrados e anualmente produtíveis em 24 horas de bombeamento 275
Quadro 3.11 – Quantitativos gerais do cadastro de usuários de poços da RH-V..276
Quadro 3.12 – Volumes cadastrados para captação de água subterrânea conforme estágio do processo 277
Quadro 3.13 – Estimativas de vazões e reservas em aquíferos da RH-V.....280
Quadro 3.14 – Reservas hídricas permanentes para aquíferos do domínio poroso para a RH-V 280
Quadro 3.15 – Registros dos poços nos bancos de dados de cadastro de usuários 282
Quadro 3.16 – Classificação das águas naturais conforme a salinidade 289
Quadro 3.17 – Concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, cloreto, fluoreto, sulfato e nitrato-, nas águas de grupos de aquíferos na RH-V ...293
Quadro 3.18 – Dados desconsiderados nas avaliações 308
Quadro 3.19 – Registros de análises de EPTs e nitrato em águas subterrâneas de poços da RH-V.....309
Quadro 3.20 – Concentrações ferro total, alumínio, arsênio, berílio, cádmio, chumbo, cromo, cobre e mercúrio, nas águas de grupos de aquíferos na RH-V.....313
Quadro 3.21 – Concentrações de manganês, níquel, selênio e sílica, nas águas de grupos de aquíferos na RH-V.....314
Quadro 3.22 – Ponderação atribuída a cada variável empregada na avaliação da vulnerabilidade intrínseca da água subterrânea da RH-V 328
Quadro 4.1 – Fatores de espacialização adotados para desagregação das demandas hídricas pelo método indireto 359
Quadro 4.2 – Procedimentos para a consistência da base de dados do CNARH.360
Quadro 4.3 – Demandas hídricas estimadaS para o abastecimento humano urbano e rural da população interna à RH-V, por UHP 362
Quadro 4.4 – Demandas hídricas potenciais para o abastecimento público da população interna à RH-V, por UHP 366
Quadro 4.5 – Principais sistemas de abastecimento da RH-V, sua localização e UHPs atendidas 369
Quadro 4.6 – Demandas hídricas potenciais para o consumo humano por UHP na RH-V 374
Quadro 4.7 – Demandas hídricas potenciais para a irrigação por UHP na RH-V .377
Quadro 4.8 – Demandas hídricas estimadas para a irrigação por UHP na RH-V .379
Quadro 4.9 – Demandas hídricas potenciais para dessedentação animal por UHP na RH-V 381
Quadro 4.10 – Demandas hídricas estimadas para dessedentação animal por UHP na RH-V.....382
Quadro 4.11 – Demanda hídrica potencial para a indústria por UHP na RH-V.....386
Quadro 4.12 – Porcentagem da vazão captada pela indústria para cada divisão CNAE em relação ao total por UHP 388
Quadro 4.13 – Demanda hídrica potencial para mineração por UHP na RH-V.....392

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Quadro 4.14 – Demanda hídrica potencial para aquicultura em tanque de rede por UHP na RH-V 393
Quadro 4.15 – Demanda hídrica potencial para outros usos por UHP na RH-V ... 395
Quadro 4.16 – População e rendimento nominal médio mensal dos aglomerados subnormais nos municípios da RH-V 404
Quadro 4.17 – Consumo de água diário per capita estimado nos aglomerados subnormais nos municípios da Rh-V 404
Quadro 4.18 – Consumo de água diário estimado considerando a população dos aglomerados subnormais nos municípios da RH-V 406
Quadro 4.19 – Síntese das vazões de captação e lançamento adicionados aos usos consuntivos, por setor usuários e municipio 407
Quadro 4.20 – Síntese das vazões de captação e lançamento adicionados aos usos consuntivos, por setor usuários e UHP 408
Quadro 4.21 – Vazões de lançamento na RH-V, por setor usuário 409
Quadro 4.22 – Cargas de DBO na RH-V, por setor usuário 410
Quadro 4.23 – População total dos municípios e síntese dos índices utilizados para estimativa das cargas de dbo remanescentes 420
Quadro 4.24 – Eficiência de remoção de DBO por tipo de tratamento na solução 420
Quadro 4.25 – Estações de tratamento de efluentes dos municípios contidos na RH-V 422
Quadro 4.26 – Cargas de DBO brutas e remanescentes totais produzidos por município da RH-V 425
Quadro 4.27 – Cargas de DBO brutas e remanescentes lançadas por UHP na RH-V 429
Quadro 4.28 – Demandas hídricas superficiais para o cenário atual na RH-V 436
Quadro 4.29 – Demandas hídricas subterrâneas para o cenário atual na RH-V ... 438
Quadro 4.30 – Coeficientes de retorno estabelecidos 439
Quadro 4.31 – Vazões de retorno para o cenário atual na RH-V 440
Quadro 4.32 – Carga orgânica (DBO) lançada no cenário atual na RH-V 443
Quadro 4.33 – Demandas hídricas superficiais por sistemas de abastecimento de água 445
Quadro 4.34 – Categorização dos municípios da RH-V do ponto de vista turístico 447
Quadro 4.35 – Atrativos turísticos dos municípios do PDITS 448
Quadro 4.36 – Quantidade de locais de descarga de peixes na RH-V 451
Quadro 4.37 – Dados da pesca artesanal na RH-V 452
Quadro 4.38 – Dados da pesca industrial na RH-V 452
Quadro 4.39 – Instalações portuárias na RH-V e suas características 453
Quadro 5.1 – Índice de perda na distribuição de água por UHP 457
Quadro 5.2 – Balanço hídrico por UHP 458
Quadro 5.3 – Balanço hídrico por bacia hidrográfica dos sistemas de abastecimentos 459
Quadro 5.4 – *Water Exploitaiton Index* por UHP 462
Quadro 5.5 – Relação demanda por disponibilidade hídrica por bacias hidrográficas no pontos de captação 462
Quadro 5.6 – Balanço Hídrico simplificado dos sistemas de abastecimento integrados da RH-V 468
Quadro 5.7 – Limites de concentração de $DBO_{5,20}$ por classe de rio, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 469

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Quadro 5.8 – Concentração de DBO e limites das classes de enquadramento para cada UHP 469
Quadro 5.9 – Mananciais Alternativos para abastecimento da RH-V 474
Quadro 6.1 – Dimensões componentes do Índice de Segurança Hídrica 477
Quadro 7.1 – Relação entre os temas e conteúdo dos mapas apresentados no Diagnóstico 486

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Zoneamento Ecológico-Econômico da RH-V 51
Mapa 2 – Distribuição da precipitação média na RH-V (isoietas) 131
Mapa 3 - Estações de monitoramento fluviométrico da RH-V 134
Mapa 4 - Pontos de monitoramento da qualidade da água na RH-V 226
Mapa 5 – Índice de qualidade da água na RH-V 252
Mapa 6 - Mapa da vulnerabilidade intrínseca à contaminação da água subterrânea na RH-V 343
Mapa 7 - Classificação segundo o índice *Water Exploitation Index* por UHP 464
Mapa 8 - Classificação segundo o índice *Water Exploitation Index* das bacias dos pontos de captação de água 465
Mapa 9 – Dimensões do Índice de Segurança Hídrica da Baia de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Marica e Jacarepaguá 480
Mapa 10 – Índice de Segurança Hídrica da Baia de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Marica e Jacarepaguá 481

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

SUMÁRIO

1 POLÍTICAS, PLANOS E PROJETOS SETORIAIS QUE INCIDEM SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS 23
1.1 Recursos hídricos 23
1.1.1 Políticas relacionadas aos recursos hídricos 23
1.1.2 Planos relacionados aos recursos hídricos 24
1.1.3 Projetos e programas relacionados aos recursos hídricos 25
1.2 Meio ambiente 28
1.2.1 Políticas relacionadas ao meio ambiente 28
1.2.2 Planos relacionados ao meio ambiente 31
1.2.3 Projetos e programas relacionados ao meio ambiente 34
1.3 Saneamento básico 36
1.3.1 Políticas relacionadas ao saneamento básico 36
1.3.2 Planos relacionados ao saneamento 36
1.3.3 Projetos e programas relacionados ao saneamento 40
1.4 Gerenciamento costeiro 43
1.4.1 Políticas relacionadas ao gerenciamento costeiro e marinho 43
1.4.2 Planos relacionados ao gerenciamento costeiro e marinho 45
1.4.3 Projetos e programas relacionados ao gerenciamento costeiro e marinho 46
1.5 Gestão territorial 49
1.5.1 Políticas relacionadas à gestão territorial 49
1.5.2 Planos relacionados à gestão territorial 52
1.6 Plano de Manejo 62
2 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS 63
2.1 Caracterização da zona costeira e estuarina 63
2.1.1 Aspectos gerais 63
2.1.2 Baía de Guanabara 64
2.1.3 Praias 71
2.1.4 Batimetria e sedimentologia 79
2.1.5 Circulação 83
2.1.6 Salinidade e temperatura 85
2.1.7 Balneabilidade 88
2.1.8 Intrusão salina 91
2.2 Caracterização dos sistemas lagunares e lagoas 99
2.2.1 Sistema Lagunar Maricá-Guarapina 99
2.2.2 Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga 104
2.2.3 Lagoa Rodrigo de Freitas 111
2.2.4 Sistema Lagunar de Jacarepaguá 118
2.3 Disponibilidade hídrica 122
2.3.1 Rede de monitoramento hidrometeorológica 123
2.3.2 Série de vazões 135
2.3.3 Estudo de regionalização das vazões 139
2.3.4 Estudos anteriores de disponibilidade hídrica 141
2.3.5 Disponibilidade hídrica 145
2.4 Qualidade da água 147
2.4.1 Aspectos legais 148
2.4.2 Aspectos conceituais 153

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.3 Avaliação da qualidade da água 159
2.4.4 Síntese da qualidade da água na RH-V 222
2.4.5 Discussão dos resultados apresentadas da qualidade da água na RH-V 247
3 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS 253
3.1 ASPECTOS GERAIS 253
3.2 Mananciais subterrâneos 253
3.2.1 Domínio poroso 256
3.2.2 Domínio fissural 258
3.3 Cadastro de poços 260
3.3.1 Bancos de dados 260
3.3.2 Variáveis hidrogeológicas disponíveis 264
3.3.3 Distribuição dos poços 268
3.4 Cadastro de usuários e uso da água subterrânea 274
3.5 Reservas de água subterrânea 279
3.5.1 Estimativas da literatura 279
3.6 Qualidade da água subterrânea 280
3.6.1 Aspectos gerais 280
3.6.2 Base de dados de qualidade de água 281
3.6.3 Metodologia e tratamento dos dados químicos 283
3.6.4 Classificação química das águas subterrâneas 288
3.7 Cadastro de águas contaminadas 307
3.7.1 Referências para avaliar a contaminação 307
3.7.2 Concentrações de elementos e de substâncias potencialmente tóxicas 307
3.8 Vulnerabilidade dos aquíferos 326
3.8.1 Vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos 326
3.8.2 Vulnerabilidade dos aquíferos à intrusão salina 344
3.9 Rede de monitoramento de águas subterrâneas 348
3.10 Considerações finais sobre recursos hídricos subterrâneos 350
4 DEMANDAS HÍDRICAS 354
4.1 Usos consuntivos da água 354
4.1.1 Procedimentos metodológicos 357
4.1.2 Abastecimento humano 361
4.1.3 Consumo humano 373
4.1.4 Irrigação 377
4.1.5 Dessedentação animal 381
4.1.6 Indústria 385
4.1.7 Termelétrica 390
4.1.8 Mineração 390
4.1.9 Aquicultura em tanque de rede 393
4.1.10 Outros usos 395
4.1.11 Evaporação líquida de reservatórios 397
4.1.12 Usos da água nos aglomerados subnormais 398
4.1.13 Análise dos usuários pagantes 407
4.2 Lançamento de efluentes 408
4.2.1 Método indireto de estimativa de cargas orgânicas nos efluentes domésticos 417
4.2.2 Estimativa das cargas produzidas para o cenário atual 425

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.3 Compilação dos usos consuntivos e lançamento de efluentes para balanço hídrico 433
4.3.1 Demanda hídrica por sistema de captação 445
4.4 Usos não consuntivos 446
4.4.1 Turismo e lazer....447
4.4.2 Aproveitamentos hidrelétricos 448
4.4.3 Pesca e aquicultura....449
4.4.4 Navegação 453
5 BALANÇO HÍDRICO....456
5.1 Balanço hídrico quantitativo 456
5.1.1 Balanço hídrico superficial....456
5.1.2 Balanço hídrico subterrâneo....466
5.1.3 Balanço hídrico dos sistemas de abastecimento integrados....467
5.2 Balanço hídrico qualitativo 468
5.3 Considerações sobre o estudo do balanço hídrico....472
6 ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA....476
6.1 Metodologia para a determinação do índice de Segurança Hídrica 476
6.2 Índice de Segurança Hídrica da RH-V 478
7 MAPEAMENTO PARA INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS....482
7.1 Metodologia de elaboração da base de dados geográfica 482
7.1.1 Coleta de dados e definição da base cartográfica....482
7.1.2 Edição e sistematização das informações....483
7.2 Apresentação dos mapas....485
8 ANÁLISE SINTESE DO DIAGNÓSTICO 490
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 495
10 APÊNDICES....510

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

1 POLÍTICAS, PLANOS E PROJETOS SETORIAIS QUE INCIDEM SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A identificação de políticas, planos e projetos (PPPs) setoriais que incidem sobre a RH-V contribui para a gestão integrada dos recursos hídricos. Este capítulo complementa as informações apresentadas no capítulo de Aspectos Legais e Institucionais sobre os Recursos Hídricos (Tomo1 do RP-02, Capítulo 6).

São apresentados, sucintamente, os PPPs relacionados diretamente aos recursos hídricos, complementados por aspectos referentes ao meio ambiente, saneamento, gerenciamento costeiro, gestão territorial e planos de manejo de sistemas lagunares. A ordem de apresentação respeita o nível de gestão, partindo-se do nível federal, para estadual, passando pelo regional, municipal, até o nível local. No Apêndice 1 é apresentado o status atual (em andamento, suspenso, concluído ou sem status) e o link de acesso dos projetos e programas apresentados.

1.1 RECURSOS HÍDRICOS

1.1.1 Políticas relacionadas aos recursos hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída pela Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, que ficou conhecida como Lei das Águas. A PNRH estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A nível estadual, a Lei n° 3239, de 2 de agosto de 1999, instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI). A referida lei norteia a gestão dos recursos hídricos no estado fluminense.

Ambas apresentam como objetivos assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade dos recursos hídricos em quantidade e qualidade adequadas aos seus usos, o uso racional da água e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos. Também explicitam a necessidade de integração entre a gestão de recursos hídricos com outros instrumentos setoriais.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro também indica, em seu artigo 45, as competências do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

RJ). O CERHI-RJ, além de outras atribuições, deve “promover a articulação do planejamento estadual de recursos hídricos, com os congêneres nacional, regional e dos setores usuários, estabelecer as diretrizes complementares para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, para aplicação de seus instrumentos e para atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI) e aprovar e acompanhar a execução do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI) e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas”.

1.1.2 Planos relacionados aos recursos hídricos

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (PERHI-RJ) foi concluído e aprovado pelo CERHI-RJ, em 2014. O PERHI-RJ teve como objetivo subsidiar as ações necessárias para garantir água em quantidade e qualidade adequadas para as demandas atuais e futuras da sociedade e dos ecossistemas do estado. Os estudos do PERHI-RJ se desenvolveram em duas vertentes principais e sequenciais: diagnóstico e ações. As ações, com horizonte de planejamento até 2030, visam reverter as tendências à degradação dos recursos hídricos e solucionar problemas que afetam a disponibilidade e qualidade das águas do estado (INEA, 2014).

Os temas estratégicos que nortearam a elaboração do PERHI-RJ foram:

- Elaboração de estudos hidrológicos e de vazões extremas;
- Avaliação da rede quali-quantitativa para a gestão das águas no estado do Rio de Janeiro;
- Áreas vulneráveis a eventos críticos;
- Avaliação das fontes alternativas para abastecimento do estado do Rio de Janeiro;
- Impactos sinérgicos dos aproveitamentos hidrelétricos localizados no estado do Rio de Janeiro;
- Avaliação do potencial hidrogeológico dos aquíferos localizados no estado do Rio de Janeiro; e
- Avaliação da intrusão salina.

O Plano de Ações do PERHI-RJ foi elaborado visando ampliar a proteção de corpos de água tanto por ações voltadas para a reversão da situação atual, como pela consolidação dos instrumentos de gestão previstos nas políticas nacional e estadual

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

de recursos hídricos. Foram apresentadas 39 ações, divididas em dois eixos temáticos: ações sobre coordenação direta dos Sistema de Gestão das águas e ações de responsabilidade compartilhada com outros setores (COPPETEC, 2014).

A nível regional, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (PDRH-BG) foi concluído em 2005 e buscou nortear as decisões do Comitê da Baía de Guanabara (CBH-BG). Entretanto, o PDRH-BG encontra-se desatualizado, sendo necessária sua revisão, atualização e complementação, considerando, além das bacias drenantes, os sistemas lagunares da RH-V, objeto do presente PRH-BG.

1.1.3 Projetos e programas relacionados aos recursos hídricos

i) Programa de Consolidação de Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO)

O PROGESTÃO é um programa desenvolvido pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) em apoio aos SEGRHIs que integram o SINGREH. O programa incentiva financeiramente os sistemas estaduais para aplicação exclusiva em ações de fortalecimento institucional e de gerenciamento de recursos hídricos, mediante o alcance de metas definidas a partir da complexidade de gestão escolhidas pela Unidade da Federação.

O Rio de Janeiro aderiu ao PROGESTÃO por meio do Decreto n° 44445, de 18 de outubro de 2013, e definiu o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) como entidade coordenadora do programa no estado.

ii) Programa Estadual de Conservação e revitalização de recursos hídricos (PROHIDRO)

O PROHIDRO busca atender dois objetivos: a) proporcionar a revitalização, quando necessária, e a conservação, onde possível, dos recursos hídricos; b) integrar a função governamental de Gestão Ambiental, a qual, como maior nível de agregação das competências do setor público, subentende-se as áreas de preservação e conservação ambientais, controle ambiental, recuperação de áreas degradadas, meteorologia e recursos hídricos.

O PROHIDRO foi criado pela Política Estadual de Recursos hídricos e regulamentado pelo Decreto Estadual nº 42029, em 15 de junho de 2011. Ficou

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

estabelecido, no âmbito do PROHIDRO, o mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais a ser coordenado como um subprograma denominado Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PRO-PSA). Os investimentos do PRO-PSA deverão priorizar as áreas rurais e de mananciais de abastecimento público, observados os critérios a serem aprovados pelo CERHI-RJ.

No que se trata sobre a restauração ecológica, a lei estadual n° 8538/2019 institui a Política Estadual de Restauração Ecológica, o Plano Estadual de Restauração e Ecológica e estabelece seus mecanismos, apresentando interface com o PRHIDRO. A Política Estadual de Restauração Ecológica busca empreender ações de recuperação da Mata Atlântica, tanto pelo Poder Público, quanto pela sociedade, indicando os instrumentos administrativos e mecanismos financeiros para o fomento e fortalecimento dos diferentes elos da cadeia produtiva da restauração ecológica.

iii) Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (QUALIÁGUA)

O QUALIÁGUA é um programa de iniciativa da ANA que busca contribuir para a gestão sistemática dos recursos hídricos por meio da divulgação de dados sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil a toda a sociedade. O programa também busca estimular a padronização dos critérios e métodos de monitoramento de qualidade; contribuir para o fortalecimento e estruturação dos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e meio ambiente para que realizem o monitoramento sistemático da qualidade das águas e deem publicidade aos dados gerados; e promover a implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas (RNQA).

O Rio de Janeiro aderiu ao programa em 2016, com vigência até 31 de dezembro de 2020, e definiu o INEA como entidade responsável pela realização das atividades prevista pelo programa.

iv) Programa Nacional de Fortalecimento do Comitês de Bacias Hidrográficas (PROCOMITÊS)

O PROCOMITÊS tem como objetivo promover o aprimoramento dos Comitês de Bacia Hidrográfica dos estados e do Distrito Federal. Foi instituído pela Resolução ANA n°1190/2016. O programa integra um conjunto de iniciativas semelhantes da ANA, tais como os programas PROGESTÃO e o QUALIÁGUA, nos quais o apoio

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

financeiro aos entes constituintes do SINGREH está condicionado ao cumprimento de metas previamente pactuadas e contratadas, com a anuência dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

A Resolução CERHI-RJ n° 190, de 13 de dezembro de 2017, dispõe sobre a adesão dos Comitês fluminenses ao PROCOMITÊS. A Resolução CBH-BG n° 045/2017 aprova a adesão do Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá (CBH-BG) ao PROCOMITÊS.

v) Programa Pacto pelas Águas

O Programa Pacto pelas Águas, lançado em 2015 pelo SEA/INEA, tem como objetivo proteger e recuperar mananciais estratégicos de abastecimento do estado do Rio de Janeiro, de modo a garantir bem-estar humano, a segurança hídrica e a saúde dos ecossistemas associados à água a médio e longo prazo. O programa busca promover e apoiar iniciativas que contemplem ações de proteção de águas naturais, restauração florestal, manejo conservacionista do solo, adoção de boas práticas agropecuárias, planejamento e ordenamento do uso e ocupação do solo e pagamento por serviços ambientais em áreas de mananciais de abastecimento público.

vi) Estratégia para Gerenciamento Ambiental compartilhado dos Ecossistemas Lagunares de Itaipu e Piratininga e da Bacia Hidrográfica (EGCL)

Aprovado pelo CBH-BG, SEAS, INEA, Prefeitura Municipal de Niterói (PMN) e Águas Niterói as estratégias para gerenciamento ambiental compartilhado dos Sistemas Lagunares de Itaipu e Piratininga e da Bacia Hidrográfica (EGCL) guiará a ação conjunta do INEA, da PMN e da empresa Águas de Niterói pelos próximos anos, cabendo ao Subcomitê Itaipu-Piratininga a tarefa de motivar, opinar, propor, acompanhar e avaliar a implementação da EGCL. As ações propostas podem ser estendidas à toda RH-V e não apenas para os Sistemas Lagunares de Itaipu e Piratininga, configurando como exemplos a serem utilizados no desenvolvimento do Plano de Ações do PRH-BG.

As ações propostas pelo EGCL são (CLIP, 2015):

- Zoneamento da bacia hidrográfica e melhoria do sistema de drenagem;
- Ampliação da rede de coleta e tratamento de esgotos;
- Implantação de Cinturão de Tempo Seco (CTS);

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- Aumento do oxigênio dissolvido no sedimento e coluna d'água;
- Melhoria dos canais de Camboatá e Itaipu;
- Manejo do Lido e Barra da Laguna de Piratininga;
- Desassoreamento e remoção do lixo acumulado no sedimento;
- Redução da produção e melhoria da coleta de lixo nas lagunas e na região hidrográfica;
- Controle de substâncias tóxicas e redução do seu aporte aos rios e às lagunas;
- Demarcação física da Faixa Marginal de Proteção (FMP);
- Readequação e paisagismo das faixas marginais.

As ações propostas serão alcançadas com a implantação de soluções baseadas na natureza e técnicas de infraestrutura verde para ampliação da eficiência dos possíveis tratamentos de tempo seco que são capazes de ampliar diversos serviços ecossistêmicos, dentre eles: o tratamento da água, recarga dos reservatórios de água subterrânea, manutenção e recuperação das nascentes, geração de habitat, criação de empregos verdes, criação de áreas de lazer, educação ambiental, recuperação de áreas degradadas, melhoria da saúde ambiental e humana, regulação de enchentes e do clima, criação de ilhas de frescor, aumento da capacidade adaptativa do território, enriquecimento da biodiversidade, além de baixo custo de implantação e manutenção.

A implantação de rede de infraestrutura verde associada às redes de coleta, distribuição e tratamento de águas pluviais deverá se traduzir em diretrizes no planejamento urbano e ambiental, considerando uso do solo e sistema de áreas livres públicas e privadas. Também considera a capacitação técnica para implantação das obras e manutenção diária das infraestruturas de drenagem e infraestruturas viárias, incluindo calçadas, canteiros e arborização urbana, além de praças e áreas verdes dos municípios.

1.2 MEIO AMBIENTE

1.2.1 Políticas relacionadas ao meio ambiente

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação foram estabelecidos pela Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Nesse momento também foram constituídos o Sistema Nacional do Meio

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente e o Cadastro Técnico Federal de Atividades e instrumentos de Defesa Ambiental.

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os princípios:

- Ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- Racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- Planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- Proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- Acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- Recuperação de áreas degradadas;
- Proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- Educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

São instrumento de aplicação da PNMA: estabelecimento de padrões ambientais, zoneamento ambiental, avaliação de impactos ambientais, licenciamento ambiental, incentivos de melhoria da qualidade ambiental, criação de áreas de proteção ambiental, sistema nacional de informações sobre o meio ambiente, entre outros.

Em âmbito estadual, a Política Estadual de Meio Ambiente, seus mecanismos de formulação e execução, no estado do Rio de Janeiro, foram estabelecidos através do Projeto de Lei nº 1988, de 25 de agosto de 1994. Essa Lei, com fundamento no artigo 261 da Constituição Estadual, estabeleceu a Política Estadual de Meio

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Ambiente, constituiu o Sistema Estadual de Meio Ambiente, como também outras providências.

A Lei nº 1988/94 ainda especifica os zoneamentos e planos. O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) foi definido como o instrumento do planejamento territorial que orienta e induz o desenvolvimento e a gestão mais adequada do território, observadas as limitações e potencialidades dos diversos ecossistemas e os princípios técnicos da teoria de biogeografia insular ou dinâmica de fragmentos florestais. Visando incluir a região marinha nos estudos, foi estipulado que o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro deve ser formulado simultaneamente ao ZEE. Uma abordagem mais detalhada sobre o gerenciamento costeiro e o ZEE são apresentados nos itens 1.4 e 1.5 deste capítulo, respectivamente.

O Zoneamento Hídrico-Ecológico dos sistemas fluviais deve ser elaborado com a finalidade de normatizar o uso dos cursos de água por bacia hidrográfica, determinando o uso por trecho do curso. Além disso, deve constituir como um dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e ser formulado simultaneamente ao ZEE.

Os Planos Diretores de Proteção e Uso Múltiplo das Baías e Lagunas (abordados mais adiante nos itens 1.5 e 1.6) são os instrumentos para a promoção da utilização sustentada daqueles ecossistemas, integrando seus diversos usos potenciais. Os Planos Diretores devem abranger especialmente a área do espelho de água acrescido de uma faixa marginal e sua formulação deverá priorizar os seguintes ecossistemas:

a) Baías de Ilha Grande, Sepetiba e Guanabara;
b) Lagunas de Piratininga, Itaipu, Tijuca, Maricá, Saquarema, Jaconé, Araruama, Imboacica, Carapebus, Feia de Cima, Campelo e do Córrego do Caldeirão.

Para executar as políticas estaduais do meio ambiente, de recursos hídricos e de recursos florestais adotadas pelos Poderes Executivo e Legislativo do Estado, o Governo do Estado do Rio de Janeiro, a partir da fusão de três órgãos (Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente - Feema, Superintendência Estadual de Rios e Lagos – Serla e Instituto Estadual de Florestas – IEF), criou através da Lei nº

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

5101, de 04 de outubro de 2007, o INEA, submetido a regime autárquico especial e vinculado à Secretaria de Estado do Ambiente.

Ainda no que diz respeito a políticas relacionadas ao meio ambiente, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída em 2009 pela Lei n° 12187, busca garantir o desenvolvimento econômico e social de forma a contribuir para a proteção do sistema climático global. No âmbito estadual, a Lei n° 5690, de 14 de abril de 2010, institui a Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável. Essa lei estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos aplicáveis para prevenir e mitigar os efeitos e adaptar o estado às mudanças climáticas, em benefício das gerações atuais e futuras, bem como facilitar a implantação de uma economia de baixo carbono no estado do Rio de Janeiro.

1.2.2 Planos relacionados ao meio ambiente

i) Política Estadual de Educação Ambiental

A Política Estadual de Educação Ambiental foi instituída pela Lei n° 7.979/2018, indicando que a educação ambiental deverá ser desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal. A referida Lei também cria o Programa Estadual de Educação Ambiental no âmbito do Rio de Janeiro (ProEEA-RJ). O ProEEA-RJ, entre outros objetivos, busca ampliar a gestão ambiental pública por meio da participação popular, desenvolver uma compreensão integrada das interações entre sociedade e natureza, incentivar a participação comunitária no reconhecimento dos seus direitos, fomentar e fortalecer a difusão de modelos de desenvolvimento científico e tecnológico que não coloquem em risco ou causem dano à vida, entre outros.

ii) Plano Nacional sobre Mudança do Clima

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima tem como objetivo incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil para a redução das emissões de gases de efeito estufa. O Plano integra metas como dobrar a área de florestas plantadas, aumentar a reciclagem de resíduos sólidos urbanos e incentivos a práticas sustentáveis nos sistemas agropecuários. Tais metas, além de contribuir na redução de mudanças climáticas, contribuem diretamente para a melhoria dos recursos hídricos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Em 10 de maio de 2016, por meio da Portaria n°150, foi instituído o Plano Nacional de Adaptação à Mudanças do Clima (PNA). O PNA é um instrumento elaborado pelo Governo Federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais, o qual busca promover a redução da vulnerabilidade nacional e gestão do risco associada às mudanças climáticas. O PNA considerou 11 setores para sua elaboração: agricultura, recursos hídricos, segurança alimentar e nutricional, biodiversidade, cidades, gestão de risco de desastres, indústria e mineração, infraestrutura, povos e populações vulneráveis, saúde e zonas costeiras.

iii) Planos de Manejo de Unidade de Conservação

Os Planos de Manejo de Unidade de Conservação (UC) são elaborados logo após a criação de uma UC, em um prazo máximo de cinco anos. O Plano de Manejo é um documento elaborado a partir de diversos estudos, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social, e estabelece normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da UC. O Plano de Manejo busca minimizar os impactos negativos sobre a UC, garantir a manutenção dos processos ecológicos e prevenir a simplificação dos sistemas naturais.

As UCs no Brasil são regidas pela Lei Federal nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). A lei define o Plano de Manejo como um documento técnico por meio do qual se estabelece o zoneamento das UCs, bem como as normas relacionadas ao uso na área estabelecida.

As UCs podem ser classificadas como Unidades de Proteção Integral ou Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral são aquelas responsáveis por preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nessa Lei. O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de UC: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; e Refúgio de Vida Silvestre.

Já as Unidades de Uso Sustentável são utilizadas para compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. As categorias que constituem o Grupo das Unidades de Uso Sustentável são: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

iv) Plano de adaptação climática do estado do Rio de Janeiro

O Plano de adaptação climática do estado do Rio de Janeiro é um trabalho pioneiro, com objetivo subsidiar a SEAS e o INEA nas ações de planejamento, conforme a Política Estadual sobre Mudança do Clima, destacando as vulnerabilidades e fornecendo recomendações para a tomada de decisão pública e para a definição de projetos e medidas concretas que aumentem a resiliência do estado às mudanças do clima, pois este é particularmente vulnerável a desastres naturais associados a eventos extremos (INEA, 2018).

Em julho de 2020 foi criado o decreto que formaliza o Fórum Rio de Janeiro de Mudanças Climáticas (FRJMC), que tem como objetivo fortalecer a participação dos diversos setores no debate sobre às mudanças climáticas e a economia de baixo carbono no Estado.

v) Planos municipais de adaptação às mudanças climáticas

Em se tratando de mudanças climáticas a nível municipal, a cidade de Niterói, por meio do Decreto n° 12433/2016, instituiu o Grupo Executivo de Sustentabilidade e Mudanças Climáticas de Niterói (GECLIMA), com o objetivo de executar estudos, propor ações, conscientizar e mobilizar a sociedade e o governo do município para discussão dos problemas decorrentes das mudanças do clima e promoção do desenvolvimento sustentável, contribuindo para o crescimento econômico, a preservação ambiental e o envolvimento social. O GECLIMA busca reunir propostas que promovam a mitigação da emissão de gases e efeito estufa e incentivem práticas sustentáveis.

Já a cidade do Rio de Janeiro tem política climática coordenada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) através de sua Gerência de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável. Cabe destacar que a cidade do Rio de Janeiro foi uma das primeiras no País a definir uma Política Municipal de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

vi) Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Rio de Janeiro (PMMA-Rio)

Os Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica são elementos de planejamento para a proteção, conservação, recuperação e uso sustentável da Mata Atlântica. Os planos são criados pelas prefeituras e devem ser aprovados pelo Conselho Municipal de Meio ambiente.

Na cidade do Rio de Janeiro, o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA-Rio) tem como objetivo dar subsídios técnicos e executivos à SMAC para o planejamento das políticas, projetos e ações de conservação e recuperação da Mata Atlântica. O PMMA foi instituído pelo art. 38 da Lei nº 11428/06 (Lei da Mata Atlântica), regulamentado pelo art. 43 do Decreto nº 6660/08 e exigido pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente da cidade do Rio de Janeiro (CONSEMAC).

vii) *Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Rio Bonito*

O PMMA de Rio Bonito é um instrumento de planejamento territorial municipal que sistematiza oportunidades e desafios para um ordenamento dos usos da Mata Atlântica local, busca contribuir para a implantação de estratégias de proteção, sustentabilidade e conservação dos fragmentos da Mata que ocorrem em seu território.

1.2.3 Projetos e programas relacionados ao meio ambiente

i) Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos (PROCON ÁGUA)

O PROCON ÁGUA é parte integrante do Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAM) do estado do Rio de Janeiro. Os responsáveis pelas atividades e empreendimentos poluidores ou potencialmente poluidores informam regularmente ao INEA as características qualitativas e quantitativas de seus efluentes líquidos por meio do Relatório de Acompanhamento de Efluentes Líquidos.

ii) Programa Região Oceânica Sustentável (PRO-Sustentável)

O Programa Região Oceânica Sustentável (PRO-Sustentável) do município de Niterói tem como objetivo promover a sustentabilidade ambiental da Região Oceânica e busca estacar e reverter os processos de degradação do meio ambiente. Assim, o

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

PRO-Sustentável visa a maior eficácia das ações e sua efetividade, prevendo a estruturação e implantação de um sistema de gestão integrado entre as secretarias municipais, poderes públicos estadual, federal e local. Alguns projetos realizados (PRO SUTENTÁVEL, 2020):

- Urbanização: busca realizar obras para recuperação e proteção do ecossistema lagunar envolvendo ações de urbanização de modo a valorizar o patrimônio ambiental do município e oferecer maior conforto urbano. Projetos realizados: Parque Orla Piratininga, sistema cicloviário e requalificação da área de influência do corredor BRT Transoceânica.
- Infraestrutura: inclui a implantação de um corredor viário (corredor BRT Transoceânica), obras de drenagem (drenagem do bairro Fazendinha), pavimentação e qualificação de vias.
- Sustentabilidade: busca consolidar a gestão ambiental do programa, com foco no planejamento e ações na bacia hidrográfica da Região Oceânica. Projetos executados: requalificação da bacia do rio Jacaré, centro de referência em sustentabilidade ambiental (CERSU), plano de gestão ambiental da Região Oceânica e ecoturismo e gestão de praias.

iii) Projeto de Restauração Ecológica BNDES

O BNDES financia atividades de restauração ecológica nas modalidades reembolsável e não reembolsável. No primeiro caso, são financiadas empresas e proprietários rurais. No segundo caso, o apoio é direcionado a instituições sem fins lucrativos que implementam a restauração em unidades de conservação públicas, Áreas de Preservação Permanente (APP), Reservas Legais em assentamentos rurais, Terras Indígenas e Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN).

O BNDES Restauração Ecológica é a forma de apoio não reembolsável do BNDES a projetos de restauração de todos os biomas brasileiros, exceto o bioma Amazônia, para o qual o Banco dispõe do Fundo Amazônia.

Os objetivos do BNDES Restauração Ecológica são o aumento da cobertura vegetal com espécies nativas, além do fortalecimento da estrutura técnica e de gestão da cadeia produtiva do setor de restauração ecológica.

O instrumento sucede e amplia a Iniciativa BNDES Mata Atlântica, ação anterior de apoio não reembolsável ao setor de restauração.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

1.3 SANEAMENTO BÁSICO

1.3.1 Políticas relacionadas ao saneamento básico

Em 5 de janeiro de 2007 foi instituída a Lei n° 11445, chamada Lei Federal de Saneamento Básico. O saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. A lei define as competências quanto à coordenação e atuação dos diversos agentes envolvidos no planejamento e execução da política federal de saneamento básico no País.

No que tange aos resíduos sólidos, a Lei n° 12305, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. A lei apresenta diversos instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

No âmbito estadual, a Lei n° 4191, de 30 de setembro de 2003, instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos. A lei estabelece os “princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no estado do Rio de Janeiro, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais.”

1.3.2 Planos relacionados ao saneamento

i) Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) consiste no planejamento integrado do saneamento básico em um horizonte de 20 anos, de 2014 a 2033. Aprovado pelo Decreto n° 8141 e pela Portaria n° 171, sua elaboração foi prevista na lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei nº 11445).

O plano estabelece metas de curto, médio e longo prazo propostos a partir da análise situacional do déficit em saneamento básico, dos investimentos no setor, dos programas e ações do governo federal, de uma avalição político institucional e da elaboração dos cenários para a política de saneamento básico no País.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

ii) Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O Plano Nacional de Resíduos sólidos apresenta diretrizes, estratégias e metas que orientam as ações para o Brasil implantar a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, com horizonte de 20 anos de aplicação.

iii) Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-RJ)

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-RJ) foi aprovado pelo Decreto nº 45.957, de 22 de março de 2017. Elaborado em 2013, tem um horizonte de planejamento até 2033, com previsão de revisões a cada quatro anos. O Plano apresenta metas, orientações e instrumentos relacionados aos aspectos institucionais, ambientais, sanitários, econômicos, financeiros, sociais e normativos que devem nortear gestores públicos, estaduais e municipais, bem como o setor produtivo, na tomada de decisões e na formulação de programas e ações relativos à gestão e ao manejo dos resíduos sólidos no estado do Rio de Janeiro (SEA, 2013).

iv) Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB)

Os planos de saneamento dos municípios da RH-V e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá têm como objetivo dotar de instrumentos e mecanismos que permitam a implantação de ações articuladas, duradouras e eficientes para a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico, com metas definidas em processo participativo, conforme determina a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11445/2007)**.** Em 2020, de acordo com o Novo Marco de Saneamento (Lei nº 14026/2020) a ANA instituirá normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico tendo como referência a Lei nº 11445, cujo art.11 §5° prevê a substituição dos PMSBs por EVTEs (Estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira). Quanto ao estado do Rio de Janeiro, o edital de concessão está em vias de ser lançado.

Segundo levantamento de maio de 2019, nos municípios que compõem a RH-V e os Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, os PMSB de 16 dos 17 municípios já foram concluídos, faltando apenas Niterói, que está em andamento, como pode ser visto no Quadro 1.1 e na Figura 1.1.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 1.1 - SITUAÇÃO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO - PMSB

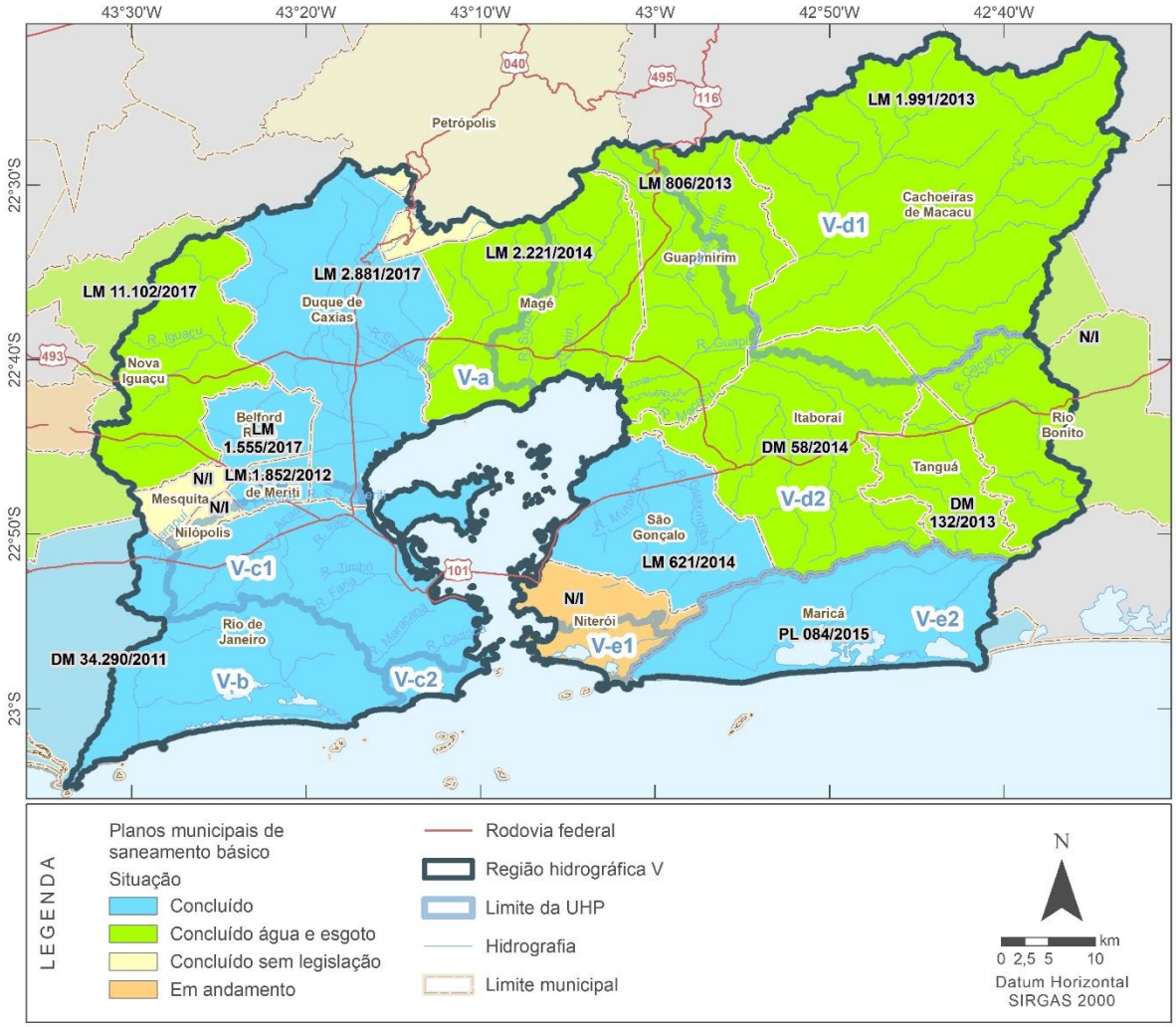
Município	Fase	Legislação
Belford Roxo	Concluído	LM 1.555/2017
Cachoeiras de Macacu	Concluído	LM 1.991/2013
Duque de Caxias	Concluído	LM 2.881/2017
Guapimirim	Concluído	LM 806/2013
Itaboraí	Concluído	DM 58/2014
Magé	Concluído	LM 2.221/2014
Maricá	Concluído	PL 084/2015
Mesquita	Concluído	N/I
Nilópolis	Concluído	N/I
Niterói	Andamento	N/I
Nova Iguaçu	Concluído	LM 11.102/2017
Petrópolis	Concluído	N/I
Rio Bonito	Concluído	N/I
Rio de Janeiro[1]	Concluído	DM 34.290/2011
São Gonçalo	Concluído	LM 621/2014
São João de Meriti	Concluído	LM 1.852/2012
Tanguá	Concluído	DM 132/2013

Fonte: Adaptado PDUI (2018).

[1] Cabe destacar que foi destinado recurso da cobrança pelo uso da água para edital de contratação da Revisão do PMSB – Água e Esgoto da Cidade do Rio de Janeiro (2011) pela Resolução CBH-BG n.º 059/2018. O edital de tomada e preços foi lançado pela prefeitura e foi suspenso em decorrência da pandemia (Processo n. 06/600.273/2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 1.1 – SITUAÇÃO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO - PMSB



Fonte: Adaptado PDUI (2018).

A partir da análise dos PMSBs, foi verificado que os planos da porção leste da RH-V apresentam uma desconexão entre os mesmos. Essa separação desconsidera a competência entre os planos e afeta sua efetividade, uma vez que tais municípios são atendidos pelo mesmo sistema de abastecimento, o Imunana-Laranjal. Ademais, os planos alertam para a sobrecarga desse sistema e a necessidade de sua expansão.

Os PMSBs da porção oeste apresentam variações de nível técnico e profundidade, além da diferença entre os períodos de elaboração, contudo as propostas se sobrepõem. As soluções apresentadas para o esgotamento sanitário buscam aproveitar a macroestrutura já existente e ampliar rede de forma geral para levar o esgoto às estações de tratamento já existentes. De forma geral, os PMSBs apresentam planejamentos compatíveis entre si e com o planejamento da CEDAE.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

v) *Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos*

Os Planos municipais de resíduos sólidos são instrumentos da PNRS (Lei n° 12305/2010). O conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos está previsto no art. 19, incisos I a XIX, da PNRS. Cabe salientar, ainda, que os PMSBs, disciplinados pela Lei nº 11445/2007, podem contemplar o conteúdo mínimo estabelecido pela PNRS para o eixo de resíduos sólidos, de modo a otimizar a integração entre a Lei de Saneamento Básico e a PNRS, bem como para aumentar a escala de municípios que tenham um planejamento mais abrangente e orientado pelas diretrizes da Lei nº 12305/2010 (MMA, 2020).

Na RH-V os municípios que apresentam Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos sólidos são: Niterói, Rio de Janeiro e São Gonçalo (CASA FLUMINENSE, 2017).

1.3.3 Projetos e programas relacionados ao saneamento

i) Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG)

Iniciado na década de 90, o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) busca aumentar as condições sanitárias e ambientais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com impacto positivo na qualidade de vida da população local, tendo como via de consequência a despoluição da Baía de Guanabara e áreas adjacentes. É uma iniciativa parcialmente financiada pelo Banco Japonês para Cooperação Internacional (JBIC) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

O programa é coordenado pela CEDAE e atua na coleta de lixo, projetos ambientais, macrodrenagem e mapeamento digital. O programa contemplou os sistemas Alegria, Sarapuí, Pavuna e São Gonçalo, com a construção de redes de coleta, troncos coletores e estações de tratamento de esgoto com níveis secundários de tratamento, e também inclui melhorias e ampliações nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) da Ilha de Paquetá e Ilha do Governador, ETE Penha e ETE Icaraí (KCI, 2016).

Em 2019, o programa completou 24 anos e nem todas as obras foram concluídas ou estão inacabadas. Assim, Ministério Público do estado do Rio de Janeiro (MPRJ), por meio do Grupo de Atuação Especializada em Meio Ambiente (GAEMA/MPRJ), firmou com a CEDAE o termo de Repactuação de Mediação para

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

execução de medidas que compõem o PDBG. O termo prevê cinco grandes intervenções por parte da CEDAE, que devem beneficiar diretamente ao menos 720 mil pessoas que vivem nas regiões favorecidas (MPRJ, 2019a).

ii) *Pacto pelo Saneamento*

Em dezembro de 2008, o governo do estado do Rio de Janeiro lançou o Pacto pelo Saneamento, integrado pelos seguintes subprogramas:

- RIO + LIMPO: apresenta como meta levar o esgotamento sanitário a 80% da população do estado até 2018. Executado tanto por meio da elaboração de estudos, planos e projetos, como da construção de sistemas de coleta e tratamento de esgoto. Incluindo eventual reforço nos sistemas de adução de água para viabilização do referido esgotamento sanitário, além da valorização dos resíduos gerados nos processos de tratamento de água e de esgoto.
- LIXÃO ZERO: possui como objetivo a erradicação do uso dos lixões no território estadual até 2014 e a remediação destes até 2016.
- PROGRAMA COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA (PCSS): busca assessorar os municípios na implantação de programa de coleta seletiva solidária, acompanhar a coleta seletiva, promover a capacitação de catadores, produzir e articular seminários e prestar assessoria jurídica para formalização de grupos de catadores.

O governo instituiu, por meio do Decreto nº 42930/2011, o Programa Estadual Pacto pelo Saneamento. Para elaborar esse decreto foram utilizadas como referência: a Lei Federal nº 11445/07, que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico; a Lei Federal nº 12305/10, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos; a Lei Estadual nº 5234/08, que dispõe sobre os investimentos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI); e a Lei Estadual nº 4191/03, responsável pela Política Estadual de Resíduos Sólidos e sua regulamentação, Decreto Estadual nº 41084/07.

A Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) é atual coordenadora do Pacto do Saneamento. Como resultado, apoiou 70 cidades fluminenses na elaboração de seus PMSBs, sendo nove municípios situados no entorno da Baía de Guanabara, quais sejam: Cachoeiras de Macacu, Guapimirim,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Itaboraí, Magé, Nova Iguaçu, Nilópolis, Rio Bonito, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá.

iii) Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara (PSAM)

Em 2012, o governo do estado do Rio de Janeiro firmou um contrato de financiamento com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), criando o PSAM (Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara), sob a coordenação do SEAS. O programa tem como fonte de recursos do BID no valor de US$ 449.376,00 com a contrapartida do Governo do Estado no valor de US$ 186.654,00.

Os objetivos do PSAM são contribuir para a ampliação do saneamento ambiental nos municípios do entorno da Baía de Guanabara.

Em 2019, o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro (MPRJ), por meio do Grupo de Atuação Especializada em Meio Ambiente (GAEMA/MPRJ), assinaram o termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com o Governo do Estado para a retomada das obras do PSAM e do PDBG. O TAC, que tem como órgão interveniente para homologação o CBH-BG, prevê quatro grandes intervenções por parte do estado do Rio de Janeiro para garantir a expansão do saneamento básico e despoluir as áreas do entorno da Baía da Guanabara, previstos para o prazo de no máximo quatro anos. Com a assinatura do TAC, o Governo do Estado se comprometeu com a destinação de reservas orçamentárias já efetuadas para o ano de 2019 no valor de R$ 106 milhões, necessárias à execução das obras (MPRJ, 2019b).

iv) Programa VIGIAGUA

O programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano em situação de emergência e de desastres naturais (VIGIAGUA) consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão e normas estabelecidas na legislação vigente e para avaliar os riscos que a água de consumo representa para a saúde humana. Assim, o responsável pelo sistema de abastecimento de água deve verificar se a água fornecida pela população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Atualmente o atendimento da potabilidade segue a Portaria de consolidação n° 05/2017, anexo XX, do Ministério da Saúde, que apresenta o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, com texto de origem na Portaria n° 2914/2011.

v) Pacto pela Reciclagem

Em 2013, foi lançado o programa Pacto pela Reciclagem, que visa à redução de resíduos que são encaminhados aos aterros sanitários, busca a maximização das oportunidades sociais de geração de renda e trabalho e prioriza a inovação e as tecnologias associadas à reciclagem de resíduos sólidos. O programa é uma parceria entre o INEA, SEAS e municípios.

vi) Projeto Se Liga

O Projeto Se Liga, da cidade de Niterói, desenvolvido em parceria pela Prefeitura de Niterói, INEA, Águas de Niterói, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade (SMARHS) e o Subcomitê Lagunar Itaipu-Piratininga (CLIP), busca identificar, conscientizar, notificar e, em último caso, autuar os imóveis que não estão ligados à rede coletora de esgoto.

1.4 Gerenciamento costeiro

1.4.1 Políticas relacionadas ao gerenciamento costeiro e marinho

O processo de institucionalização do Gerenciamento Costeiro no Brasil ocorreu por meio da promulgação da Lei Federal nº 7661, de 16 de maio de 1988, que estabelece o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). O PNGC tem, como finalidade primordial, o estabelecimento de normas gerais visando à gestão ambiental da Zona Costeira do País, lançando as bases para a formulação de políticas, planos e programas estaduais e municipais. Os detalhamentos e operacionalização do PNGC foram objeto da Resolução nº 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21 de novembro de 1990, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

O PNGC foi estabelecido como parte integrante da PNMA e da Política Nacional de Recursos do Mar (PNRM), sendo responsáveis pela sua aplicação a União, os Estados, os Territórios e os Municípios, através de órgãos e entidades integradas ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). O Decreto nº 5300,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

de 07 de dezembro de 2004, por sua vez, veio a regulamentar o PNGC e estabeleceu os limites, princípios, objetivos, instrumentos e competências para a gestão, bem como as regras de uso e ocupação da zona costeira, especialmente da orla marítima (INEA, 2020).

Além dos instrumentos de gerenciamento ambiental previstos no artigo 9º da PNMA, são considerados, para o PNGC, os seguintes instrumentos de gestão:

- O Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC), legalmente estabelecido, deve explicitar os desdobramentos do PNGC, visando à implementação da Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, incluindo a definição das responsabilidades e procedimentos institucionais para a sua execução.
- O Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC), legalmente estabelecido, deve explicitar os desdobramentos do PNGC e do PEGC, visando à implementação da Política Municipal de Gerenciamento Costeiro, incluindo as responsabilidades e os procedimentos institucionais para a sua execução. O PMGC deve guardar estreita relação com os planos de uso e ocupação territorial e outros pertinentes ao planejamento municipal.
- O Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), componente do SISNAMA, constitui-se em um sistema que integra informações do PNGC, proveniente de banco de dados, sistema de informações geográficas e sensoriamento remoto, devendo propiciar suporte e capilaridade aos subsistemas estruturados/gerenciados pelos Estados e Municípios.
- O Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC) se constitui na estrutura operacional de coleta de dados e informações, de forma contínua, de modo a acompanhar os indicadores de qualidade socioambiental da Zona Costeira e propiciar o suporte permanente dos Planos de Gestão.
- O Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC) consiste no procedimento de consolidação periódica dos resultados produzidos pelo monitoramento ambiental e, sobretudo, de avaliação da eficiência e eficácia das medidas e ações da gestão desenvolvidas. Esse Relatório será elaborado, periodicamente, pela Coordenação Nacional do Gerenciamento Costeiro, a partir dos Relatórios desenvolvidos pelas Coordenações Estaduais.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- O Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) se constitui no instrumento balizador do processo de ordenamento territorial necessário para a obtenção das condições de sustentabilidade ambiental do desenvolvimento da Zona Costeira, em consonância com a diretrizes do ZEE do território nacional.
- O Plano de Gestão da Zona Costeira (PGZC) compreende a formulação de um conjunto de ações estratégicas e programáticas, articuladas e localizadas, elaboradas com a participação da sociedade, que visam orientar a execução do Gerenciamento Costeiro. Esse Plano poderá ser aplicado nos diferentes níveis de governo e em variadas escalas de atuação.

No que tange à RH-V, vale destacar o Decreto Municipal n° 47.748, de 05 de agosto de 2020, firmado entre a Prefeitura do Rio de Janeiro e a Marinha do Brasil. O decreto tem como objetivo regularizar a utilização do espaço náutico por banhistas e embarcações. O decreto disciplina as ações da Guarda Municipal nas praias, rios e lagoas do município do Rio de Janeiro. A fiscalização municipal não contempla a atividade de Inspeção Naval, ou seja, a fiscalização de embarcações no que tange à verificação do material de segurança e equipamento de salvatagem. Tal atividade continuará sendo de competência exclusiva da Autoridade Marítima, sendo realizada diariamente pela Capitania dos Portos do Rio de Janeiro, a fim de garantir a segurança da navegação, a salvaguarda da vida humana no mar e a prevenção da poluição hídrica proveniente de embarcações (MARINHA DO BRASIL, 2020).

1.4.2 Planos relacionados ao gerenciamento costeiro e marinho

i) Plano de Recuperação Ambiental da Baía de Guanabara

O Plano de Recuperação Ambiental da Baía de Guanabara (PRA-Baía) busca revitalizar a Baía de Guanabara de modo a promover melhorias para a saúde pública e qualidade de vida, coexistindo com atividades econômicas sustentáveis. O Plano prevê a recuperação ambiental progressiva por meio do envolvimento e apoio do público, garantindo a transparência nas informações para que todas as partes interessadas tenham conhecimento das suas responsabilidades e compromissos. As metas e compromissos de recuperação são expressas em termos mensuráveis em metas de longo, médio e curto prazos. Todas as partes devem conhecer as suas responsabilidades no âmbito do plano, e as autoridades reguladoras (por exemplo,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

INEA, AGENERSA, MPF, IBAMA, ICMBio, MP/RJ, Prefeituras Municipais, CPRJ, ANVISA, ANTAQ, SPU, IPHAN, etc.) devem garantir que as ações de recuperação estejam sendo tomadas, executando sanções e fornecendo incentivos para assegurar que as medidas de recuperação necessárias estejam sendo implementadas da forma esperada. Todas as partes interessadas são responsáveis não apenas por suas ações, mas também por sua inércia (PRA-BAÍA, 2016).

1.4.3 Projetos e programas relacionados ao gerenciamento costeiro e marinho

i) Projeto Orla

Dentre os projetos e ações estratégicas para os ecossistemas costeiros no estado do Rio de Janeiro, em desenvolvimento pelo INEA, destacam-se a implementação da Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro do Estado do Rio de Janeiro e do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (INEA, 2020).

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla) é uma ação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, no âmbito da sua Secretaria do Patrimônio da União (SPU/MP). Suas ações buscam o ordenamento dos espaços litorâneos sob domínio da União, aproximando as políticas ambiental e patrimonial, com ampla articulação entre as três esferas de governo e a sociedade. Os seus objetivos estão baseados nas seguintes diretrizes:

- Fortalecimento da capacidade de atuação e articulação de diferentes atores do setor público e privado na gestão integrada da orla, aperfeiçoando o arcabouço normativo para o ordenamento de uso e ocupação desse espaço;
- Desenvolvimento de mecanismos de participação e controle social para sua gestão integrada;
- Valorização de ações inovadoras de gestão voltadas ao uso sustentável dos recursos naturais e da ocupação dos espaços litorâneos.

Assim, o Projeto busca responder a uma série de desafios como reflexo da fragilidade dos ecossistemas da orla, do crescimento do uso e ocupação de forma desordenada e irregular, do aumento dos processos erosivos e de fontes contaminantes. Da mesma forma, o estabelecimento de critérios para destinação de usos de bens da União, visando ao uso adequado de áreas públicas, a existência de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

espaços estratégicos (como portos, áreas militares) e de recursos naturais protegidos, também se configuram em desafios para gestão da orla brasileira (MMA, 2020).

ii) Programa Baía sem Lixo

O Programa Baía sem Lixo busca a retenção de resíduos sólidos na foz dos rios e canais e a coleta de resíduo flutuante no espelho de água da Baía. O programa é coordenado pela SEAS em parceria com o INEA e atua em duas frentes: na instalação de estruturas feitas a partir de materiais reciclados, como garrafas PET, na foz de rios e canais, as chamadas *ecobarreiras*, com a finalidade de reter os resíduos sólidos, e através da operação de embarcações especiais de coleta de lixo flutuante, os *ecobarcos* (KCI, 2016).

iii) Programa Enseada Limpa

O programa Enseada Limpa é uma iniciativa da Prefeitura de Niterói, com apoio da empresa Águas de Niterói e outros órgãos municipais. O programa busca reduzir os índices de poluição e a presença do lixo na orla de Niterói.

Desde 2013, o programa já investiu mais de R$ 22.400.000,00 em obras de melhoria da rede de saneamento e em programas ambientais com foco na questão do lixo. A meta é recuperar a balneabilidade da Enseada de Jurujuba, que poderá se tornar a primeira parte da Baía de Guanabara a ser declarada despoluída (GRAEL, 2015).

iv) *Reserva Extrativista Marinha de Itaipu (RESEX) no Município de Niterói*

Trata-se de uma área de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseie-se no extrativismo, com os objetivos básicos de proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos seus recursos naturais.

A Reserva Extrativista Marinha de Itaipu (RESEX Itaipu) foi criada pelo Decreto Estadual nº 44.417, de 30 de setembro de 2013, no município de Niterói. Primeira UC estadual dessa categoria, compreende a área marinha adjacente às praias de Itacoatiara, Itaipu, Camboinhas e Piratininga, e a Lagoa de Itaipu, com área de cerca de 3.943,28 hectares.

Dentro dos seus limites, ficam asseguradas, em conformidade com os regulamentos específicos estabelecidos pelo seu Conselho Deliberativo, a pesca

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

amadora e a artesanal praticada por pescadores de forma tradicional, sendo proibida a pesca industrial, a pesca predatória e o descarte de água de lastro ou óleo.

v) Tombamento do Litoral

O Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC), através do processo n° E-18/300.459/85, realizou o tombamento de diversos trechos do litoral fluminense, sob a égide da política cultural do então secretário de estado Darcy Ribeiro. O tombamento foi realizado com o objetivo de reconhecer o valor simbólico e documental dos diferentes ecossistemas naturais e sua íntima relação com a construção da identidade fluminense. Desde o manguezal e a Ilha da Convivência, na foz do Paraíba do Sul, até a Ilha de Trindade a praia do Sono, em Paraty – o tombamento visa impedir a devastação de praias, costões rochosos, restingas, manguezais, ilhas – muitos deles, paisagens que respaldam implantações históricas da pesca artesanal ameaçadas pela especulação imobiliária e pelo turismo predatório.

A área protegida denominada Canto Sul da Praia de Itaipu, pertencente à RH-V, corresponde a um pequeno trecho do litoral do município de Niterói que resistiu ao processo de parcelamento inadequado do solo, cuja ocupação mantém ainda uma relação harmoniosa com a paisagem natural circundante, formada pelo Pontal do Morro das Andorinhas, as Ilhas da Menina, do Pai e da Mãe, o aldeamento de pescadores e o histórico Recolhimento de Santa Teresa.

O processo de tombamento teve início em 09 de dezembro de 1985, com a realização do tombamento provisório, até ocorrer de maneira definitiva em 11 de maio de 1987 (INEPAC, 2020).

vi) Parque Orla Piratininga

O projeto Parque Orla Piratininga (POP) faz parte do Programa Região Oceânica Sustentável (PRO-Sustentável), financiado pelo Banco de Desenvolvimento da América Latina – Cooperação Andina de Fomento (CAF). O investimento será de R$ 60 milhões.

O POP consiste em um projeto da Prefeitura de Niterói de recomposição vegetal e despoluição da orla da lagoa de Piratininga, abrangendo uma área de mais de 150 mil m². Um dos diferenciais do parque é a implantação de um sistema de gestão de águas pluviais composto por bacias de sedimentação, jardins filtrantes,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

jardins de chuva e biovaletas para a captação e o tratamento das águas provenientes dos rios e da rede de drenagem das principais bacias contribuintes à lagoa de Piratininga. Com a criação do POP serão implantados cerca de 10 km de sistema cicloviário ao longo de toda a orla da lagoa, quatro píeres de contemplação e seis píeres de pesca, três mirantes e 17 áreas de lazer, três delas com quadra de esporte, além de brinquedos e academia de ginástica.

1.5 Gestão territorial

1.5.1 Políticas relacionadas à gestão territorial

A promoção da gestão territorial integrada tem como o principal instrumento de planejamento e ordenamento territorial o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), estabelecido no Projeto de Lei nº 1988, de 25 de agosto de 1994 (MMA, 2020). Na esfera estadual os principais planos, que representam a conjuntura de planejamento mais recente para RH-V, são o ZEE do estado do Rio de Janeiro e o Plano Estratégico de Logística e Cargas, ambos em constante atualização.

O ZEE do estado do Rio de Janeiro é um instrumento de ordenamento territorial, que orienta sobre limites e potencialidades de uso dos recursos naturais frente a atividades que podem ser desenvolvidas por zona de uso. Os trabalhos de desenvolvimento do ZEE tiveram início em 2015 e seguem em constante atualização pela SEA.

O zoneamento resultante definiu três classes de uso no estado do Rio de Janeiro (Mapa 1):

- Áreas de Produção: espaços aptos à consolidação ou expansão de atividades econômicas, incluindo-se aqui a urbanização. As áreas de consolidação se diferenciam em agrícolas e não agrícolas. Nas áreas de expansão não há diferenciação, indicam tanto usos agrícolas como urbano.
- Áreas de Suporte Ambiental: espaços que apresentam fragilidades naturais onde se admite ocupação com fins sociais e econômicos, condicionada a restrições de manejo compatíveis com o suporte da base física. Incluíram-se aqui as UCs de Usos Sustentável, além de outras áreas de interesse ecológico.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- Área de uso restrito e controlado: espaços de preservação ou restrição de uso, delimitados legalmente. Incluíram-se aqui UCs de Proteção Integral, terras indígenas, territórios quilombolas e áreas militares.

Metade do território da RH-V enquadra-se em zona de produção (50%), dentre os quais 15,83% são áreas de expansão de atividades urbanas ou econômicas. A outra metade territorial divide-se quase meio a meio entre Áreas de Suporte Ambiental (24%) e Áreas de Uso Restrito e Controlado (26%).

O ZEE reafirma as áreas de preservação e conservação previamente existentes na RH-V e dá suporte aos vetores de expansão que apontam para o leste e nordeste da Baía de Guanabara, existindo a previsão de áreas aptas ao crescimento urbano e econômico.

Entretanto, no contexto do ZEE existe a possibilidade de maior pressão sobre o manancial do rio Macacu, na Unidade Hidrológica de Planejamento (UHP) V-d1, e maior densificação das áreas de recarga de aquíferos na UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá), aumentando também os riscos de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Há de se considerar também que a expansão da mancha urbana não implica apenas no impacto da densificação populacional. O espraiamento de núcleos urbanos envolve também um esforço maior da infraestrutura e da agilidade da mobilidade, além dos impactos envolvidos na instalação de novos bairros

.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DA RH-V

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

Tema: ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

MAPA 01

43°30'W 43°25'W 43°20'W 43°15'W 43°10'W 43°5'W 43°W 42°55'W 42°50'W 42°45'W 42°40'W 42°35'W

22°25'S 22°30'S 22°35'S 22°40'S 22°45'S 22°50'S 22°55'S 23°S 23°5'S

Paraíba do Sul
Paty do Alferes
Vassouras
Petrópolis
Teresópolis
Nova Friburgo
Cachoeiras de Macacu
Silva Jardim
Engenheiro Paulo de Frontin
Miguel Pereira
Nova Iguaçu
Duque de Caxias
Magé
Japeri
Queimados
Belford Roxo
São João de Meriti
Mesquita
Nilópolis
Rio de Janeiro
São Gonçalo
Niterói
Itaboraí
Rio Bonito
Saquarema
Maricá
Oceano Atlântico

V-a
V-b
V-c1
V-c2
V-d1
V-d2
V-e1
V-e2

SO.F SO.H SO.G SO.I SR.D SR.E IP.J IP.K PC.A PC.B PE.C IU.N IU.M

LEGENDA

Zoneamento Ecológico-Econômico

Áreas de produção
- Pc.a, Consolidação com uso não agropecuário
- Pc.b, Consolidação com uso agropecuário
- Pe.c, Expansão com usos diversos

Áreas de uso restrito e controlado
- Ip.j, Áreas de preservação permanente conservadas
- Ip.k, Unidadesde conservação de proteção integral
- Iu.n, Áreas militares

Áreas de suporte ambiental
- So.f, Conservação de ambientes de alta fragilidade natural
- So.g, Conservação de ambientes de importância em biodiversidade
- So.h, Conservação de ambientes de manutenção das águas
- So.i, Corredores ecológicos
- SR.d, Recuperação de áreas de preservação permanente com usos
- SR.e, Recuperação/Manejo de ambientesde alta fragilidade natural

- Rodovia federal
- Rodovia estadual
- Ferrovia
- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual

N W E S

ESCALA
1:320.000
0 2,5 5 10 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
ZEE: INEA/SEAS, 2018
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
UF: IBGE, 2018
Limite municipal: CEPERJ, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP Agência de Bacia
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA Recursos Hídricos e Ambientais Engenharia e Consultoria

1.5.2 Planos relacionados à gestão territorial

i) Plano Estratégico de Logística e Cargas (PELC)

O Plano Estratégico de Logística e Cargas 2045 (PELC) iniciou em 2014, tendo como objetivo principal planejar uma política de longo prazo para a construção de uma malha de acessibilidade e transporte inteligente para o estado do Rio de Janeiro.

Entre os projetos âncoras[2] do PELC/45, envolvendo a RH-V estão:

- Porto do Rio de Janeiro: ampliação de acessibilidade e armazenamento;
- Aeroporto do Galeão: ampliação para consolidação de hub aeroportuário nacional e internacional de passageiros e cargas;
- Arco Metropolitano: eixo estruturador da RMRJ, promovendo a ligação direta entre os principais eixos de acesso regionais (rodoviários e ferroviários), tendo na sua área de influência direta a prioridade para os usos industrial e logístico;
- Eixos Rodoviários Metropolitanos: consolidação de conexões viárias para a fluidez do tráfego Metropolitano e desoneração no transporte de cargas (Transbaixada, Via Light, Plataforma Logística e melhorias na BR-101);
- Eixos multimodais: conexões logísticas entre o Rio de Janeiro e o Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais;
- Instalações de apoio *off shore*: infraestrutura marítima e terrestre em toda a orla do estado do Rio de Janeiro.

Quando consolidados, os projetos âncoras do PELC/45 refletem em maior atratividade econômica e populacional para RH-V e, provavelmente, novos eixos de expansão e densificação urbana nos eixos viários conectores.

No âmbito de planejamento metropolitano, influenciam diretamente os cenários do PRH-BG, o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado e o Plano Diretor de Transporte Urbano da RMRJ.

[2] Cabe destacar que o Aeroporto de Maricá não consta na Lista de PELCs, entretanto esse entrará em operação em 2020 e operará, principalmente, para a demanda do Pré-Sal e voos executivos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

ii) Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDUI RMRJ)

O processo de desenvolvimento do PDUI RMRJ resultou em uma proposta de reconfiguração espacial da RMRJ, ancorada em um zoneamento metropolitano e ações prioritárias voltadas ao desenvolvimento tecnológico, ambiental e socioeconômico.

As principais diretrizes de ordenamento territorial da Região Metropolitana foram fundamentadas em conter a expansão horizontal e fragmentada da mancha urbana, otimizando, qualificando e diversificando a ocupação urbana existente, fortalecendo e reorganizando as centralidades regionais e buscando a implantação de áreas de interesse econômico logístico e industrial. Em contraponto ao desenvolvimento urbano foi proposta a valorização do meio ambiente e do espaço agroecológico metropolitano.

- O zoneamento proposto pelo PDUI indica de forma preliminar, a ser debatida e acordada com a Governança e municípios metropolitanos, áreas de proteção ambiental, de ocupação urbana, de uso rural e de interesse econômico.
- Zona de preservação: corresponde às UCs de Proteção Integral.
- Zona de consolidação: áreas com densidade populacional e de infraestrutura, com demandas de qualificação urbanística, onde se pretende estimular a ocupação integral.
- Zona de qualificação: áreas urbanizadas com baixa oferta de infraestrutura, comércio e serviços, onde se propõe a qualificação, o adensamento e o estímulo ao desenvolvimento das atividades econômicas.
- Zona agroecológica e de contenção 1: áreas de fragilidade ambiental, com ocupações urbanas de baixíssima densidade ou com áreas de produtividade rurais, destinadas a funções ambientais conforme planos de manejo das UCs de Uso Sustentável que configuram a zona.
- Zona agroecológica e de contenção 2: áreas urbanas de baixíssima densidade, formada por áreas rurais, por áreas de transição junto a UCs,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

e por outras áreas onde se pretende desestimular e até mesmo restringir a ocupação urbana.

- Zona de atividades econômicas: usos industriais, logísticos e serviços de médio e grande porte, assim como outras macroestruturas econômicas.

Entende-se que o Zoneamento Metropolitano na RH-V reforça a proteção das áreas prioritárias à conservação dos recursos hídricos e controla a expansão urbana. Por outro lado, a promoção do adensamento e das centralidades em Itaguaí, Itaboraí e Magé deve ser testada frente ao balanço hídrico das diferentes Unidades Hidrográficas.

iii) Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU)

O Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU) definiu as diretrizes de reorganização e ampliação do sistema de transporte da RMRJ. As previsões para a infraestrutura de mobilidade de 2021 para a RH-V são:

- Ampliação da conexão entre a região oeste e centro do Rio de Janeiro por meio de BRT e Trem Urbano;
- Conexão via metro entre Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo;
- Densificação da malha ferroviária ao oeste da Baía de Guanabara;
- Densificação da rede metroviária na região central do Rio de Janeiro;
- Maior concectividade na região leste da Baía de Guanabara, por meio de BRT;
- Ampliação de alternativas hidroviárias.

A melhoria da infraestrutura de mobilidade implica em avanço na qualidade de vida dos moradores da RH-V e confirma a tendência de adensamento da Zona de Consolidação prevista no PDUI MRJ.

iv) Plano Diretor do Arco Metropolitano (PDAM)

O Plano Diretor do Arco Metropolitano (PDAM) está em processo de implementação, trazendo novas dinâmicas de mobilidade e atratividade urbana à RH-V, especialmente quando:

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- Conecta as BR-101, BR-116, BR-040 e BR-465, promovendo mais fluidez ao tráfego de cargas e aliviando o trânsito metropolitano;
- Amplia a acessibilidade dos Portos de Itaguaí e do Rio de Janeiro, viabilizando e atraindo terminais logísticos;
- Configura um vetor de expansão para os municípios que atravessa (Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias e Nova Iguaçu, na RH-V).

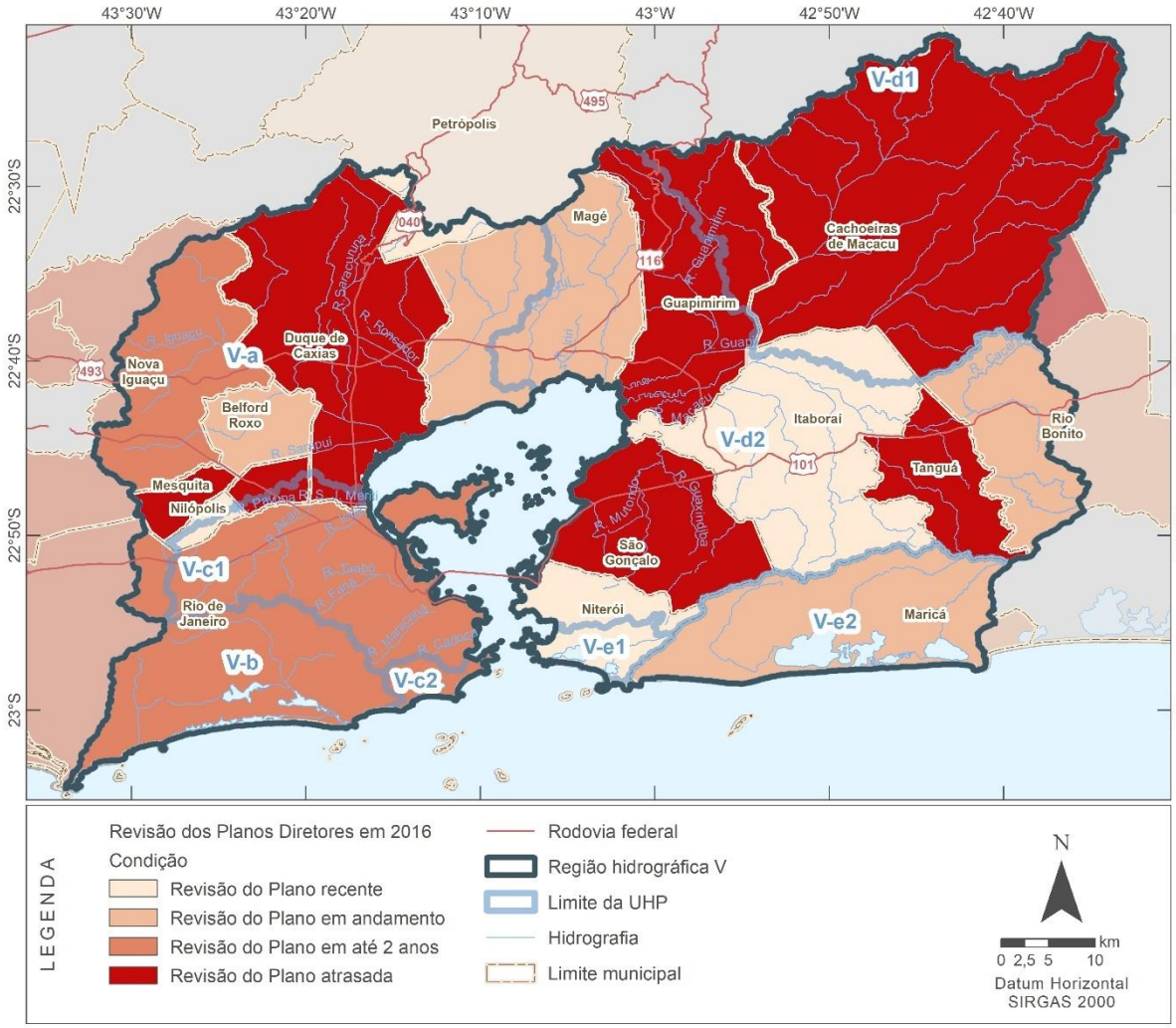
O PDAM prepara a área de influência direta do eixo viário para ser um eixo condutor expansão urbana. Para o PRH-BG, é um plano a ser considerado para reorganização do planejamento municipal e na configuração de novas demandas hídricas.

v) Planos Diretores Municipais

No território da RH-V, os Planos Diretores Municipais estão, na maioria, desatualizados em relação ao planejamento regional e em desconformidade com a dinâmica de crescimento urbano que a região tem apresentado (Figura 1.2).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 1.2 – PLANOS DIRETORES DA RH-V



Fonte: RHA (2020), adaptado de sites das prefeituras municipais.

Dentre os 17 municípios em questão, apenas Itaboraí e Nilópolis estão com planos atualizados (aprovados em 2019). Os demais se apoiam em leis com mais dez anos, sendo que quase a metade dos municípios aprovaram seu último plano em 2006.

Além da defasagem dos Planos Diretores, as leis de uso e ocupação do solo têm datas predominantemente anteriores a do próprio PDM. Dez municípios enquadram-se nesta situação, entre eles oito têm zoneamentos municipais aprovados na década de 1990.

De maneira geral, os municípios indicam zonas prioritárias para o adensamento urbano e zonas para o desenvolvimento industrial, logístico e empresarial (Quadro 1.2). Mesmo com a data ultrapassada das legislações, estas zonas têm demostrado

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

congruência com as áreas aptas para urbanização, conforme a leitura do ZEE e PDUI, cabendo a revisão de zoneamento frente ao Plano Diretor do Arco Metropolitano.

QUADRO 1.2 – CONJUNTURA DA LEGISLAÇÃO DE ORDENAMENTO TERRITORIAL NOS MUNICÍPIOS DA RH-V

Municípios	Lei do Plano Diretor Municipal	Lei de uso e ocupação do solo	Zonas prioritárias ao desenvolvimento industrial e logístico	Zonas de concentração populacional
Belford Roxo	Lei Complementar nº 084/2007 (em revisão)	Lei complementar nº 133/2012 (**)	Macrozona de Ocupação Estratégica.	Macrozona de Intensificação da Urbanização
Cachoeiras de Macau	Lei complementar nº 1.653/ 2006.	Lei Orgânica nº 05/1988	Zona Industrial.	-
Duque de Caxias	Lei complementar nº 01/2006 e atualizações.	não possui legislação específica (define-se no plano diretor)	Zonas Especiais de Negócios Industriais.	Zona de Ocupação Preferencial
Guapimirim	Lei complementar nº 01 / 2003 (não encontrada - fonte PDUI-RJ).	Lei nº 200 / 1997	Zona Industrial.	Zona Central
Itaboraí	Lei complementar nº 252/ 2019	Lei nº 823/1986 e atualizações	Zona Urbana de Uso Predominantemente Industrial; Zona Urbana de Uso Estritamente Industrial.	Zona de Uso Urbano Diversificado-ZUD
Magé	Lei nº 1773/2006 (em revisão / projeto de lei)	(*)	Macroárea de uso empresarial.	Macroárea de Ocupação Prioritária
Maricá	Lei complementar nº 145/ 2006.	Lei nº 2272/ 2008.	Zona de Industria e Comércio 1 (ZIC1); Zona de Industria e Comércio 2 (ZIC2);	ZR1
Mesquita	Lei complementar nº 355/2006	Lei complementar nº 15/2011.	Área de ocupação prioritária 2.	Área de ocupação prioritária 1
Nilópolis	Lei complementar nº 148/2019	(*)	(*)	(*)
Niterói	Lei complementar nº 3.385 /2019	Lei Municipal Nº 1.469/1995 e planos urbanísticos regionais.	Macroárea Marinha de Uso Intensivo.	Macroárea de Integração Metropolitana
Nova Iguaçu	Lei complementar nº 4.092/ 2011.	Lei nº 2.882/ 1997	Áreas Estratégicas de Atividades Industriais (AT-1); Eixos Estratégicos de Atividades Diversificadas (AT-3).	Macrozona de Urbanização Consolidada,
Petrópolis	Lei municipal nº 7.167/2014	Lei nº 5.393/ 1998.	Setor de Atividades Urbano (SAU); Setor de Uso Diversificado (SUD).	Setor residencial 6Setor de Atividades Urbano (SAU); Setor de Uso Diversificado (SUD)
Rio Bonito	Lei complementar nº 1.409 /2006 (em revisão)	Lei nº 832/1999	Zona Industrial.	Zona de uso residencial multifamiliar vertical
Rio de Janeiro	Lei complementar nº 111/ 2011	Decreto 322/1976 e um conjunto de leis adicionais (em processo de	Zona de Uso Predominantemente Industrial - ZUPI; Zona	Macrozona de Ocupação Incentivada;

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Municípios	Lei do Plano Diretor Municipal	Lei de uso e ocupação do solo	Zonas prioritárias ao desenvolvimento industrial e logístico	Zonas de concentração populacional
		revisão e simplificação).	de Uso Estritamente Industrial – ZEI.	Macrozona de Ocupação Assistida.
São Gonçalo	Lei complementar nº 049/2009	Lei complementar nº 07/2010	Zona de Dinamização; Zona Industrial.	300 hab/ha na Zona de Urbanização Consolidada - ZUC1;
São João do Meriti	Lei complementar nº 089/2006	Lei 1723 de 2010 – Lei de Uso do Solo	(**)	(**)
Tanguá	Lei complementar nº 562/2006	Não possui legislação específica	Zona Industrial I	Zona de Residencial de Alta densidade

* Legislação não encontrada nos sites oficiais no momento da pesquisa (janeiro e fevereiro de 2020).
** Sem acesso à legislação na íntegra, por erro no arquivo ou indisponibilidade nos sites oficiais.
Fonte: Sites das prefeituras municipais e leismunicipais.com.br.

Conforme o contexto apresentado, o arcabouço legal que rege o ordenamento territorial dos municípios na RH-V está ultrapasso frente ao planejamento estadual e regional e, principalmente, desarticulado em relação às demandas de gestão metropolitana.

Considerando que o Estatuto da Metrópole (Lei Federal nº 13089/2015) viabiliza o planejamento integrada dos municípios metropolitanos e o Estado dispõe de planos recentes que envolvem o desenvolvimento socioambiental e econômico da região, o momento é propício para o realinhamento municipal com os demais níveis de planejamento e com os interesses e demandas da RMRJ.

Na atual circunstância, os PDMs e as leis de uso e ocupação do solo da RH-V precisam ser revisados ou complementados à luz das principais diretrizes que fazem parte da última década de planejamento territorial abrangendo a RH-V:

- Zoneamento Ecológico Econômico, 2019;
- Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, 2018;
- Plano Diretor do Arco Metropolitano, 2011.

Previamente, já é possível apontar algumas incompatibilidades entre o planejamento municipal e o regional. Alguns municípios planejam zonas de expansão urbana em sentidos que contrariam à leitura de aptidão do ZEE ou as diretrizes de ordenamento territorial do PDUI RMRJ (Quadro 1.3). O PDUI RMRJ é contraditado

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

com mais frequência por não ser favorável a fragmentações de áreas de expansão que constam no ZEE (Figura 1.3).

A Figura 1.3 demonstra a necessidade de compatibilização não apenas do planejamento municipal com o regional, mas entre as próprias diretrizes regionais – considerando a divergência nas propostas de adensamento e compactação urbana do PDUI e o potencial de expansão demonstrado no ZEE. Nesta questão, os estudos do PRH-BG podem ser orientativos quanto à capacidade de suporte do balanço hídrico de cada território.

QUADRO 1.3 – POTENCIAIS CONFLITOS OU CONFORMIDADE ENTRE O SENTIDO DE EXPANSÃO INDICADO NO PLANEJAMENTO MUNICIPAL E AS DIRETRIZES DOS PLANOS REGIONAIS

Municípios	Orientação da Zona de Expansão no PDM ou Lei de Uso e Ocupação do Solo	Zoneamento Econômico Ecológico do RJ	PDUI RMRJ
Belford Roxo	(*)	-	-
Cachoeiras de Macau	Nordeste		
Duque de Caxias	Oeste e sul		
Guapimirim	(*)	-	-
Itaboraí	Norte-sul		
Magé	Oeste		
Maricá	(*)	-	-
Mesquita	Leste-oeste		
Nilópolis	(*)	-	-
Niterói	Leste		
Nova Iguaçu	Centro-sul		
Petrópolis	Norte	(1)	
Rio Bonito	Leste-oeste		
Rio de Janeiro	Densificação da área urbana existente; Expansão oeste.		
São Gonçalo	Densificação da área urbana existente		
São João do Meriti	(**)	-	-
Tanguá	Norte		

Legenda:

Orientação da zona de expansão em potencial conflito com a diretriz regional

Orientação da zona de expansão em conformidade com a diretriz regional

(1) Não integrava a região metropolitana durante o desenvolvimento do PDUI

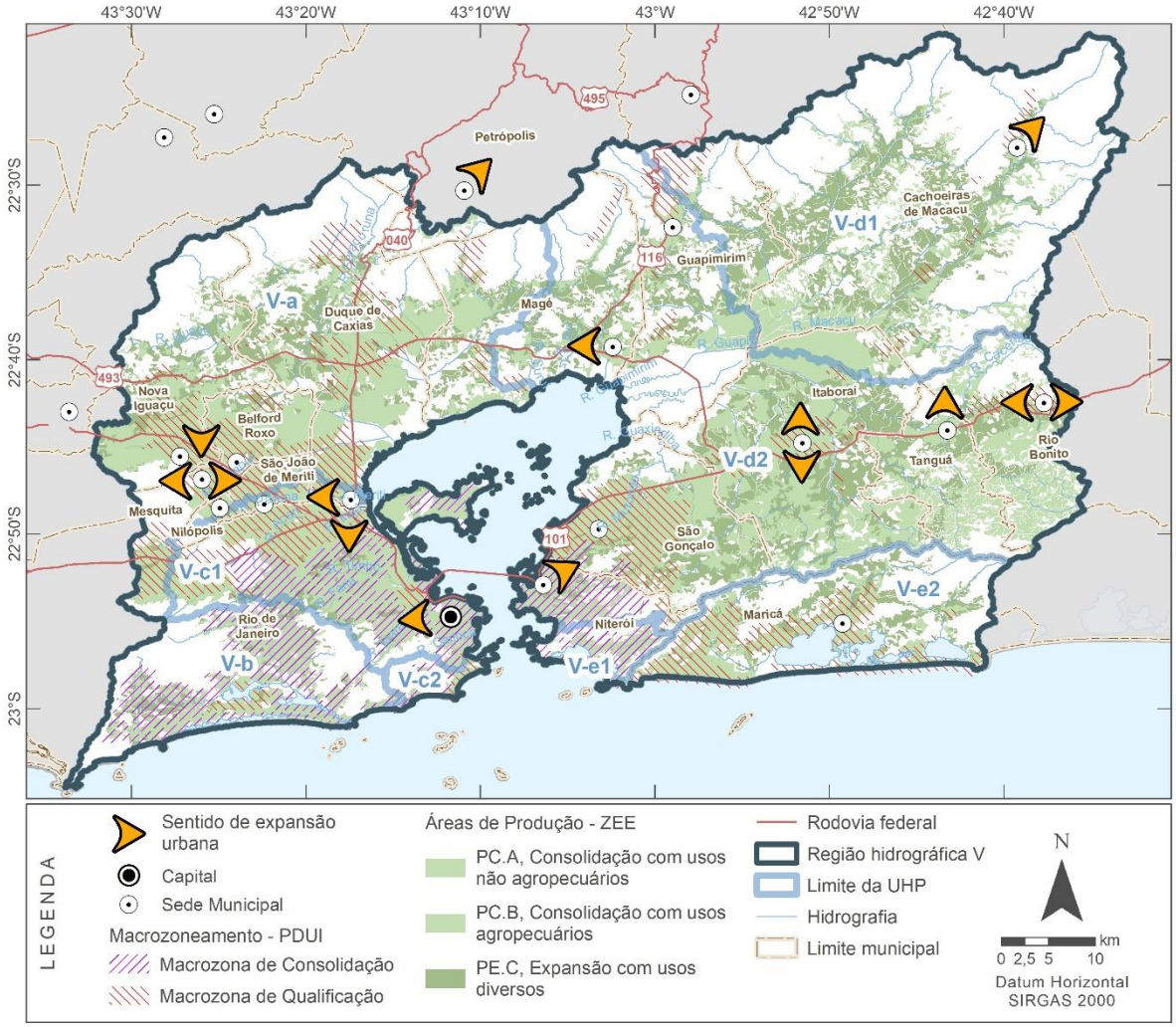
(*) Legislação não encontrada nos sites oficiais no momento da pesquisa (janeiro e fevereiro de 2020).

(**) Sem acesso à legislação na íntegra, por erro no arquivo ou indisponibilidade nos sites oficiais.

Fonte: PDMs municipais; PDUI RMRJ (2017); ZEE (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 1.3 – SENTIDO DE EXPANSÃO URBANA DO PLANEJAMENTO MUNICIPAL E AS DIRETRIZES REGIONAIS DE EXPANSÃO



A partir do mapeamento dos usos permitidos nos zoneamentos municipais, o Quadro 1.4 aponta potenciais riscos entre as legislações municipais de uso e ocupação do solo e os interesses de gestão qualitativa dos recursos hídricos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 1.4 - POTENCIAIS RISCOS ENTRE OS ZONEAMENTOS MUNICIPAIS E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Municípios	Zoneamentos Municipais			
	Pressão sobre mananciais superficiais	Pressão sobre potencial área de recarga de aquífero subterrâneo	Pressão de impermeabilização em áreas susceptíveis à inundação	Pressão sobre áreas protegidas ou ambientalmente frágeis
Belford Roxo				
Cachoeiras de Macau				
Duque de Caxias				
Guapimirim				
Itaboraí				
Magé				
Maricá	*	*	*	*
Mesquita				
Nilópolis				
Niterói				
Nova Iguaçu				
Petrópolis				
Rio Bonito				
Rio de Janeiro				
São Gonçalo				
São João do Meriti				
Tanguá				

Legenda:

Pressão sobre a gestão dos recursos hídricos

(*) Legislação não encontrada nos sites oficiais no momento da pesquisa (janeiro e fevereiro de 2020).

Fonte: Modelar Metrópole (2017), Secretaria de Urbanismo e Mobilidade de Niterói (2020), INEA (2018).

Considerando que na RH-V o relevo favorável à urbanização coincide com formações hidrogeológicas que apresentam potencial de recarga de aquíferos, a maioria dos zoneamentos municipais vai se desenvolver de forma a oferecer usos e ocupações que podem ser impactantes aos recursos hídricos subterrâneos. Da mesma forma, o mosaico de UCs da RH-V, seus remanescentes florestais e APPs encontram-se circundados por áreas urbanizadas. Mesmo protegidos pelas legislações municipais, é esperado que suas bordas sofram efeitos de zonas de uso intenso urbano ou agropecuário.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Em relação aos impactos de inundações, os municípios de orla e as áreas em cotas menos elevadas sofrem maiores impactos e devem planejar áreas mais permeáveis e o controle de poluentes nos limites susceptíveis aos acúmulos de água. Por outro lado, a redução da impermeabilização urbana e mecanismos de retenção das águas pluviais deve ser uma preocupação da totalidade dos municípios da RH-V.

Exceto pela bacia do Rio Guapimirim-Macacu e pela captação em Maricá, a maioria dos mananciais superficiais da RH-V encontra-se em cotas elevadas e em relevo de alta declividade, situações que desfavorecem a ocupação urbana ou o uso agrícola intensivo. Os municipais tendem a reafirmar zonas de proteção, nestas áreas, sendo que a maioria delas já está protegida por UCs. Em relação aos mananciais superficiais, as pressões maiores estão associadas aos eixos viários que acabam conduzindo usos urbano-industriais que podem ser legitimados pelos zoneamentos municipais.

1.6 PLANO DE MANEJO

A Lei nº 3239, de 02 de agosto de 1999, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelece como parte integrante dos Planos de Bacia Hidrográfica (PBHs), a inclusão de Planos de Manejo de Usos Múltiplos de Lagoa ou Laguna (PMULs), quando da existência dessas.

Os PMULs têm por finalidade a proteção e recuperação das mesmas, bem como a normatização do uso múltiplo e da ocupação de seus entornos, devendo apresentar o seguinte conteúdo mínimo:

- Diagnóstico ambiental da lagoa ou laguna e respectiva orla;
- Definição dos usos múltiplos permitidos;
- Zoneamento do espelho de água e da orla, com definição de regras de uso em cada zona;
- Delimitação da orla e da Faixa Marginal de Proteção (FMP);
- Programas setoriais;
- Modelo da estrutura de gestão, integrada ao CBH;
- Fixação da depleção máxima do espelho superficial, em função da utilização da água.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA E ESTUARINA

A zona costeira do estado do Rio de Janeiro possui aproximadamente 1.160 km de extensão, o que representa cerca de 40% do território fluminense. Sua extensão total pode ser subdividida em seis setores costeiros, baseados nos limites de suas regiões hidrográficas (INEA, 2014):

- Setor RH-I - Baía da Ilha Grande;
- Setor RH-II - Baía de Sepetiba;
- Setor RH-V - Baía de Guanabara;
- Setor RH-VI - Lagos São João;
- Setor RH-VIII - Macaé e das Ostras;
- Setor RH-IX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

A Atualização e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá compreende o Setor Costeiro RH-V.

2.1.1 Aspectos gerais

A linha costeira do setor RH-V compreende as cidades de Rio de Janeiro, Niterói e Maricá em sua divisão com o oceano e as cidades de Japeri, Nova Iguaçu, Belford Roxo, São João de Meriti, Nilópolis, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, São Gonçalo e Itaboraí no entrono da Baía de Guanabara. As cidades do Rio de Janeiro e Niterói apresentam costa voltada o mar e para a Baía de Guanabara.

A região costeira oceânica localiza-se entre a Barra de Guaratiba (23°4'31,99" S; 43°33'47,91" O), na cidade do Rio de Janeiro, e Ponta Negra (22°57'34,65" S; 42°41'3,69" O), em Maricá. A plataforma continental do Setor RH-V está inserida na Bacia de Santos, importante bacia de potencial petroleiro, abrigando parte do Pré-Sal brasileiro (Figura 2.1) (SOUZA; SGARBI, 2019). Ao apresentar a maior área do Pré-Sal, a Bacia de Santos mostra o maior potencial de exploração e produção de petróleo e gás natural das bacias na margem leste brasileira (SOUZA; SGARBI, 2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.1 – DISTRIBUIÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DO PRÉ-SAL EM RELAÇÃO ÀS BACIAS SEDIMENTARES DA MARGEM CONTINENTAL SUDESTE BRASILEIRA

Fonte: RICCOMINI *et al*. (2012).

A plataforma continental da RH-V ainda abriga 22 ilhas, sendo elas: Ilha Rasa de Guaratiba, Ilha das Palmas, Ilha das Peças, Ilha Pontuda, Ilha Alfavaca, Ilhas Tijuca, Ilha do Meio, Ilha Redonda, Ilhota Redonda, Ilha Rasa, Ilha Comprida, Ilhota Grande, Ilhota Pequena, Ilhota Cagarra, Ilha Cagarra[3], Ilha das Palmas, Ilha Cotunduba, Ilha do Veado, Ilha do Pai, Ilha da Mãe, Ilha da Menina e Ilhas Maricás.

2.1.2 Baía de Guanabara

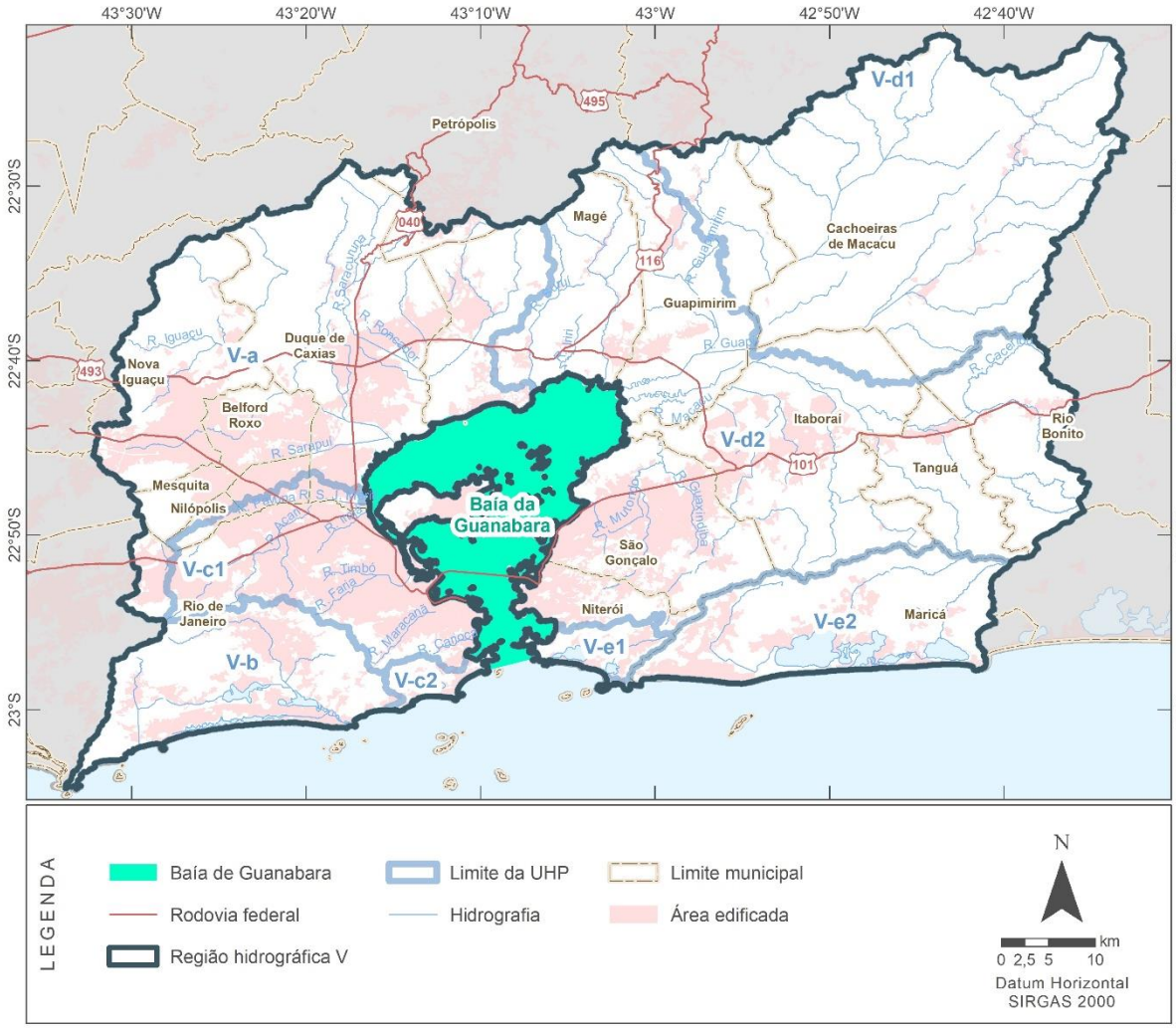
Entre as feições costeiras presentes na RH-V destaca-se a Baía de Guanabara (Figura 2.2), considerado o sistema estuarino mais importante do estado do Rio de

[3] As ilhas Cagarras, Palmas, Comprida e Redonda e as ilhotas Filhote da Cagarras e Filhote da Redonda, bem como a área marinha num raio de 10 m ao redor destas ilhas e das ilhotas Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras constituem o Monumento Natural das Ilhas Cagarras, criado pela Lei n° 12.229 em 13 de abril de 2010. A Mona do Arquipélago das Ilhas Cagarras é uma UC de Proteção Integral situada à aproximadamente 5 km da orla da Praia de Ipanema, na cidade do Rio de Janeiro. A UC tem como finalidade preservar os remanescentes do ecossistema insular do domínio da Mata Atlântica, os refúgios e áreas de nidificação de aves marinhas migratórias a beleza cênica local. No dia 27 de novembro de 2018, a Mona do Arquipélago das Ilhas Cagarras teve o seu Plano de Manejo aprovado no Conselho Consultivo da Unidade.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Janeiro e o mais populoso, 80% da população do estado, e cerca de 10 milhões de pessoas vivem no seu entorno. A expansão urbana e populacional nesta região ocorreu sem o acompanhamento de serviços de esgotamento sanitário adequados, contribuindo para a poluição através do esgoto doméstico não tratado, hoje considerado um dos maiores agentes poluidores dos rios e da Baía de Guanabara (PROJETO BAÍAS DO BRASIL, 2017).

FIGURA 2.2 – BAÍA DE GUANABARA



Fonte: IBGE (2016, 2018, 2019); INEA (2017); CEPERJ (2018).

Localizada entre as latitudes 22°40’ e 23°05’ S e longitudes 43°00’ e 43°20’ O, a Baía de Guanabara ocupa uma área total de 384 km², e em seu espelho de água, de 328 km², há a presença de 56 km² de ilhas e um volume de água médio de $1{,}87 \times 10^9$ m³ (KJERFVE, 1997). A Baía mede 30 km de norte a sul e 28 km de leste a oeste em seus pontos de maior extensão, e sua entrada mede cerca de 1,6 km (KCI, 2016).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Entre as Ilhas presentes na Baía estão: Ilha do Governador, Ilha de Paquetá, Ilha do Brocoió, Ilha Itapacis, Ilha do Boqueirão, Ilha Manoies de Dentro, Ilha Seca, Ilha Redonda, Ilha Comprida, Ilha do Manguinho, Ilha do Ferro, Ilha Casa das Pedras, Ilha do Braço Forte, Ilha Jurubaiba, Ilha Viraponga, Ilha das Palmas, Ilha d'água, Ilha dos Tavares, Ilha do Engenho, Ilha das Cobras, Ilha das Enxadas, Ilha Mocanguê Grande, Ilha da Conceição, Ilha da Laje e localizada na desembocadura do corpo hídrico a Ilha Cotunduba.

2.1.2.1 Qualidade do espelho de água da Baía de Guanabara

O monitoramento da qualidade da água no espelho da Baía de Guanabara é realizado pelo INEA de forma contínua e sistemática. As informações são disponibilizadas em boletins de qualidade da água por regiões hidrográficas no site oficial do Instituto (INEA, 2020).

Nos dados levantados, foram verificadas as conformidades frente às diferentes classes definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece padrões de qualidade por meio de limites individuais para cada substância. Assim, foi determinada a frequência de atendimento a classe de cada parâmetro monitorado segundo a norma.

Para tornar as informações resultantes do sistema de monitoramento de qualidade de água objetivas e de mais fácil interpretação pelos atores interessados, os resultados para o espelho de água da Baía de Guanabara também são apresentados por meio do Índice de Qualidade de Água Canadense (IQA_{CCME}).

O IQA_{CCME} foi desenvolvido no final da década de 1990 pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME) e analisa três fatores que representam: a abrangência do impacto causado pela não conformidade com o padrão do enquadramento durante o período avaliado (F_1); a frequência com que as não conformidades com o padrão do enquadramento ocorrem (F_2); e a amplitude da não conformidade, ou seja, o desvio da variável em relação ao seu limite do enquadramento (F_3) (INEA, 2019a).

$$F_1 = \left(\frac{número\ de\ parâmetros\ não\ conformantes}{número\ total\ de\ parâmetros}\right).100$$

$$F_2 = \left(\frac{número\ de\ análises\ não\ conformantes}{número\ total\ de\ análises}\right).100$$

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Para o cálculo de *F3* são considerados: se a concentração de um parâmetro é superior (ou inferior, quando o valor de referência é o mínimo) ao limite estabelecido ($Variação_{i1}$ *e* $Variação_{i2}$); a soma normalizada das variações (nse); e a padronização da soma normalizada (F_3). A equação se aplica nos casos em que o parâmetro não deve exceder o valor de referência e a $Variação_{i2}$ é utilizada quando o parâmetro não deve ser inferior ao valor de referência.

$$Variação_{i1} = \left(\frac{Concentração\ do\ parâmetro\ não\ conforme_i}{Valor\ de\ referência_j}\right) - 1$$

$$Variação_{i2} = \left(\frac{Valor\ de\ referência_j}{Concentração\ do\ parâmetro\ não\ conforme_i}\right) - 1$$

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^{n} variação_j}{Número\ Total\ de\ análise}$$

$$F_3 = \frac{nse}{0{,}01.nse + 0{,}01}$$

Uma vez calculados os três fatores, o IQA_{CCME} é obtido por meio da equação a seguir:

$$IQA_{CCME} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1{,}732}\right)$$

A classificação da água é descrita conforme o Quadro 2.1.

QUADRO 2.1 – FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DO IQA_{CCME}

Categoria do resultado	IQA_{CCME}	Significado
Ótima	95< IQA_{CCME}≤100	Qualidade da água Qualidade da água protegida, com virtual ausência de impactos; condições muito próximas às naturais.
Boa	80< IQA_{CCME}≤95	Qualidade da água protegida, apresentando apenas um pequeno grau de impacto; as condições raramente se desviam dos níveis naturais ou desejáveis.
Regular	65< IQA_{CCME}≤80	Qualidade da água protegida, mas com ocasionais impactos; as condições por vezes se desviam dos níveis naturais ou desejáveis.
Ruim	45< IQA_{CCME}≤65	Qualidade da água afetada com frequência; as condições frequentemente se desviam dos níveis naturais ou desejáveis.
Péssima	IQA_{CCME}≤45	Qualidade da água quase sempre alterada; as condições geralmente se desviam dos níveis naturais ou desejáveis.

Fonte: INEA (2019a).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Para o cálculo do IQA_{CCME}, foram utilizados parâmetros cujos padrões de referência estão estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005, sendo eles: oxigênio dissolvido (OD), fósforo total (Pt), nitrogênio amoniacal total (NH_4^+), nitrogênio nitrito (NO_2^-), nitrogênio nitrato (NO_3^-), potencial hidrogeniônico (pH) e coliformes termotolerantes. Integra também o cálculo do IQA_{CCME} o parâmetro fitoplâncton, representado através do Índice de Diversidade de *ShannonWeaver* (INEA, 2019a).

Para avaliação da qualidade da água superficial na Baía de Guanabara, foram utilizados 21 pontos de monitoramento operados pelo INEA (Quadro 2.2 e Figura 2.4). Os dados apresentados são do monitoramento de 2018 e a frequência de coleta e análise de cada parâmetro está apresentada no Quadro 2.2.

QUADRO 2.2 – PONTOS DE MONITORAMENTO E NÚMERO DE CAMPANHAS, EM 2018, PARA CADA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO

Estação de monitoramento	Coordenadas geográficas		Número de análises em 2018						
	Latitude	Longitude	OD	NH_3^+	NO_3^-	Pt	pH	Coli.	Fito.
GN000	-22,72	-43,11	4	4	2	4	4	4	4
GN020	-22,78	-43,23	1	1	0	1	1	1	1
GN022	-22,88	-43,20	4	4	2	4	4	4	4
GN024	-22,94	-43,17	4	4	2	4	4	4	4
GN025	-22,92	-43,11	4	4	2	4	4	4	4
GN026	-22,85	-43,13	4	4	2	4	4	4	4
GN034	-22,92	-43,16	4	4	2	4	4	4	4
GN040	-22,80	-43,27	2	2	1	2	2	2	2
GN042	-22,75	-43,16	4	4	2	4	4	4	4
GN043	-22,84	-43,23	4	4	2	4	4	4	4
GN044	-22,76	-43,23	4	4	2	4	4	4	4
GN047	-22,91	-43,12	4	4	2	4	4	4	4
GN048	-22,83	-43,26	4	4	2	4	4	4	3
GN050	-22,87	-43,22	3	4	2	4	4	4	4
GN060	-22,72	-43,08	4	4	2	4	4	4	4
GN061	-22,77	-43,11	4	4	2	4	4	4	4
GN062	-22,82	-43,15	4	4	2	4	4	4	4
GN063	-22,89	-43,15	4	4	2	4	4	4	4
GN064	-22,93	-43,13	4	4	2	4	4	4	4
GN093	-22,97	-43,13	2	2	1	2	2	2	2
GN306	-22,94	-43,14	4	4	2	4	4	4	4

Os pontos de monitoramento foram classificados em águas salinas ou salobras de acordo com suas concentrações de sanidade. Os pontos GN022, GN024, GN025, GN034, GN047, GN063, GN064, GN093 e GN306 são classificados como águas salinas, os demais, salobra (INEA, 2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.3 apresenta a frequência de atendimento a classe frente à Resolução CONAMA n° 357/2005 dos valores de concentrações registrados de OD, nitrogênio amoniacal, fósforo total, pH e coliformes termotolerantes. Para o OD, verifica-se que a maior parte das estações de monitoramento estão com valores correspondente à classe 1 (OD ≥ 6 mg/L para água salinas e OD ≥ 5 mg/L para águas salobras). Em alguns pontos de monitoramento, os valores de OD estão fora de classe, como observa-se os pontos GN020 e GN048.

Para o nitrogênio amoniacal, a maioria dos pontos de monitoramento apresenta concentrações inferiores a 0,40 mg/L, o que indicam características de águas classe 1. Porém, alguns pontos apresentam concentrações elevadas em algumas amostras analisadas, como os pontos: GN020, GN022, GN040, GN043, GN044, GN048 e GN050. Cabe destacar que altas concentrações de nitrogênio amoniacal em ambientes aquáticos podem indicar contaminação de esgotos domésticos (CETESB, 2016). Em relação ao nitrato, todas as amostras analisadas em 2018 apresentam-se em valores relativos à classe 1, por esse motivo não foram representadas graficamente.

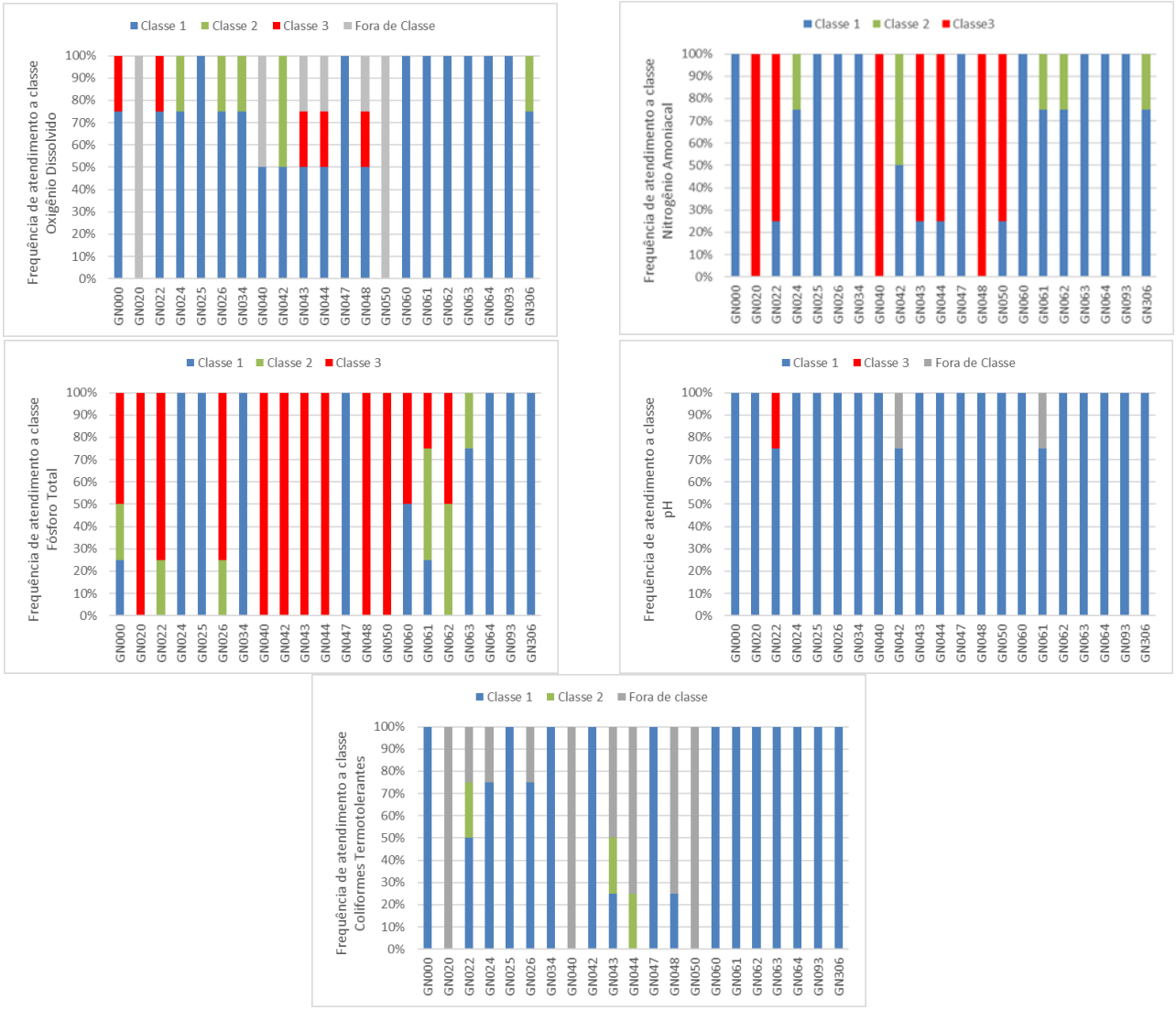
Para o parâmetro fósforo total, verifica-se uma predominância de valores correspondentes à classe 1 nos pontos de amostragem, com exceção dos pontos GN024, GN025, GN034, GN063, GN064, GN093 e GN306, que apresentam predominância de valores relativos à classe 3. Assim como o nitrogênio amoniacal, o fósforo total também pode ser indicativo de contaminação fecal (CETESB, 2016).

Em relação ao pH, verifica-se a predominância de valores correspondentes à classe 1. Em alguns resultados pontuais os valores de pH encontram-se superiores a 8,5 (classe 3 para águas salobras e fora de classe para águas salinas).

Para o parâmetro coliformes termotolerantes, observa-se valores elevados, fora de classe de acordo com a norma (> 4000 NMP/100mL) nos pontos de monitoramento GN020, GN040, GN043, GN044, GN048 e GN050. Nos demais pontos há a predominância de valores de coliformes inferiores a 1000 NMP/100 mL, os quais correspondem à classe 1 tanto para águas salinas como para salobras.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.3 – FREQUÊNCIA DE ATENDIMENTO A CLASSE DOS PARÂMETROS OD, NITROGÊNIO AMONIACAL, FÓSFORO TOTAL, PH E COLIFORMES TERMOTOLERANTES

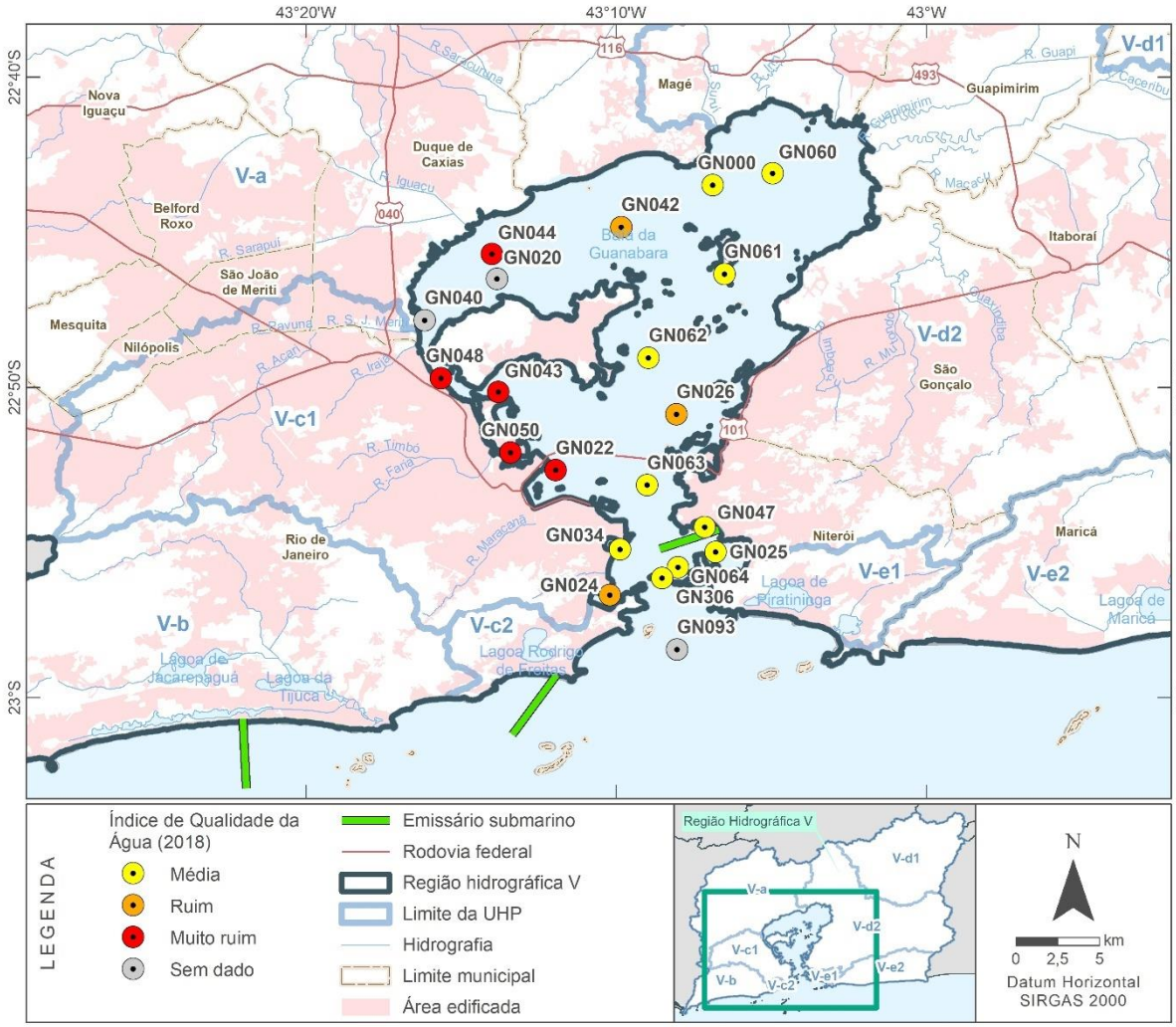


Fonte: INEA (2020).

Em relação ao IQA_{ccme}, a Figura 2.4 apresenta os valores determinados para o ano de 2018. Observa-se que os pontos localizados próximos à porção oeste da bacia apresentam um índice na faixa de péssimo, o que indica que a qualidade da água quase sempre está alterada e as condições geralmente se desviam dos níveis naturais ou desejáveis. Já a porção leste indica predominantemente a faixa regular, a qual indica que a qualidade da água é protegida, entretanto com ocasionais impactos cujas condições, por vezes, se desviam dos níveis naturais ou desejáveis.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.4 – IQA_{CCME} NO PONTOS DE MONITORAMENTO DA BAÍA DE GUANABARA, PARA ANO DE 2018



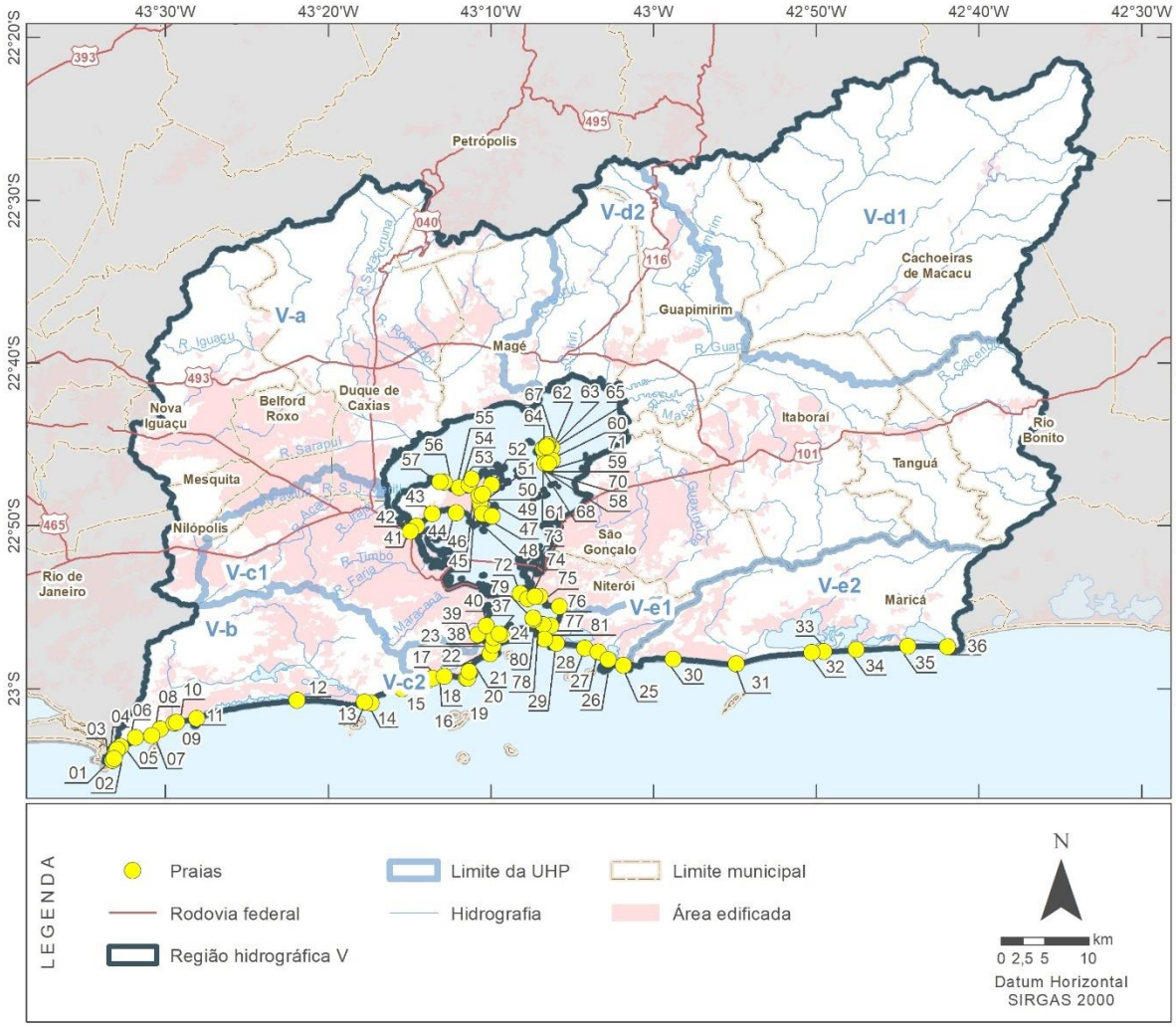
Fonte: Adaptado de INEA (2020).

2.1.3 Praias

As praias da RH-V estão distribuídas ao longo de, aproximadamente, 260 km de linha de costa, constituídas de praias oceânicas e praias de baía (Figura 2.5). Aqui são apresentadas as praias com informações disponíveis nos sites das prefeituras das cidades do Rio de Janeiro, Niterói, Maricá e do Instituto Baía de Guanabara.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.5 – DISTRIBUIÇÃO DAS PRAIAS DA RH-V



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2020); Prefeitura de Niterói (2020); Prefeitura de Maricá (2020); Instituto Baía de Guanabara (2020).

As praias da cidade do Rio de Janeiro são apresentadas no Quadro 2.3. A capital possui praias voltadas para o mar (praias oceânicas), como também, praias no setor oeste da Baía de Guanabara (Quadro 2.6).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.3– PRAIAS OCEÂNICAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Praia	Informações
Rio de Janeiro	
1. Praia dos Búzios (Praia Selvagem)	Extensão: 0,08 km. Bairro: Guaratiba. Pequena praia constituída de areias grossas e pedregosas com formações de piscinas naturais.
2. Praia do Perigoso / Pequena ou Perigosinho (Praia Selvagem)	Extensão: 0,18 km. Bairro: Grumari. Acesso: Caminhada por trilhas. Praia ladeada por pedras, com 180 m de areias finas e brancas.
3. Praia do Meio (Praia Selvagem)	Extensão: 0,36 km. Bairro: Grumari. Cercada por vegetação exuberante e intocada. A praia possui larga faixa de areia grossa e conchas, localizada em uma enseada entre dois morros.
4. Praia Funda (Praia Selvagem)	Extensão: 0,34 km. Bairro: Grumari. Enseada de águas calmas, com a presença de mata nativa e areias brancas.
5. Praia do Inferno (Praia Selvagem)	Extensão: 0,2 km. Bairro: Grumari. Pequena praia dentro Área de preservação Ambiental (APA) de Grumari[4].
6. Praia de Grumari	Extensão: 2,49 km. Bairro Grumari. Praia de areias amarelas com morros, costões, vegetação de restinga e natureza preservada. Praia com ocupação humana apresentando quiosques, ciclovia e áreas de estacionamento. O mar no local apresenta a formação de ondas.
7. Praia do Abricó	Extensão: 0,31 km. Bairro: Grumari. Praia abrigada, cercada por rochas e vegetação.
8. Prainha	Extensão: 0,56 km. Bairro: Grumari. Quase 600 m de areias brancas, cercada por vegetação nativa, o mar apresenta a formação de ondas. Praia com ocupação humana possuindo quiosques, áreas de estacionamento e restaurante. Inserida na APA da Prainha.
9. Praia da Macumba	Extensão: 1,36 km. Bairro: Recreio dos Bandeirantes.mMar com agitação formando ondas cheias e longas. Conta com equipamentos urbanos como ciclovia e quiosques.
10. Praia do Pontal	Extensão: 1,16 km. Bairro: Recreio dos Bandeirantes. Macumba e Pontal têm os mesmos tipos de equipamentos urbanos e as mesmas características hidrodinâmicas.
11. Praia do Recreio dos Bandeirantes	Extensão: 2,72 km. Bairro: Recreio dos Bandeirantes. Longa faixa de areia, com quase 18 km de extensão. Totalmente urbanizada e contando com equipamentos - iluminação, jardins, ciclovia, áreas de lazer, postos salva-vidas, banheiros, quiosques e restaurantes.
12. Praia da Barra da Tijuca	Extensão: 15,63 km. Bairro: Barra da Tijuca. Maior praia da cidade do Rio de Janeiro, alguns trechos possuem nomes distintos como Praia da Reserva (área dentro da Reserva de Marapendi, criada em 1991 e destinada à preservação da restinga, da Lagoa de Marapendi e da biodiversidade local) e Praia do Pepê (batizada em homenagem a Pedro Paulo Guise Carneiro Lopes, empresário e desportista). A quantidade de equipamentos varia conforme o trecho da praia, podendo ser restrita a quiosques e chuveiros no trecho inicial ou, completa na parte urbanizada, com mais de 7,5 km. Muito procura para a prática de atividades físicas. Considerada uma das maiores áreas de lazer do estado.
13. Praia dos Amores	Extensão: 0,45 km. Barra da Tijuca. Na maré cheia, com as águas do oceano entrando pelo canal, a pequena praia rasa e de águas claras atrai os banhistas que preferem não se arriscar no mar da Barra da Tijuca. Alguns bares, ou

[4] O Parque de Grumari abriga vários ecossistemas: restinga nas áreas de baixada; Mata Atlântica nas encostas; áreas alagadiças e brejos no entorno da Lagoa Feia e no Rio do Mundo; e um dos menores fragmentos de restinga do estado de Rio de Janeiro na foz do Rio do Mundo (CALAZANS *et al.,* 2017), sendo uma área de grande valor ecológico. Embora seja legalmente protegido, o ambiente é alvo de diversos impactos antrópicos como desmatamento, queimadas criminosas, caça e pesca predatórias (SANTOS, 2010).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Praia	Informações
	vendedores ambulantes, suprem os usuários dessa praia que não conta com nenhum equipamento urbano.
14. Praia da Joatinga	Extensão: 0,3 km. Bairro: Joá. Nem sempre está acessível, há períodos em que a faixa de areia fica submersa e o mar bate diretamente nas pedras que a cercam.
15. Praia de São Conrado ou da Gávea	Extensão: 2,35 km. Bairro São Conrado. Vasta faixa de areias brancas. A orla urbanizada possui boa infraestrutura, contando com quiosques, postos de salva-vidas e ciclovia.
16. Praia do Vidigal	Extensão: 0,48 km. Bairro: Vidigal. Pequena praia escondida entre as pedras e encoberta por um grande hotel. Embora pareça privativa, é uma praia acessível ao público. Não há equipamentos disponíveis e somente os hóspedes do hotel podem dispor de banheiros e bares. O mar apresenta elevado grau de agitação.
17. Praia do Leblon	Extensão: 1,26 km. Bairro: Leblon. A Praia do Leblon tem cerca de 1,3 km de extensão e dispõe de equipamentos que abrangem quiosques, postos de salvamento e ciclovias, além de quadras esportivas, na areia, para vôlei e futebol. Aos domingos, as pistas contíguas ao calçadão são fechadas para carros, constituindo imensa área de lazer para a população.
18. Praia de Ipanema	Extensão: 2,15 km. Bairro: Ipanema. Muito frequentada por turistas e por moradores da cidade, Ipanema conta com equipamentos que abrangem quiosques, postos de salvamento e ciclovias, além de quadras esportivas, na areia, para vôlei e futebol e tem o espaço de lazer ampliado aos domingos, com a pista interna da orla fechada.
19. Praia do Arpoador	Extensão: 0,42 km. Bairro: Ipanema. Sem qualquer marco que a separe da Praia de Ipanema, os últimos 400 metros da faixa de areia compõem a Praia do Arpoador. Praia de areias claras, o Arpoador reúne adeptos do surf e do skate, que utilizam a pista existente no Parque Garota de Ipanema, bem em frente ao mar. A praia possui equipamentos como quiosques, postos salva-vidas, áreas de lazer e ciclovia.
20. Praia do Diabo	Extensão: 0,09 km. Bairro: Copacabana/Ipanema. Cruzando a Ponta do Arpoador e estendendo-se até a Ponta de Copacabana, existe uma faixa de areias finas e fofas, com mar bastante agitado. A Praia do Diabo, assim denominada por conta da força com que as ondas quebram na areia, é frequentada, basicamente, por surfistas. Possui apenas alguns aparelhos de ginástica. Somente o primeiro trecho da praia é acessível ao público, pois o restante fica dentro do Forte de Copacabana, área militar de acesso restrito.
21. Praia de Copacabana	Extensão: 3,0 km. Bairro: Copacabana. Copacabana é frequentada por turistas de todos os lugares do mundo, que fazem de suas areias um ponto de encontro para variadas práticas desportivas e culturais, incluindo o maior Réveillon do País. Dotada de equipamentos, incluindo quiosques modernos com banheiros e chuveiros, postos salva-vidas e ciclovia, também conta com feiras de artesanato. Além disso, a orla de Copacabana tem o espaço de lazer ampliado aos domingos, com a pista interna fechada
22. Praia do Leme	Extensão: 0,87 km. Bairro: Leme. Caminhando pela praia ou pelo calçadão de Copacabana, sem qualquer marco que delimite a fronteira, chega-se à Praia do Leme, um refúgio tranquilo. Praia de areias fofas e brancas, com espaços para práticas esportivas como vôlei de praia e futebol, conta, ainda, com equipamentos como quiosques, postos de salvamento, chuveiros e ciclovia. O final da praia tem como limite o Morro do Leme, acidente geográfico que deu origem ao nome do bairro e da praia.
23. Praia Vermelha	Extensão: 0,27 km. Bairro: Urca. Localizada entre os morros da Urca e da Babilônia, a Praia Vermelha, possui cerca de 300 m de areias amarelas e grossas, e oferece inúmeras opções de lazer. No calçadão da orla, encontram-se quiosques, parque infantil e uma praça.
24. Praia de Fora	Extensão: 0,46 km. Bairro: Urca. Acesso: Restrito (Área Militar); Ao lado do Pão de Açúcar, dentro do Forte de São João, está a última praia da Zona Sul banhada pelo Oceano Atlântico. Esta pequena enseada, de areias claras e finas e águas frias e calmas, tem acesso restrito por ser área militar.

Fonte: DATA.RIO (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O município de Niterói possui cinco praias oceânicas (Quadro 2.4): Itacoatiara, Itaipu, Camboinhas, Sossego e Piratininga e 11 praias na Baía de Guanabara (Quadro 2.6) (Gragoatá, Boa Viagem, Flexas, Icaraí, São Francisco, Charitas, Jurujuba, Adão, Eva, Imbuhy e praia do Forte).

QUADRO 2.4 – PRAIAS OCEÂNICAS DO MUNICÍPIO DE NITERÓI

Praia	Informações
Niterói	
25. Praia da Itacoatiara	Possui 700 m de extensão, sendo considerada o paraíso dos surfistas, devido a suas ondas fortes. Em meio a uma vegetação exuberante, suas águas são transparentes e azuladas. Pequena, porém, oferece grande riqueza de paisagem. No recanto direito, fica a" Prainha", paraíso para as crianças, uma região completamente protegida das ondas.
26. Praia de Itaipu	Com 1 km de extensão, a praia de Itaipu é a única praia oceânica de Niterói com águas calmas. É uma das áreas mais antigas, com sua colônia de pescadores, uma igreja do início do século XVIII e o Museu de Arqueologia, contrastando com as modernas casas de veraneio. Possui restaurantes à beira-mar especializados em frutos do mar, de onde se pode apreciar o mais belo pôr-do-sol da cidade. O canal de ligação da laguna com o oceano é o limite natural entre a praia de Itaipu e a de Camboinhas.
27. Praia de Camboinhas	A praia de Camboinhas tem 2,6 km e é a extensão da praia de Itaipu. Suas águas são transparentes, esverdeadas e frias, com areias claras. Recanto pitoresco, é muito procurado pelos amantes da pesca de arremesso e por velejadores. Sua orla é repleta de quiosques. Seu nome, reporta-se ao encalhe de um navio de mesmo nome.
28. Praia do Sossego	Localizada entre Piratininga e Camboinhas e abrigada por duas elevações rochosas – Ponta dos Morros e Ponta Pé de Boi – essa pequena praia é a preferida daqueles que chegam em lanchas e iates, por causa do seu difícil acesso por terra. Possui 250 m, com águas transparentes, esverdeadas e de temperatura amena, areias claras e finas e uma diversificada cobertura vegetal. Por seu valor ecológico e paisagístico, a prefeitura municipal tombou 80 mil metros quadrados da área em 1991.
29. Praia de Piratininga	Possui 2,7 km de extensão sendo dividida em duas praias, o trecho maior, chamado "praião", tem pequenas ondas, areias e águas claras. Do outro lado fica a "prainha", com uma formação rochosa chamada de pedra da baleia.

Fonte: Secretaria de Estado da Cultura do Rio de Janeiro (2020).

As principais praias da cidade de Maricá são apresentadas no Quadro 2.5.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.5 – PRAIAS DO MUNICÍPIO DE MARICÁ

Praia	Informações
Maricá	
30. Praia de Itaipuaçu	Praia oceânica, com extensão de 15 km e largura entre 20 e 30 m de areias claras. Apresenta águas transparentes e esverdeadas.
31. Praia do Francês	Localizada entre a Praia de Itaipuaçu e a Praia de Guaratiba. Praia oceânica com águas e areias claras.
32. Praia de Zacarias	Extensão: 9 km. Situada entre as Praias de Itaipuaçu e Guaratiba, tem largura entre 15 e 20 m, com vegetação rasteira típica de restinga. Águas transparentes e esverdeadas, com areias claras. Entorno composto pela restinga, pela lagoa de Maricá, por grande número de construções, quiosques e pelas dunas que ainda se encontram preservadas.
33. Praia da Barra	Praia extensa de areia branca e fina, o mar de tonalidade azulada é perigoso devido a correntezas e por buracos formados no raso pelas ondas fortes que quebram no local. Alguns pontos da praia são frequentados por surfista, outros por pescadores. Na sua orla existem algumas dunas e vegetação rasteira.
34. Praia de Guaratiba	Situada na Restinga de Maricá, ao lado da Barra de Maricá, a Praia de Guaratiba tem uma extensão aproximada de 4 km, onde é predominante a vegetação típica de restinga.
35. Praia de Cordeirinho	---
35.Praia de Ponta Negra	Praia situada no extremo leste da Restinga de Maricá, com 5 km de extensão e largura entre 20 e 30 m. Águas frias e transparentes, com areias claras. Propícia a banhos e a prática do Surf.

Fonte: Prefeitura de Maricá (2020).

Embora existam os problemas relacionados à poluição das águas da Baía da Guanabara, tendo grande parte de suas praias não recomendadas para o banho, algumas são iluminadas o que permite o seu uso para atividades esportivas e de lazer mesmo durante a noite.

A Baía de Guanabara possui 55 praias:

- 18 na Ilha do Governador: Galeão, São Bento, Engenho Velho, Bica, Ribeira, Engenhoca, Zumbi, Pitangueiras, Bandeira, Barão de Capanema, Guanabara, Bancários, Gaegos, da Rosa, Cocotá, do Dendê, Tubiacanga e Pelônias.
- 14 na Ilha de Paquetá: Imbuca, Grossa, Tamoios, Catimbau, Pintor Castagneto, Moema e Iracema, Moreninha, do Lameirão, de São Roque, da Guarda, do Buraco, do Veloso, dos Frades e das Gaivotas.
- 9 em Niterói: Gragoatá, Boa Viagem, Flechas, Icaraí, São Francisco, Charitas, Jurujuba, Adão e Eva.
- 4 em São Gonçalo: Luz e São João, Beira, Boioia e das Pedrinhas.
- 4 em Magé: Ipiranga, Mauá, Anil e Piedade.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- 6 no Rio de Janeiro: Ramos, Flamengo, Botafogo, Urca, Praia do Forte de São João e praia Vermelha.

O Quadro 2.6 apresenta as praias da Baía de Guanabara com informações disponíveis nos sites oficiais.

QUADRO 2.6 – PRAIAS BAÍA DE GUANABARA

Praia	Informações
Baía de Guanabara	
37. Praia de Dentro ou do Forte de São João	Extensão: 0,14 km. Bairro: Urca. Acesso: Restrito (Área Militar). Situada dentro do Forte São João e, portanto, com acesso restrito, encontra-se a Praia do Forte ou De Dentro, assim denominada por estar voltada para as águas abrigadas da Baía de Guanabara. Com cerca de 140 m de extensão, possui areias brancas e finas.
38. Praia da Urca	Extensão: 0,13 km. Bairro: Urca; Acesso: Restrito (Área Militar). A pequena enseada de águas calmas, possui equipamentos de lazer e quadras de esportes para vôlei e futebol na areia. Existem bares e restaurantes no entorno e a praia é bastante frequentada por moradores locais e de outros bairros da cidade.
39. Praia de Botafogo	Extensão: 0,66 km. Bairro: Botafogo. Enseada de Botafogo, que abriga uma das praias com vista exuberante para os cartões postais da cidade do Rio de Janeiro, Pão de Açúcar, Morro da Urca e Baía de Guanabara. A praia possui campos de futebol na areia, ciclovia e boas condições para a prática de esportes a vela.
40. Praia do Flamengo	Extensão: 1,85 km. Bairro: Glória/Flamengo. A praia foi formada artificialmente, graças a inúmeros aterros, para se criar, o Aterro do Flamengo. Por estar dentro do Parque Brigadeiro Eduardo Gomes, possui infraestrutura de lazer com quadras para práticas esportivas, campos de futebol, pista para caminhadas, ciclovia, chuveiros, quiosques e restaurantes, atraindo frequentadores de toda a cidade, principalmente dos bairros próximos.
41. Praia de Ramos	Extensão: aproximadamente 0,47 km. Bairro: Maré. Região revitalizada em dezembro de 2001, com a construção do Parque Ambiental da Praia de Ramos, conhecido também, como “Piscinão de Ramos”, cujo nome oficial é Parque Ambiental Carlos Roberto de Oliveira, o "Dicró". Essa área de lazer conta com uma piscina artificial com capacidade para 30 milhões de litros de água salgada e extensa faixa de areia. No entorno, encontram-se bares, áreas esportivas e banheiros públicos.
42. Praia do Galeão	Extensão: aproximadamente 1,5 km. Bairro: Galeão. Devido a ações no entorno a faixa de areia da Praia do Galeão deixou de existir, hoje em sua maior parte, nada mais é do que um enrocamento às margens da baía. O que sobrou de areia constitui um pequeno recanto embaixo da velha ponte de acesso à Ilha do Governador, na entrada da ilha.
43. Praia de São Bento	Extensão: aproximadamente 1,14 km. Bairro: Galeão. A Praia de São Bento hoje possui uma faixa de areia escura e poluída que abriga pequena colônia de pescadores. Possui quiosques em quase toda a sua extensão e alguns restaurantes. Sua atração é o píer, inaugurado em 1930, reformado e reinaugurado em 1999, usado por pescadores.
44. Praia da Bica	Extensão: aproximadamente 1,75 km. Bairro: Cacuia / Jardim Guanabara. Possui ampla faixa de areia, permitindo a prática de esportes como vôlei, futebol e frescobol, quiosques na beira da calçada e chuveiros, além de contar com bares e restaurantes ao longo da orla. A praia da Bica possui uma área restrita da marinha com 0,73 km.
45. Praia da Ribeira	Extensão: aproximadamente 0,10 km. Bairro: Ribeira. Hoje a Praia da Ribeira possui pouco mais de 70 m de areia e contenções de pedras.
46. Praia da Engenhoca	Extensão: aproximadamente 0,30 km. Bairro: Zumbi / Ribeira. Larga faixa de areia de, aproximadamente, 500 m, a Engenhoca possui quiosques, chuveiros, quadras de vôlei e futebol, além de uma vista privilegiada da Baía de Guanabara. Está localizada numa área residencial aprazível e sossegada, conferindo a essa praia um aspecto bucólico de interior.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Praia	Informações
47. Praia do Zumbi	Extensão: aproximadamente 0,17 km. Bairro: Zumbi. Larga faixa de areia com campo de futebol e quiosques de alimentação.
48. Praia das Pitangueiras	Extensão: aproximadamente 0,62 km. Bairro: Pitangueiras. A longa enseada, com estreita faixa de areia, chega a desaparecer nas marés cheias. Um muro de pedra separa a baía da avenida que margeia a praia. Possui alguns quiosques ao longo do calçamento, com pouca ou quase nenhuma infraestrutura.
49. Praia da Bandeira	Extensão: aproximadamente 0,51 km. Bairro: Cocotá / Praia da Bandeira. A Praia da Bandeira se constitui numa faixa estreita de areia escura, ladeada por um muro de pedra com, aproximadamente, 600 m de extensão e servida por algumas barracas.
50. Praia do Cocotá	Extensão: aproximadamente 0,24 km. Bairro: Cocotá. Pequena faixa de areia da praia, com pouco mais de 100 m de extensão.
51. Praia Congonhas do Campo ou Barão	Extensão: aproximadamente 0,28 km. Bairro: Bancários. Praia com pouco mais de 300 m de extensão, na beira da rua, com uma rampa para barcos e quiosque.
52. Praia da Guanabara ou da Freguesia	Extensão: aproximadamente 1,43 km. Bairro: Freguesia. Guanabara, também conhecida como Praia da Freguesia, é extensa e larga, permitindo, em alguns trechos, a prática de atividades esportivas.
53. Praia dos Bancários	Extensão: aproximadamente 0,12 km. Bairro: Bancários. Faixa larga de areia com, aproximadamente, 200 m de extensão e grandes amendoeiras, que fornecem boa sombra aos quiosques que ficam fora da praia, próximos à rua.
54. Praia da Rosa	Extensão: aproximadamente 0,34 km. Bairro: Tauá. Parte da faixa de areia foi ocupada pelo Estaleiro Ilha S.A. – EISA e a outra parte pela Comunidade da Praia do Rosa. Dos cerca de 500 m considerados como praia, apenas 160 m, 80 em cada extremidade, possuem faixa de areia. O restante é uma murada de rochas junto à rua.
55. Praia do Dendê	Extensão: aproximadamente 0,62 km. Bairro: Moneró. Totalmente urbanizado e remodelado, batizado de Corredor Esportivo do Moneró. Quiosques e banheiros, em meio a jardins, quadras de esporte e ciclovia formam a Praia do Dendê. Não há mais faixa de areia, mas sim uma contenção de rochas, semelhante a um cais.
56. Praia dos Gaegos	Extensão: aproximadamente 1,56 km. Bairro: Galeão. Parte da área foi ocupada pela comunidade Parque Royal. O restante caracteriza-se por ser um grande terreno, deserto e com a presença de vegetação rasteira.
57. Praia de Tubiacanga	Extensão: aproximadamente 0,44 km. Bairro: Galeão. Faixa estreita de areia que desaparece nas marés altas. No trecho próximo à comunidade de Tubiacanga, a praia foi tomada por decks e píeres usados como prolongamento das casas.
58. Praia da Imbuca	Extensão: aproximadamente 0,24 km. Bairro: Paquetá. Praia com larga faixa de areia cercada por vegetação.
59. Praia das Gaivotas	Extensão: aproximadamente 0,50 km. Bairro: Paquetá. Enseada com quase 500 m de extensão, com estreita faixa de areia nas extremidades.
60. Praia Grossa	Extensão: aproximadamente 0,17 km. Bairro: Paquetá. Faixa de areia cercada por murada de pedra, onde ficam atracados muitos dos barcos e lanchas dos moradores locais. Na sua orla, encontram-se bares e hotéis.
61. Praia dos Tamoios	Extensão: aproximadamente 0,48 km. Bairro: Paquetá. Faixa de areia estreita e, em alguns trechos, revela um belo conjunto de rochas.
62. Praia do Buraco	Extensão: aproximadamente 0,16 km. Bairro: Paquetá. Pequena faixa de areia escura e grossa, com cerca de 160 metros.
63. Praia do Catimbau	Extensão: aproximadamente 0,29 km. Bairro: Paquetá. Longa faixa de areia com, aproximadamente, 290 m, tendo um cais de pedra e rampas de acesso de embarcações que a dividem em duas partes.
64. Praia do Lameirão	Extensão: aproximadamente 0,26 km. Bairro: Paquetá. A praia é uma faixa de areia com pouco mais de 260 m de extensão, tendo, no seu canto esquerdo, um conjunto de rochas, chamado de Ponta do Lameirão.
65. Praia Pintor Castagneto ou dos Coqueiros	Extensão: aproximadamente 0,36 km. Bairro: Paquetá. Longa faixa de areia com, aproximadamente, 360 m de extensão, cercada de amendoeiras plantadas ao longo do calçamento.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Praia	Informações
66. Praia de São Roque	Extensão: aproximadamente 0,26 km. Bairro: Paquetá. Larga faixa de areias brancas. Algumas casas da orla prolongaram seus muros até quase dentro d'água, dificultando a circulação na maré alta.
67. Praia da Moreninha ou Comprida	Extensão: aproximadamente 0,84 km. Bairro: Paquetá. Conta com uma estrutura de serviços como quiosques, bares, restaurantes, transporte e postos de salvamentos. Possui áreas para práticas de frescobol, futebol e vôlei, bem como um grande espaço arborizado.
68. Praia José Bonifácio ou da Guarda	Extensão: 0,58 km. Bairro: Paquetá. Com, aproximadamente, 600 m de extensão e larga faixa de areia, concentra bares, restaurantes e pousadas.
69. Praia do Veloso	Extensão: aproximadamente 0,14 km. Bairro: Paquetá. Voltada para a face sul da Ilha de Paquetá, esta praia, possui larga faixa de areia com, aproximadamente, 140 m de extensão, interrompida por um velho píer que a separa da parte que dá acesso ao Parque Darke de Mattos. Na outra extremidade, fica a Praça Fernão Valdez, com quadras esportivas e quiosque.
70. Praia Manoel Luís ou dos Frades	Extensão: aproximadamente 0,19 km. Bairro: Paquetá. Com aproximadamente 200 m de extensão, a praia de areias grossas é cercada por uma mureta de pedra, com árvores, mesas e bancos de alvenaria.
71. Praia Moema e Iracema	Extensão: aproximadamente 0,06 km e 0,05 km (respectivamente). Bairro: Paquetá. Trata-se de uma pequena enseada com, aproximadamente, 110 m de extensão cercada de pedras.
72. Praia da Imbuca	Extensão: aproximadamente 0,24 km. Bairro: Paquetá. Praia cercada por vegetação que a isola da estrada de acesso. Com cerca de 240 m de extensão e larga faixa de areia, a praia é emoldurada pelo Morro do Vigário. Termina na Praça dos Atobás, área urbanizada com árvores, bancos, mesas e equipamentos esportivos.
73. Praia das Gaivotas	Extensão: aproximadamente 0,50 km. Bairro: Paquetá. Enseada com quase 500 m de extensão, com estreita faixa de areia nas extremidades.
74. Praia Grossa	Extensão: aproximadamente 0,17 km; Bairro: Paquetá; Faixa de areia cercada por murada de pedra, onde ficam atracados muitos dos barcos e lanchas dos moradores locais.
75. Praia Gragoatá	A praia de Gragoatá, possui areia escura e fina, fica ao lado do forte de mesmo nome.
78. Praia de Icaraí	A praia de Icaraí, com 1,2 km de extensão, é a mais conhecida de Niterói. Seu nome significa "água benta, água santa, rio sagrado ou rio salgado", em tupi. Com vegetação de amendoeiras e coqueiros.
79. Praia de São Francisco	O calçadão da praia de São Francisco é muito usado para passeios, corrida e ciclismo.
80. Praia de Charitas	A praia de Charitas atrai fãs de windsurfe e esqui-aquático e é local de pouso de praticantes de voo livre que saem do Parque da Cidade.
81. Praia de Jurujuba	A praia de Jurujuba, com 300 m de extensão, é margeada por estreita calçada com ipês e amendoeiras.
82. Praia Adão	A praia do Adão possui a extensão de 250 m. E localiza-se próxima à entrada da Baía de Guanabara.
83. Praia Eva	A praia da Eva possui a extensão de 150 m. E localiza-se próxima à entrada da Baía de Guanabara.

Fonte: Data Rio (2020); Mapa de Cultura RJ (2020); Instituto Baía de Guanabara (2020).

2.1.4 Batimetria e sedimentologia

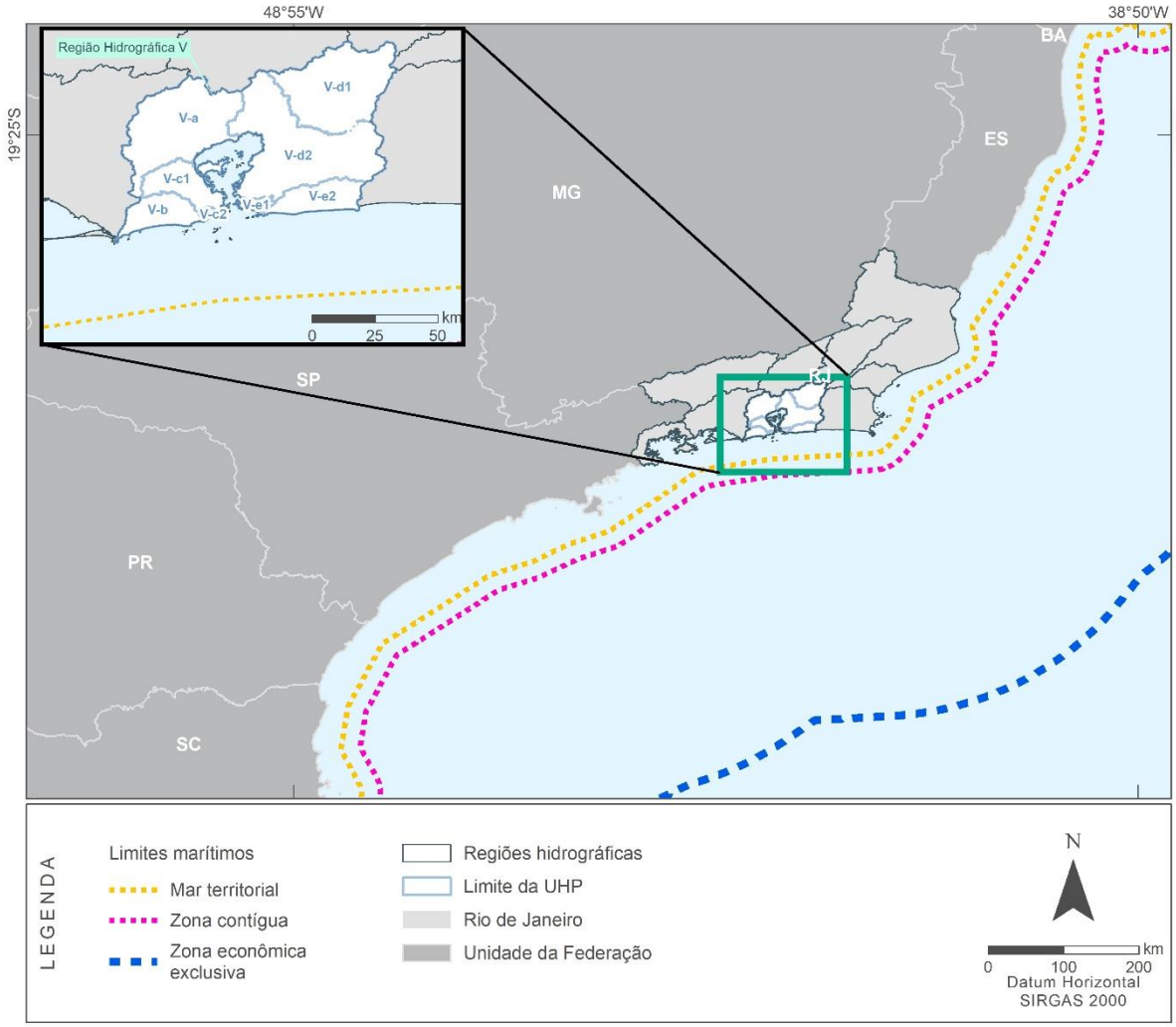
Nos termos definidos pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, a soberania do Estado costeiro sobre o seu território e suas águas interiores estende-se a uma faixa de mar adjacente, de até 12 milhas náuticas, chamado de mar

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

territorial. No mar territorial, o Estado costeiro exerce soberania ou controle pleno sobre a massa líquida, o espaço aéreo sobrejacente, bem como sobre leito e o subsolo deste mar. No Brasil, a licença e fiscalização de exploração ou de pesquisa na Plataforma Submarina brasileira, nas Águas do Mar Territorial e Águas interiores são definidas pelo Decreto nº 63.164, de 26 de agosto de 1968.

Em conjunto com o mar territorial, o Estado costeiro exerce soberania sobre a Zona Econômica Exclusiva, caracterizada como a zona situada além do mar territorial e a este adjacente não se estendendo além de 200 milhas náuticas (Figura 2.6). A soberania do Estado costeiro lhe garante o uso da Zona Econômica Exclusiva para fins de exploração e aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos ou não vivos das águas sobrejacentes ao leito do mar, do leito do mar e seu subsolo (SOUZA, 1999).

FIGURA 2.6 – LIMITES MARÍTIMOS

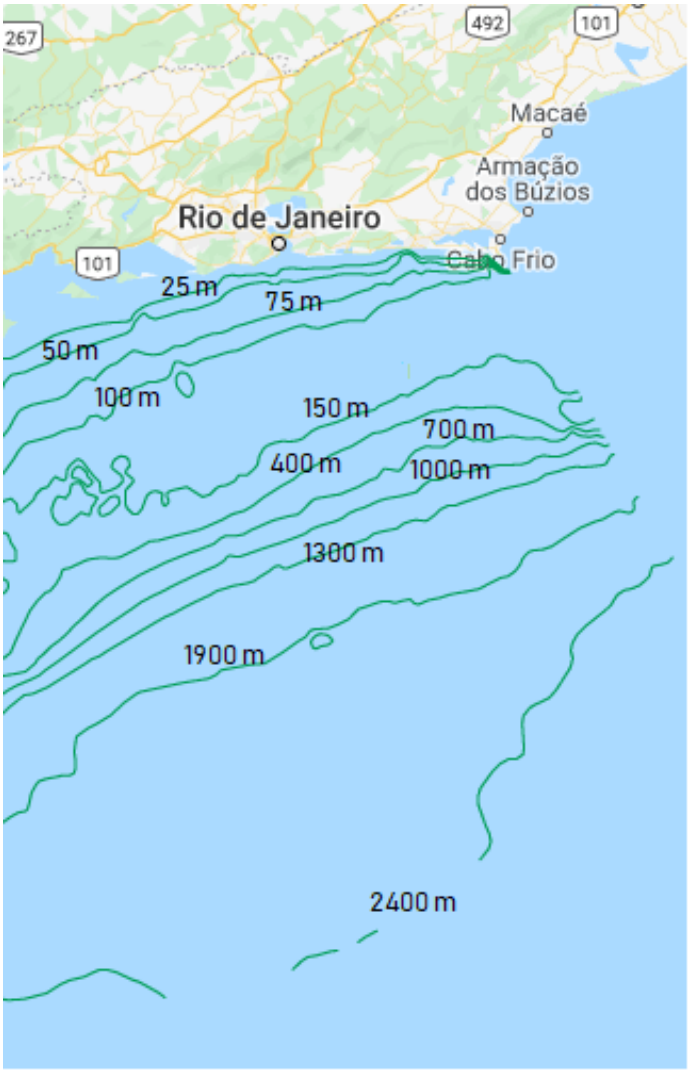


Fonte: Adaptado de Marinha do Brasil (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Zona Econômica Exclusiva localiza-se sobre a plataforma continental e devido a isto é de grande importância o conhecimento da batimetria desta porção de mar. Regiões de mar aberto são regiões de difícil acesso, com isso torna-se cada vez mais escassa a disponibilidade de informações. Tratando-se da plataforma do estado do Rio de Janeiro, devido à disponibilidade de petróleo, na Bacia de Santos, é possível encontrar alguns estudos com a descrição física do local, realizados principalmente pelo setor petroleiro. A Figura 2.7 apresenta as curvas batimétricas da porção da plataforma continental pertencente ao estado do Rio de Janeiro. As profundidades variam entre 25 e 75 m próximo à costa, chegando até 2.400 m, a cerca de 200 milhas náuticas da região costeira (PETROBRÁS, 2020).

FIGURA 2.7 – BATIMETRIA PLATAFORMA CONTINENTAL RH-V



Fonte: PETROBRAS (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Ao se aproximar da costa, as profundidades não passam de 100 m, sendo a profundidade média na Baía de Guanabara 5,7 m, chegando até a 50 m no canal principal. Entretanto, 84% da Baía apresenta profundidades inferiores a 10 m (Figura 2.8) (PROJETO BAÍAS DO BRASIL, 2017; FIGUEIREDO, 2014). Esta grande variação de profundidade é um dos fatores determinantes na circulação hidrodinâmica local, apresentando velocidades de correntes de maré variam de 0,2 a 0,5 m/s perto da entrada da Baía, até menos de 0,1 m/s em áreas rasas internas (SAMPAIO, 2003).

Com relação aos sedimentos de fundo da Baía de Guanabara, estes são compostos de areias médias, areias finas e muito finas, areia lama e sedimento lamoso. Da entrada da Baía até a Ponte Rio-Niterói, as areias médias são dominantes devido a maior velocidade das correntes que atuam nessa região. Sedimentos finos e muito finos (areia fina, areia lama e sedimento lamoso) são encontrados nos setores internos da Baía devido à velocidade reduzida das correntes de maré (QUARESMA, 2001). A composição do sedimento de fundo nos setores internos também é influenciada pelas cargas de sedimentos provenientes dos rios afluentes e pelas atividades antrópicas que ocorrem na bacia hidrográfica (SOARES-GOMES, 2016).

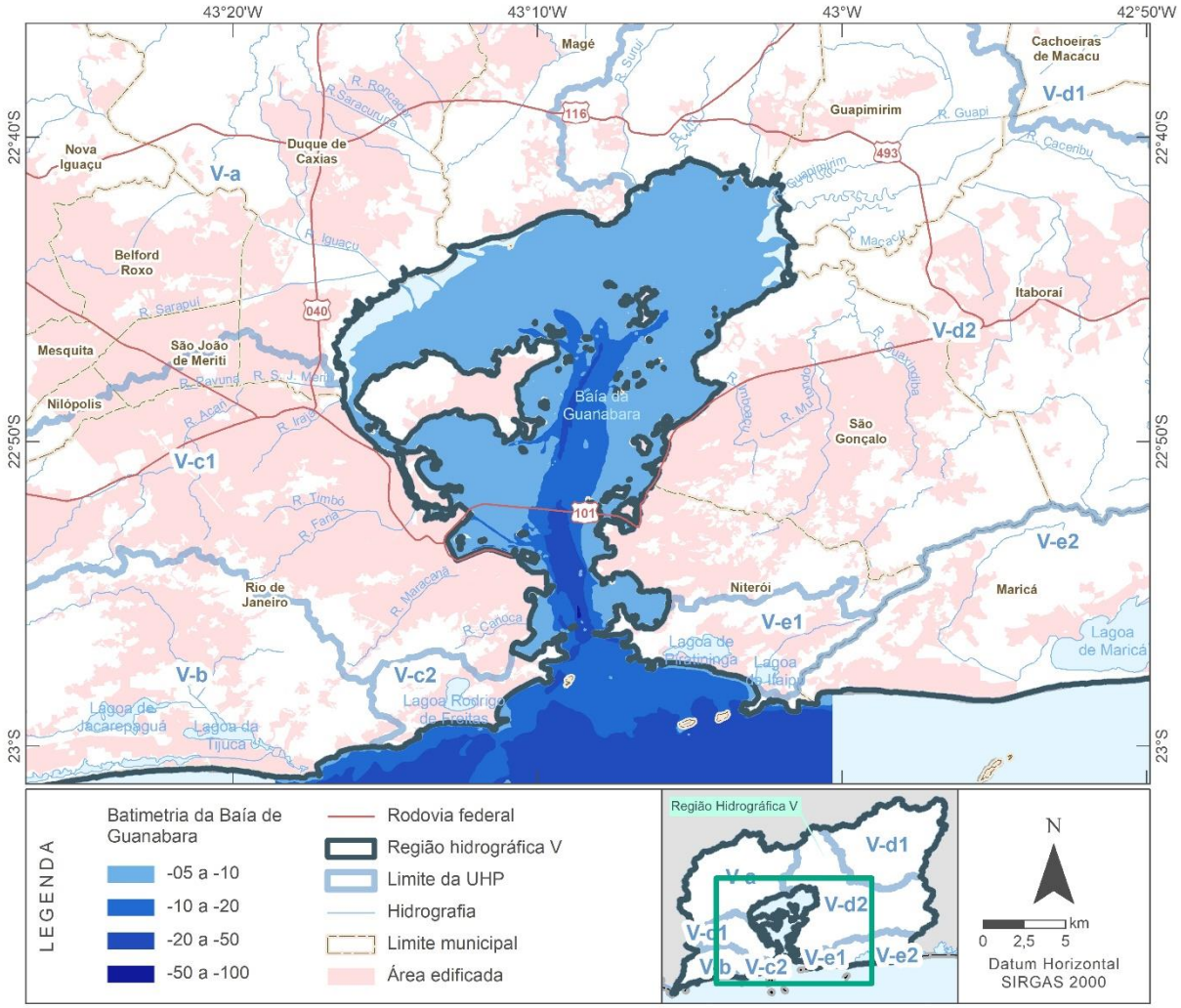
Na região oeste da Baía, devido ao desenvolvimento urbano, principalmente da cidade do Rio de Janeiro, diversas áreas do espelho de água foram aterradas para promover o crescimento territorial da cidade. Com o aumento de sedimentos na região, a circulação hidrodinâmica no lado oeste da Baía foi comprometida. Em conjunto com a urbanização, ocorreu um crescimento significante na carga de efluentes industriais e domésticos despejados na porção oeste, precisamente nas áreas que perderam drasticamente a capacidade para diluir esses resíduos por conta de mudanças na hidrodinâmica local (KCI, 2016).

A batimetria da Baía de Guanabara vem sofrendo modificações constantes devidos às inúmeras atividades de dragagens que ocorrem em seu interior. Além das alterações na hidrodinâmica devido à retirada e depósito dos sedimentos, os locais de dragagem e descarte do material dragado podem influenciar a qualidade das águas adjacentes. Devido a isto, estes locais devem ser monitorados para controle e mitigação de possíveis impactos, como por exemplo, o ponto de descarte Ponto F (latitude: 23° 06'55,00" S; longitude: 43°03'50,90" O).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Documentos oficiais indicam o Ponto F como o local mais adequado ao descarte de sedimentos. Por sua localização distante da costa (10 milhas náuticas de distância da barra da Baía de Guanabara), o Ponto F seria a alternativa menos impactante para as atividades de pesca na região e os diversos usos da Baía, já que as plumas de dispersão não alcançariam a costa (INPH, 2019). Entretanto, existem relatos de impactos nas águas costeiras possivelmente associados ao descarte de sedimentos contaminados da Baía de Guanabara no local.

FIGURA 2.8 – BATIMETRIA NA BAÍA DE GUANABARA



Fonte: Adaptado de Andrade (2018).

2.1.5 Circulação

As correntes da plataforma continental são basicamente geradas pela ação das ondas, marés, campos de vento e pela interação entre esses agentes. Os fatores meteorológicos e climáticos estão associados a eventos de curta duração, como

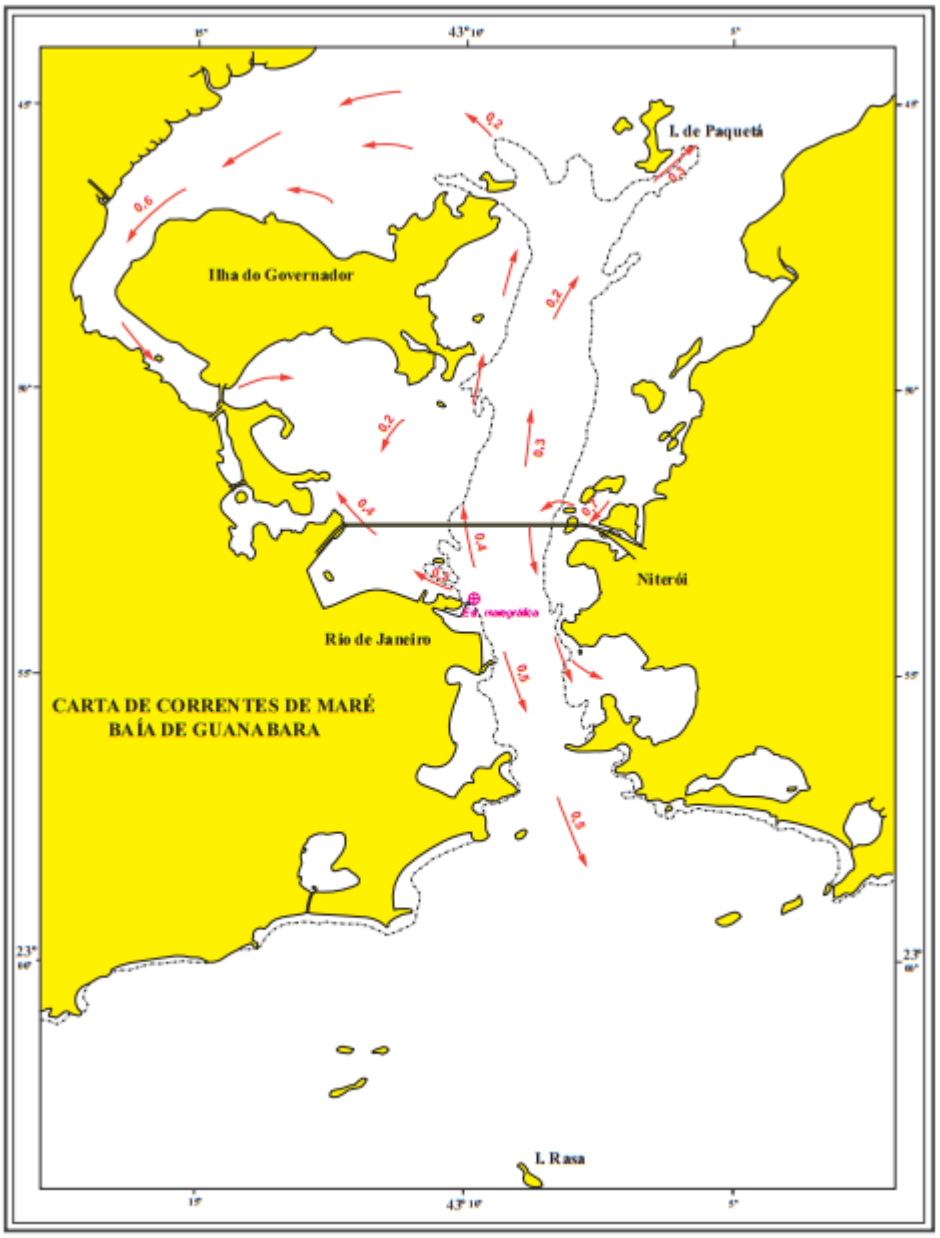
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

tempestades, furacões, tormentas e ressacas ou de longa duração, como as variações climáticas do planeta. Os eventos de curta duração, normalmente, têm efeitos imediatos em função de sua potência e de sua força geradora, enquanto os eventos de longa duração ocorrem ao longo de dezenas de anos relacionados, principalmente, as alterações do nível do mar (SOUZA *et al.,* 2005).

A circulação de corpos de água costeiros sofre ainda grande influência da geometria e da batimetria do local, como observado na Baía de Guanabara. Apresentando maré mista com predominância semidiurna, a altura média da maré na região é de 0,7 m, sendo observadas, na primavera, alturas em torno de 1,1 m em períodos de sizígia e 0,3 m na quadratura (KJERFVE *et al*., 1997). Em conjunto com as variações de profundidade, as velocidades das correntes de maré podem variar de 0,2 a 0,5 m/s perto da entrada da Baía, até menos de 0,1 m/s em áreas rasas internas (SAMPAIO, 2003). O campo de corrente de maré em uma condição preamar em maré de sizígia pode ser observado na Figura 2.9.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.9 – CARTA DE CORRENTES DE MARÉ – BAÍA DE GUANABARA – CONDIÇÃO DE PREAMAR, MARÉ DE SIZIGIA



Fonte: Marinha do Brasil (2020).

2.1.6 Salinidade e temperatura

A distribuição espacial da salinidade na região costeira é afetada pela descarga de água doce, de origem terrestre, e pela água salgada do mar. As massas de água dos oceanos possuem maior influência nos padrões de salinidade da plataforma, e as águas desta, por sua vez, em conjunto com a descarga dos rios, moldam os campos de salinidade das águas estuarinas.

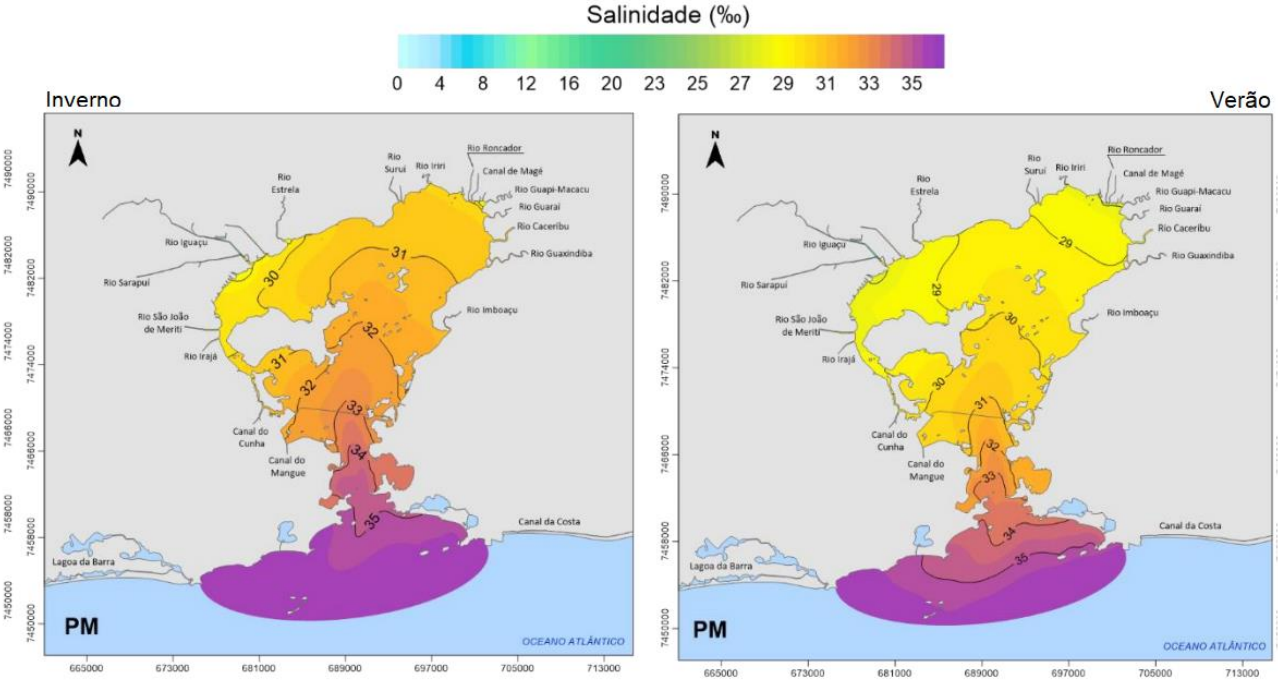
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Com relação às águas da plataforma continental da RH-V, os valores de salinidade na superfície podem variar entre 33 e 36 (IBGE, 2011). Forçadas pela onda de maré, estas águas salinas avançam em direção à Baía de Guanabara e encontram-se com as águas dos rios que desaguam no local.

A análise da variabilidade espacial da salinidade com as variações da maré foi realizada por Andrade (2018). Utilizando modelos computacionais, a autora verificou as oscilações da salinidade conforme as diferentes descargas de água doce, nas estações do inverno e verão, e nas marés de sizígia e quadratura.

As isolinhas de salinidade geradas em um ciclo de maré de sizígia no inverno e no verão, para as condições de preamar e baixa-mar, são apresentadas na Figura 2.10 e Figura 2.11, respectivamente. Os valores descritos correspondem à salinidade média da coluna de água.

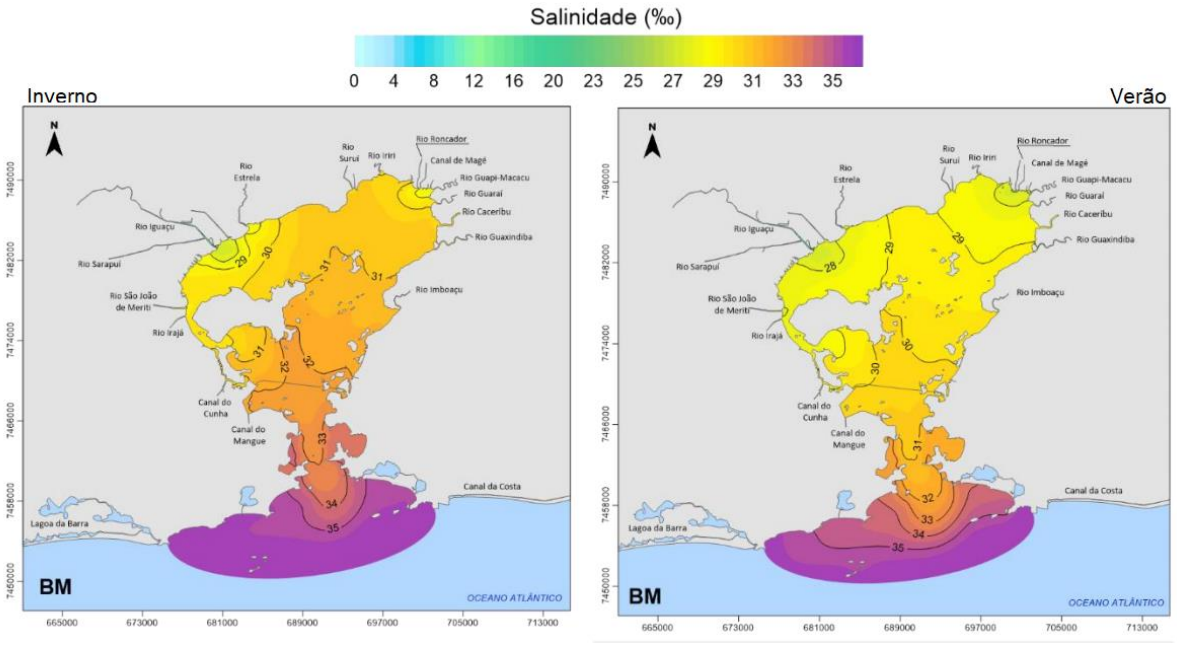
FIGURA 2.10 – ISOLINHAS DE SALINIDADE NA BAÍA DE GUANABARA EM UM CICLO DE MARÉ DE SIZÍGIA NO INVERNO E NO VERÃO – CONDIÇÃO DE PREAMAR



Fonte: Adaptado de Andrade (2018).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.11 – ISOLINHAS DE SALINIDADE NA BAÍA DE GUANABARA EM UM CICLO DE MARÉ DE SIZÍGIA NO INVERNO E NO VERÃO – CONDIÇÃO DE BAIXA-MAR



Fonte: Adaptado de Andrade (2018).

Não foram identificadas diferenças significativas nas variações espaciais da salinidade entre as marés de sizígia e quadratura para as mesmas condições fluviais, em ambas as estações do ano. Quando comparados os resultados de inverno e verão, é possível observar a influência da descarga dos rios na salinidade. No verão ocorre a diminuição nos valores de salinidade, acompanhando a maior entrada de água doce no estuário nesse período. Baseados em dados históricos, o estudo considerou o aporte total médio de água doce na Baía de 42,5 m³/s no inverno e de 175 m³/s no verão.

As águas mais salinas encontram-se no canal principal da Baía, próximo à Boca da Barra. Os menores valores, como esperado, são encontrados nas proximidades das embocaduras dos rios de maior vazão, como: Iguaçu-Sarapuí, Guapi-Macacu e Caceribu. Outro fator que pode influenciar a variabilidade de salinidade entre as estações do ano é o padrão de chuvas. Normalmente, a região apresenta invernos mais secos e verões mais chuvosos. No entanto, essa variável não foi diretamente considerada (ANDRADE, 2018).

No que se refere à temperatura, além da influência da descarga de água doce e a entrada das massas de água oceânicas, as condições climatológicas e a

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

profundidade do corpo de água desempenham um papel fundamental nas variações do campo de temperatura de águas costeiras (CUNHA, 1982).

Dados da temperatura da superfície do mar (TSM) de 1986 a 2006 indicam que na plataforma interna do estado do Rio de Janeiro, a TSM média nos meses de inverno variou entre 21 ºC e 24 ºC. Para o verão, a análise dos dados demostra uma variação entre 25 e 28 ºC (IBGE, 2011).

A temperatura da água superficial da Baía de Guanabara oscila entre 22 ºC e 28 ºC (JICA, 1992). As menores temperaturas encontram-se na entrada da Baía, onde a influência oceânica é direta e as profundidades são mais elevadas. Enquanto as maiores temperaturas ocorrem na região do fundo da Baía, sob influência mais direta dos rios e onde a lâmina de água é mais rasa (NASSER, 2001).

2.1.7 Balneabilidade

A avaliação da balneabilidade no estado do Rio de Janeiro, realizada pelo INEA, é desenvolvida a partir da comparação do nível de contaminação das águas por coliformes termotolerantes e enterococos, segundo os padrões previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000[5]. Números elevados destas bactérias em águas costeiras indicam principalmente a contaminação por esgotos (INEA, 2020).

Atualmente, o INEA monitora 201 praias do estado, possui 290 estações de amostragem e abrange um total de 22 municípios, sendo o número de estações definido conforme as determinações da Resolução CONAMA n° 274/2000, que privilegia as áreas com maior concentração de banhistas.

Na RH-V existem 97 pontos de monitoramento, distribuídos em cinco munícipios. A seguir são apresentados os resultados dos boletins anuais de balneabilidade disponíveis para a RH-V.

O município de Maricá apresenta as melhores condições de balneabilidade, consideradas como ótimas (Quadro 2.8). Niterói (Quadro 2.9), no relatório mais atual (2019), obteve quatro praias classificadas como ótimas, três com balneabilidade considerada boa, três regulares e quatro praias com condições entre má e péssima.

[5] Conforme contato realizado junto a representantes do INEA, a instituição avalia a balneabilidade de águas salobras e salinas segundo os padrões previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000, tendo em vista que essa define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Cabe ressaltar que a Resolução CONAMA nº 357/2005 remete à Resolução nº 274/2000 quando se trata de classificação de balneabilidade.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

No ano de 2019, das 22 praias analisadas na cidade do Rio de Janeiro (Quadro 2.10), cinco apresentaram balneabilidade ótima, 11 praias foram classificadas entre boa e regular e cinco atingiram má ou péssima balneabilidade. Na Praia do Forte de São João não foi realizada avaliação neste ano.

Os piores resultados são encontrados nas praias da Ilha do Governador e na Praia de Ramos (Quadro 2.11), localizadas no interior da Baía de Guanabara. De maneira geral todas as praias são classificadas com balneabilidade péssima, com exceção da Praia de Guanabara, que parece estar se recuperando apresentando uma condição regular nas avaliações feitas em 2018 e 2019. Diferente das praias da Ilha do Governador, das oito praias analisadas na Ilha de Paquetá (Quadro 2.12), seis foram classificadas com balneabilidade entre regular e boa e apenas duas apresentaram má condição de balneabilidade.

QUADRO 2.7 – CLASSES DE BALNEABILIDADE

Qualificação INEA		
Ótima		Máximo de 250 NMP/100 ml coliformes fecais ou 25 NMP/100 ml enterococos em 80% ou mais do tempo.
Boa		Máximo de 1.000 NMP/100 ml coliformes fecais ou 100 NMP/100 ml enterococos em 80% ou mais do tempo, exceto as ótimas.
Regular		Máximo de 1.000 NMP/100 ml coliformes fecais ou 100 NMP/100 ml enterococos em 70% ou mais do tempo e menos de 80% do tempo.
Má		Máximo de 1.000 NMP/100 ml coliformes fecais ou 25 NMP/100 ml enterococos em 50% ou mais do tempo e menos de 70% do tempo.
Péssima		Praias que não se enquadram nas categorias anteriores.
Sem avaliação		Número de resultados insuficiente para a qualificação ou não monitorada.

Fonte: INEA (2020).

QUADRO 2.8 – BALNEABILIDADE MARICÁ – QUALIFICAÇÃO ANUAL

Maricá	Qualificação anual																
	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Zacarias																	
Itaipuaçu																	
Ponta Negra																	

Fonte: INEA (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.9 – BALNEABILIDADE NITERÓI – QUALIFICAÇÃO ANUAL

Niterói	Qualificação anual																			
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gragoatá																				
Boa Viagem																				
Flechas																				
Icaraí																				
São Francisco																				
Charitas																				
Jurujuba																				
Eva																				
Adão																				
Piratininga																				
Sossego																				
Camboinhas																				
Itaipu																				
Itacoatiara																				

Fonte: INEA (2020).

QUADRO 2.10 – BALNEABILIDADE RIO DE JANEIRO – QUALIFICAÇÃO ANUAL

Rio de Janeiro	Qualificação anual																			
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Barra de Guaratiba																				
Grumari																				
Prainha																				
Sernambetiba																				
Recreio																				
Barra da Tijuca																				
Quebra-Mar																				
Joatinga																				
Pepino																				
São Conrado																				
Vidigal																				
Leblon																				
Ipanema																				
Arpoador																				
Diabo																				
Copacabana																				
Leme																				
Vermelha																				
Forte São João																				
Urca																				
Botafogo																				
Flamengo																				

Fonte: INEA (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.11 – BALNEABILIDADE RIO DE JANEIRO / ILHA DO GOVERNADOR E RAMOS – QUALIFICAÇÃO ANUAL

Ilha do Gov. e Ramos	Qualificação anual																			
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Galeão																				
São Bento																				
Engenho Velho																				
J. Guanabara																				
Bica																				
Ribeira																				
Engenhoca																				
Pitangueiras																				
Bandeira																				
B. Capanema																				
Guanabara																				
Pelônias																				
Ramos																				

Fonte: INEA (2020).

QUADRO 2.12 – BALNEABILIDADE RIO DE JANEIRO / ILHA DE PAQUETÁ – QUALIFICAÇÃO ANUAL

Ilha de Paquetá	Qualificação anual																			
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Imbuca																				
Riberira																				
Grossa																				
Tamoios																				
Catimbau																				
Coqueiros																				
Moreninha																				
J. Bonifácio																				

Fonte: INEA (2020).

2.1.8 Intrusão salina

Zonas estuarinas são áreas de grande importância econômica e ecológica devido às suas características morfológicas e hidrodinâmicas. Estes corpos de água apresentam áreas abrigadas, possibilitando o estabelecimento de instalações portuárias, navais e comerciais, são berçários ecológicos, zonas de migração de diferentes espécies, tanto para reprodução quanto para alimentação e possuem uma cadeia alimentar ativa devido à alta concentração de nutrientes (LOPES, 2010).

Estuários podem ser definidos como um corpo de água costeiro que tem uma ligação livre com o mar, dentro do qual ocorre uma mistura mensurável de água doce,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

de origem terrestre, com água salgada do mar, e se estende para montante até onde se pode medir efeito de maré nos níveis de água. Estes ecossistemas costeiros podem ser divididos em três regiões distintas (KJERFVE, 1990):

1) Zona de maré do rio (ZR): a parte fluvial contendo apenas água doce, mas sujeita à influência da maré;

2) Zona de mistura (ZM): o estuário propriamente dito, que se caracteriza pela mistura de massas de água distintas (doce e salgada) e consequentemente por uma acentuada variação espacial e temporal das propriedades. Esta zona estende-se entre a ZR e a entrada do estuário (desembocadura), em alguns casos esta última pode ser limitada fisicamente por uma barra de areia de maré enchente ou um delta de maré vazante;

3) Zona costeira (ZC): a região costeira do mar adjacente, que se caracteriza por uma maior turbidez se comparada a ZR e a ZM. Horizontalmente essa zona se estende até a chamada zona frontal.

A intrusão salina em estuários tem sido objeto de estudo em todo o mundo, principalmente para estuários que apresentam certo grau de estratificação. Sendo a salinização um limitador para diversos usos da água na região estuarina, seu conhecimento é determinante para o planejamento e gerenciamento do uso das águas costeiras.

Por serem ambientes de transição, entre os sistemas marinhos e terrestres, os estuários abrigam um dos ecossistemas mais produtivos do planeta, os mangues. Os manguezais são importantes sequestradores e estocadores de carbono na biomassa e no solo, contribuem com a redução da vulnerabilidade da zona costeira às mudanças climáticas e tem sua existência restrita a estes ambientes salobros, sendo afetados diretamente pelos processos de intrusão salina (MMA, 2018). Mais informações sobre os manguezais podem ser encontradas no Capítulo 4 do Tomo 1 do RP-02 – Diagnóstico.

A intrusão salina no principal estuário da RH-V, a Baía de Guanabara, foi analisada no estudo realizado pelo PERHI-RJ (2014). O estudo teve como objetivo caracterizar as diferentes zonas das regiões estuarinas das principais bacias

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, com base em dados secundários e auxílio de modelagem computacional[6].

Para o estudo, os estuários foram segmentados em três zonas (ZNA, ZIC e ZM). De montante para jusante, as regiões são:

- ZNA – Zona de oscilação de níveis de água ou “cabeça do estuário”: é o trecho a partir do qual se começa a registrar oscilações de nível com períodos típicos de marés.
- ZIC – Zona de inversão de correntes: é o trecho a partir do qual se registra inversão de sentido nas correntes por efeitos de maré, e que pode ficar a uma distância considerável para jusante da cabeça do estuário.
- ZM – Zona de mistura: é o trecho a partir do qual a água começa a ficar salobra, com valores de salinidade entre 0,5 e 30.

A modelagem para a Baía de Guanabara foi realizada com foco nas bacias dos rios Iguaçu/Sarapuí, Caceribú e Guapimirim (Figura 2.12) e considerados cinco cenários:

I Cenário atual:

I.1 típico: Marés de sizígia e quadratura típicas em condições de estiagem;

I.2 extremo: considerando marés de sizígia com maré meteorológica de 7 dias com altura de 0,8 m, em épocas de estiagem.

II. Cenário de 50 anos, com efeitos de mudanças climáticas: considera-se que, por efeito de mudanças climáticas, os seguintes condicionantes serão alterados: nível médio do mar estará mais alto que o atual em 0,5 m; alturas de marés meteorológicas poderão chegar a 1,0 m; vazões de estiagem poderão ser mais baixas.

II.1 típico: Marés de sizígia e quadratura típicas em condições de estiagem;

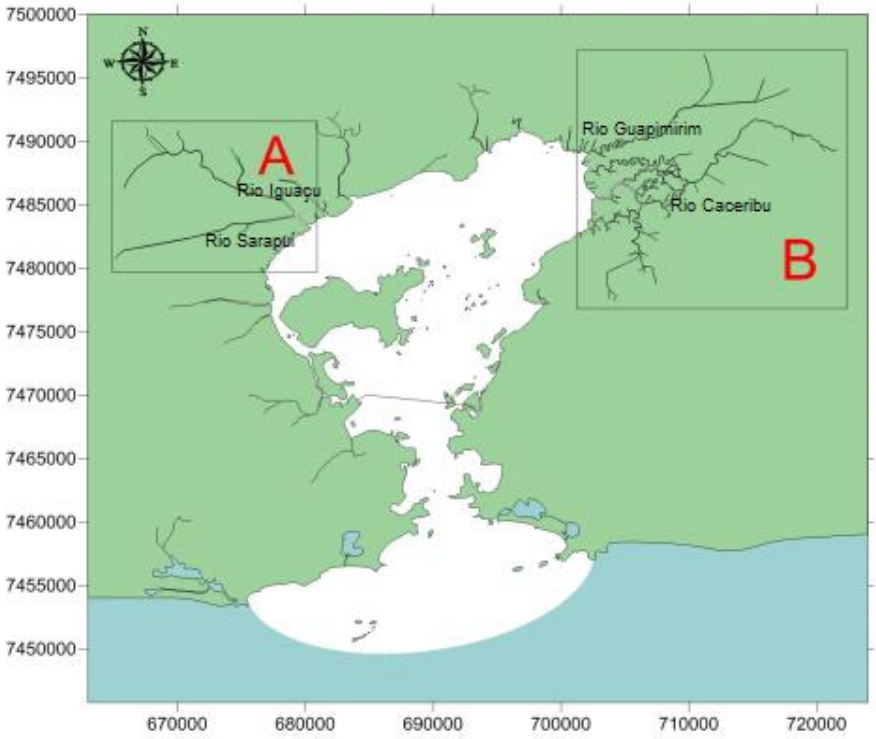
II.2 extremo: considerando marés de sizígia com maré meteorológica de 7 dias com altura de 1,0 m, em épocas de estiagem.

As simulações foram realizadas para o período de 30 dias, em todos os casos, contemplando dois períodos de maré de quadratura e de sizígia.

[6] A atualização e complementação do estudo de intrusão salina na Baía de Guanabara será realizada no RP-03 – Prognóstico da presente Atualização e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.12 – ÁREA DE MODELAGEM DA BAÍA DE GUANABARA – REGIÃO (A) ABRANGE OS RIOS IGUAÇU/SARAPUÍ E REGIÃO (B) ABRANGE OS RIOS CACERIBÚ E GUAPIMIRIM

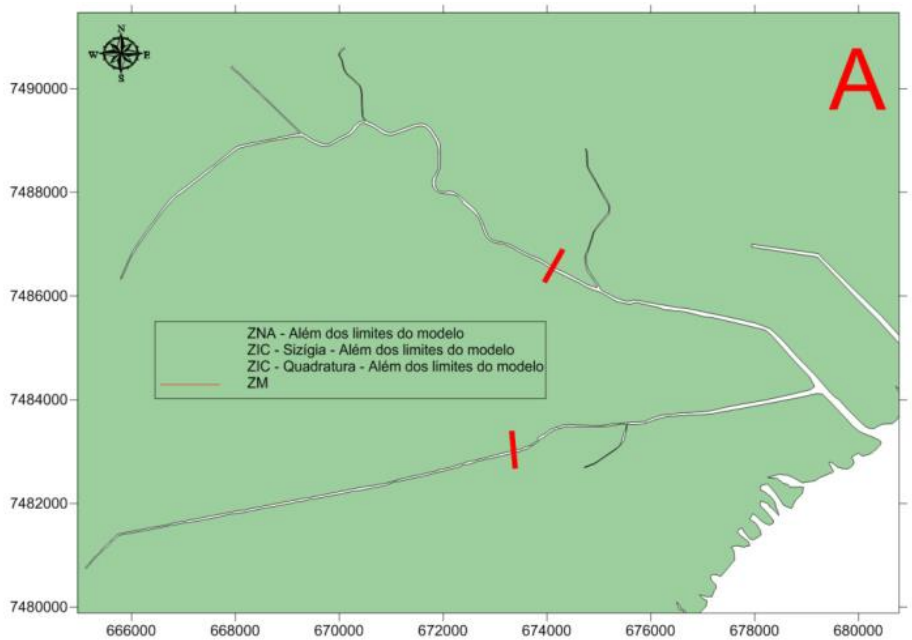


Fonte: PERHI-RJ (2014).

Os resultados são apresentados nas Figura 2.13 a Figura 2.20:

- Cenário atual – Típico (I.1)

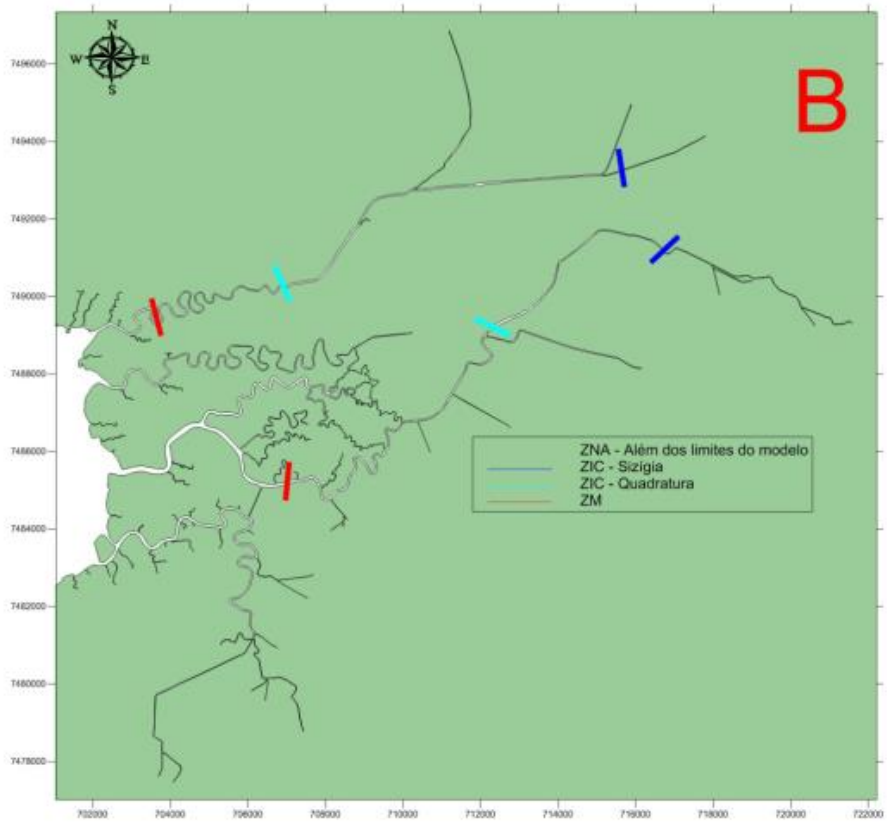
FIGURA 2.13 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS IGUAÇU/SARAPUÍ (A) – CENÁRIO ATUAL: TÍPICO (I.1)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

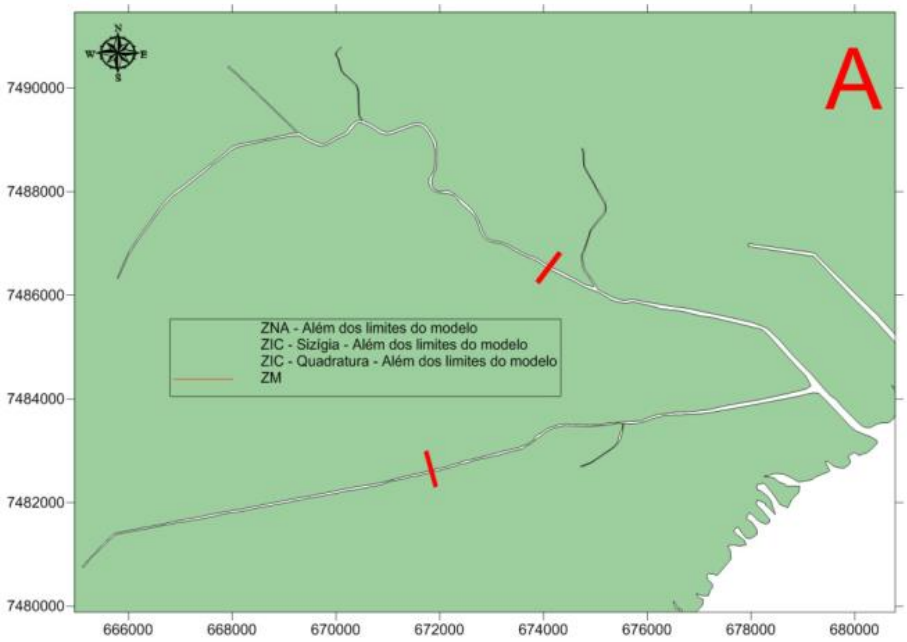
FIGURA 2.14 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS CACERIBÚ E GUAPIMIRIM (B) - CENÁRIO ATUAL: TÍPICO (I.1)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

- Cenário atual – Extremo (I.2)

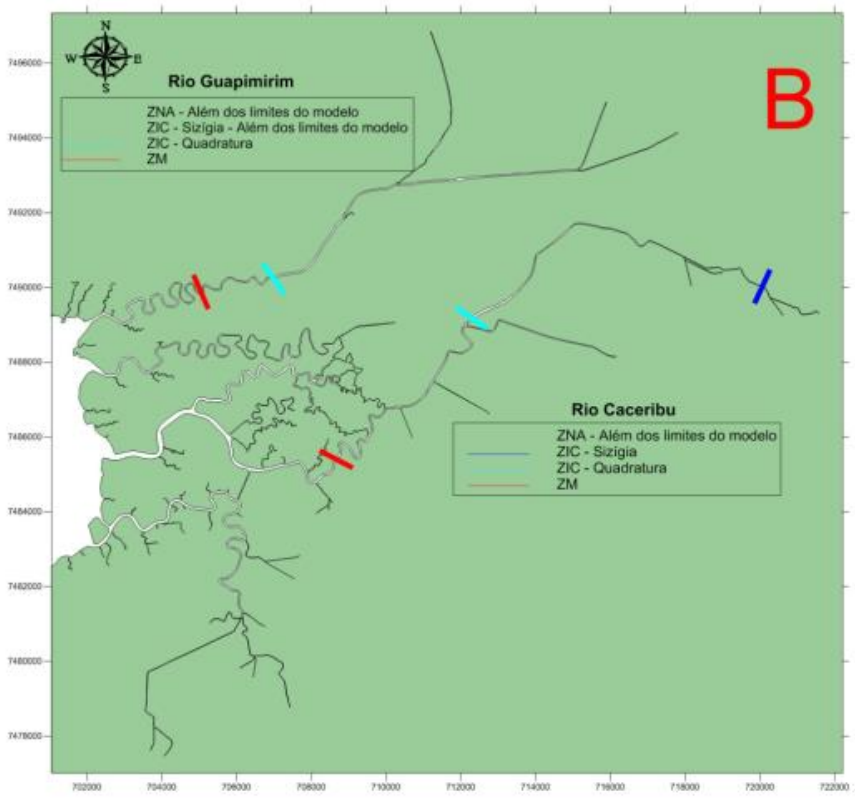
FIGURA 2.15 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS IGUAÇU/SARAPUÍ (A) - CENÁRIO ATUAL: EXTREMO (I.2)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

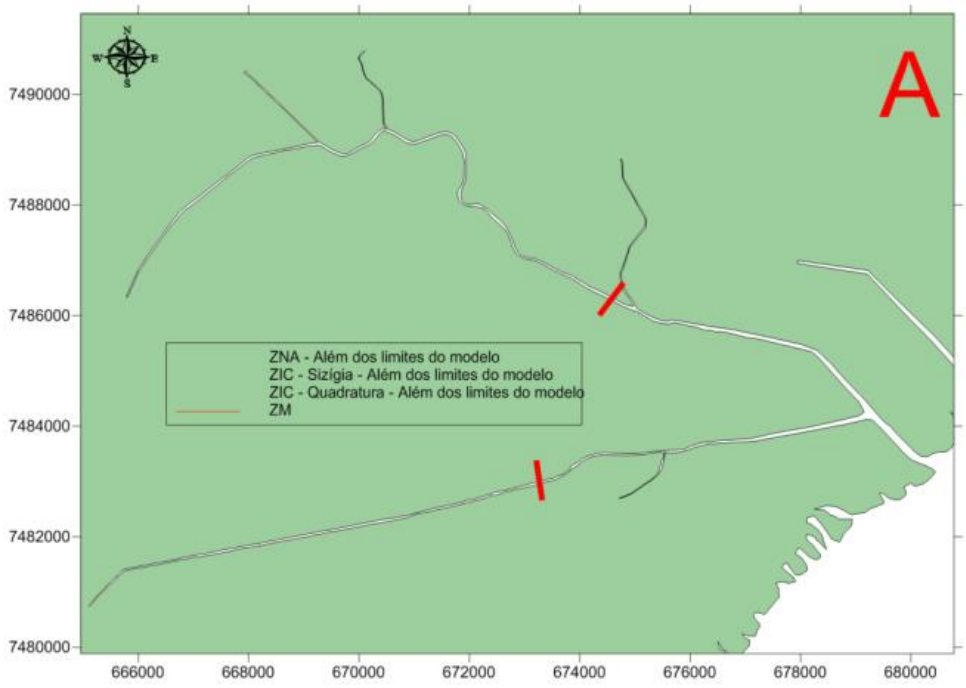
FIGURA 2.16 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS CACERIBÚ E GUAPIMIRIM (B) - CENÁRIO ATUAL: EXTREMO (I.2)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

- Cenário de 50 anos – Típico (II.1)

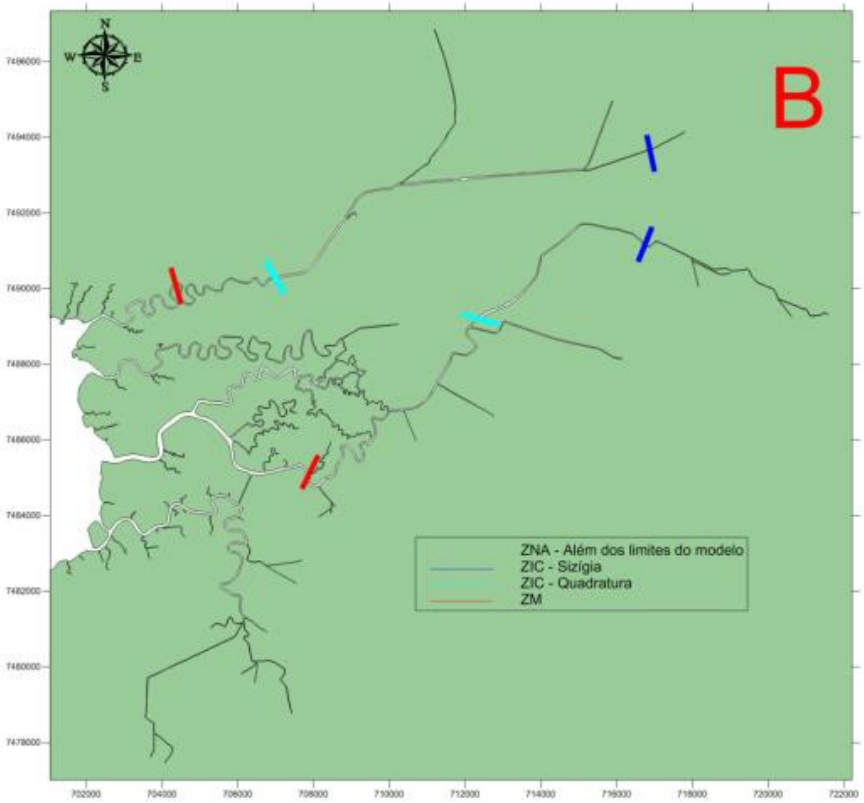
FIGURA 2.17 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS IGUAÇU/SARAPUÍ (A) - CENÁRIO DE 50 ANOS: TÍPICO (II.1)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

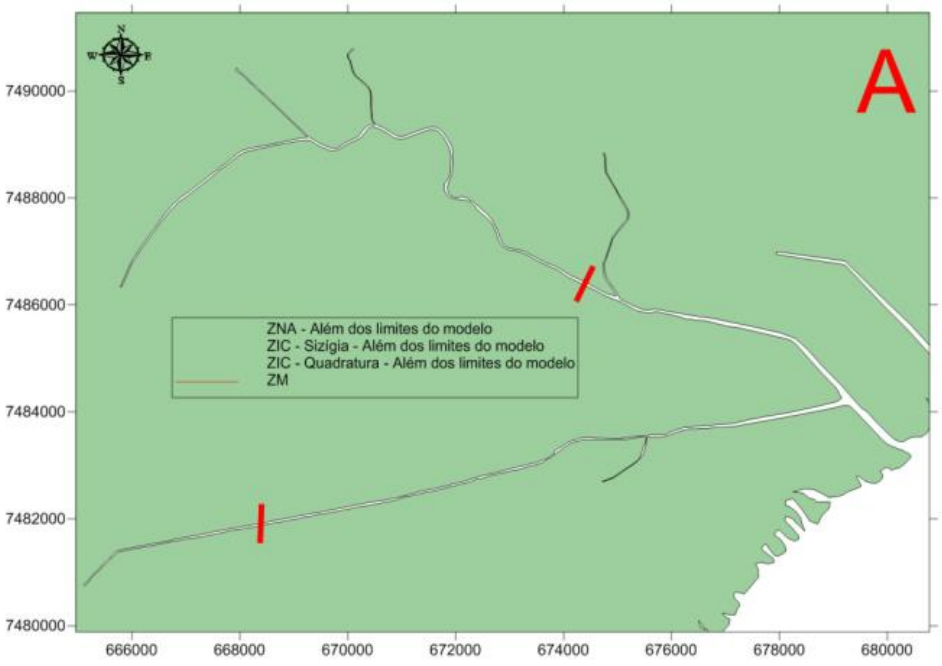
FIGURA 2.18 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS CACERIBÚ E GUAPIMIRIM (B) - CENÁRIO DE 50 ANOS: TÍPICO (II.1)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

- Cenário de 50 anos – Extremo (II.2)

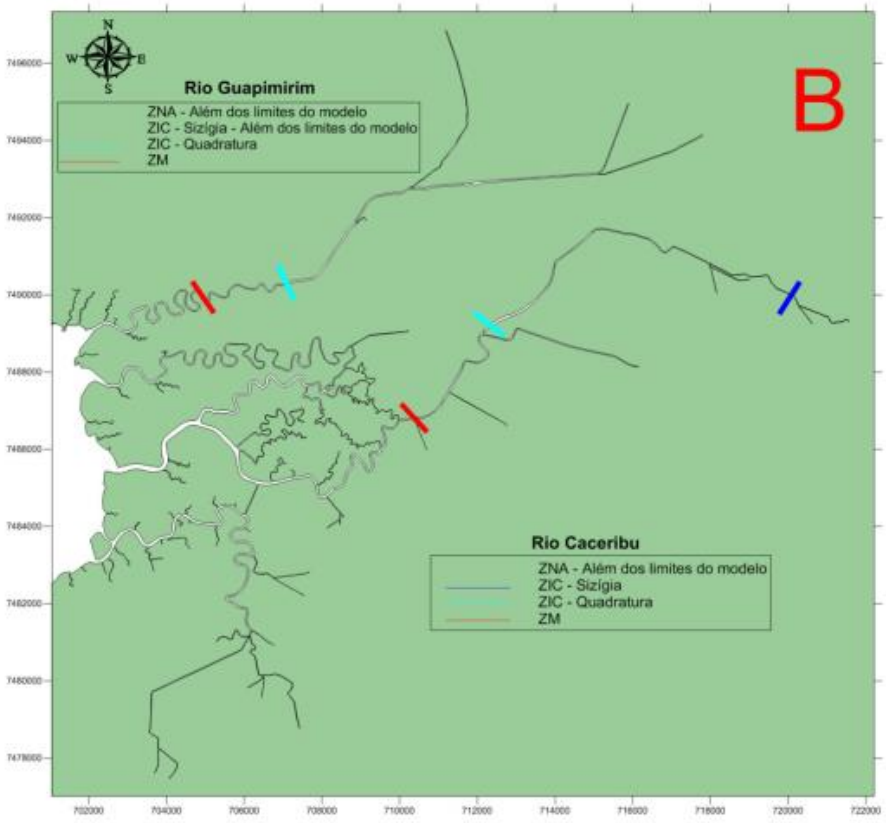
FIGURA 2.19 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS IGUAÇU/SARAPUÍ (A) - CENÁRIO DE 50 ANOS: EXTREMO (II.2)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.20 – LIMITES DAS TRÊS ZONAS – ZNA, ZIC E ZM RIOS CACERIBÚ E GUAPIMIRIM (B) - CENÁRIO DE 50 ANOS: EXTREMO (II.2)



Fonte: PERHI-RJ (2014).

A partir da análise dos resultados obtidos, em cada cenário, os autores concluíram que entre os cenários I.1 e I.2; II.1 e II.2, as zonas ZIC-Sizígia e ZM se deslocam de forma pronunciada para montante, evidenciando a influência das marés meteorológicas sobre a hidrodinâmica local.

A ZIC-Quadratura permanece na mesma posição quando comparados os cenários Típicos e Extremos, pois na plotagem dos resultados foram consideradas apenas marés típicas de quadratura. Sendo a principal influência da maré meteorológica sobre o período de sizígia, as alterações sobre a ZIC de quadratura foram desconsideradas.

Na comparação entre os cenários atuais (I.1 e I.2) e de 50 anos (II.1 e II.2), foram observadas as maiores variações nos limites de todas as zonas, que são deslocados para montante, fazendo com que a ZIC-Sizígia se desloque para além dos limites do modelo em alguns rios.

O avanço da cunha salina depende de inúmeras variáveis. Os limites a montante das três zonas, ZNA, ZIC e ZM, podem mudar consideravelmente de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

posição ao longo do ciclo hidrológico e do mês lunar. Em épocas de chuvas e cheias os limites são deslocados para jusante, pela maior descarga fluvial, e avançam para montante em períodos de seca. Em um dado mês, tipicamente, durante as fases de marés de sizígia, os limites ficam mais para montante. Opostamente, nas marés mais fracas de quadratura, os limites tendem a ficar mais a jusante (PERHI-RJ, 2014).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS LAGUNARES E LAGOAS

Por definição, lagunas costeiras são classificadas como um sistema marinho raso, geralmente orientado paralelamente à costa, separado do oceano por uma barreira, mas interligado com o mar através de um ou mais canais, podendo esses serem permanentes ou intermitentes (KJERFVE, 1994). A mesma definição pode ser aplicada para as lagoas (PHLEGER, 1981). Duas ou mais lagunas/lagoas interligadas formam um sistema lagunar.

Lagunas costeiras são sistemas complexos e dinâmicos. Por possuírem ligação direta com o mar e receberem parte da descarga de água doce terrestre, apresentam oscilações devido a influência do mar e da água continental. Em conjunto, ambientes lagunares são muito vulneráveis à influência do homem. Sua permanência depende das variações do nível do mar e da sedimentação em seu interior, geralmente intensificada pelo desenvolvimento urbano e por atividades agrícolas em áreas adjacentes (MIRANDA *et. al.,* 2002), destacando a importância do conhecimento dos processos físicos atuantes nesses corpos hídricos.

No próximo item são descritos os Sistemas Lagunares de Maricá-Guarapina, de Itaipu-Piratininga, da Lagoa Rodrigo de Freitas e de Jacarepaguá, todos inseridos na RH-V[7].

2.2.1 Sistema Lagunar Maricá-Guarapina

O Sistema Lagunar Maricá-Guarapina localiza-se no município de Maricá, entre as latitudes 22°57'34,00" e 22°55'2,32" S e longitudes 42°53'7,95" e 42°41'41,35" O. Composto por cinco lagunas costeiras interligadas e por dois canais de comunicação

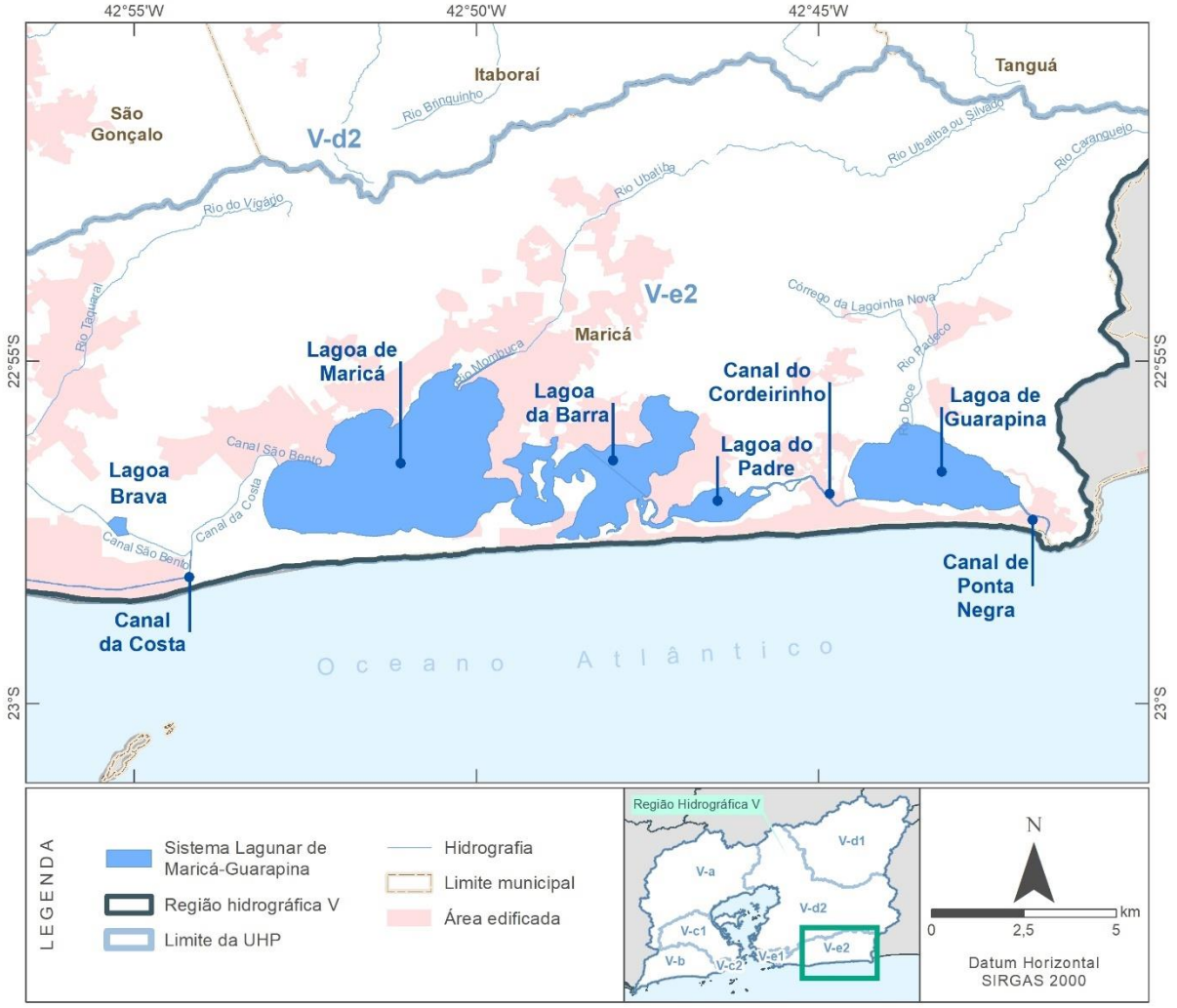
[7] Existe uma mobilização para mudança do recorte geográfico dos Subcomitês da RH-V, principalmente os Subcomitês dos Sistemas Lagunares. Entretanto, como esse movimento ainda é incipiente, utilizou-se a delimitação oficial dos Subcomitês (Resolução CERHI-RJ nº 63/2011). Caso a alteração seja realizada até a finalização do Plano de Recursos Hídricos, o novo recorte poderá ser considerado nos produtos finais, em especial no Cadernos de Ações dos Subcomitês.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

com o mar: o Canal de Ponta Negra, construído em 1951 e atualmente se encontra parcialmente assoreado, e o Canal da Costa (CRUZ, 2010; INEA, 2020).

Compreende uma área de aproximadamente 35 km², sendo a sua distribuição entre as lagoas (Figura 2.21): Brava (1,2 Km²), Maricá (18,21 km²), Barra (8,12 km²), Padre (2,10 km²) e Guarapina (6,44 km²) (BAÍAS DO BRASIL, 2019; INEA, 2020). Este ambiente costeiro se limita a oeste pela linha divisória entre os municípios de Niterói e Maricá; a leste é limitado pela Serra do Mato Grosso seguindo pela Serra de Jaconé até Ponta Negra, no município de Maricá; ao norte, pelos municípios de São Gonçalo, Itaboraí e Tanguá. O limite sul é a linha costeira que segue de Ponta Negra até a Pedra do Elefante (CBH-BG, 2020a).

FIGURA 2.21 – LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA



Fonte: Adaptado de IBGE (2018, 2019); CEPERJ (2018).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A bacia hidrográfica do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina[8] abrange cerca de 330 km² e encontra-se quase que integralmente situada no município de Maricá, com exceção de uma pequena área de 2,0 km² localizada em Niterói (Bairro Várzea das Moças), onde se situa a nascente do rio Inoã, afluente do rio do Vigário, que desemboca na Lagoa Brava (CRUZ, 2010).

Os rios afluentes a este sistema lagunar são: Canal São Bento-Rio Bambu, rios Imbassaí, Buriche, Itapeba, Cunha, Mombuca – Ubatiba (lagoa de Maricá); rios Caju, Padre Guedes e Jacaré (Lagoa da Barra); rio Doce-Caranguejo, Córregos Bananal, Engenho, Paracatu e Sangradouro (Lagoa de Guarapina). A lagoa de Maricá ainda conta com importantes afluentes e subafluentes: Taquaral, Vigário, Bosque Fundo, Preguiça e o Canal da Costa.

Características das lagunas que compõem o Sistema Lagunar Maricá-Guarapina são apresentadas no Quadro 2.13.

QUADRO 2.13 – CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA

Lagoa	Área (km²)	Perímetro (km) (2)	Profundidade média (m) (3)	Amplitude média da maré (m) (3)	Salinidade (3)	Volume (km³) (3)	Área de drenagem (km²) (3)
Brava	1,2 (4)	-	-	-	-	-	-
Maricá	18,21 (1)	24	1,4	0,1	0	0,024	215
Barra	8,12 (1)	30	1,4	0,1	1	0,013	55
Padre	2,10 (1)	10,2	0,6	0,1	3	0,002	10
Guarapina	6,44 (1)	11,7	1,0	0,3	7	0,007	70

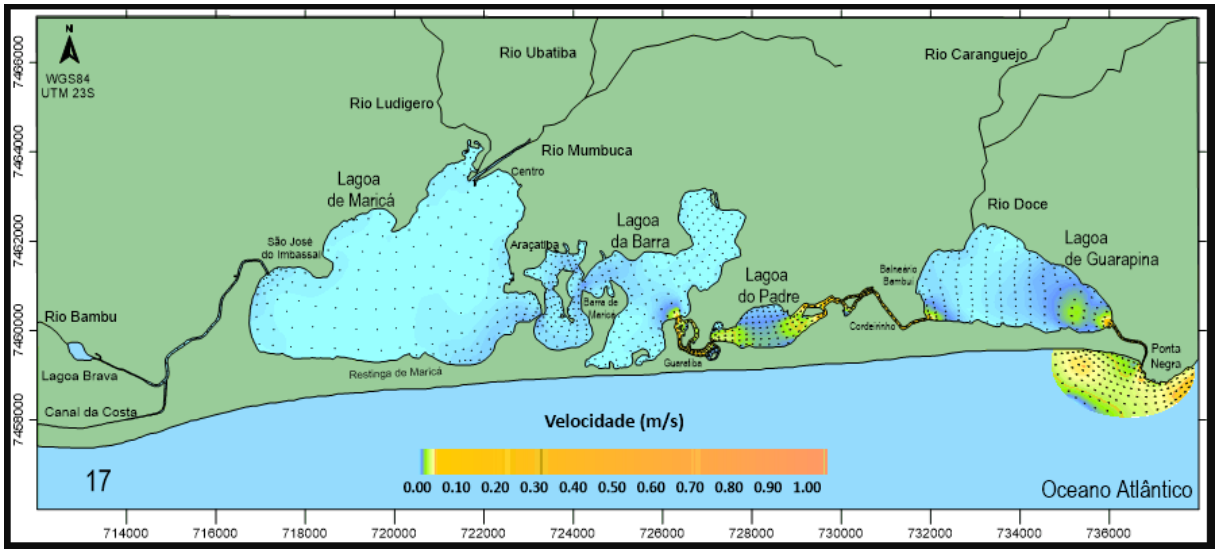
Fonte: (1) CBH-BG (2020a); (2) SERLA apud Cruz (2010); (3) KJERFVE (1994); (4) INEA (2020).

O campo de correntes do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina foi analisado através do uso de modelagem numérica (BAÍAS DO BRASIL, 2019). As velocidades para o inverno (julho) de 2018 nas condições de maré vazante e enchente são apresentadas na Figura 2.22 e Figura 2.23, respectivamente. Nota-se que as velocidades aumentam em direção à conexão do sistema lagunar com o mar, com as maiores velocidades ocorrendo nas lagoas de Guarapina e do Padre, e o menor campo de velocidades ocorrendo na lagoa de Maricá. O padrão manteve-se para o verão.

[8] A administração, operação e manutenção dos rios e do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina no município de dominialidade estadual é cedida à Prefeitura pelo convênio de cooperação n° 01/2019 SEAS/Prefeitura de Maricá, com interveniência do INEA, de 29/01/2019.

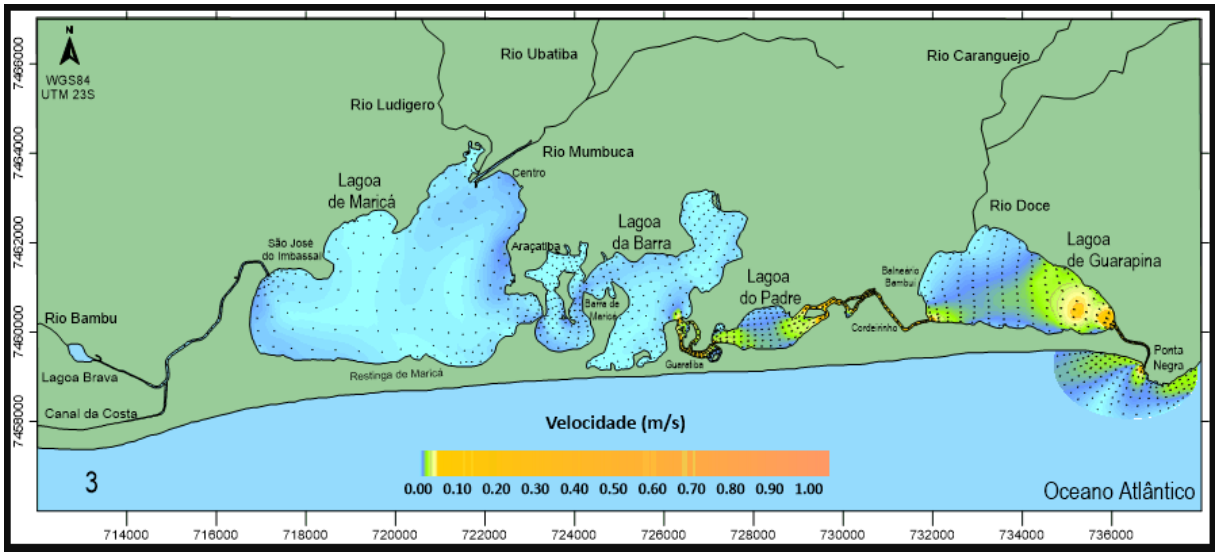
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.22 – VELOCIDADE DAS CORRENTES – MARÉ VAZANTE



Fonte: Baías do Brasil (2019).

FIGURA 2.23 – VELOCIDADE DAS CORRENTES – MARÉ ENCHENTE



Fonte: Baías do Brasil (2019).

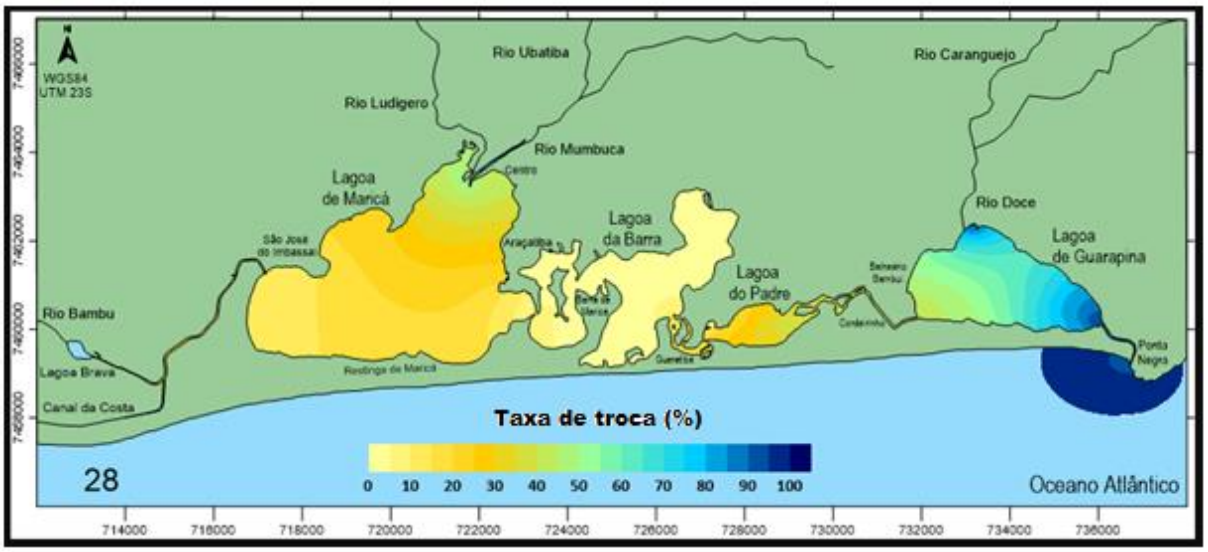
Com relação à troca das águas, como citado anteriormente, a entrada de águas novas no sistema lagunar ocorre pela maré e pelos rios afluentes. A lagoa de Maricá tem sua troca feita principalmente pelos rios que deságuam na região. A troca pela entrada de água salgada (regime de maré) ocorre através do canal de Ponta Negra, influenciando as lagoas do Padre e Guarapina. Devido à sua localização, a lagoa da Barra é a que apresenta a menor taxa de troca de água (BAÍAS DO BRASIL, 2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.24 apresenta a taxa de troca das águas do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, modelada pelo Projeto Baías do Brasil (2019). A maior porcentagem de troca ocorre na região próxima à sua embocadura do canal de Ponta Negra devido à influência das águas do mar que entram a cada ciclo de maré. A troca das águas devido ao aporte dos rios possui maior influência nas lagoas de Maricá e Guarapina. Na lagoa de Maricá, na região próxima ao desague do rio Mumbuca, é possível observar a troca de aproximadamente 60% da água, enquanto na lagoa de Guarapina, na região próxima ao rio Doce, foi observada a troca de aproximadamente 95% da água.

Importante ressaltar que o termo troca de água, aqui apresentado, refere-se ao movimento das águas doce dos rios e salgada do mar, caracterizando a troca de uma massa de água por outra, considerando apenas salinidade, densidade e velocidade da água. Com base no estudo apresentado, em hipótese nenhuma deve ser entendido como a melhoria de qualidade da água devido à troca, já que o trabalho não considera outros parâmetros físico-químicos. Entretanto, observa-se no item “2.4.3.8 UHP V-e2 (Lagoa de Maricá)” deste relatório que os rios afluentes das lagoas encontram-se em elevado estado de degradação, principalmente por esgoto domésticos como reflexo dos baixos índices de coleta e tratamento (Capítulo 3 do Tomo 1), que acabam por afetar negativamente a qualidade das águas das lagoas, impossibilitando a melhora da qualidade devido à troca das águas.

FIGURA 2.24 – TAXA DE TROCA DA ÁGUA NO SISTEMA LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA



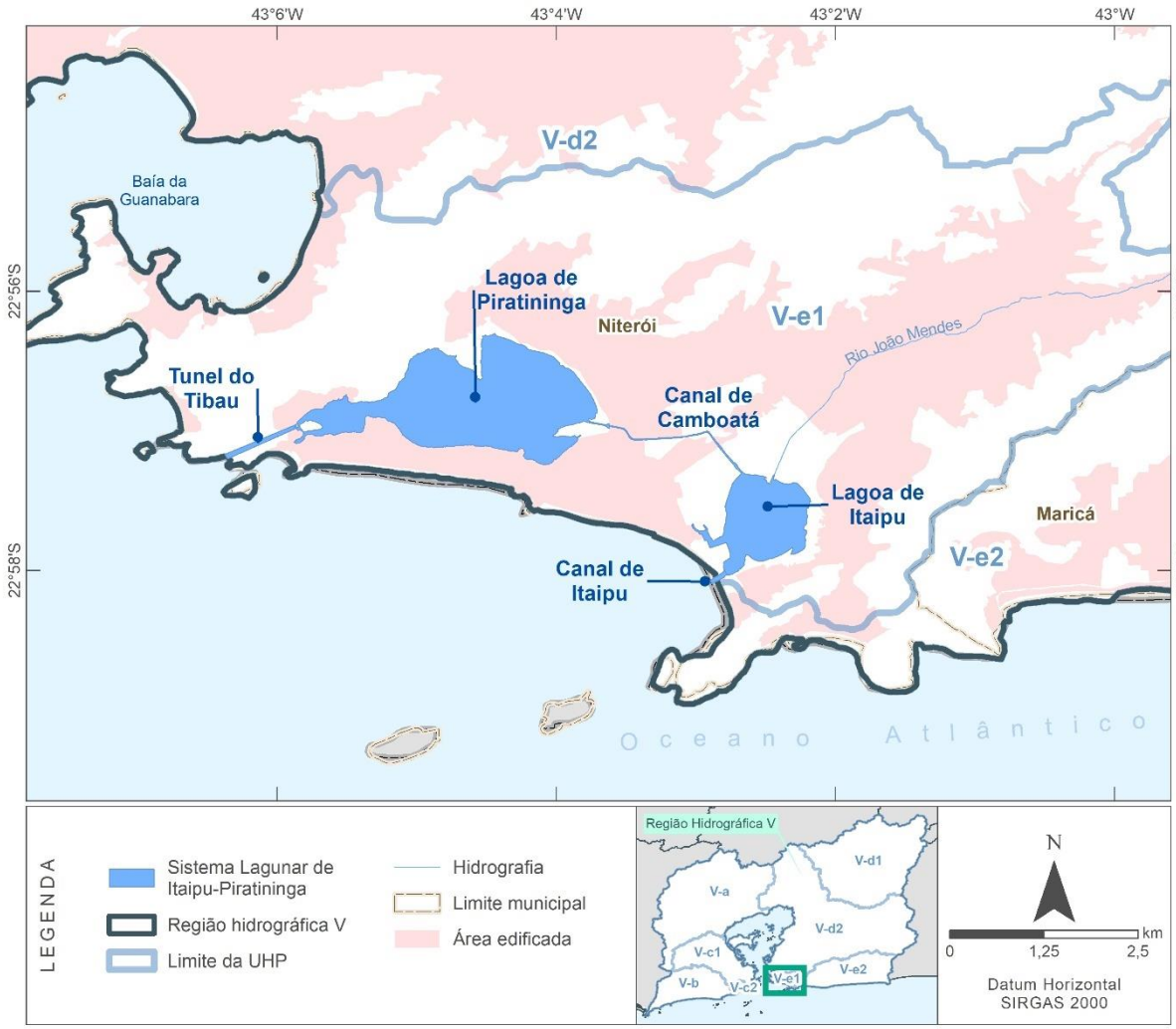
Fonte: Baías do Brasil (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.2.2 Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga

Localizado na região das Praias Oceânicas de Niterói, na costa leste da Baía de Guanabara, o Sistema Lagunar de Itaipu–Piratininga (Figura 2.25) é composto de duas lagunas de água salobra, Itaipu e Piratininga.

FIGURA 2.25 – LOCALIZAÇÃO SISTEMA LAGUNAR ITAIPU-PIRATININGA

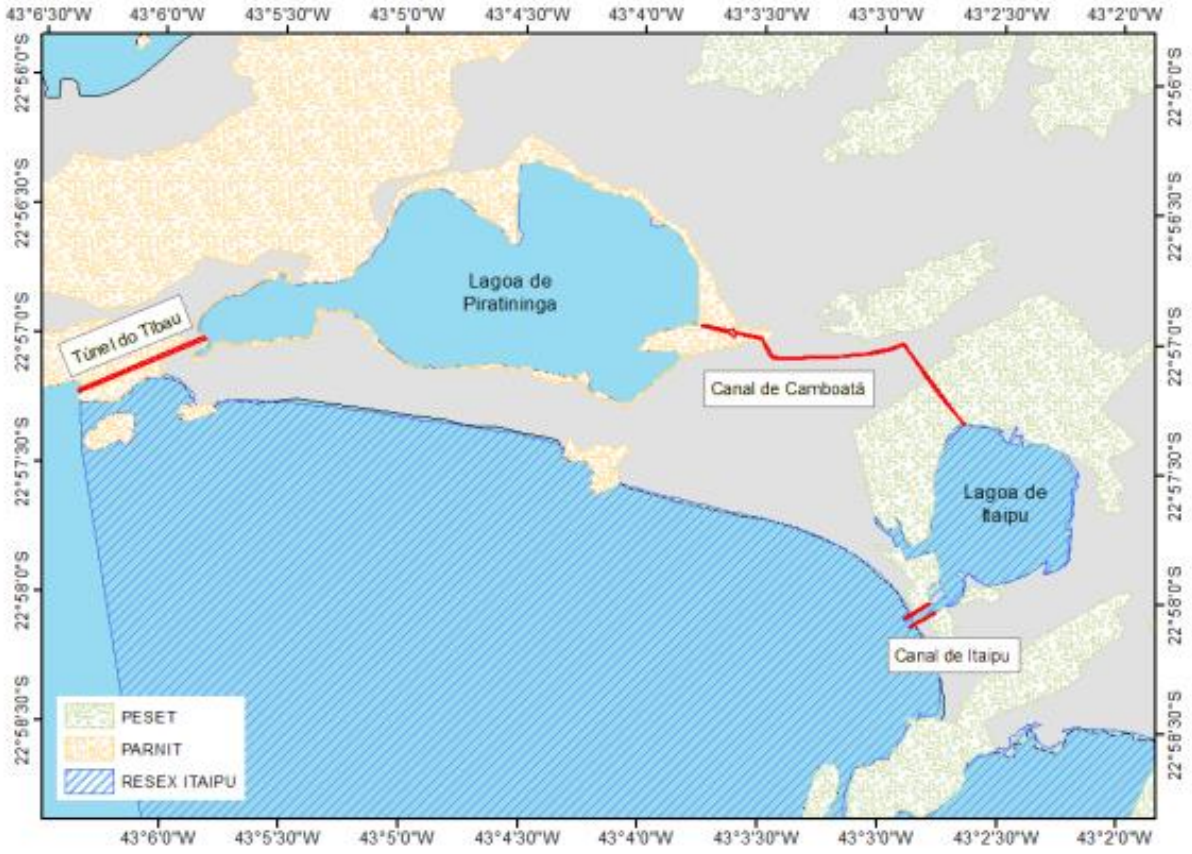


Possui uma área de 2,87 km² e três ilhas: do Pontal, ao Norte, do Modesto, a Leste e uma terceira ilha a Oeste, cuja abertura da barra de areia se dava de forma intermitente. Itaipu e Piratininga são interligadas pelo canal artificial de Camboatá (Figura 2.26). Construído em 1946, o canal de Camboatá possui 2,15 km de extensão, largura de 9,50 m e profundidade média de 0,40 m. Em 1979 foi construído o Canal do Tibau (Figura 2.26), garantindo a manutenção da comunicação entre a lagoa de Itaipu e o mar (INEA, 2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As bacias hidrográficas do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga estão localizadas entre as latitudes 22º 55′ e 22º 59′ S e as longitudes 43º 02′ e 43º 06′ O (Figura 2.25). Rios, valas e canais naturais de drenagem, contribuintes às lagunas de Itaipu e Piratininga, além de barragens e reservatórios artificiais, áreas úmidas e águas subterrâneas, são os formadores desse sistema lagunar (CBH-BG, 2020b).

FIGURA 2.26 – LOCALIZAÇÃO DAS LAGOAS DE ITAIPU E PIRATININGA E OBRAS REALIZADAS



Fonte: HYDROSCIENCE (2018).

Os cursos de água córrego da Viração, Valão do Cafubá, rio Arrozal, rio Jacaré, canal de Santo Antônio, rios João Mendes, da Vala, córrego dos Colibris (do Parque Estadual da Serra da Tiririca) e rio Itacoatiara são os principais contribuintes do sistema lagunar. A lagoa de Piratininga possui uma área de drenagem de 14,6 km² enquanto a laguna de Itaipu apresenta 20,8 km² de área de drenagem (CBH-BG, 2020b).

Estudos demonstram que a lagoa de Itaipu possui conexão direta com o mar, ou seja, as oscilações de nível dentro do corpo hídrico ocorrem na mesma frequência de oscilação das marés, porém com amplitudes reduzidas por pelo menos a metade.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O nível da água máximo observado na lagoa foi de 0,8 m, em um período de aumento de nível do mar, devido à presença de maré meteorológica. Entretanto, em Piratininga ocorre a dissipação da energia da maré devido ao estrangulamento do fluxo ao longo do Túnel do Tibau. O nível máximo observado em Piratininga foi de 0,85 m ocorrido durante um evento expressivo de chuva (HYDROSCIENCE, 2019b).

Quanto ao campo de velocidades, de maneira geral as velocidades nesse sistema costeiro são baixas. As velocidades no interior da lagoa de Itaipu são, em geral, inferiores a 0,1 m/s, exceto no Canal de Itaipu em que podem ser encontradas velocidades até 1 m/s. Em Piratininga, as velocidades são ainda menores, inferiores a 1 cm/s, com exceção dos estrangulamentos e das proximidades do Canal do Tibau (HYDROSCIENCE, 2019b).

O fluxo de água possui o sentido predominante do Canal do Tibau para o interior da lagoa de Piratininga (Figura 2.27), seguindo para a lagoa de Itaipu pelo Canal de Camboatá e saindo pelo Canal de Itaipu. Quando o nível de Itaipu está maior do que o nível em Piratininga, ocorre a reversão do fluxo, saindo da lagoa de Itaipu para Piratininga (HYDROSCIENCE, 2019b).

FIGURA 2.27 – SENTIDO PREDOMINANTE DO FLUXO DE ÁGUA NO SISTEMA LAGUNAR ITAIPU-PIRATININGA

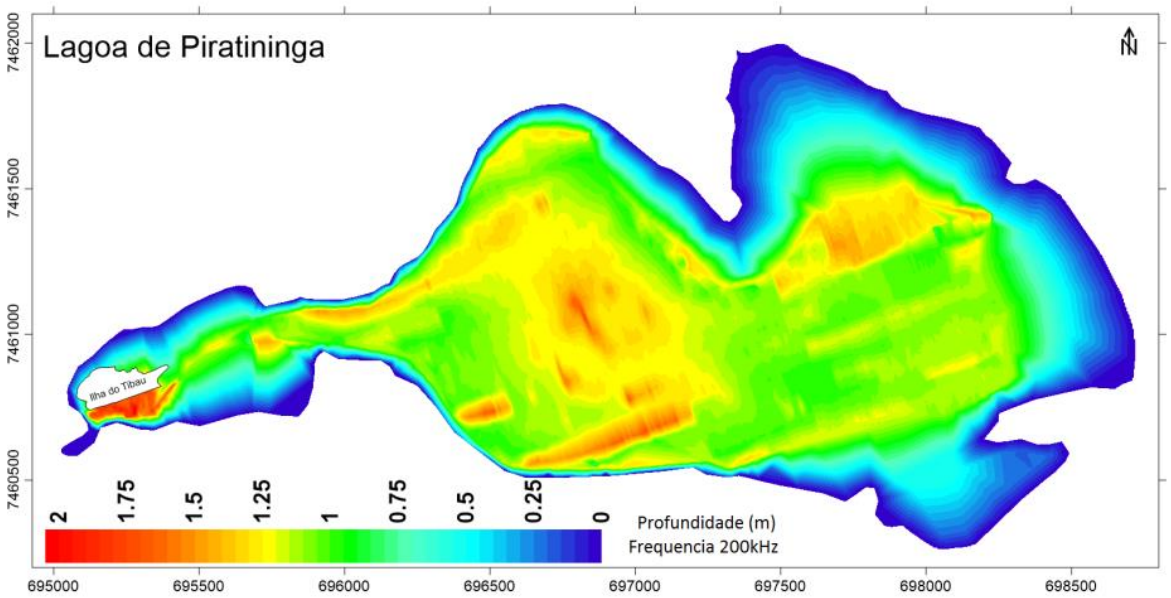
Fonte: HYDROSCIENCE (2019b).

As batimetrias da lagoa de Piratininga e Itaipu podem ser observadas na Figura 2.28 e Figura 2.29, respectivamente. Os dados foram coletados pela empresa

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Hydroscience Consultoria e Restauração Ambiental, através do Contrato SEXEC n° 07/2018 - Elaboração de estudos para análise da condição ambiental do sistema perilagunar Piratininga-Itaipu–Niterói, firmado com a Prefeitura de Niterói (2019).

FIGURA 2.28 – MAPA BATIMÉTRICO DA LAGOA DE PIRATININGA

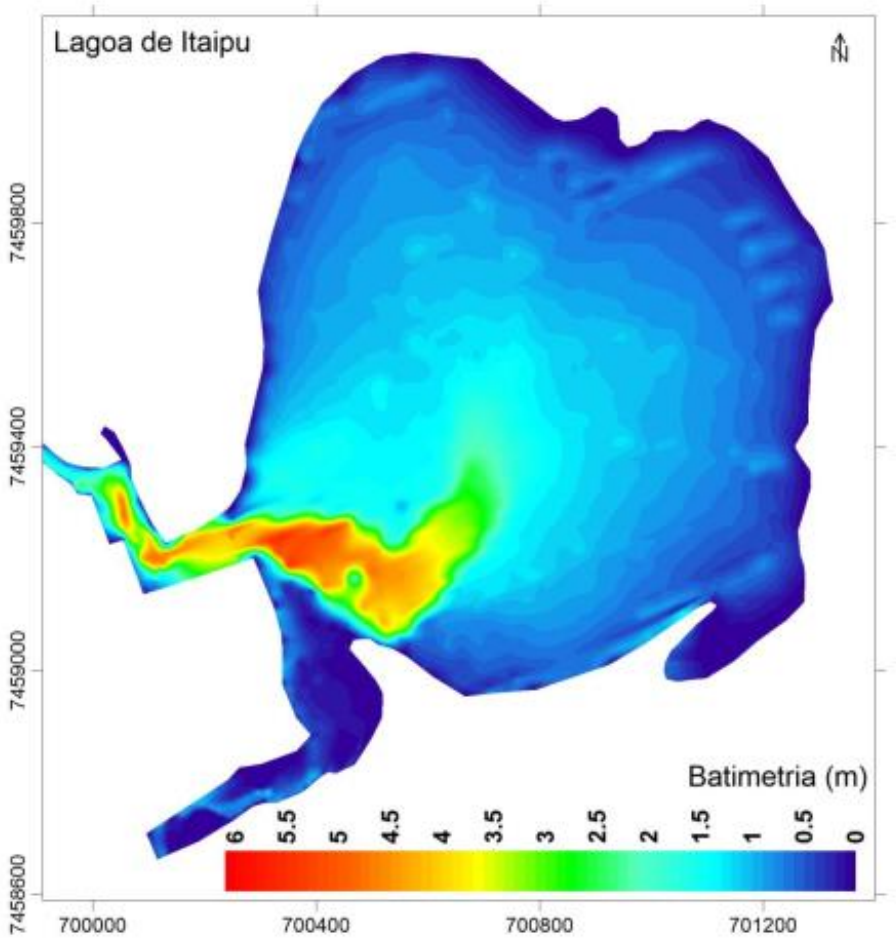


Fonte: HYDROSCIENCE (2019a)

Na Lagoa de Piratininga as profundidades são predominantemente baixas. Em alguns pontos a profundidade é superior a 1,5 m, chegando a 2 m no canal escavado em frente ao Túnel do Tibau. Na região intermediária, as maiores profundidades ocorrem pelo fato dessa zona ser menos propensa à deposição em função das maiores velocidades de correntes. Nas demais áreas, o resultado do processo de assoreamento se torna evidente, com predominância de profundidades abaixo de 0,5 m (HYDROSCIENCE, 2019a).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.29 – MAPA BATIMÉTRICO DA LAGOA DE ITAIPU



Fonte: HYDROSCIENCE (2019a).

As profundidades da Lagoa de Itaipu variaram em torno de 1 m a 1,5 m na região central, alcançando até 4,5 m na área do canal escavado, em frente ao Canal de Itaipu. Com exceção da calha de escoamento principal do canal, onde as profundidades variam entre 1 a 1,5 m, o Canal de Itaipu possui profundidades muito baixas, cerca de 0,2 m até a sua desembocadura no mar. Devido ao assoreamento desse canal, o efeito das marés sobre a renovação do sistema é atenuado. As demais regiões com grande assoreamento, profundidades inferiores a 0,3 m, foram encontradas nas margens leste e norte, onde a deposição do material carreado pelos contribuintes ocorre com maior facilidade devido à hidrodinâmica local (HYDROSCIENCE, 2019a).

As lagoas de Piratininga e Itaipu sofrem com o crescente processo de alteração de suas características morfométricas e biológicas. Com a construção do Canal do Tibau, Piratininga passou a sofrer um intenso processo de drenagem de suas águas,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

provocando redução da lâmina e do espelho de água. Projetos de loteamento, realizados a partir de 1978 tem acelerado ainda mais o processo de degradação desses corpos hídricos (INEA, 2020).

Segundo o estudo Estratégia para Gerenciamento Ambiental Compartilhado dos Ecossistemas Lagunares de Itaipu e Piratininga e da Região Hidrográfica realizado pelo Subcomitê do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga (CLIP, 2015), entre os principais fatores de degradação do Sistema Laguna Itaipu-Piratininga estão:

- Obras implantadas sem qualquer resultado efetivo, planejadas com base em conhecimentos técnicos superficiais e incompletos da realidade, focadas em soluções meramente hidráulicas;
- Elevadas cargas de esgotos sem tratamento lançados nas lagunas por mais de quatro décadas, formando grandes estoques de fósforo e nitrogênio no sedimento e contribuindo para a proliferação de algas e macrófitas (e subsequente sedimentação de matéria orgânica) e a redução do oxigênio dissolvido na água;
- Grande quantidade de lixo trazida pelos rios e pelas marés, acumulando-se nos sedimentos e nas margens, associado a uma limpeza insuficiente da orla e espelho de água da laguna;
- Faixas Marginais das lagunas e dos rios degradadas, com paisagem depreciada, e depósitos de lixo, resíduo de dragagem e entulho de obras - no caso das lagunas, faixas marginais tomadas por espécies vegetais invasoras;
- Ilhas lagunares abandonadas;
- Sistema de drenagem caótico e arcaico, rios com leitos alterados e retificados, carreando lama, lixo e sedimentos para as lagunas e intensa impermeabilização dos solos da região hidrográfica devido a urbanização;
- Falta de educação ambiental e conscientização;
- Ausência de planos e programas para solução dos problemas encontrados no sistema lagunar.

O intenso processo de urbanização da Região Oceânica de Niterói, a partir da inauguração da Ponte Rio-Niterói (1974) e da entrada de grandes agentes imobiliários e de financiamento público de habitação e infraestrutura, tem causado um aumento expressivo no número de habitantes. Como consequência, os impactos sobre o

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga tem sido notáveis, principalmente através da implantação de sistemas de engenharia para estabilização hídrica e de sucessivos aterros para ganho de áreas edificáveis. Além desses impactos diretos, as modificações em toda a bacia hidrográfica resultam em aumento da descarga sólida e da degradação da qualidade de água, ocasionando problemas de saúde pública e de erosão/assoreamento (FONTENELLE; CORRÊA, 2014).

Outro problema ocorre devido à abertura dos canais Tibau e Camboatá. As águas da lagoa de Piratininga fluem constantemente para Itaipu e em seguida para o mar. Somente em ocasiões de maré alta observa-se um fluxo no sentido contrário, entretanto insuficiente para renovar as águas da lagoa de Piratininga (INEA, 2020).

A avaliação das modificações do espelho de água das lagoas de Piratininga e de Itaipu entre 1976 e 2011 demonstra que ocorreu uma considerável redução, da ordem de 18%, do espelho de água dos corpos hídricos, com significativas alterações em seus respectivos perímetros (FONTENELLE; CORRÊA, 2014). O Quadro 2.14 apresenta as áreas de redução no espelho de água do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga entre 1976 e 2011. Na Figura 2.30 é possível observar a localização das áreas de redução.

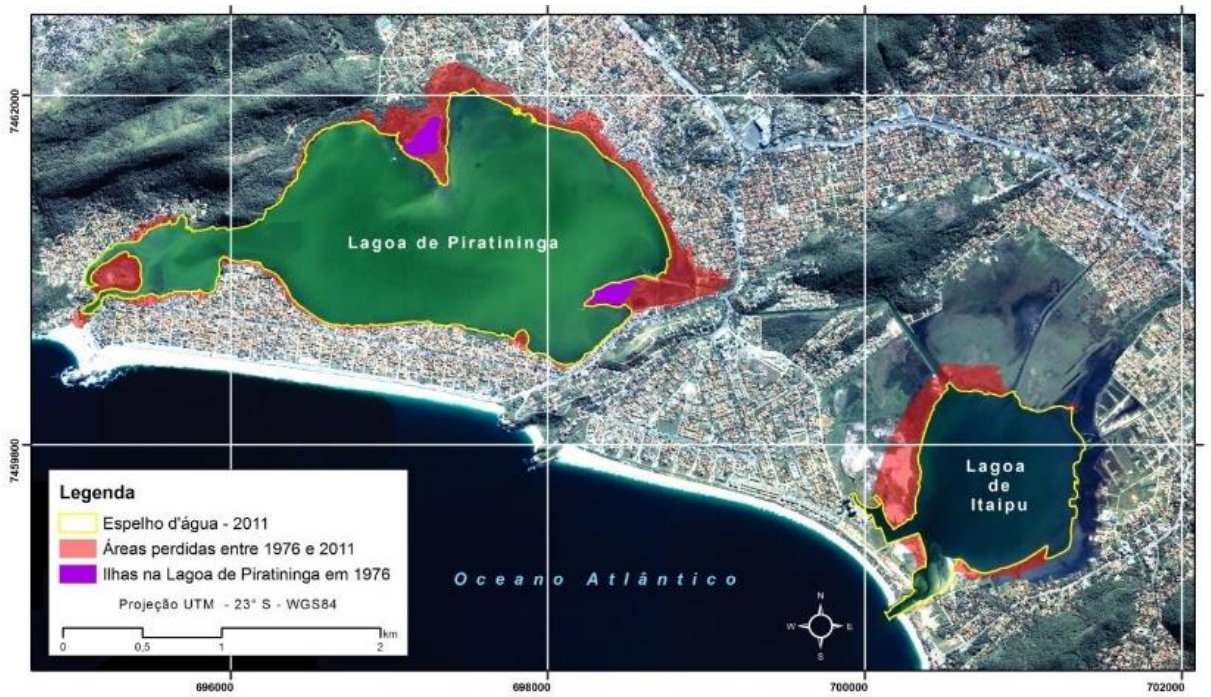
QUADRO 2.14 – ÁREAS DE REDUÇÃO NO ESPELHO DE ÁGUA DO SISTEMA LAGUNAR ITAIPU-PIRATININGA ENTRE 1976 E 2011

Lagoa	Área em 1976 (km²)	Área em 2011 (km²)	Redução (Km²)	Redução (%)
Itaipu	1,34	10,9	0,25	18,68
Piratininga	3,79	3,16	0,63	16,62
Piratininga (considerando as ilhas)	3,85	3,16	0,69	17,99
Perda total	0,879 km – Equivalente a 123 campos de futebol			

Fonte: FONTENELLE; CORRÊA (2014).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.30 – PERDA DO ESPELHO DE ÁGUA NAS LAGOAS DE ITAIPU E PIRATININGA



Fonte: FONTENELLE; CORRÊA (2014).

2.2.3 Lagoa Rodrigo de Freitas

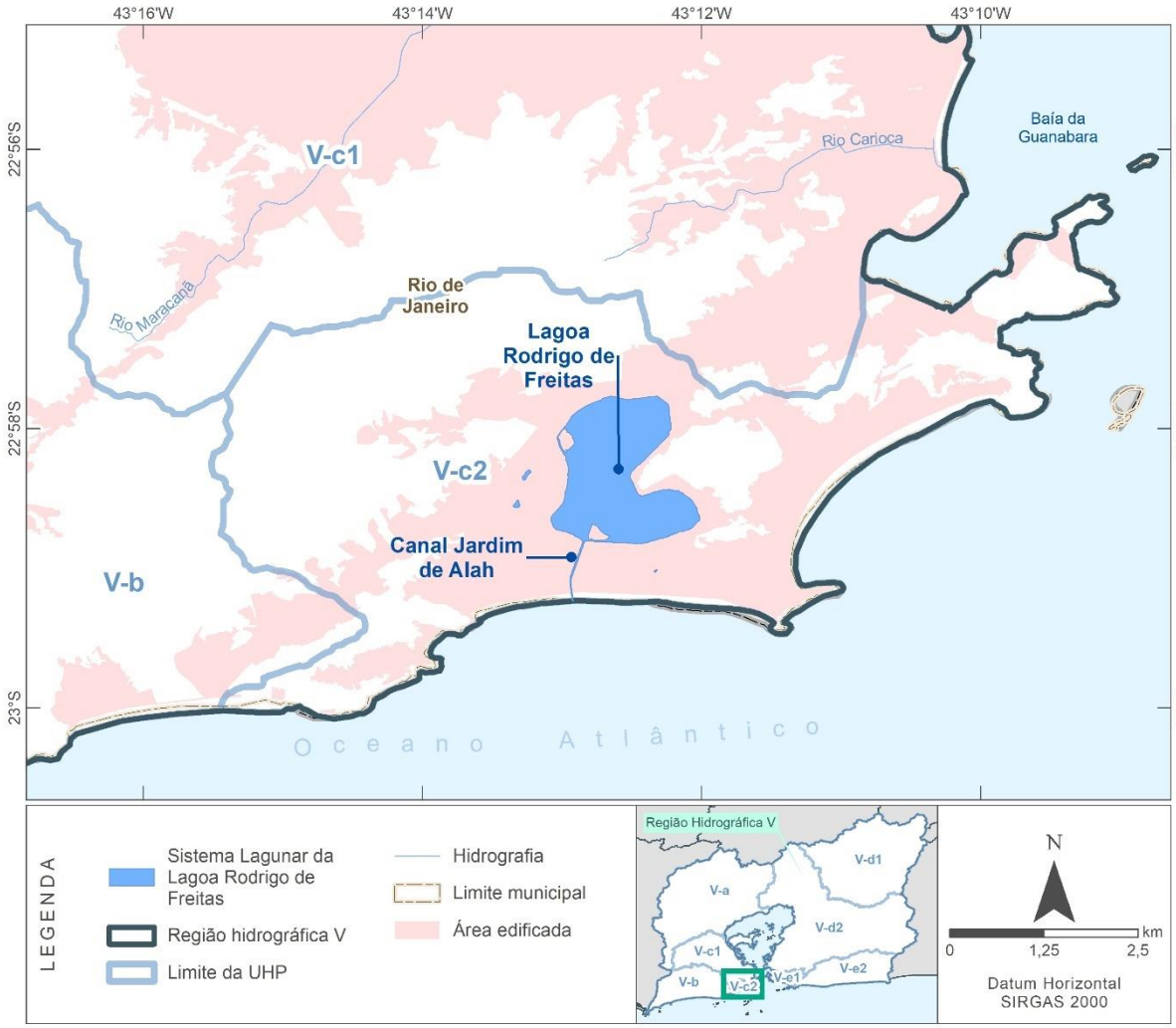
A lagoa Rodrigo de Freitas[9] (Figura 2.31) é um corpo de água costeiro, essencialmente urbano, localizado entre as longitudes 43º11'09" e 43º13'03" O e as latitudes 22º57'02" e 22º58'09" S, na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro. A geometria atual da lagoa se apresenta com poucas semelhanças com o sistema aquático natural original. Sua evolução foi de uma enseada aberta para o mar, até o fechamento da orla com a formação de uma restinga frontal, a qual se estendeu da Ponta do Arpoador à Ponta do Vidigal, abrangendo os atuais bairros de Ipanema e Leblon (DE PAULA, 2009).

A bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas, cujos principais rios são os rios Cabeça, Rainha e Macaco, equivale à Bacia Drenante da Vertente Sul da Serra da Carioca e ocupa a RH-V. A área da bacia drenante da lagoa é de aproximadamente 30 km², incluída alLagoa, que compulsoriamente funciona como uma bacia de acumulação nas precipitações mais intensas (RIO ÁGUAS, 2013; DE PAULA, 2009).

[9] A gestão da Lagoa Rodrigo de Freitas foi cedida para a Prefeitura do Rio em Convênio de 2007 entre a extinta SERLA e a Prefeitura: https://www.rio.rj.gov.br/web/smac/gestao-da-lagoa-rodrigo-de-freitas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.31 – LOCALIZAÇÃO LAGOA RODRIGO DE FREITAS



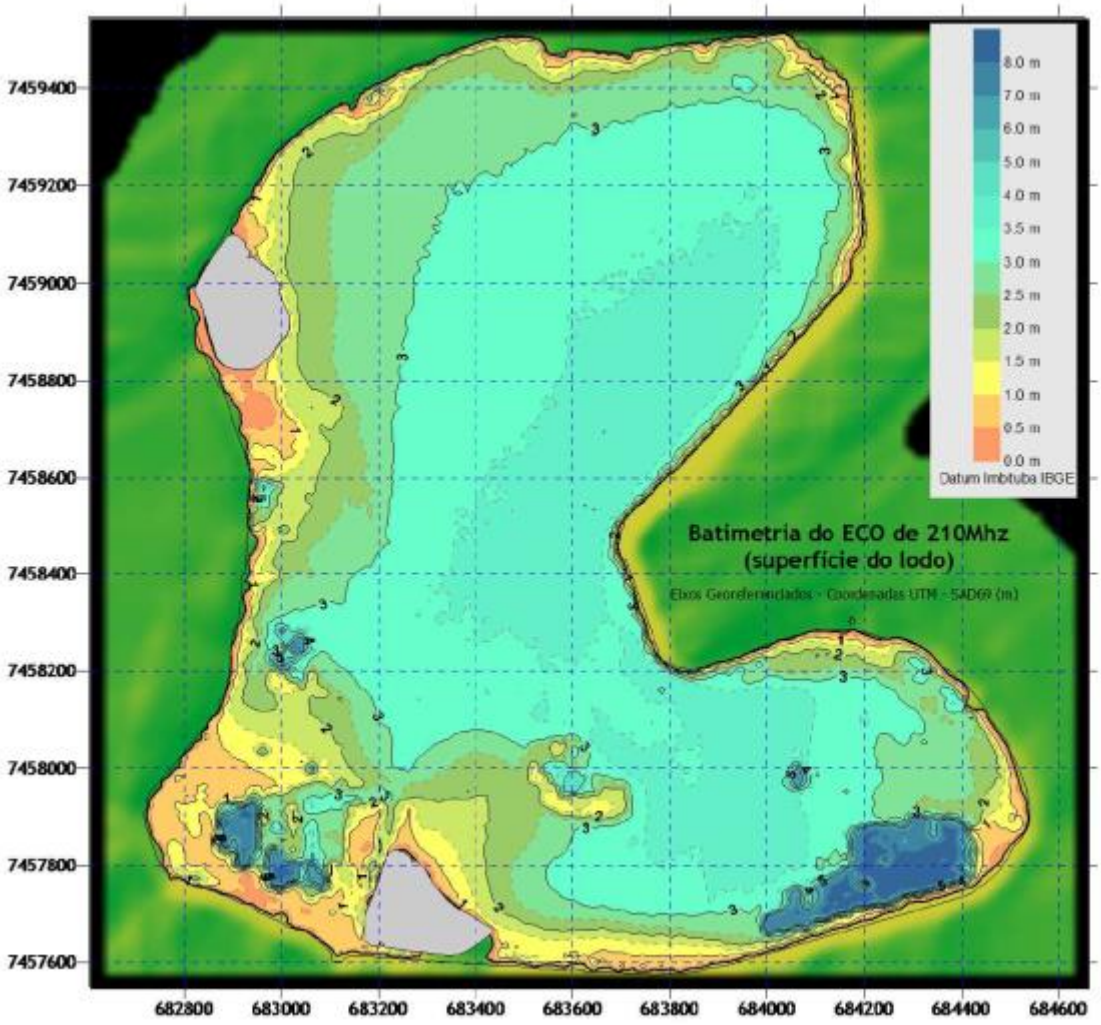
A lagoa Rodrigo de Freitas possui 3 km de largura máxima, 7,8 km de perímetro, espelho de água com cerca de 2,2 km² e volume de aproximadamente 6.200.000 m³ (RIO ÁGUAS, 2013). A hidrodinâmica da lagoa e de seu canal principal, Canal do Jardim de Alah, é forçada principalmente por: descargas fluviais, ação direta dos campos de vento e por marés meteorológicas. Consistindo em um ecossistema costeiro com águas quase paradas, a troca de 50% do volume de água ocorre em cerca de 6 meses, apresenta velocidades da ordem de 0,01 m/s, sendo que as maiores velocidades (entre 0,1 e 0,4 m/s) encontram-se próximo aos canais do Alah e General Garzon (SANTOS, 2010).

As profundidades médias da lagoa variam entre 3,0 e 4,0 m, ocorrendo pequenas depressões nas suas porções sudeste e sudoeste com profundidades de até 8,0 m. Estas profundidades podem ser explicadas por duas grandes dragagens realizadas na década de 1970, para aterramentos do Parque dos Patins e do

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Cantagalo. A Figura 2.32 apresenta as isolinhas de profundidade, obtidas de levantamentos realizados no âmbito do projeto Coppetec PENO 467 com a Fundação Rio Águas do município do Rio de Janeiro no ano de 2000 (DE PAULA, 2009).

FIGURA 2.32 – MAPA DE ISOLINHAS DE PROFUNDIDADE PARA A LAGOA RODRIGO DE FREITAS



Fonte: DE PAULA (2009).

Como em outras lagoas do litoral fluminense, a grande densidade populacional e o aumento da ocupação urbana têm causado sérios problemas para a lagoa Rodrigo de Freitas. Em virtude de obras de aterramento das margens, aporte de águas residuárias através de extravasamentos do sistema de esgotamento sanitário, enchentes, afluência de rios poluídos e deficiências na ligação com o mar, uma série de modificações vem ocorrendo na morfologia e na qualidade de suas águas (DE PAULA, 2009).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Devido às inúmeras intervenções realizadas na lagoa Rodrigo de Freitas e a fim de preservar esse corpo hídrico, em 13 de junho de 1990, através do Decreto nº 9.396, a Prefeitura do Rio de Janeiro determinou o tombamento de seu espelho de água. Ressaltando a sua importância, em 2008 a lagoa foi regulamentada como Área de Proteção Permanente (APP) pela Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro, conforme artigo 463.

Entretanto, a intensa ocupação urbana da bacia hidrográfica, associada à evolução das ações antrópicas sem observância de normas elementares de urbanismo, de regras básicas para o saneamento ambiental e de sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem urbana faz com que a lagoa tenha sido cenário de eventos de mortandade de peixes, devido à degradação de suas águas, e de eventos de inundações (ROSSO, 2020). Há registros da ocorrência de eventos de mortandade devido à superpopulação desde, pelo menos, a década de 1950 (OLIVEIRA *et al*., 1957).

Desde 1921, obras de aberturas de canais e comportas foram desenvolvidas com o intuito de solucionar os problemas das enchentes, insalubridade, mortandades de peixes e a falta de renovação das águas deste ambiente costeiro. O sistema hídrico atual é constituído por três comportas (Comporta Jardim de Alah, Comporta Visconde de Albuquerque e Comporta General Garzon) (Figura 2.33) que atuam no controle do regime de vazante (PREFEITURA DO RIO, 2020; RIO ÁGUAS, 2013).

A principal ligação da lagoa com o mar ocorre através da comporta do canal Jardim de Alah, localizado entre as praias de Ipanema e Leblon. O canal possui 800 m de comprimento e entre 10 e 18 m de largura, e a operação de sua comporta ocorre tanto para promover a entrada de água do mar na lagoa, quanto para controlar artificialmente seu nível de água. Em decorrência da hidrodinâmica local e dos padrões de vento, a foz desse canal é sistematicamente obstruída por areias, necessitando ser constantemente dragada. Quando ocorre a ineficiência das trocas entre a lagoa e o mar, há o acúmulo de matérias em suspensão e matéria orgânica que ali aportam.

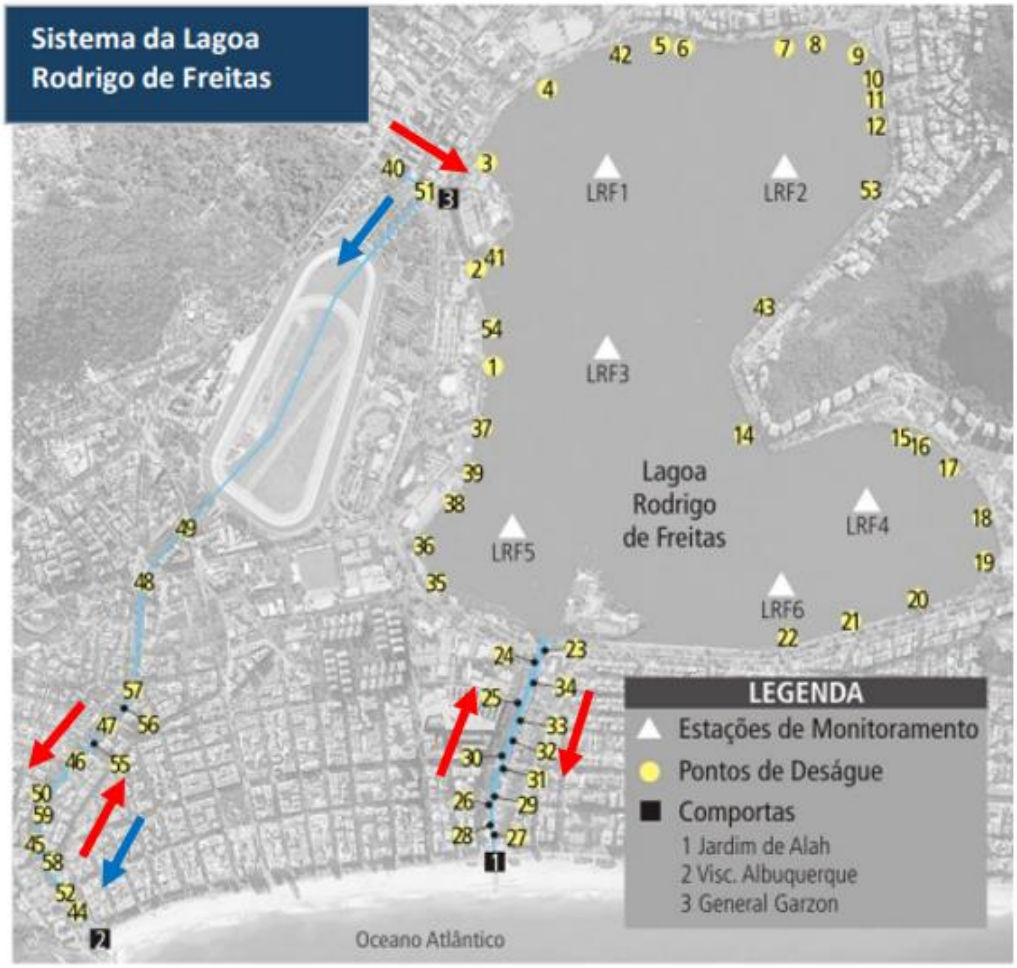
A comporta Visconde de Albuquerque está localizada no final do canal da Avenida Visconde de Albuquerque, junto à praia do Leblon. Esse canal promove o deságue do rio Rainha no mar. A comporta serve como barreira a esse deságue,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

preservando a qualidade da água da praia, sendo a água do canal direcionada ao emissário de Ipanema, por uma elevatória localizada junto à comporta.

A comporta General Garzon localiza-se na rua de mesmo nome e tem como objetivo evitar a entrada dos rios Cabeça e Macacos na lagoa Rodrigo de Freitas, especialmente por serem fontes de grande quantidade de matéria orgânica e sedimentos, em função da qualidade comprometida. Sua abertura ocorre em ocasiões de alta pluviosidade e está associada à abertura da comporta Visconde de Albuquerque, o que evita o fluxo do canal do Jóquei Clube para a Lagoa (RIO ÁGUAS, 2013).

FIGURA 2.33 – LOCALIZAÇÃO COMPORTAS DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS – SETAS INDICAM AS CONDIÇÕES PREDOMINANTES DE ESCOAMENTO EM FUNÇÃO DA OPERAÇÃO DAS COMPORTAS



Fonte: Adaptada de Prefeitura do Rio (2020); SANTOS (2010).

Em conjunto com as operações das comportas, a Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro realiza monitoramentos regulares da qualidade da água na lagoa. O

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

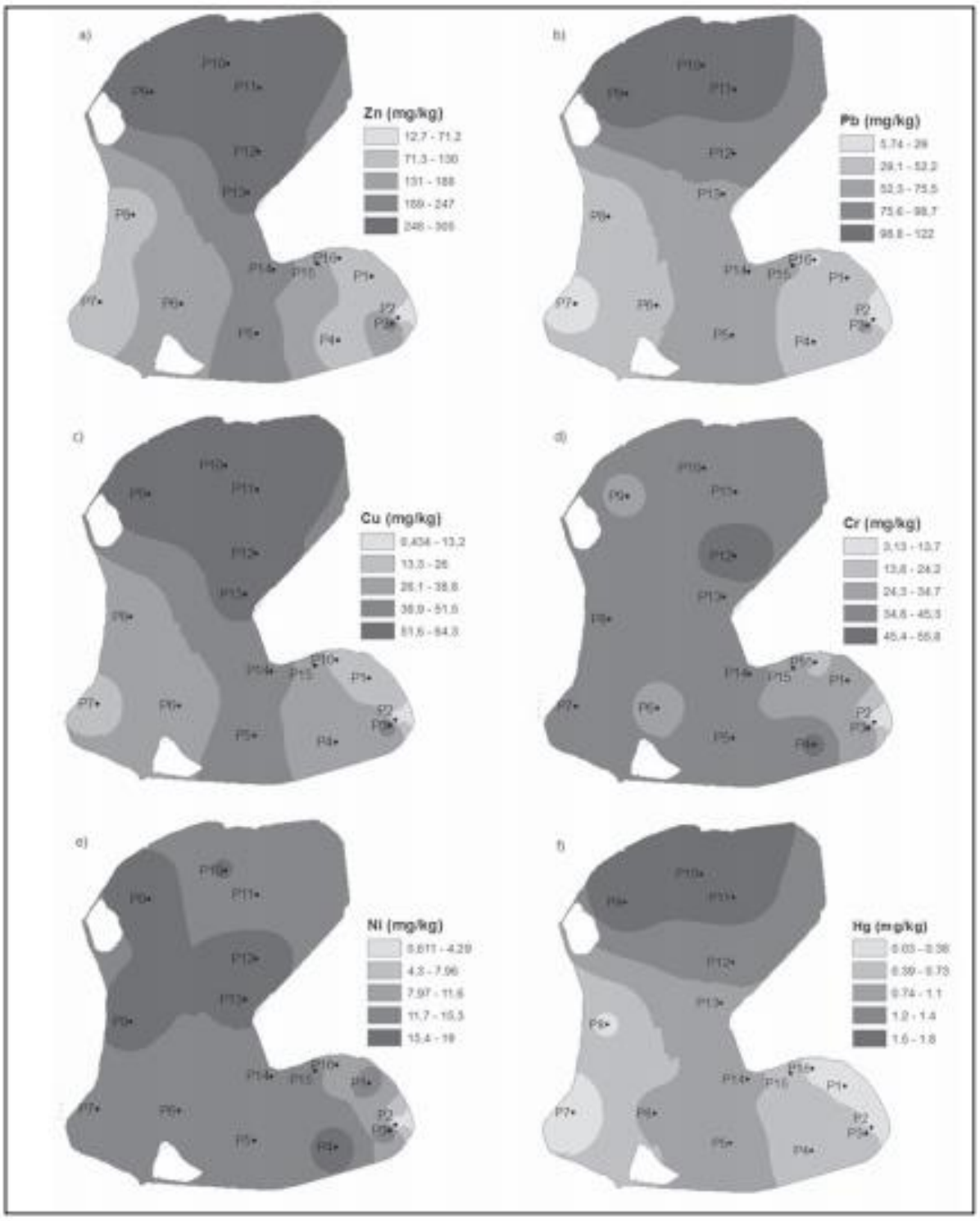
monitoramento visa acompanhar as alterações físicas, químicas e biológicas decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais, que podem tanto comprometer a qualidade da água para proteção das comunidades aquáticas, como para as práticas esportivas de contato secundário (PREFEITURA DO RIO, 2020).

A avaliação de risco ecológico associado à concentração de mercúrio, zinco, cobre, chumbo, níquel, cromo, arsênio e cádmio em sedimentos superficiais da lagoa Rodrigo de Freitas foi realizada por Rabello e colaboradores (2018). Concentrações de metais (Figura 2.34), carbono orgânico total, fósforo total, pH e granulometria foram determinadas em 16 amostras coletadas na lagoa. A contaminação foi avaliada pelo fator de enriquecimento, razão entre o teor do metal, pelo teor do *background*, normalizados pelo teor de alumínio, que indicam a contribuição antrópica e pelo índice de risco ecológico potencial (IREP) que integra dados de metais e sua toxicologia, sendo utilizado como uma ferramenta de diagnóstico da qualidade de ecossistemas aquáticos.

A aplicação do IREP indicou que o risco ecológico à biota aquática da lagoa Rodrigo de Freitas é baixo. De forma geral, os metais pesados apresentaram forte correlação com os teores de matéria orgânica, de finos, de ferro e de alumínio. Os dados também indicaram uma possível fonte comum de poluição para o Zn, Cu, Pb e Hg, possivelmente associada ao *runoff* de áreas vizinhas urbanizadas e/ou ao esgoto doméstico (RABELLO *et al.,* 2018).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.34 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES TOTAIS DE ZINCO (A), CHUMBO (B), COBRE (C), CROMO (D), NÍQUEL (E) E MERCÚRIO (F) EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS



Fonte: RABELLO *et al.* (2018).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.2.4 Sistema Lagunar de Jacarepaguá

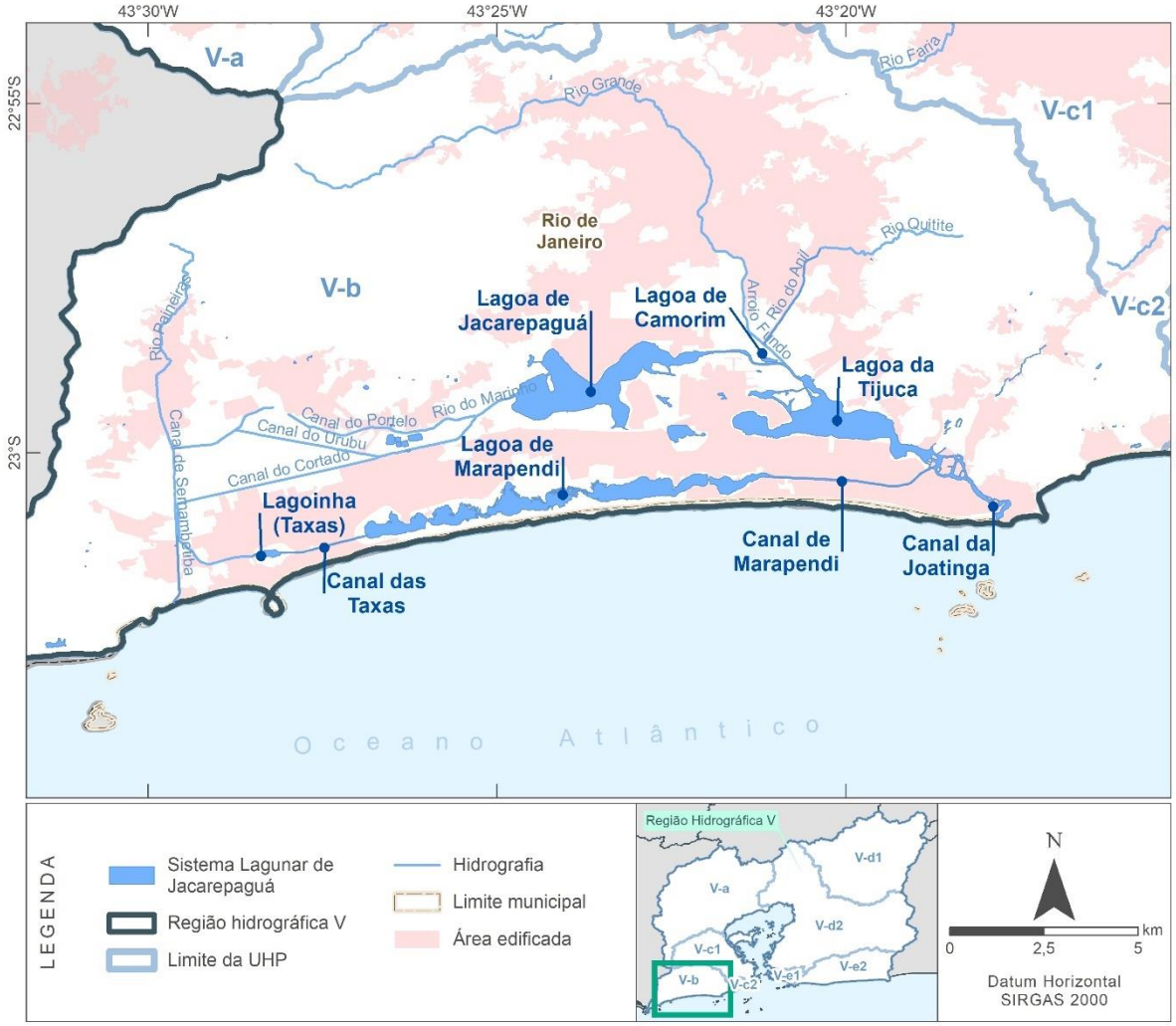
O Complexo Lagunar de Jacarepaguá é composto pelas lagoas da Tijuca, Camorim, Jacarepaguá e Marapendi, todas interligadas entre si. Limitada geograficamente entre o Maciço da Tijuca a leste, a Serra da Pedra Branca a oeste e o Oceano Atlântico ao sul, o sistema está situado na baixada de Jacarepaguá, na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22°58’ W e 23°01’ S e longitudes 43°0’ e 43°29’ O.

O conjunto lagunar de Jacarepaguá possui uma área de, aproximadamente, 13,24 km². A lagoa de Jacarepaguá é a mais interiorizada do conjunto e possui área de 4,07 km². Camorim comporta-se como um canal de ligação entre as lagoas da Tijuca e de Jacarepaguá, com área de 0,80 km². A lagoa da Tijuca é a maior deste conjunto, com área de 4,34 km² (INEA, 2020b; COMITÊ DE BACIAS, 2020c). O espelho de água do sistema lagunar possui aproximadamente 12,8 km² (AMORIM, 2015).

Sua bacia hidrográfica tem cerca de 280 km² e está limitada pelo Maciço da Pedra Branca, a oeste, pelo Maciço da Tijuca, a leste, pelas Lagoas de Marapendi, Lagoinhas (ou Taxas), Jacarepaguá, Camorim e Tijuca, ao sul, e pela Serra do Valqueire, ao norte. A Região Lagunar de Jacarepaguá é formada pelos rios Guerenguê e Passarinhos provenientes do Maciço da Pedra Branca, pelo Rio Grande (Maciços da Tijuca e Pedra Branca) e pelos rios Pedras e Anil (Maciço da Tijuca). (CBH-BG, 2020c).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.35 – LOCALIZAÇÃO SISTEMA LAGUNAR DE JACAREPAGUÁ



As principais características das lagoas que constituem o Sistema Lagunar de Jacarepaguá são apresentadas no Quadro 2.15.

QUADRO 2.15 – CARACTERÍSTICAS DAS LAGOAS DO SISTEMA LAGUNAR DE JACAREPAGUÁ

Lagoa	Espelho de água (km²)	Largura média (km)	Comprimento médio (km)	Profund. média (m)	Perímetro (km)	Volume médio (m³)
Jacarepaguá	3,7	0,93	4	3,3	15	12.276.000
Camorim	0,8	0,49	3,5	1,3	8	2.229.500
Tijuca	4,8	0,88	6	2,1	21	11.088.000
Marapendi	3,5	0,35	10	1,8	23	6.300.000

Fonte: AMORIM (2015).

A interligação do Sistema Lagunar ocorre da seguinte maneira (Figura 2.36): a lagoa de Camorim é o ponto de ligação entre as lagoas de Jacarepaguá e Tijuca e o Canal de Marapendi é a ligação das lagoas de Marapendi e Tijuca, estando esta, por

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

sua vez, em contato direto e permanente com o mar, através do Canal da Joatinga. Dessa forma, a lagoa da Tijuca sofre maior influência das águas marinhas (SOARES, 1999).

FIGURA 2.36 – SISTEMA LAGUNAR DE JACAREPAGUÁ E SEUS CANAIS DE LIGAÇÃO

Fonte: Adaptado de MASTERPLAN (2015).

As principais forçantes da circulação nas lagoas são as descargas dos rios em conjunto com a maré incidente na região, caracterizada como micro maré predominantemente semi-diurna com duas baixa-mares e preamares no dia, com ocorrência de desigualdades diurnas (PINTO *et al.,* 2020; MIRANDA *et al*., 2002).

O Sistema Lagunar da Baixada de Jacarepaguá encontra-se altamente degradado e com circulação hidrodinâmica praticamente estagnada. Tal fato deve-se, principalmente, à intensa ocupação ocorrida na região, a partir da década de 70, feita sem infra-estrutura adequada, gerando problemas de despejo de lixo e de esgoto sanitário sem nenhum tipo de tratamento dentro das lagoas (MORAIS, 2007).

Apesar do sistema de esgotamento sanitário da Barra e Jacarepaguá já se encontrar implantado em grande parte da região e ligado ao Emissário da Barra, o Complexo Lagunar de Jacarepaguá ainda se encontra em processo adiantado de degradação em função das descargas realizadas por diversas atividades existentes

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

naquela região, especialmente hotéis e condomínios, já implantados ou mesmo em construção (INEA, 2020b).

No Relatório de Impacto Ambiental das obras de prolongamento do molhe existente na entrada do Canal da Joatinga e as melhorias da circulação hídrica do Complexo Lagunar de Jacarepaguá (MASTERPLAN, 2015) foram realizadas análises de qualidade do sedimento, coletado entre setembro e outubro de 2014, nas lagoas de Jacarepaguá, Camorim, Marapendi e Tijuca.

Os resultados referentes aos parâmetros de carbono orgânico e nutrientes, indicaram alguns valores acima dos orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012[10] para carbono orgânico total e nitrogênio Kjeldahl total nas lagoas de Marapendi, Jacarepaguá e Tijuca. O fósforo não apresentou concentrações acima do valor limite em nenhuma das lagoas avaliadas.

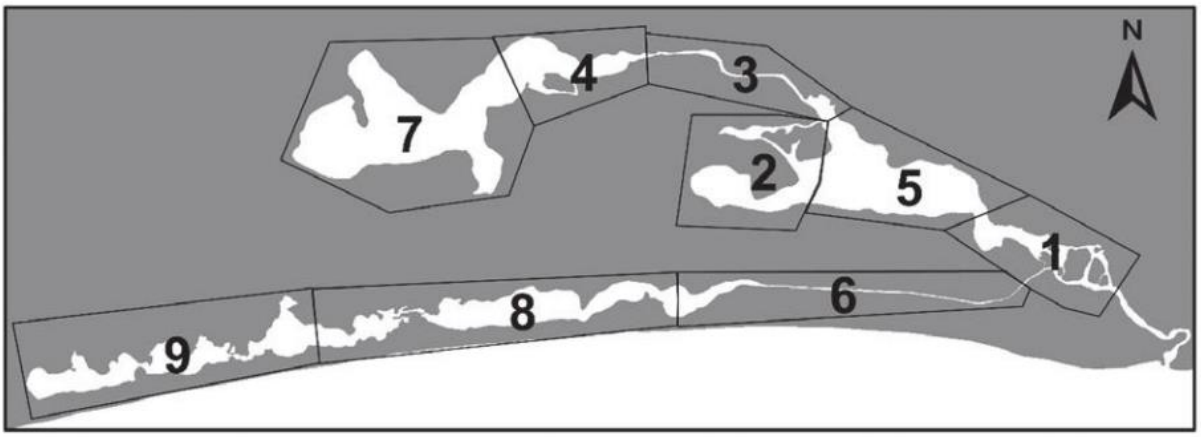
Em relação a metais pesados, algumas amostras apresentaram concentrações de cobre acima do nível 1 em todas as lagoas e no Canal da Joatinga. O zinco também teve concentrações acima do nível 1 nas lagoas, à exceção da lagoa de Marapendi e do canal da Joatinga. Nas lagoas do Camorim e da Tijuca também foram observadas algumas amostras com o níquel acima do nível 1, e na lagoa da Tijuca foi detectada concentração de chumbo acima do nível 1 em apenas uma amostra. Devido à associação destes metais com o material particulado em suspensão carreado pelos corpos de água que desaguam nas lagoas, as principais áreas contaminadas com estes metais encontram-se próximas às suas desembocaduras (MASTERPLAN, 2015).

A análise do tempo de residência (TR) da água no interior das lagoas de Jacarepaguá, Camorim, Marapendi e Tijuca foi realizada por Pinto e colaboradores (2020), através do uso de modelagem matemática. Os autores subdividiram as lagunas em caixas (Figura 2.37) e simularam o tempo de permanência de traçadores dentro dos corpos hídricos, com base nos seus campos hidrodinâmicos. O Quadro 2.16 apresenta o tempo de permanência e a taxa de renovação obtida em cada uma das nove regiões durante o período simulado.

[10] Resolução CONAMA nº 454/2012: a) Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; b) Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.37 – DIVISÃO DO SISTEMA LAGUNAR EM NOVE REGIÕES PARA AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE DE TRAÇADORES LAGRANGEANOS



Fonte: PINTO *et al.* (2020).

QUADRO 2.16 – TEMPO DE RESIDÊNCIA E TAXA DE RENOVAÇÃO DOS TRAÇADORES LAGRANGEANOS DE CADA REGIÃO (CAIXA)

Caixa	Tempo de residência (dias)	Taxa de renovação (%)
1	7	94,44
2	30	33,33
3	12	91,67
4	30	33,33
5	30	87,93
6	30	0,00
7	30	1,64
8	30	0,00
9	30	0,00

Fonte: PINTO *et al*. (2020).

Como o esperado as lagunas mais interiores possuem maior TR quando comparadas com as localizadas mais próximas à costa, devido a maior efetividade da troca hídrica com oceano. Entretanto, de maneira geral o sistema possui um elevado tempo de permanência da água, atingindo uma taxa de renovação de apenas 33%, em regiões de circulação bem restritas, pela presença de canais estreitos, e com acelerado processo de assoreamento devido à grande pressão antrópica presente em seu entorno, podendo chegar a 0% em regiões mais distantes do oceano.

2.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Nesse item será apresentada a caracterização dos recursos hídricos superficiais da RH-V referente à disponibilidade hídrica superficial e redes de monitoramento fluviométricas e pluviométricas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.3.1 Rede de monitoramento hidrometeorológica

A rede de monitoramento hidrometeorológica da RH-V é composta por estações fluviométricas, pluviométricas e de qualidade da água. Na sua maioria as estações são de responsabilidade de órgãos públicos.

Os dados pluviométricos foram obtidos por meio do sistema Hidroweb da ANA. Os dados fluviométricos foram recebidos após consulta direta aos órgãos responsáveis pelas estações.

Após sua obtenção, os dados das estações da rede de monitoramento hidrométrica foram analisados e classificados para a realização dos estudos para a região. A classificação foi realizada com o objetivo de selecionar adequadamente as estações onde seja possível realizar uma análise mais aprofundada.

2.3.1.1 Análise das estações pluviométricas

A rede de monitoramento pluviométrica da RH-V é composta por 348 estações, sendo nove de responsabilidade da ANA, duas da CEDAE, 140 do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), uma do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), 25 do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 105 do INEA, 33 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 33 do Alerta Rio e uma da LIGHT.

O CEMADEN é um centro recente, criado em 2011, e as estações pluviométricas sob sua responsabilidade possuem dados apenas a partir de 2014. Pelo curto período de observação, tais estações não foram utilizadas no estudo. Com relação às demais agências, obteve-se os dados apenas das estações pluviométricas da ANA e do INEA.

Das nove estações da ANA, seis foram selecionadas por apresentarem uma série maior de dados e em período comum entre as estações. Essas séries estendem-se de 1967 a 2019, sendo que o período até 2005 encontra-se previamente consistido no banco de dados da ANA.

Do INEA, 46 estações localizam-se na RH-V. Essas estações apresentam, em sua maioria, um registro escasso de observações pluviométricas, geralmente de 2015 a 2019, e com diversas falhas. Diante desse cenário, selecionou-se oito estações que apresentavam a maior série disponível, de 2008 a 2019.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Das 33 estações do sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas da cidade do Rio de Janeiro, o Alerta Rio, foram selecionadas 10 estações a partir de sua distribuição espacial. As estações apresentam dados de 1997 a outubro de 2019

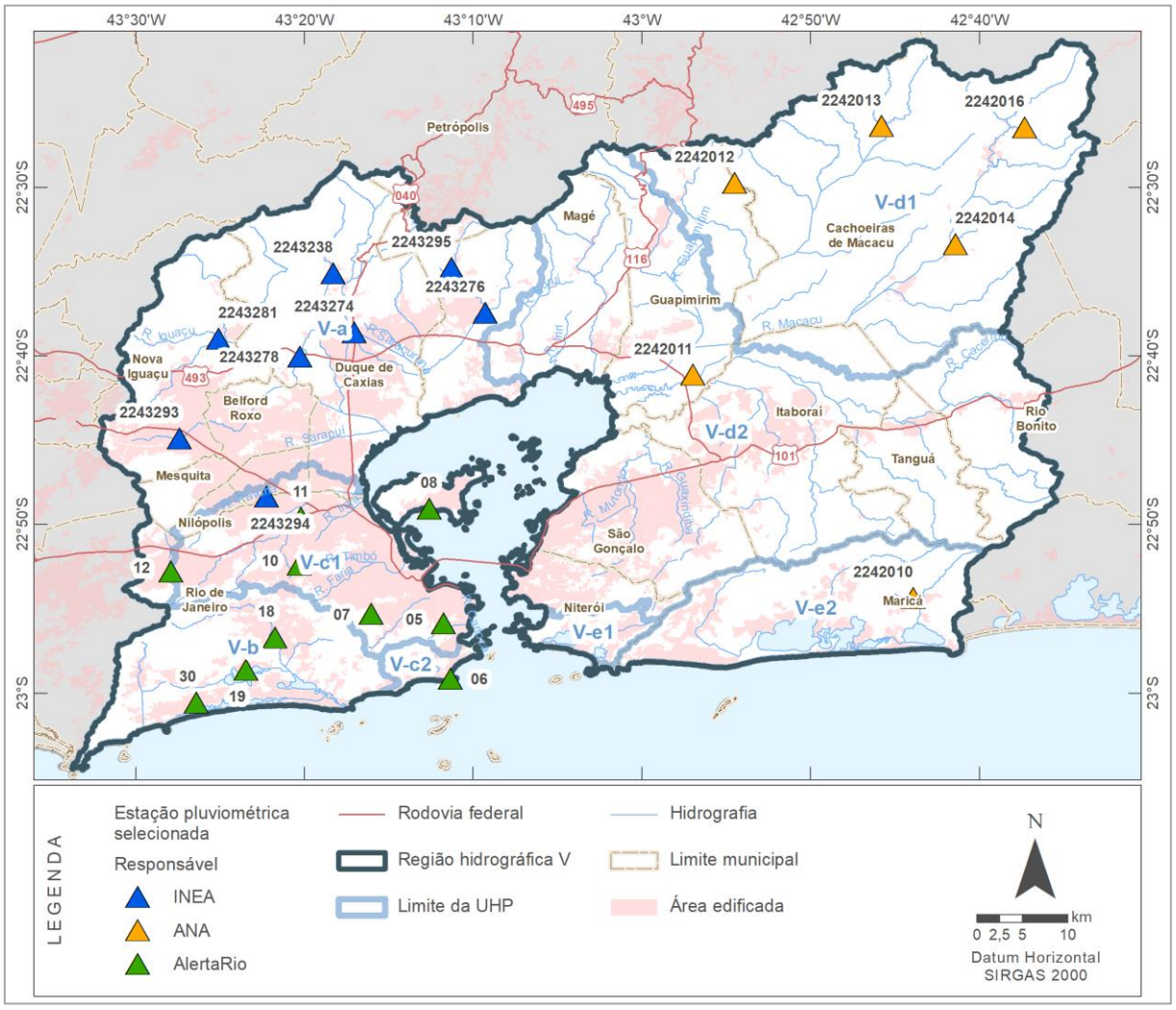
O Quadro 2.17 mostra um resumo de todas as estações pluviométricas, selecionadas para o estudo e a Figura 2.38 mostra as respectivas localizações destas estações na RH-V.

QUADRO 2.17 – SITUAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS

Responsável	Código	Nome	Latitude	Longitude	Início	Fim
INEA	2243281	Catavento	-22,65	-43,42	jan/2008	dez/2019
INEA	2243294	CET Meriti	-22,81	-43,37	fev/2008	dez/2019
INEA	2243293	GBM Nova Iguaçu	-22,75	-43,46	fev/2008	dez/2019
INEA	2243278	Ponte de Ferro Capivari	-22,67	-43,34	jan/2008	dez/2019
INEA	2243276	Ponte de Ferro Piabeta	-22,62	-43,15	jan/2008	dez/2019
INEA	2243295	Raiz da Serra	-22,58	-43,19	fev/2008	dez/2019
INEA	2243274	Santa Cruz da Serra	-22,64	-43,29	jan/2008	out/2019
INEA	2243238	Xerém – Mantiquira	-22,59	-43,3	mai/2008	dez/2019
ANA	2242010	Manuel Ribeiro	-22,91	-42,73	jul/1967	out/2019
ANA	2242011	Estação de Bomb. De Imunana	-22,69	-42,95	jul/1967	out/2019
ANA	2242012	Represa do Paraíso	-22,5	-42,91	jul/1967	out/2019
ANA	2242013	Fazenda do Carmo	-22,44	-42,76	jul/1967	out/2019
ANA	2242014	Japuiba	-22,56	-42,69	jul/1967	out/2019
ANA	2242016	Fazenda São Joaquim	-22,44	-42,62	jul/1967	out/2019
Alerta Rio	05	Santa Teresa	-22,93	-43,20	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	06	Copacabana	-22,99	-43,19	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	07	Grajaú	-22,92	-43,27	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	08	Ilha do Governador	-22,82	-43,21	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	10	Madureira	-22,87	-43,34	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	11	Irajá	-22,83	-43,34	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	12	Bangu	-22,88	-43,47	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	18	Jacarepaguá/ Cidade de Deus	-22,95	-43,36	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	19	Barra/ Riocentro	-22,98	-43,39	jan/1997	out/2019
Alerta Rio	30	Recreio dos Bandeirantes	-23,01	-43,44	jan/1997	out/2019

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.38 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS



Fonte: Adaptado de Alerta Rio (2020); ANA (2020); INEA (2020).

Como observa-se na Figura 2.38, as estações da ANA estão concentradas na região leste da bacia, enquanto as do INEA na região oeste mais ao norte e por fim as estações do Alerta Rio se encontram na região oeste mais ao sul da bacia. Assim, realizou-se a consistência das estações de cada órgão separadamente, uma vez que a homogeneidade hidrológica é fortemente influenciada pela proximidade entre os locais de obtenção dos dados considerados. É notável também na Figura 2.38, que o monitoramento pluviométrico é escasso nas UHPs V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu, Guaxindiba e Ilha de Paquetá), V-e1 (Lagoas de Niterói) e V-e2 (Lagoa de Maricá), em comparação com as demais UHPs. Essa escassez de monitoramento pode limitar a detecção da variabilidade das chuvas nessas regiões.

As estações da ANA apresentavam séries com poucas falhas mensais, que foram preenchidas pela metodologia da ponderação regional, recomendada por Tucci

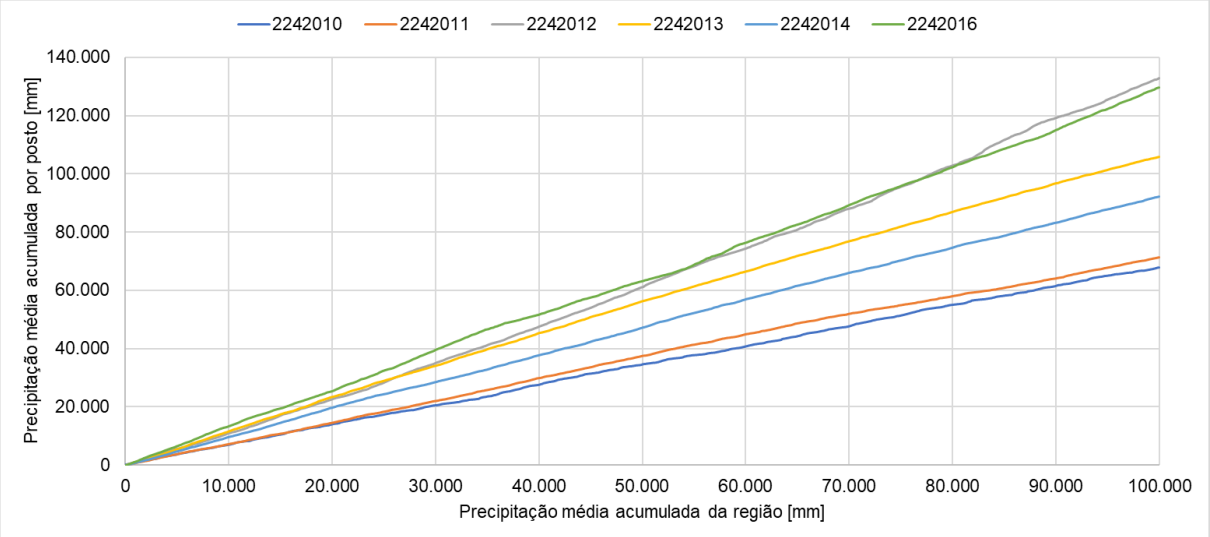
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

et al. (1993), adotando, devido à grande sazonalidade, os pesos específicos para cada mês do ano, representados pelas respectivas médias das precipitações médias do mês em análise.

Para avaliar a qualidade dos dados, analisou-se as precipitações das estações por meio da curva duplo-acumulativa que, de acordo com Tucci *et al.* (1993), relaciona a precipitação acumulada de um determinado posto com a precipitação média acumulada da região. Assim, pode-se detectar inconsistências devido a possível realocação da estação ou obstruções na coleta da chuva, nos casos em que essa relação não mostra uma tendência linear.

Verificou-se que as estações pluviométricas analisadas se mostraram consistentes, em todo o período de observação, inclusive no intervalo de 2005 a 2019 que não havia sido previamente consistido pela ANA. A Figura 2.39 mostra a curva duplo-acumulativa para as estações da ANA, com base no período comum extraído de todo o histórico de dados.

FIGURA 2.39 – CURVAS DUPLO-ACUMULATIVAS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA ANA



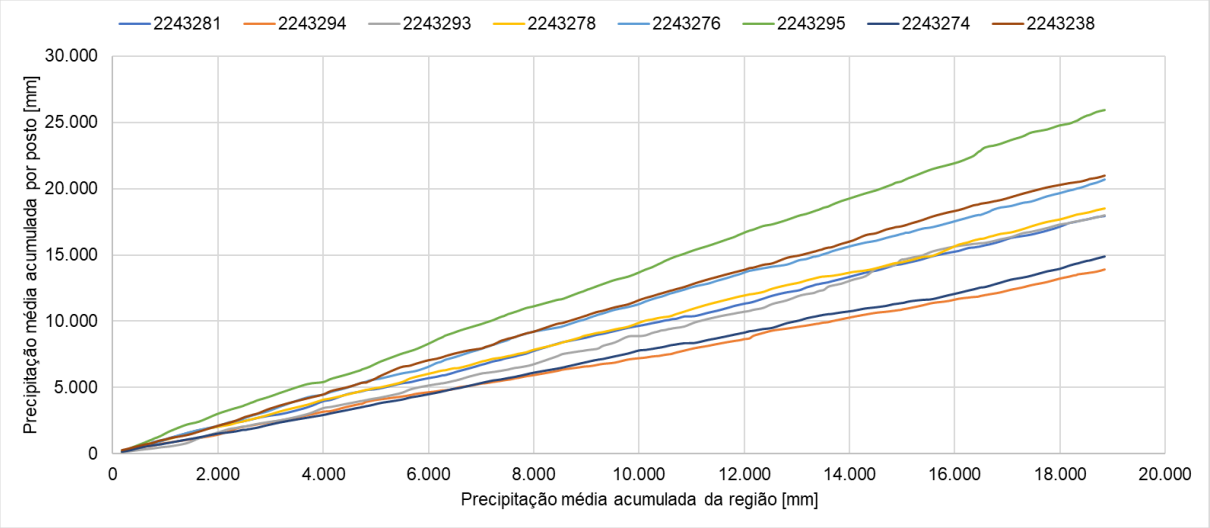
O mesmo procedimento foi seguido para as estações do INEA. Conforme mencionado anteriormente, as estações do INEA mostraram-se menos adequadas para uso, em virtude de seu pequeno registro de dados e grande número de falhas. Das oito estações selecionadas, as observações começaram a partir de 2008 e possuíam falhas mensais concentradas, no período de 2015 a 2017. Como preconizado por Tucci *et al*. (1993), para a aplicação do método da ponderação regional, para preenchimento de falhas, é necessário um mínimo de três estações

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

base com registros no período que se deseja preencher. Para os meses sem disponibilidade de três estações base, essas falhas foram preenchidas com a respectiva média mensal do respectivo mês. Optou-se por essa metodologia, uma vez que o preenchimento das falhas pelas médias mensais não alteraria as respectivas médias obtidas com base nos registros existentes, não comprometendo a caracterização da precipitação média na região. Ao final do processo, obteve-se uma série completa de totais mensais de precipitações, para o período disponível, mesmo curto, de dados.

A Figura 2.40 mostra a curva duplo-acumulativa das estações do INEA. Devido à tendência linear observada, considerou-se as séries de precipitações como consistentes.

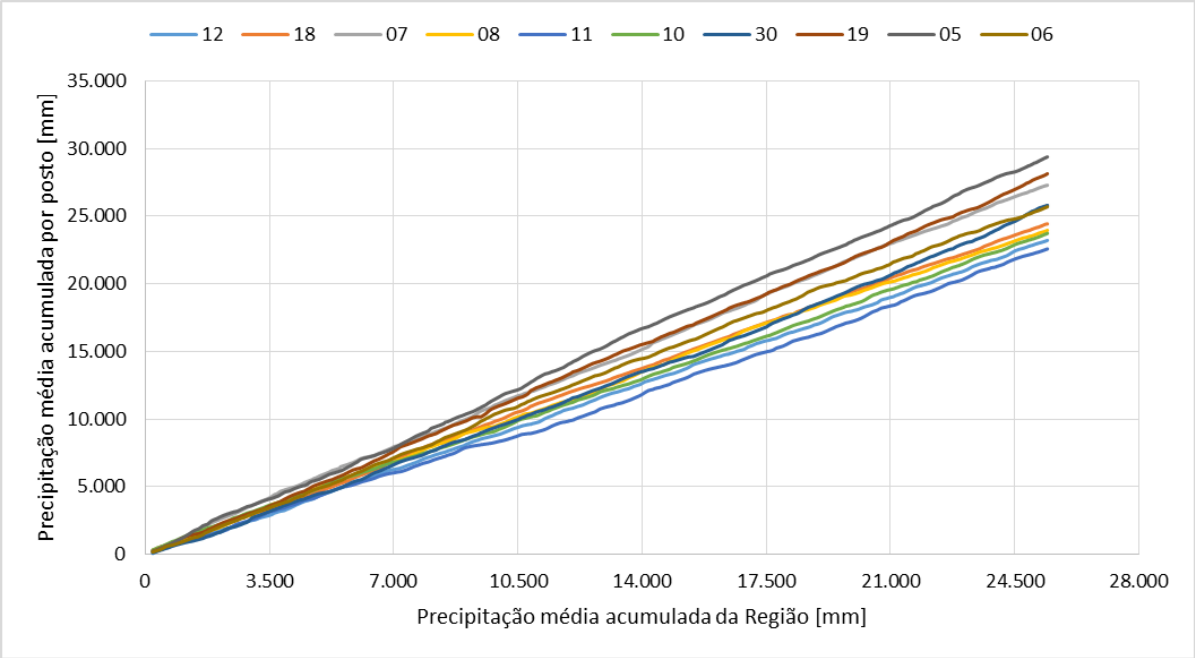
FIGURA 2.40 – CURVAS DUPLO-ACUMULATIVAS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DO INEA



Por fim, foram avaliadas as estações do Alerta Rio, a partir do mesmo método de consistência adotado para as estações da ANA e do INEA. As estações do Alerta Rio apresentavam poucas falhas e inconsistências. Os meses que apresentaram falhas foram preenchidos a partir de estações bases ou a média de longo termo para a estação no mês de referência. A Figura 2.41 mostra a curva duplo-acumulativa das estações do Alerta Rio. Por meio da análise das curvas, considerou-se as séries de precipitações como consistentes.

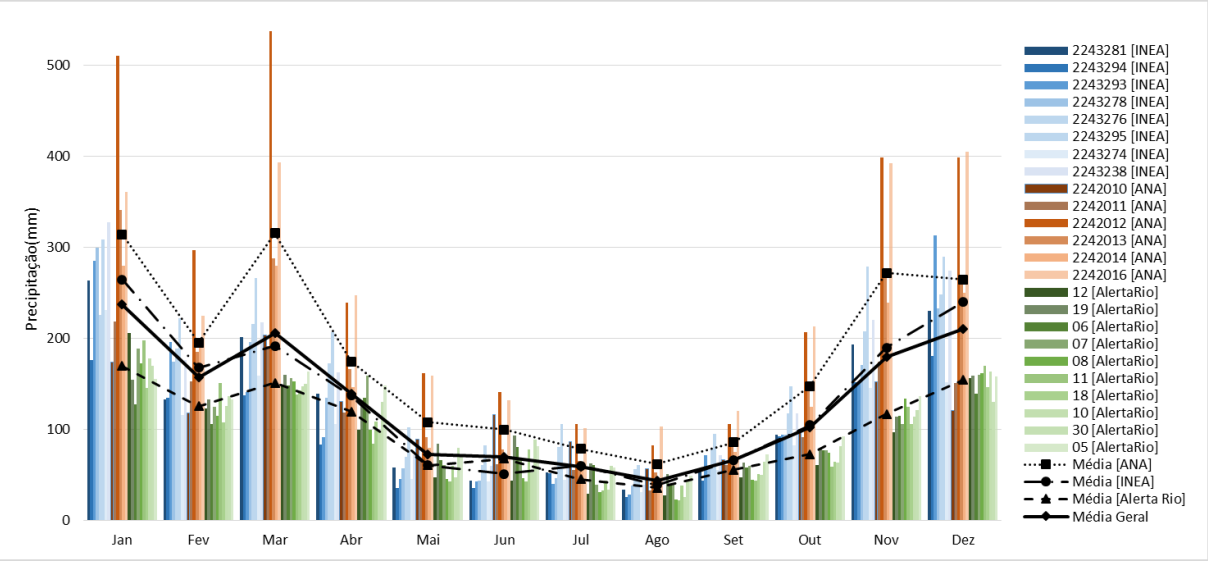
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.41 – CURVAS DUPLO-ACUMULATIVAS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DO ALERTA RIO



Com as estações selecionadas consistidas e validadas, analisou-se as médias mensais de longo termo, tendo como base o período de 2008 a 2018, comum entre as estações, apresentadas na Figura 2.42 e Quadro 2.18. As médias mensais estão agrupadas de acordo com o órgão responsável, com as estações do INEA em tonalidade de azul, as estações operadas pela ANA apresentadas em cor marrom e as estações do INEA em verde à direita na Figura 2.42.

FIGURA 2.42 – PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS ANUAIS NA RH-V



Fonte: Adaptado de Alerta Rio (2020); ANA (2020); INEA (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.18 – PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS ANUAIS NA RH-V

		Precipitação (mm)											
Responsável	**Código**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**
INEA	2243281	263	133	201	139	58	44	53	33	57	94	193	230
	2243294	176	135	137	84	35	35	52	25	43	92	151	181
	2243293	285	196	141	91	46	42	40	28	71	94	151	313
	2243278	299	174	196	135	57	43	46	38	57	94	171	233
	2243276	225	188	216	173	70	60	81	56	79	117	207	248
	2243295	308	222	266	207	102	82	105	61	95	147	279	289
	2243274	231	116	159	106	45	43	45	31	55	82	145	152
	2243238	327	176	217	163	71	59	60	39	72	117	220	274
ANA	2242010	174	118	204	130	89	116	86	57	67	100	152	120
	2242011	219	152	192	118	65	62	55	33	61	92	174	151
	2242012	510	297	537	239	162	140	106	82	105	207	398	398
	2242013	341	185	287	166	92	78	65	53	86	149	274	264
	2242014	280	194	279	146	79	71	57	43	75	125	239	249
	2242016	360	225	393	247	159	132	101	103	120	213	392	405
AlertaRio	12	205	123	149	99	48	43	30	27	47	60	96	156
	19	154	133	159	132	84	93	63	51	64	80	114	158
	06	127	106	148	135	66	80	61	40	58	77	115	139
	07	189	125	157	159	60	68	39	40	59	77	106	160
	08	172	115	153	100	45	47	31	23	45	74	134	161
	11	198	150	138	85	42	42	33	22	44	59	124	170
	18	145	108	143	109	59	78	44	38	51	65	106	146
	10	178	125	147	98	47	53	34	25	50	63	114	163
	30	169	136	150	130	79	89	60	45	64	81	121	130
	05	155	133	163	148	71	81	58	49	72	92	137	158
Média	**ANA**	**314**	**195**	**315**	**174**	**108**	**100**	**78**	**62**	**86**	**147**	**272**	**265**
	INEA	**264**	**168**	**192**	**137**	**61**	**51**	**60**	**39**	**66**	**105**	**190**	**240**
	Alerta Rio	**169**	**125**	**151**	**119**	**60**	**67**	**45**	**36**	**55**	**73**	**117**	**154**
	Geral	**237**	**157**	**205**	**139**	**72**	**70**	**58**	**43**	**66**	**102**	**180**	**210**

Fonte: Adaptado de Alerta Rio (2020); ANA (2020); INEA (2020).

Observa-se da Figura 2.42 que o período úmido regional é de novembro a abril, enquanto o período seco compreende os meses de maio a outubro. Ademais, nota-se que as estações localizadas no lado leste da RH-V, operadas pela ANA, apresentam precipitações mensais mais elevadas se comparadas às estações instaladas no Oeste, operadas pelo Alerta Rio e o INEA.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

De posse das informações do Quadro 2.18, traçou-se isoietas com base nas precipitações médias mensais das estações, podendo-se observar a distribuição espacial das precipitações ao longo do ano na RH-V. O Mapa 2 apresenta as isoietas.

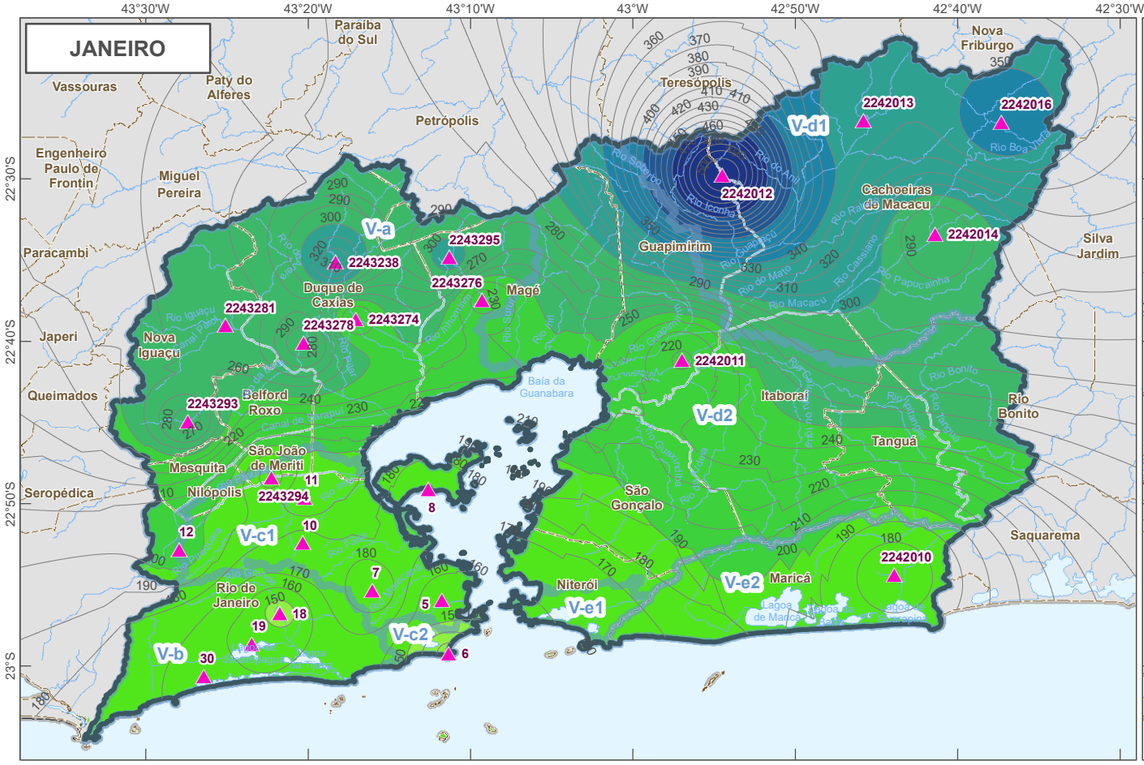
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA RH-V (ISOIETAS)

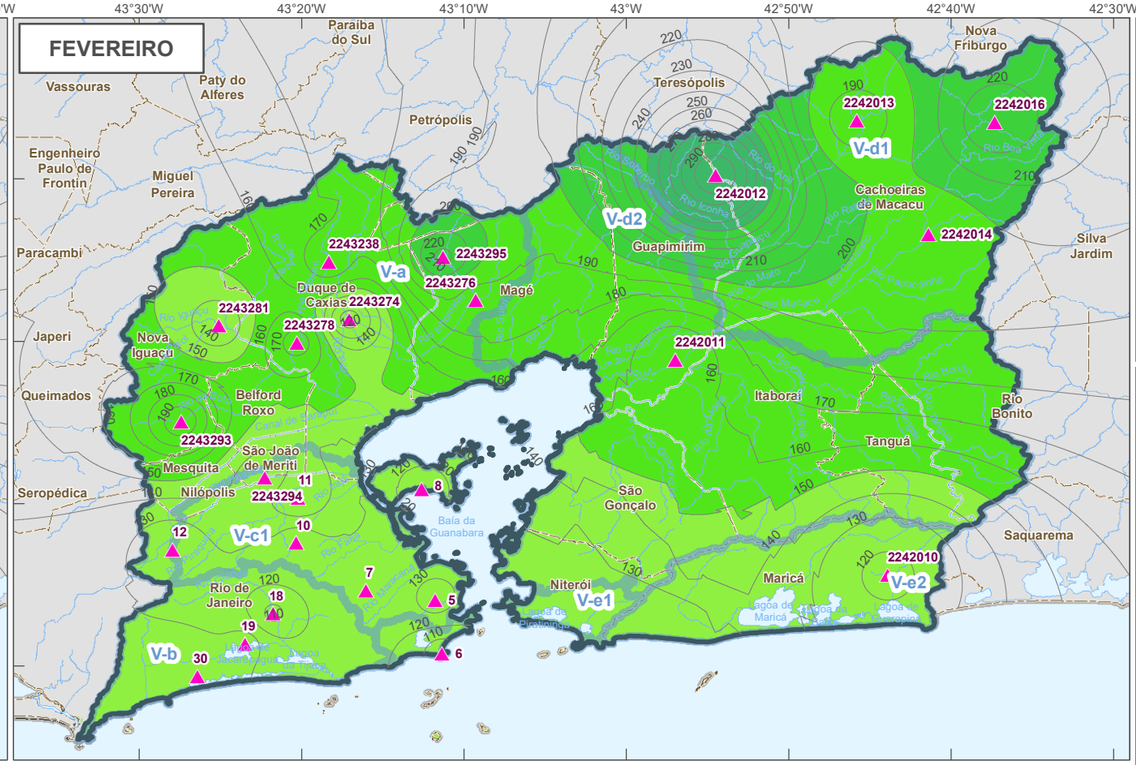
PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

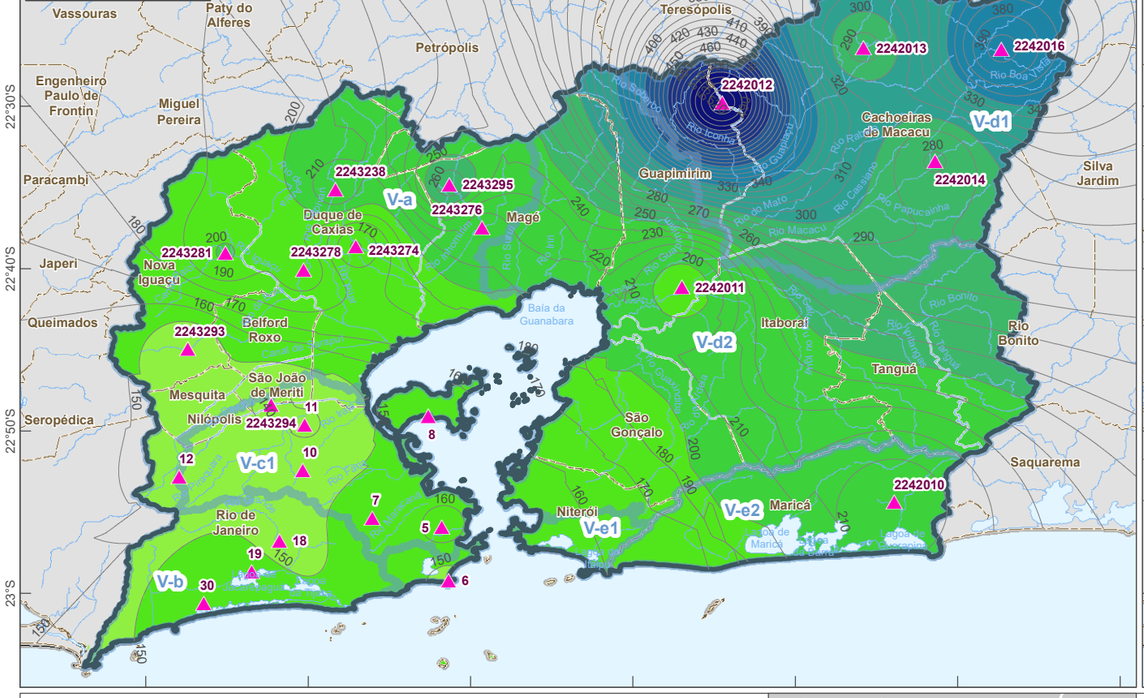
JANEIRO



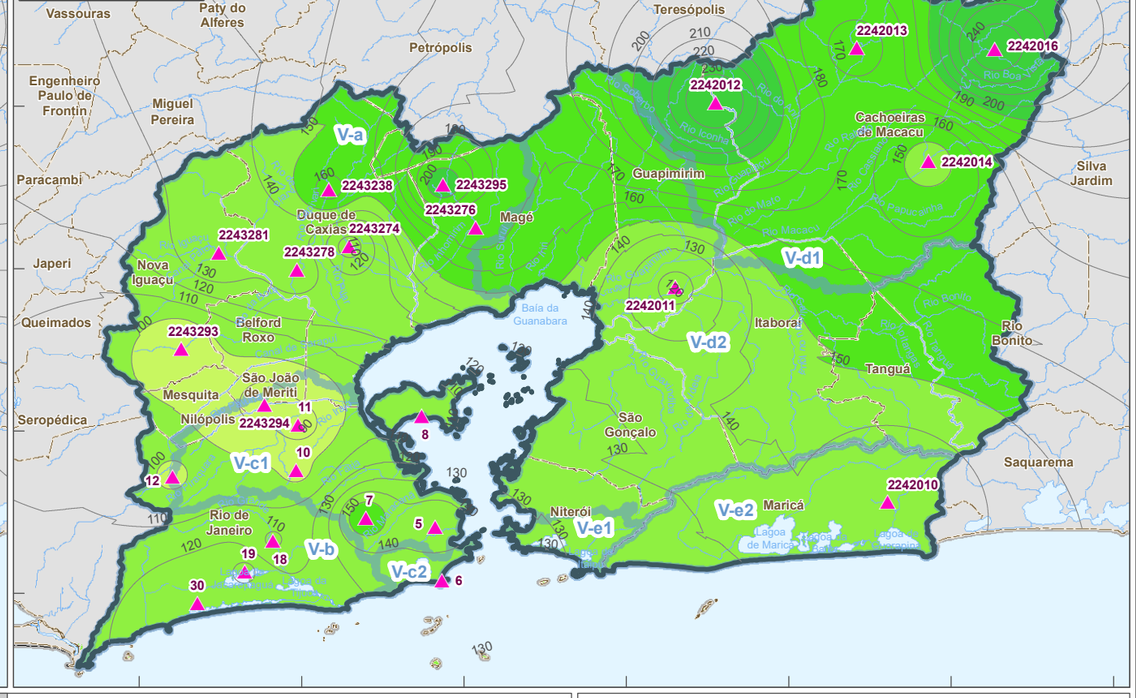
FEVEREIRO



MARÇO



ABRIL



LEGENDA

- Estação pluviométrica
- Isoieta
- Precipitção média mensal (mm)
  - 25,00 - 50,00
  - 50,01 - 100,00
  - 100,01 - 150,00
  - 150,01 - 200,00
  - 200,01 - 250,00
  - 250,01 - 300,00
  - 300,01 - 350,00
  - 350,01 - 400,00
  - 400,01 - 450,00
- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual

ESCALA 1:700.000

0 5 10 20 30 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

Ano, 2020.

FONTE:

Estação pluviométrica: ANA, INEA, ALERTARIO, 2020
Isoieta: RHA, 2020
Precipitação: RHA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
Limite municipal: CEPERJ, 2018
UF: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Realização: AGEVAP; Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução: RHA Recursos Hídricos e Ambientais

MAPA 02

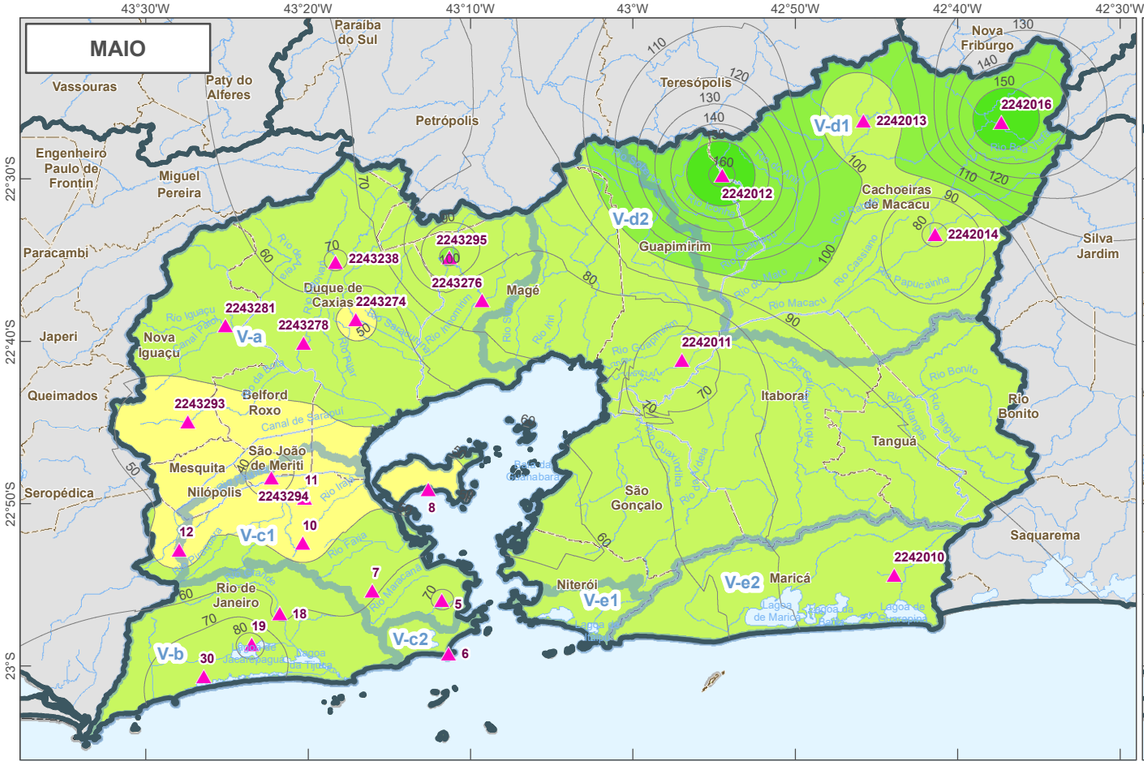
DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA RH-V (ISOIETAS)

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

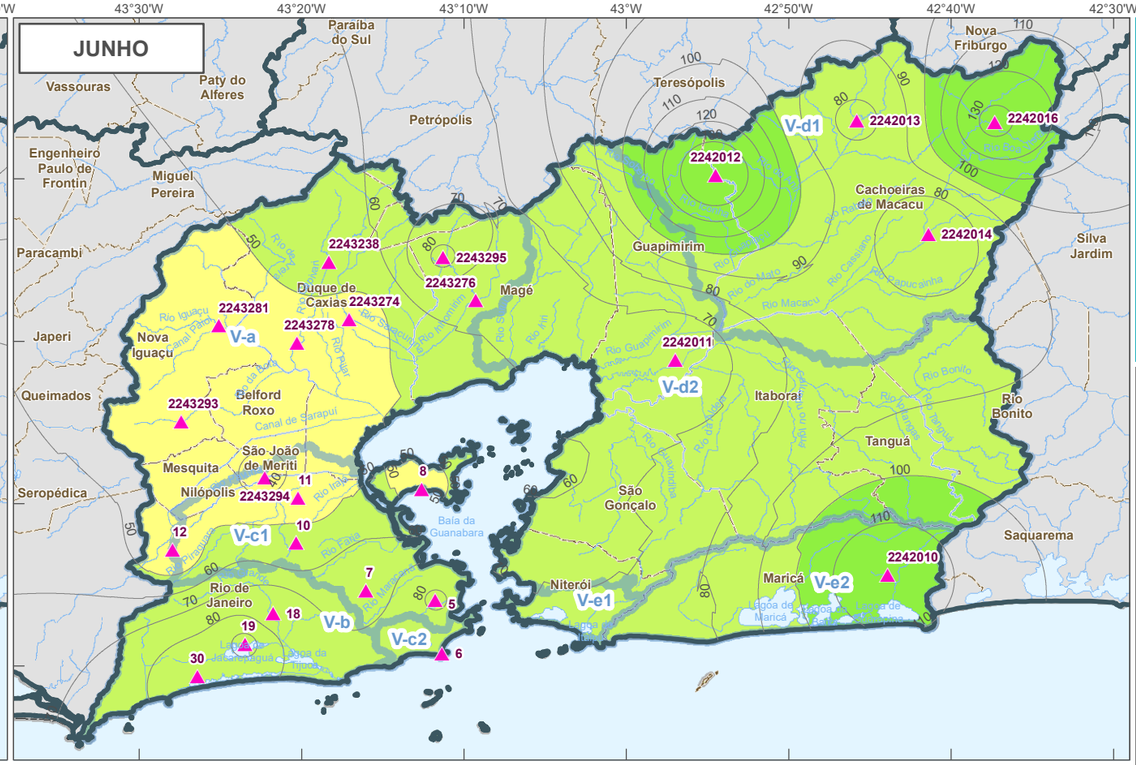
Tema: RECURSOS HÍDRICOS

MAPA 02

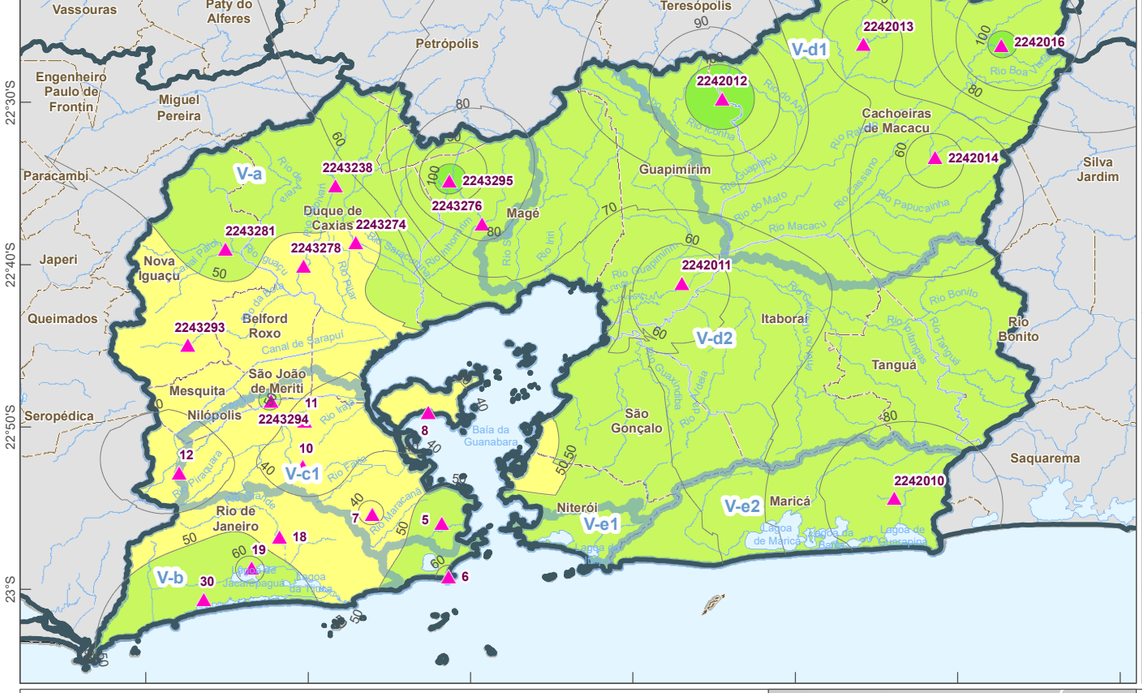
MAIO



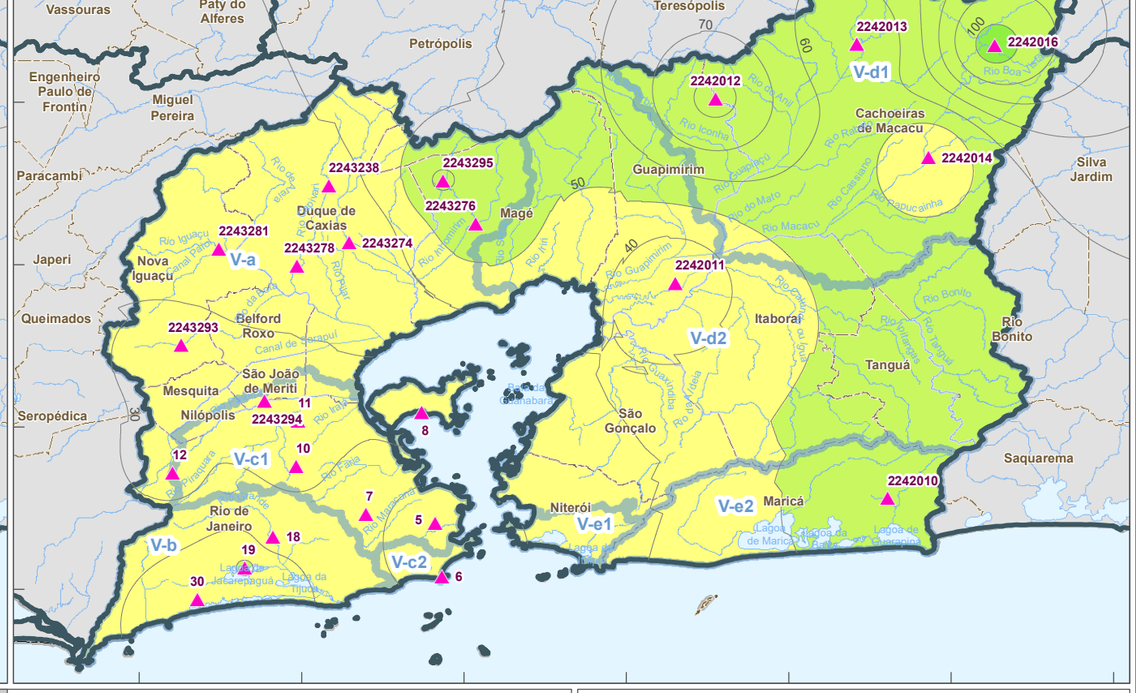
JUNHO



JULHO



AGOSTO



LEGENDA

- Estação pluviométrica
- Isoieta

Precipitção média mensal (mm)

- 25,00 - 50,00
- 50,01 - 100,00
- 100,01 - 150,00
- 150,01 - 200,00
- 200,01 - 250,00
- 250,01 - 300,00
- 300,01 - 350,00
- 350,01 - 400,00
- 400,01 - 450,00

- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

ESCALA
1:700.000
0 5 10 20 30 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

Ano, 2020.

FONTE:

Estação pluviométrica:
ANA, INEA, ALERTARIO, 2020
Isoieta: RHA, 2020
Precipitação: RHA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
UF: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Realização

AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução

RHA
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA E CONSULTORIA

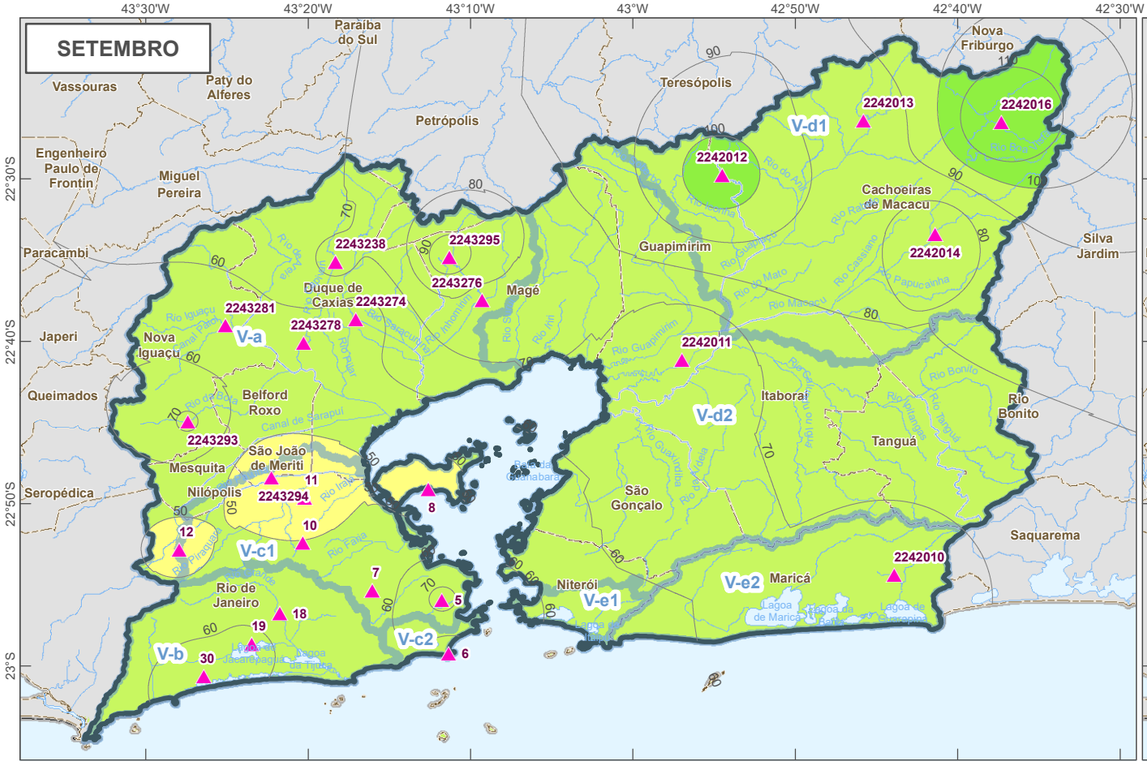
DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA RH-V (ISOIETAS)

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

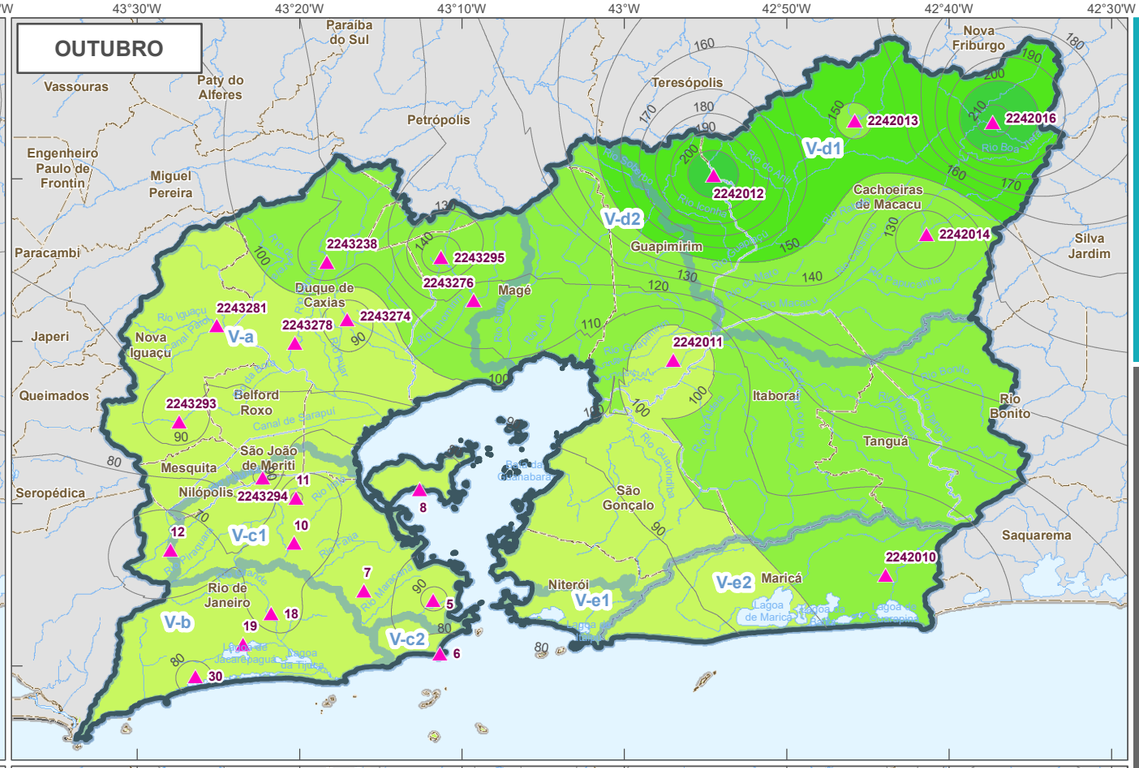
PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

MAPA 02

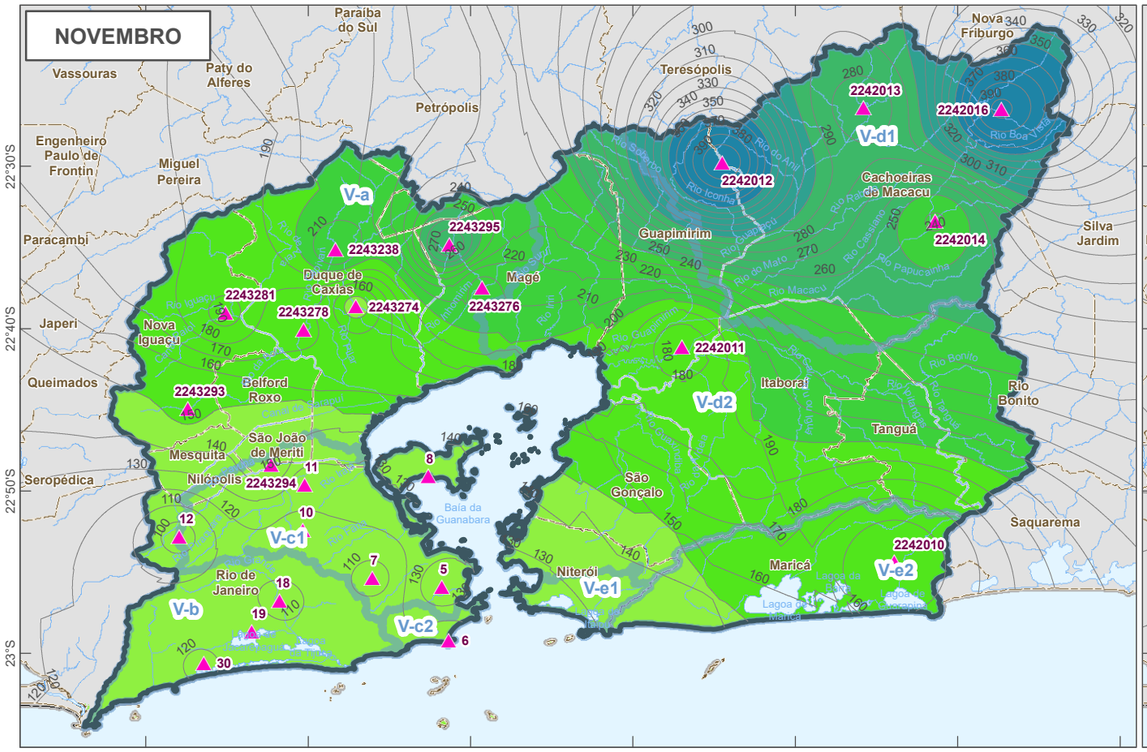
SETEMBRO



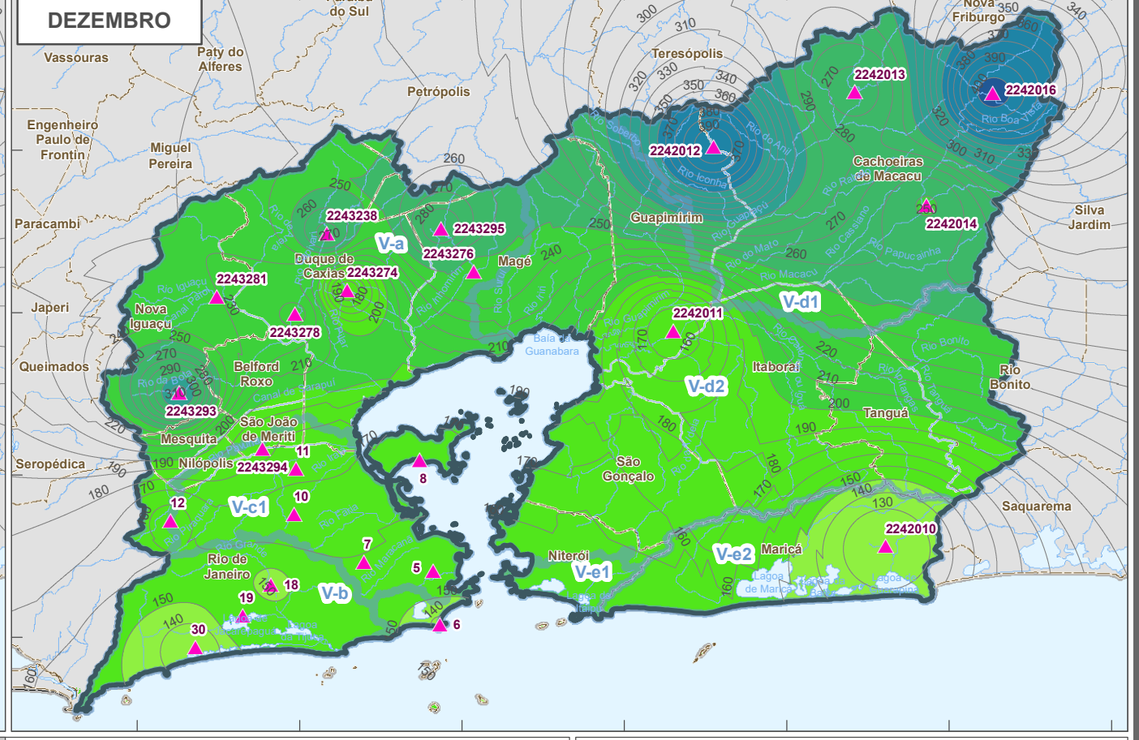
OUTUBRO



NOVEMBRO



DEZEMBRO


43°30'W
43°20'W
43°10'W
43°W
42°50'W
42°40'W
42°30'W
Paraíba do Sul
Vassouras
Paty do Alferes
Petrópolis
Teresópolis
Nova Friburgo
Engenheiro Paulo de Frontin
Miguel Pereira
Paracambi
Japeri
Nova Iguaçu
Queimados
Belford Roxo
Duque de Caxias
Magé
Guapimirim
Cachoeiras de Macacu
Silva Jardim
Rio Bonito
Tanguá
Itaboraí
São Gonçalo
Saquarema
Seropédica
Mesquita
São João de Meriti
Nilópolis
Rio de Janeiro
Niterói
Maricá
Baía da Guanabara
Lagoa de Maricá
Lagoa de Saquarema
Lagoa de Jacarepaguá
Rio Iguaçu
Rio Guandu
Rio Paraíba do Sul
Rio Piabanha
Rio Paquequer
Rio Preto
Rio Santo Antônio
Rio Soberbo
Rio do Ouro
Rio Macacu
Rio Guapiaçu
Rio Guaxindiba
Rio Caceribu
Rio Papucaia
Rio Bonito
Rio Aldeia
Rio Imboaçu
Rio Alcântara
Rio Guaraí
Rio Caceribu
Rio Roncador
Rio Sarapuí
Rio Pavuna
Rio Meriti
Rio Iguaçu
Rio Botas
Rio Capivari
Rio Estrela
Rio Inhomirim
Rio Suruí
Rio Iconha
Rio Guapi-Açu
Rio Macabu
Rio Boa Vista
Canal de Sarapuí
Canal de Magé
Canal de Imbariê
Canal de Pavuna
Canal de Cunha
Canal de Santa Cruz
Canal de Guaxindiba
Canal de Campos Novos
Canal de Bernardo
Canal de Coqueiros
Canal de Itaipu
Canal de Camboatá
Canal de Piratininga
Canal de Itaipuaçu
Canal de Maricá
Canal de Ponta Negra
Canal de Saquarema
Canal de Barra Nova
Canal de Barra Velha
Canal de Barra Grande
Canal de Barra Pequena
Canal de Barra Mirim
Canal de Barra Funda
Canal de Barra Seca
Canal de Barra Larga
Canal de Barra Alta
Canal de Barra Baixa
Canal de Barra Média
2242013
2242016
2242012
2242014
2242011
2242010
2243238
2243295
2243276
2243281
2243274
2243278
2243293
2243294
V-a
V-b
V-c1
V-c2
V-d1
V-d2
V-e1
V-e2
90
100
110
80
70
60
50
40
30
20
10
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360
370
380
390
400
410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690
700
710
720
730
740
750
760
770
780
790
800
810
820
830
840
850
860
870
880
890
900
910
920
930
940
950
960
970
980
990
1000
1010
1020
1030
1040
1050
1060
1070
1080
1090
1100
1110
1120
1130
1140
1150
1160
1170
1180
1190
1200
1210
1220
1230
1240
1250
1260
1270
1280
1290
1300
1310
1320
1330
1340
1350
1360
1370
1380
1390
1400
1410
1420
1430
1440
1450
1460
1470
1480
1490
1500
1510
1520
1530
1540
1550
1560
1570
1580
1590
1600
1610
1620
1630
1640
1650
1660
1670
1680
1690
1700
1710
1720
1730
1740
1750
1760
1770
1780
1790
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
2120
2130
2140
2150
2160
2170
2180
2190
2200
2210
2220
2230
2240
2250
2260
2270
2280
2290
2300
2310
2320
2330
2340
2350
2360
2370
2380
2390
2400
2410
2420
2430
2440
2450
2460
2470
2480
2490
2500
2510
2520
2530
2540
2550
2560
2570
2580
2590
2600
2610
2620
2630
2640
2650
2660
2670
2680
2690
2700
2710
2720
2730
2740
2750
2760
2770
2780
2790
2800
2810
2820
2830
2840
2850
2860
2870
2880
2890
2900
2910
2920
2930
2940
2950
2960
2970
2980
2990
3000
3010
3020
3030
3040
3050
3060
3070
3080
3090
3100
3110
3120
3130
3140
3150
3160
3170
3180
3190
3200
3210
3220
3230
3240
3250
3260
3270
3280
3290
3300
3310
3320
3330
3340
3350
3360
3370
3380
3390
3400
3410
3420
3430
3440
3450
3460
3470
3480
3490
3500
3510
3520
3530
3540
3550
3560
3570
3580
3590
3600
3610
3620
3630
3640
3650
3660
3670
3680
3690
3700
3710
3720
3730
3740
3750
3760
3770
3780
3790
3800
3810
3820
3830
3840
3850
3860
3870
3880
3890
3900
3910
3920
3930
3940
3950
3960
3970
3980
3990
4000
4010
4020
4030
4040
4050
4060
4070
4080
4090
4100
4110
4120
4130
4140
4150
4160
4170
4180
4190
4200
4210
4220
4230
4240
4250
4260
4270
4280
4290
4300
4310
4320
4330
4340
4350
4360
4370
4380
4390
4400
4410
4420
4430
4440
4450
4460
4470
4480
4490
4500
4510
4520
4530
4540
4550
4560
4570
4580
4590
4600
4610
4620
4630
4640
4650
4660
4670
4680
4690
4700
4710
4720
4730
4740
4750
4760
4770
4780
4790
4800
4810
4820
4830
4840
4850
4860
4870
4880
4890
4900
4910
4920
4930
4940
4950
4960
4970
4980
4990
5000
5010
5020
5030
5040
5050
5060
5070
5080
5090
5100
5110
5120
5130
5140
5150
5160
5170
5180
5190
5200
5210
5220
5230
5240
5250
5260
5270
5280
5290
5300
5310
5320
5330
5340
5350
5360
5370
5380
5390
5400
5410
5420
5430
5440
5450
5460
5470
5480
5490
5500
5510
5520
5530
5540
5550
5560
5570
5580
5590
5600
5610
5620
5630
5640
5650
5660
5670
5680
5690
5700
5710
5720
5730
5740
5750
5760
5770
5780
5790
5800
5810
5820
5830
5840
5850
5860
5870
5880
5890
5900
5910
5920
5930
5940
5950
5960
5970
5980
5990
6000
6010
6020
6030
6040
6050
6060
6070
6080
6090
6100
6110
6120
6130
6140
6150
6160
6170
6180
6190
6200
6210
6220
6230
6240
6250
6260
6270
6280
6290
6300
6310
6320
6330
6340
6350
6360
6370
6380
6390
6400
6410
6420
6430
6440
6450
6460
6470
6480
6490
6500
6510
6520
6530
6540
6550
6560
6570
6580
6590
6600
6610
6620
6630
6640
6650
6660
6670
6680
6690
6700
6710
6720
6730
6740
6750
6760
6770
6780
6790
6800
6810
6820
6830
6840
6850
6860
6870
6880
6890
6900
6910
6920
6930
6940
6950
6960
6970
6980
6990
7000
7010
7020
7030
7040
7050
7060
7070
7080
7090
7100
7110
7120
7130
7140
7150
7160
7170
7180
7190
7200
7210
7220
7230
7240
7250
7260
7270
7280
7290
7300
7310
7320
7330
7340
7350
7360
7370
7380
7390
7400
7410
7420
7430
7440
7450
7460
7470
7480
7490
7500
7510
7520
7530
7540
7550
7560
7570
7580
7590
7600
7610
7620
7630
7640
7650
7660
7670
7680
7690
7700
7710
7720
7730
7740
7750
7760
7770
7780
7790
7800
7810
7820
7830
7840
7850
7860
7870
7880
7890
7900
7910
7920
7930
7940
7950
7960
7970
7980
7990
8000
8010
8020
8030
8040
8050
8060
8070
8080
8090
8100
8110
8120
8130
8140
8150
8160
8170
8180
8190
8200
8210
8220
8230
8240
8250
8260
8270
8280
8290
8300
8310
8320
8330
8340
8350
8360
8370
8380
8390
8400
8410
8420
8430
8440
8450
8460
8470
8480
8490
8500
8510
8520
8530
8540
8550
8560
8570
8580
8590
8600
8610
8620
8630

2.3.1.2 Análise das estações fluviométricas

A rede de monitoramento fluviométrica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá é composta por 132 estações, sendo cinco de responsabilidade da ANA, três da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), uma do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), 18 do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) e 105 do INEA.

A partir da avaliação das 132 estações, constatou-se que apenas uma apresenta dados suficientes para a realização de estudos das vazões: estação Parque Ribeira (59240000). As demais estações apresentam dados insuficientes para a realização das análises.

A disponibilidade dos dados ao longo dos anos, apresentados na sequência, é referente às estações da ANA e do INEA. Sobre um panorama geral, segundo o banco de dados fornecido pela ANA, das 132 estações, 65 estão operando e 67 não estão operando. Da totalidade de estações, foram obtidos dados de apenas 32, sendo cinco delas da ANA e 27 do INEA. No entanto, os dados fornecidos pelo INEA apresentam apenas medições de descarga e fichas descritivas para um curto período de operação. Sem registro de cotas, não foi possível determinar a relação cota-descarga e, por consequência, não foi possível realizar a análise de disponibilidade hídrica. As estações com dados recebidos são apresentadas conforme o Quadro 2.19. A localização de todas as estações é apresentada no Mapa 3.

QUADRO 2.19 – SITUAÇÃO DAS ESTAÇÕES COM DADOS DISPONÍVEIS

Estação	Corpo hídrico	Período com dados	Status de operação	Responsável
59235000	Rio Macacu	1931 - 1978	Não operando	ANA
59240000	Rio Macacu	1969 - 2019	Não operando	ANA
59245000	Rio Guapiaçu	1969 - 1978	Não operando	ANA
59245100	Rio Orindiaçu	1969 - 1978	Não operando	ANA
59251700	Rio Inhomirim	1997 - 2007	Operando	ANA
59305090	Rio Tindiba	2014 -	Operando	INEA
59222000	Lagoa de Maricá	2016 -	Operando	INEA
59248900	Canal de Imunana	2016 -	Operando	INEA
59240700	Rio Tanguá	2012 -	Operando	INEA
59235002	Rio Macacu	2014 -	Operando	INEA
59305071	Rio Cachoeira	2014 -	Operando	INEA
59279000	Rio Iguaçu	2005 -	Operando	INEA
59305003	Rio Pavuna	2008 -	Operando	INEA

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Estação	Corpo hídrico	Período com dados	Status de operação	Responsável
59228050	Rio Alcântara	1998 -	Operando	INEA
59242000	Rio Guapiaçu	2014 -	Operando	INEA
59241400	Rio dos Duques	2012 -	Operando	INEA
59252000	Rio Surui	2014 -	Operando	INEA
59280050	Rio da Bota	2008 -	Operando	INEA
59227900	Rio da Aldeia	2012 -	Operando	INEA
59237000	Rio Macacu	2014 -	Operando	INEA
59222100	Lagoa de Maricá	2016 -	Operando	INEA
59227000	Rio Engenhoca	2012 -	Operando	INEA
59245200	Rio Iconha	2014 -	Operando	INEA
59250900	Rio Maje ou Santo Aleixo	2014 -	Operando	INEA
59281300	Rio Capivari	2005 -	Operando	INEA
59245002	Rio Guapiaçu	2014 -	Operando	INEA
59241200	Rio Caceribu	2014 -	Operando	INEA
58286800	Rio Bananal	2012 -	Operando	INEA
59270000	Rio Saracuruna	2005 -	Operando	INEA
59305055	Rio Maracanã	1968 -	Operando	INEA
59191005	Rio Bacaxa ou Mato Dentro	2014 -	Operando	INEA
59240600	Rio Caceribu	2012 -	Operando	INEA

Conforme destacado no Quadro 2.19, o único posto que apresenta dados disponíveis e suficientes é a estação Parque Ribeira de código 59240000, e por isso foi selecionada para a realização dos estudos. A estação está localizada no rio Macacu com uma área de drenagem de 289 km², a montante do ponto de captação de água do Sistema Imunana-Laranjal, localizado imediatamente após a confluência entre os rios Macacu e Guapiaçu.

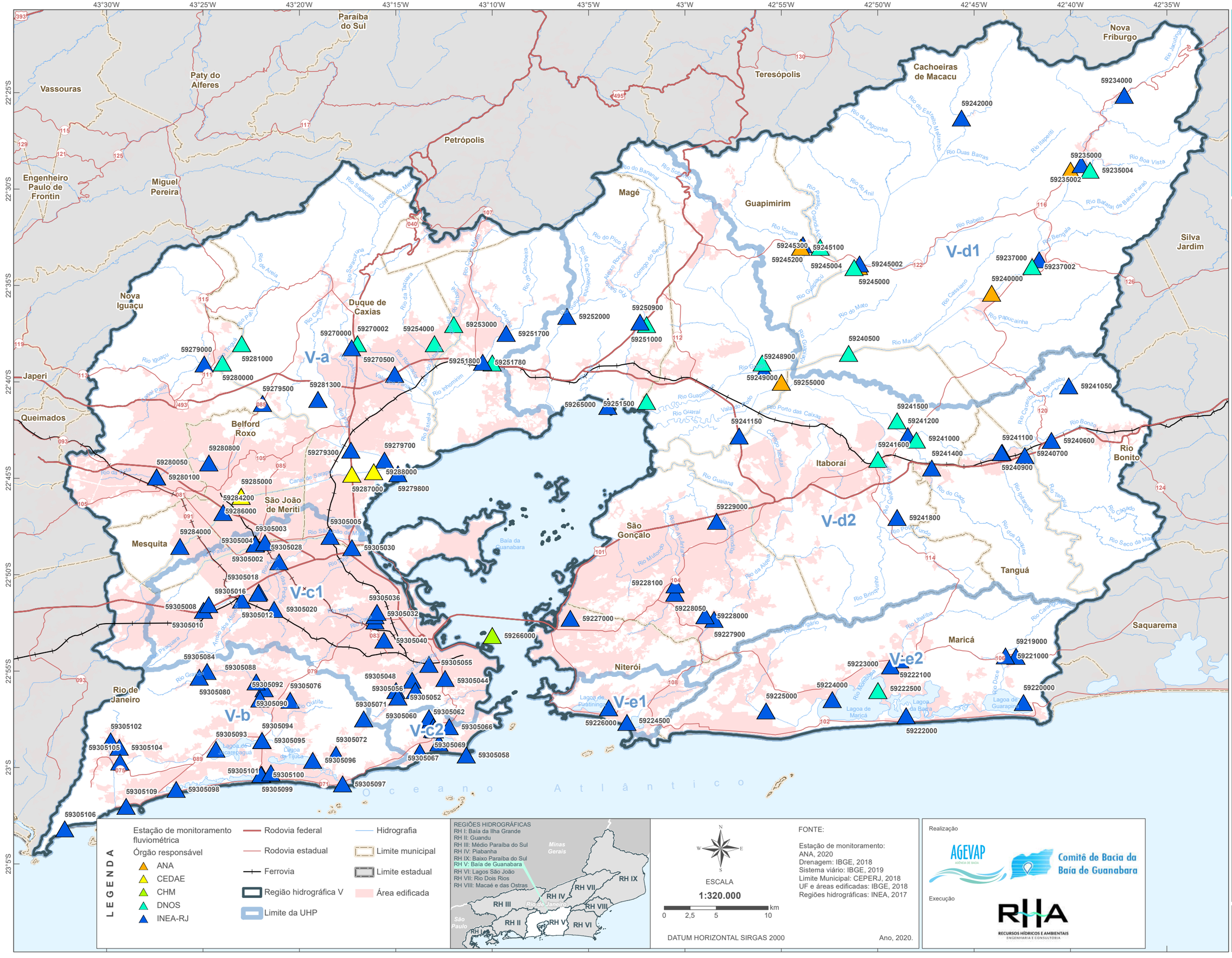
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DA RHV E SIST. LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

MAPA 03



2.3.2 Série de vazões

2.3.2.1 Análise de consistência de dados da estação Parque Ribeira (5924000)

A consistência dos dados de uma estação fluviométrica, com medição de descarga, contempla as seguintes etapas: análise das cotas observadas, análise das medições de descarga, traçado da curva chave e análise regional.

Apesar dos dados fornecidos pela ANA serem classificados como brutos e consistidos, o trabalho da consistência foi realizado, conforme a sequência apresentada.

Na análise das cotas, poucas alterações foram realizadas, visto que não há estações próximas com para que um estudo regional confiável a partir da continuidade das vazões fosse realizado. Assim, falhas mais longas não foram preenchidas devido à impossibilidade de aplicação de um modelo confiável. Alguns períodos, de até cinco dias, tiveram o preenchimento a partir de interpolação linear.

As medições de descarga também foram verificadas e, eventualmente, consistidas para o traçado de uma nova curva de descarga, mais coerente. A nova curva de descarga ficou definida conforme o Quadro 2.20.

QUADRO 2.20 – CURVA DE DESCARGA DA ESTAÇÃO PARQUE RIBEIRA (5924000)

Número de tramos	Coeficientes da equação			Intervalo de cotas (cm)		Validade (início e fim)	
	a	h0	n	Min.	Max.		
01/03	10,258	-0,13	1,835	30	107	01/07/1969	17/01/1973
02/03	10,6605	-0,12	1,697	107	121		
03/03	10,258	-0,12	1,835	121	350		
01/02	17,1	-0,02	1,593	30	115	18/01/1973	23/11/1974
02/02	11,272	-0,33	1,7	115	300		
01/02	7,91	-0,6	1,549	0	71	24/11/1974	19/06/1977
02/02	11,272	-0,33	1,7	71	300		
01/01	11,272	-0,33	1,7	10	600	20/06/1977	08/02/1979
01/02	3,8399	-0,19	2,015	-10	107	09/02/1979	11/11/1979
02/02	2,291	-0,37	2,7	107	250		
01/02	6,7281	0,07	2,5	40	170	12/11/1979	04/03/1981
02/02	2,291	-0,64	2,7	170	400		
01/02	10,6605	-0,12	1,697	20	121	05/03/1981	03/12/1981
02/02	11,3194	-0,04	1,9	121	500		
01/02	13,5439	-0,12	1,6	10	217	04/12/1981	19/08/1982
02/02	11,3194	-0,04	1,9	217	350		
01/02	16,3489	-0,15	1,35	10	216	20/08/1982	29/06/1983

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Número de tramos	Coeficientes da equação			Intervalo de cotas (cm)		Validade (início e fim)	
	a	h0	n	Min.	Max.		
02/02	11,3194	-0,04	1,9	216	300		
01/02	13,7477	-0,37	1,4	0	216	30/06/1983	29/07/1984
02/02	11,3194	-0,04	1,9	216	250		
01/02	4,9344	-0,04	2,085	0	314	30/07/1984	20/04/1989
02/02	11,3194	0,84	1,9	314	450		
01/02	11,9514	0,21	1,647	50	442	21/04/1989	08/12/1994
02/02	11,3194	0,84	1,9	442	550		
01/03	4,93	-0,09	2,15	60	196	09/12/1994	29/10/1995
02/03	10,8774	0,36	1,6	196	320		
03/03	11,3194	0,84	1,9	320	450		
01/03	12,0997	0,18	1,6	40	232	30/10/1995	24/12/2001
02/03	11,9514	0,21	1,647	232	442		
03/03	11,3194	0,84	1,9	442	600		
01/02	7,615	-0,13	1,9	40	171	25/12/2001	01/01/2004
02/02	11,9514	0,17	1,64	171	400		
01/03	9,678	0,05	1,602	40	105	02/01/2004	30/07/2006
02/03	11,9514	0,17	1,64	105	445		
03/03	11,3194	0,84	1,9	445	500		
01/03	11,1288	-0,04	1,572	30	259	31/07/2006	05/11/2013
02/03	11,9514	0,17	1,64	259	445		
03/03	11,3194	0,84	1,9	445	500		
01/02	12,05	0,04	1,595	40	145	06/11/2013	01/03/2016
02/02	11,1288	-0,04	1,572	145	400		
01/02	10,792	-0,1	1,744	30	121	02/03/2016	28/02/2019
02/02	11,3194	-0,04	1,9	121	400		

Fonte: Adaptado de ANA (2020).

A partir da curva de descarga determinada, é possível a geração da série de vazões médias diárias para validação pela análise regional. A análise regional ideal trabalha com séries supostamente homogêneas, avaliando a continuidade das vazões, através do traçado de fluviogramas simultâneos. Dessa forma, torna-se possível identificar eventuais erros, a partir da simples observação e através de modelos que correlacionem as vazões em análise. A análise regional, a partir dos dados da chuva, é uma atividade complementar e serve de apoio ao processo de consistência.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.3.2.2 Vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$ e vazão médias de longo termo Q_{MLT}.

Com a série de vazão médias diárias determinada para a estação 59240000 é possível determinar as vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$ e a Q_{MLT}. As etapas, descritas a seguir, apresentam a metodologia utilizada e os resultados encontrados.

A $Q_{7,10}$ é a vazão mínima de sete dias de duração e de período de retorno de 10 anos. Em muitos estados do País, a $Q_{7,10}$, assim como a $Q_{95\%}$, é tida como referência para a definição da vazão mínima a ser mantida nos rios, também conhecida como vazão ecológica.

Para encontrar o valor da $Q_{7,10}$ são necessários alguns procedimentos. Para melhor entendimento, esses são listados em sequência:

- Determinar a série de vazões, a partir dos dados de cota e da curva de descarga da estação;
- Garantir que a série fluviométrica em análise possa ser considerada natural;
- Caso a estação sofra influência antrópica significativa, as vazões devem ser naturalizadas. Anos com grandes períodos de falhas, em meses secos, devem ser desconsiderados;
- Com a série das vazões médias diárias definida, o primeiro passo consiste em determinar, para cada ano, a mínima média móvel de 7 dias de duração, formando a correspondente série de mínimas anuais;
- Ajustar um modelo probabilístico apropriado à série anual de vazões mínimas de 7 dias de duração e calcular a vazão mínima correspondente a 10 anos de recorrência;

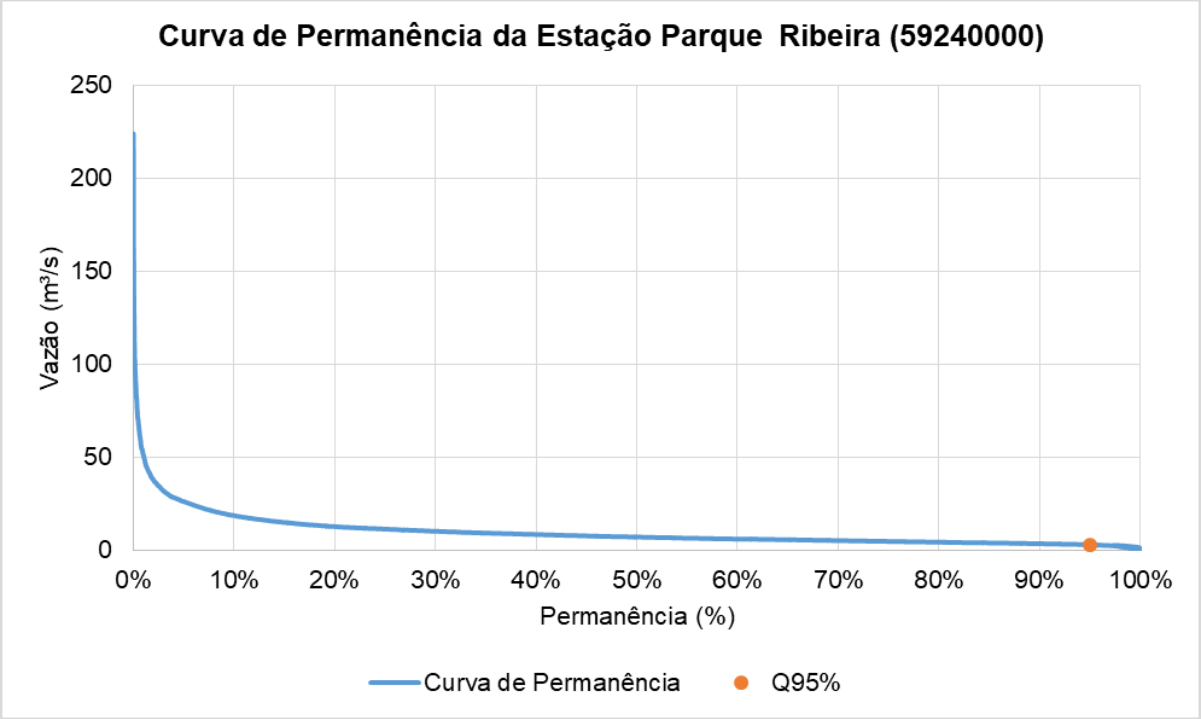
No presente estudo foi adotada a distribuição de *Weibull* para o cálculo da $Q_{7,10}$. Esta distribuição é definida por dois parâmetros relacionados à média e à dispersão dos dados. Os métodos mais usuais de ajuste de uma distribuição probabilística são o método dos momentos e o método da máxima verossimilhança. Para a aplicação do modelo de *Weibull* foi utilizado o *software* SisCAH disponibilizado pela ANA. Para maior detalhamento e entendimento dos resultados, as equações utilizadas nas distribuições de probabilidade pelo SisCAH são apresentadas no documento ANA (2009).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A $Q_{95\%}$ é vazão que permanece 95% do tempo obtida a partir curva de permanência, que, por sua vez, reflete uma análise da frequência das vazões ao longo do tempo e traz como resultado a probabilidade de uma vazão ser igualada ou superada.

Para determinar a curva de permanência, é preciso apenas ordenar a série de "*N*" vazões médias diárias, do maior para o menor valor, atribuir a cada valor o percentual de ser igualado ou superado, dado por $100.(m/(N+1))$, onde *m* é a ordem do respectivo valor na série ordenada. A vazão de 95% de permanência é obtida diretamente da curva. A Figura 2.43 representa de maneira gráfica a curva de permanência obtida.

FIGURA 2.43 – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO PARQUE RIBEIRA (59240000)



A Q_{MLT} é a vazão média de longo termo, que representa a média de todas as vazões médias diárias ao longo da série.

O resultado do cálculo da $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} pode ser observado no Quadro 2.21.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.21 – $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ E Q_{MLT} DA ESTAÇÃO 59240000

Código	Estação	Corpo hídrico	Área (km²)	Vazões (m³/s)		
				$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$	Q_{MLT}
59240000	Parque Ribeira	Rio Macacu	289	1,75	2,79	9,60

2.3.3 Estudo de regionalização das vazões

O objetivo da regionalização é estimar valores de vazão em locais com deficiência de informação. Na literatura podem ser encontrados diversos métodos para regionalização hidrológica. No entanto, a escolha do método utilizado deve estar atrelada aos dados disponíveis, às premissas inerentes a determinado método e ao tempo disponível para o desenvolvimento da análise.

A metodologia aplicada nesse estudo está correlacionada aos dados que serão utilizados. Utilizou-se a vazão específica da estação Parque Ribeira para a regionalização das vazões na RH-V. Por parcimônia, optou-se por não aplicar outros métodos que incluem outras variáveis, como a chuva, para o cálculo das vazões regionalizadas. No entanto, os dados das chuvas foram utilizados para verificar a homogeneidade da região. Dentro de um estudo de regionalização é importante que as regiões regionalizadas sejam relativamente homogêneas, nesse caso as características hidromorfológicas devem ser parecidas.

Como não há muitos dados na região da RH-V, foram necessárias análises com as estações que possuíam período em comum, a fim de identificar homogeneidade e corroborar o uso da vazão específica da estação Parque Ribeira (59240000) para a regionalização. As estações Cachoeiras de Macacu (59235000), Quinzanga (59245000) e Orindi (59245100), de responsabilidade da ANA, possuem o período de 1969 a 1978 comum a Parque Ribeira (59240000).

Assim, para essas estações, dentro do período comum, foram analisadas características a fim de identificar semelhanças que comprovem a homogeneidade da região regionalizada. A análise em conjunto das estações pela curva de permanência das vazões específicas e pela $Q_{7,10}$ são bons indicadores para indicar comportamentos não homogêneos.

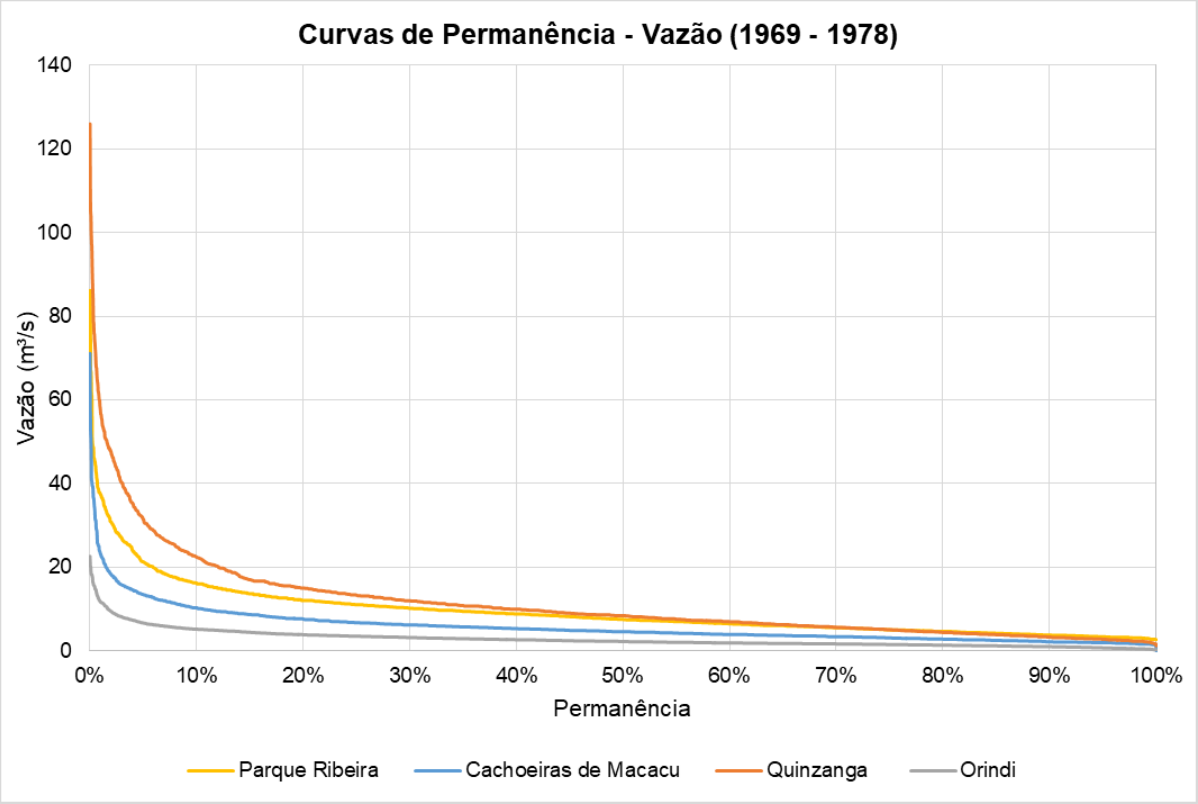
A tendência é que se as regiões em análise forem homogêneas a curva de permanência da vazão específica de uma região apresentará comportamento similar à da outra região em análise. O gráfico da curva de permanência da vazão específica

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

adimensionaliza o objeto de estudo que é a vazão. Assim, torna-se comparável para análise.

Outro gráfico importante de análise é a curva de permanência das vazões em conjunto. A curva de permanência, quando analisada em conjunto, permite que seja possível identificar erros quanto ao traçado das curvas, principalmente para tramos superiores e inferiores. Em uma análise regional é extremamente importante que erros desse tipo não sejam propagados, principalmente quando se trata de dados que serão utilizados para calcular as disponibilidades hídricas. A Figura 2.44 mostra a permanência das vazões.

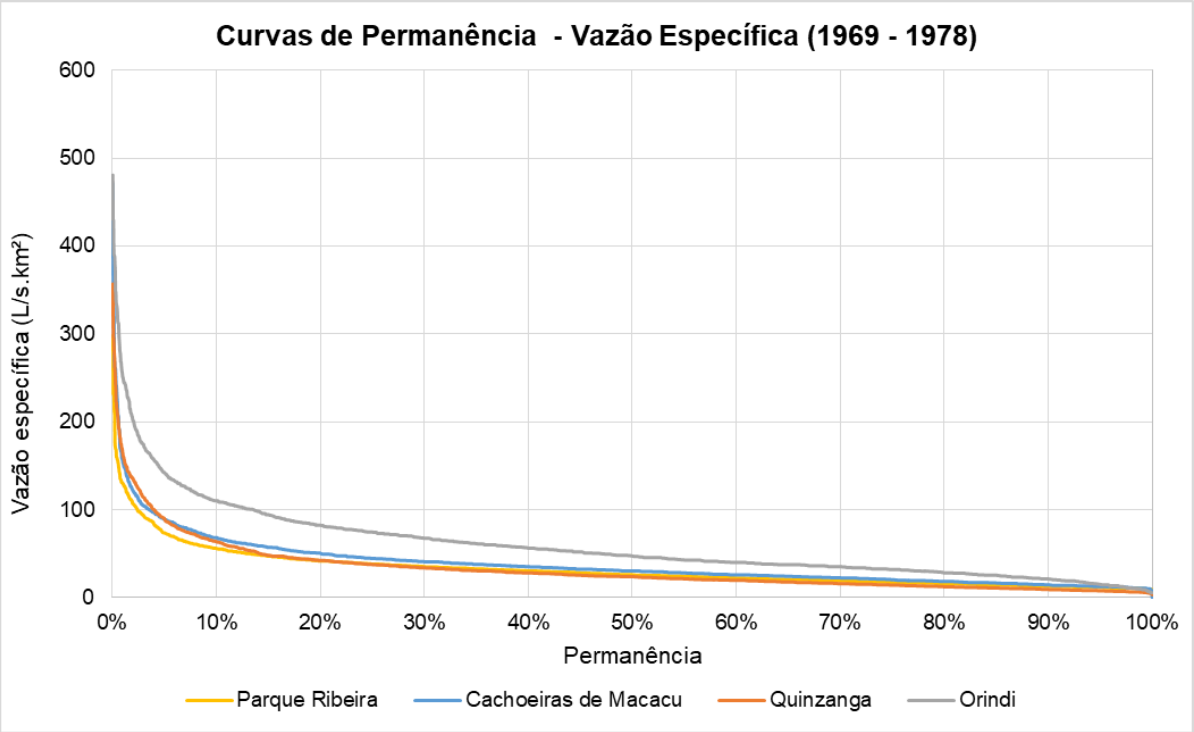
FIGURA 2.44 – CURVA DE PERMANÊNCIA DA VAZÃO NO PERÍODO DE DADOS EM COMUM DE 1969 A 1978



A exemplo disso, é possível observar a Figura 2.45 que mostra que o comportamento das vazões específicas na curva de permanência é bem próximo. A única estação que apresenta um comportamento ligeiramente divergente das demais é a Orindi (59245100), que pode decorrer da pequena área de drenagem da estação.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.45 – CURVA DE PERMANÊNCIA DA VAZÃO ESPECÍFICA NO PERÍODO DE DADOS EM COMUM DE 1969-1978



Os resultados para os valores da $Q_{7,10}$ também podem ser observados conforme o Quadro 2.22.

QUADRO 2.22 – $Q_{7,10}$ NO PERÍODO COMUM DE 1969-1978

Nome da estação	Código da estação	Área (km²)	$Q_{7,10}$ (m³/s)
Parque Ribeira	59240000	289	2,70
Cachoeiras de Macacu	59235000	151	1,60
Quinzanga	59245000	353	1,39
Orindi	59245100	47	0,39

2.3.4 Estudos anteriores de disponibilidade hídrica

Este item é destinado para apresentar trabalhos anteriores que aplicaram alguma metodologia para avaliar a disponibilidade hídrica na RH-V. Nesse caso, registram-se o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (PDRH–BG), concluído em 2005, e o estudo produzido no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI-RJ) em 2014. Ambos abordam e utilizam o estudo elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2002), para a bacia 59 (CPRM, 2002).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.3.4.1 Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara

O PDRH–BG (2005) apresenta o cálculo das disponibilidades hídricas utilizando de estudos hidrológicos já existentes. O estudo hidrológico já existente é o relatório apresentado pela CPRM para a bacia 59.

Para validar os resultados a partir do estudo de regionalização, os valores obtidos foram confrontados com as vazões afluentes nas estações fluviométricas a partir dos dados disponíveis para o ano de 2000. Segundo o Plano, permitiu-se concluir que os estudos (CPRM, 2002) eram perfeitamente aplicáveis. As equações utilizadas para o cálculo da disponibilidade hídrica são apresentadas conforme o Quadro 2.23.

QUADRO 2.23 – EQUAÇÕES PARA REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES SEGUNDO A CPRM PARA BACIA 59

Variável	Equações ajustadas
Q_{MLT}	Q_{MLT} = 0,0211.$Área^{1,0196}$. $P^{0,7917}$
$Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$ = 0,7157.0,01395. $Área^{1,0168}$

Fonte: PDRH-BG (2005).

2.3.4.2 Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro

O PERHI-RJ (2014) apresenta o cálculo da disponibilidade hídrica com base em estudos hidrológicos existentes e de novos estudos, mais específicos para postos fluviométricos localizados na região litorânea do estado. Os estudos hidrológicos existentes são relativos a dois relatórios apresentados pela CPRM, um para a bacia 58 e outro para a 59. A relevância para a RH-V, neste trabalho, recai apenas sobre as considerações elaboradas para a bacia 59.

Contudo, o estudo da CPRM (2002) da bacia 59 não foi utilizado nas análises do PERHI-RJ para a RH-V, visto que, apesar de existirem muitas estações, poucas delas possuem dados suficientes, com poucas falhas e período considerável para que seja feita uma análise coerente e confiável.

Dessa maneira, as análises da RH-V foram feitas a partir de uma prévia consistência dos dados das estações do INEA e DNOS, de acordo com a quantidade de dados disponíveis. Na sequência, foram feitas análises do cotagrama, do traçado

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

da curva de descarga e da série das vazões. No total, dez estações foram selecionadas para o estudo.

No estudo da disponibilidade hídrica, em cada estação, foram estimadas: i) $Q_{7,10}$, para as estações que apresentaram, no mínimo, 10 anos de observações completas no período de estiagem (maio a setembro); ii) $Q_{95\%}$; e iii) Q_{MLT}.

Utilizando dos dados das estações da ANA e do INEA localizadas nos rios Macacu, Guapiaçu e Iconha foi ajustada uma curva regional de vazões $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} e da área de drenagem que possibilitaram determinar a disponibilidade hídrica em algumas bacias da RH-V. As equações estão apresentadas conforme o Quadro 2.24.

QUADRO 2.24 – EQUAÇÕES AJUSTADAS DE $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ E Q_{MLT} ESTAÇÕES DA ANA E INEA LOCALIZADAS NOS RIOS MACACU, GUAPIAÇU E ICONHA, NO PERHI-RJ (2014)

Variável	Equações ajustadas	R^2
$Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$ = 0,0072.$Área^{0,993}$	0,9142
$Q_{95\%}$	$Q_{95\%}$ = 0,0334.$Área^{0,7969}$	0,9076
Q_{MLT}	Q_{MLT} = 0,192.$Área^{0,7101}$	0,9591

Fonte: PERHI-RJ (2014).

Os resultados das disponibilidades hídricas são apresentados pelo PERHI-RJ, conforme as divisões das UHPs. Estas estimativas são reflexo da base de dados utilizada, caracterizada por uma grande escassez de informação, principalmente, na região litorânea do estado. Os resultados da região de interesse para o PERHI-RJ podem ser visualizados no Quadro 2.25.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.25 – VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS UHPS, NO PERHI-RJ (2014)

UHP	Nome UHP	Área (km^2)	Vazões (m^3/s)			Metodologia
			$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$	Q_{MLT}	
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1.101,0	7,6	10,2	33,7	Para o rio Iguaçu (720 km^2) as vazões foram calculadas com a equação regional dos rios Guapiaçu, Macacu e Orindiaçu (Quadro 2.24). As vazões do rio Saracuruna foram calculadas por relação de áreas com a bacia do Iguaçu. A soma das vazões das duas bacias resulta na vazão da UHP.
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	317,5	-	2,2	5,5	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km^2).
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã	335,6	-	2,4	5,8	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km^2).
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	32,8	-	0,23	0,57	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km^2).
V-d1	Rio Macacu	1.067,0	7,3	8,6	27,1	Vazões calculadas com a equação regional da bacia dos rios Guapiaçu, Macacu e Orindiaçu (Quadro 2.24).
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba	1.514,5	10,5	15,6	54,8	Para os rios Caceribu (812 km^2), Guaxindiba (171 km^2), Roncador (132 km^2), Suruí (85 km^2) e Iriri (20 km^2) as vazões foram calculadas com a equação regional dos rios Guapiaçu, Macacu e Orindiaçu (Quadro 2.24). As vazões da área restante da UHP (295 km^2) foram calculadas por relação de áreas com a bacia do Guaxindiba. A soma das vazões resulta na vazão da UHP.
V-e1	Lagoas de Niterói	49,2	-	0,35	0,85	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km^2).
V-e2	Lagoa de Maricá	347,5	-	2,4	6,0	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km^2).

Fonte: PERHI-RJ (2014).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

No PDRH -BG (2005), a forma de validação do uso do estudo da CPRM (2002) a partir apenas das vazões afluentes no ano 2000 é duvidosa. O ideal seria que os resultados obtidos fossem validados a partir da análise de períodos mais longos.

O PERHI-RJ (2014), conforme o Quadro 2.25, apresenta os resultados das disponibilidades hídricas para a RH-V. Apesar dos apontamentos de incerteza sobre os dados utilizados é observado que a regionalização das vazões a partir de outros métodos de regionalização, como o utilizado neste estudo, chega a resultados próximos onde os valores de disponibilidade não diferem de maneira significativa dos resultados obtidos neste estudo.

O ideal para um estudo de regionalização mais preciso e de maior confiabilidade seria uma maior disponibilidade de dados, principalmente dos dados de origem fluviométrica.

2.3.5 Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica na RH-V é apresentada de duas formas: i) por UHP e ii) para as bacias hidrográficas demarcadas a partir dos pontos de captação de água. A disponibilidade para ambas as formas é dada a partir da vazão de referência do estado a $Q_{95\%}$, conforme a Resolução INEA nº 162/2018. Entretanto, também são apresentados os valores da $Q_{7,10}$ e da Q_{MLT} Todas as disponibilidades foram obtidas a partir dos dados da estação 59240000.

2.3.5.1 Disponibilidade hídrica por UHP

A disponibilidade hídrica na UHP é o resultado da soma das vazões afluentes em uma região. Conforme a metodologia já abordada o Quadro 2.26 apresenta as disponibilidades hídricas por UHP.

QUADRO 2.26 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA POR UHP NA RH-V

UHP	Nome da UHP	Área (km²)	Disponibilidade hídrica (m³/s)		
			$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$	Q_{MLT}
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1109,83	6,60	10,68	36,87
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	315,60	1,88	3,04	10,48
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	381,34	2,27	3,67	12,67
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	33,94	0,20	0,33	1,13
V-d1	Rio Macacu	1071,57	6,37	10,31	35,59
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba e Ilha de Paquetá	1498,30	8,91	14,41	49,77
V-e1	Lagoas de Niterói	54,53	0,32	0,52	1,81
V-e2	Lagoa de Maricá	347,01	2,06	3,34	11,53

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Comparando os resultados obtidos com os valores apresentados pelo PERHI-RJ (2014), conforme o Quadro 2.25, os dados são similares. É notável que os valores de disponibilidade hídrica na RH-V são, no geral, baixos, quando comparados as demandas hídricas da bacia.

2.3.5.2 Disponibilidade hídrica nas áreas de contribuição dos sistemas de abastecimento de água

Dentro da RH-V a partir da identificação e localização dos pontos do sistema de captação de água foram delimitadas bacias hidrográficas com as áreas de contribuição e calculadas as disponibilidades hídricas locais, conforme apresentado no Quadro 2.27.

QUADRO 2.27 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA POR BACIA HIDROGRÁFICA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTOS

Sistema de abastecimento	Município	Curso de água	Área de contribuição (km²)	Disponibilidade hídrica (m³/s)		
				$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$	Q_{MLT}
Sistema Bela Vista	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	0,2	0,00	0,00	0,01
Sistema Boa Vista	Cachoeiras de Macacu	Córrego do Afonso	1,5	0,01	0,01	0,05
Sistema Caceribu	Tanguá	Rio Caceribu	44,9	0,27	0,43	1,49
Sistema Córrego Grande	Cachoeiras de Macacu	Córrego Grande	4,3	0,03	0,04	0,14
Sistema Fazenda	Cachoeiras de Macacu	Córrego Acir	0,2	0,00	0,00	0,01
Sistema França	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	0,02	0,00	0,00	0,00
Sistema Lota	Cachoeiras de Macacu	Córrego Lota	0,10	0,00	0,00	0,00
Sistema Piabetá	Magé	Rio Cachoeira Grande	7,3	0,04	0,07	0,24
Sistema Posto Pena	Cachoeiras de Macacu	Rio Macacu	21,2	0,13	0,20	0,70
Sistema Rio Paraíso	Magé	Rio Paraíso	16,8	0,10	0,16	0,56
Sistema Rio Soberbo	Guapimirim	Rio Soberbo	15,9	0,09	0,15	0,53
Sistema Rio Souza	Cachoeiras de Macacu	Rio Souza	18,7	0,11	0,18	0,62
Sistema Santo Aleixo	Magé	Rio Pico	8,0	0,05	0,08	0,27
Sistema Santo Aleixo	Magé	Riacho da Lagoinha	0,4	0,00	0,00	0,01
Sistema Suruí	Magé	Rio Cachoeirinha	7,2	0,04	0,07	0,24

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Sistema de abastecimento	Município	Curso de água	Área de contribuição (km²)	Disponibilidade hídrica (m³/s)		
				$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$	Q_{MLT}
Sistema Tocas Tuim	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	1,3	0,01	0,01	0,04
Sistema Zacarias	Cachoeiras de Macacu	Córrego Cachorra	0,3	0,00	0,00	0,01

A realização das análises de disponibilidade hídrica foi dificultada pela escassez de dados completos na região de estudo, principalmente em relação aos registros fluviométricos. É notável uma disparidade entre as demandas e disponibilidade hídrica da região, o que indica um estresse hídrico, o qual é abordado em maiores detalhes no tópico de balanço hídrico deste relatório.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

O estado de degradação dos corpos hídricos, verificado pelo do monitoramento da qualidade da água, é importante informação para os instrumentos de gestão de recursos hídricos, tais como, outorga, cobrança e enquadramento, bem como para a gestão ambiental, como o licenciamento ambiental. Além disso, informações do monitoramento da qualidade da água são um balizador de investimentos em tratamento de efluentes de atividades econômicas em geral e de esgotamento sanitário dos municípios.

Este item tem como objetivo apresentar a rede de monitoramento hídrico qualitativo na RH-V, verificar a conformidade à Resolução ANA n° 903/2012 e analisar a qualidade da água na bacia, por meio do índice de qualidade da água (IQA), índice de conformidade (IC) e a concordância à Resolução CONAMA n° 357/2005.

Assim, para a avaliação da qualidade da água na RH-V, foram utilizados os valores brutos relativos às concentrações dos parâmetros de qualidade da água monitorados entre 2014 a 2019, disponíveis no portal do INEA (2020). Para a lagoa Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro, os dados de monitoramento foram cedidos pela SMAC, durante o mesmo período, 2014 a 2019. Para as lagoas Itaipu e Piratininga, os dados foram obtidos no portal Pro-sustentável (2020), da Prefeitura de Niterói, nos anos de 2018 e 2019.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Em cada estação de monitoramento de qualidade da água operada pelo INEA, os seguintes parâmetros são avaliados: DBO, fósforo total, nitrato, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, coliformes termotolerantes, sólidos dissolvidos e temperatura da água.

Já na rede de monitoramento da UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), operada pela SMAC, há o monitoramento contínuo no ponto central da lagoa, LRF03, realizado por meio de sonda multiparamétrica (oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, pH, turbidez e clorofila a) com obtenção de dados a cada 30 minutos e monitoramento semanal dos demais pontos (DBO – apenas nos canais e rios, oxigênio dissolvido, temperatura da água e do ar, salinidade, pH, turbidez, nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$), nitrato, fósforo total, coliformes totais e *Escherichia coli*). Nos pontos localizados na Lagoa Rodrigo de Freitas (LRF01 a LRF06) as amostras são coletadas na superfície, no meio e no fundo de cada ponto amostral, entretanto somente serão apresentados os dados relativos as amostras de água superficiais.

No estudo realizado pelo *Hydroscience* encomendado pela Prefeitura de Niterói, os parâmetros monitorados foram: oxigênio dissolvido, temperatura da água, salinidade, pH, turbidez, nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$), nitrato, fósforo total e coliformes termotolerantes. As amostras foram coletadas próximas a superfície até uma profundidade média de 1 m.

Para a avaliação da rede de monitoramento e da qualidade da água, as informações foram agrupadas de acordo com as UHPs da RH-V.

2.4.1 Aspectos legais

2.4.1.1 Resolução ANA n° 903/2013

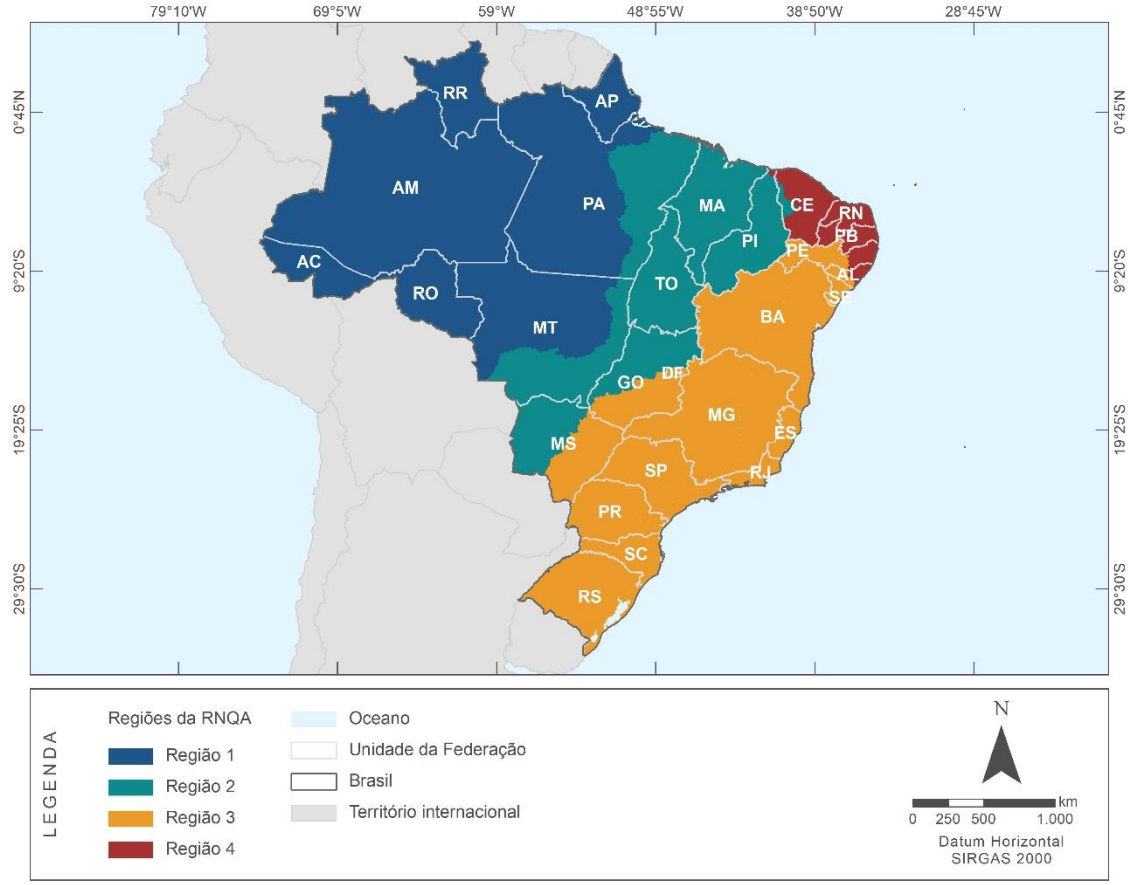
Para avaliação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais na RH-V foram verificadas as conformidades à Resolução ANA n° 903/2013, a qual cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas superficiais (RNQA) e estabelece diretrizes.

Em razão das características das Unidades da Federação, o Brasil foi dividido em quatro regiões na RNQA (Figura 2.46). Assim, de acordo com a resolução, a composição e densidade mínima de pontos de monitoramento para cada região está apresentada no Quadro 2.28. A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, a qual engloba o estado do Rio de Janeiro, é classificada como Região 3. A frequência mínima de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

monitoramento estabelecida pela resolução é semestral para a Região 1 e trimestral para as Regiões 2, 3 e 4.

FIGURA 2.46 – REGIÕES DA RESOLUÇÃO ANA N° 903/2013



Fonte: Adaptado ANA (2013).

QUADRO 2.28 – DENSIDADE E COMPOSIÇÃO MÍNIMA DE ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO BRASIL

Região	Regiões Hidrográficas	Densidade (km²/ estação de monitoramento)	Composição mínima (estação)
1	Amazônica	10.000	741
2	Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Paraguai e Tocantins-Araguaia	1.114	1.150
3	Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraná, São Francisco e Uruguai	1.000	2.153
4	Atlântico Nordeste Oriental	1.000	444

Fonte: ANA (2013).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.1.2 Resolução CONAMA n° 357/2005

Para avaliação da qualidade das águas superficiais na RH-V foram verificadas as conformidades frente às diferentes classes definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

A resolução define:

- águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰[11];
- águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰;
- águas salinas: águas com salinidade superior a 30‰;

As águas doces superficiais são classificadas segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, sendo elas:

i) Classe especial - águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em UCs de Proteção Integral.

ii) Classe 1 - águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

iii) Classe 2 - águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

[11] Apesar da salinidade ser expressa como uma unidade adimensional nos termos da PSS78 — *Practical Salinity Scale 1978* (Unidade Prática de Salinidade 1978), a Resolução CONAMA nº 357/2005 utiliza as unidades mg/L e ‰ para realizar a caracterização das águas (doce, salobra e salgada) conforme a quantidade de sais dissolvidos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

iv) Classe 3 - águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

v) Classe 4 - águas que podem ser destinadas: à navegação e à harmonia paisagística.

As águas salinas são classificadas como:

i) Classe especial - águas que podem ser destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em UCs de Proteção Integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

ii) Classe 1 - águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000, à proteção das comunidades aquáticas e à aquicultura e à atividade de pesca.

iii) Classe 2 - águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.

iv) Classe 3 - águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Já as águas salobras são assim classificadas:

i) Classe especial - águas que podem ser destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em UCs de Proteção Integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

ii) Classe 1 - águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; à proteção das comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

iii) Classe 2 - águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

iv) Classe 3 - águas que podem ser destinadas: à navegação e à harmonia paisagística.

Foram verificadas se as concentrações detectadas estão em conformidade aos limites definidos na Resolução CONAMA n° 357/2005 (Quadro 2.29, Quadro 2.30 e Quadro 2.31), calculando-se as frequências de atendimento as classes ao longo das campanhas realizadas no monitoramento considerado.

QUADRO 2.29 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA ÁGUAS DOCE ADOTADOS PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Parâmetro	Unidade	Faixa de pH	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
OD	mg/L		> 6	> 5	> 4	> 2
DBO	mg/L		< 3	< 5	< 10	> 10
Fósforo Total (Pt) – lóticos	mg/L		< 0,1	< 0,1	< 0,15	> 0,15
Fósforo Total (Pt) – lênticos			< 0,02	< 0,03	< 0,05	> 0,05
Nitrato	mg/L		< 10	< 10	< 10	> 10
Nitrogênio amoniacal (N–NH_3)	mg/L	pH ≤ 7,5	< 3,7	< 3,7	< 13,3	> 13,3
		7,5 < pH ≤ 8,0	< 2,0	< 2,0	< 5,6	> 5,6
		8,0 < pH ≤ 8,5	< 1,0	< 1,0	< 2,2	> 2,2
		pH > 8,5	< 0,5	< 0,5	< 1,0	> 1,0
Coliformes termotolerantes*	NMP/100mL		< 200	< 1000	< 2500	> 2500
Turbidez	UNT		< 40	< 100	< 100	> 100
pH	-		6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9

*O parâmetro coliformes termotolerantes não considera o uso para recreação de contato primário, o qual deve obedecer aos padrões de qualidade de balneabilidade (Resolução CONAMA n° 274/2000), sendo assim apenas considerados os demais usos.

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

QUADRO 2.30 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA ÁGUAS SALINAS ADOTADOS PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
OD	mg/L	> 6	>5	>4
Pt	mg/L	<0,062	<0,093	>0,093
Nitrato	mg/L	< 0,40	<0,70	>0,70
Nitrogênio amoniacal	mg/L	<0,40	<0,70	>0,70
Coliformes termotolerantes*	NMP/100mL	< 1000	<2500	<4000
pH	-	6 a 8,5	6 a 8,5	6 a 8,5

*O parâmetro coliformes termotolerantes não considera o uso para cultivo de moluscos bivalves destinamos a alimentação humana e para recreação de contato primário, o qual deve obedecer aos padrões de qualidade de balneabilidade (Resolução CONAMA n° 274/2000), sendo assim apenas considerados os demais usos.

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.31 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA ÁGUAS SALOBRAS ADOTADOS PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
OD	mg/L	>5	>4	>3
Pt	mg/L	<0,124	<0,186	>0,186
Nitrato	mg/L	<0,40	<0,70	>0,70
Nitrogênio amoniacal	mg/L	<0,40	<0,70	>0,70
Coliformes termotolerantes*	NMP/100mL	<1000	<2500	<4000
pH	-	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	5 a 9

*O parâmetro coliformes termotolerantes não considera o uso não considera o uso para cultivo de moluscos bivalves destinamos a alimentação humana, irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e recreação de contato primário, o qual deve obedecer os padrões de qualidade de balneabilidade (Resolução CONAMA n° 274/2000), sendo assim apenas considerados os demais usos.

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Como na RH-V não há enquadramento dos corpos hídricos, foram apresentando a cada ponto de monitoramento uma classificação final da qualidade da água de acordo com as classes de enquadramento definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (classes 1, 2, 3 e 4 ou fora de classe). O critério utilizado foi por meio das medianas calculadas em cada ponto de monitoramento, definindo-se uma classificação para cada parâmetro analisado. Para a classificação final de cada ponto, foi realizada a média simples entres os parâmetros. Foram desconsideradas as classes definidas pelos parâmetros pH e nitrato, uma vez que não apresentam variação nos limites de classificação entre as classes.

2.4.2 Aspectos conceituais

Os parâmetros de controle de qualidade de água em um corpo hídricos devem refletir seus múltiplos usos. Para essa discussão índices como o índice de qualidade da água e índice de conformidade serão aplicados para facilitar a compreensão do estado atual da bacia.

2.4.2.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

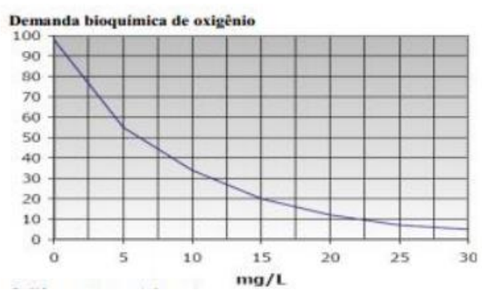
Para avaliação da qualidade das águas superficiais da RH-V, foi aplicado o Índice de Qualidade da Água (IQA) para águas doces superficiais. O IQA busca sintetizar as informações de diversos parâmetros de qualidade da água, visando informar o público leigo e orientar as ações de gestão da qualidade da água.

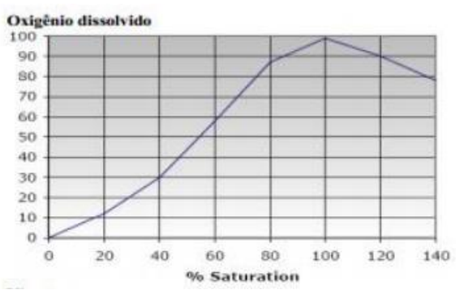
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

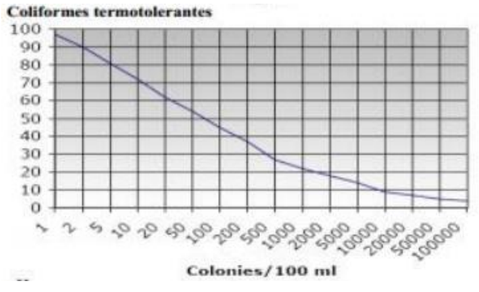
O IQA foi criado no ano de 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* (NSF), e começou a ser utilizado no Brasil em 1975. Foram selecionadas nove variáveis consideradas mais representativas em relação à qualidade de água. Para cada variável foi traçada uma curva de qualidade (Figura 2.47), a qual correlaciona sua concentração a uma nota (*qi*), pontuada de zero (a pior nota) a 100 (a melhor nota).

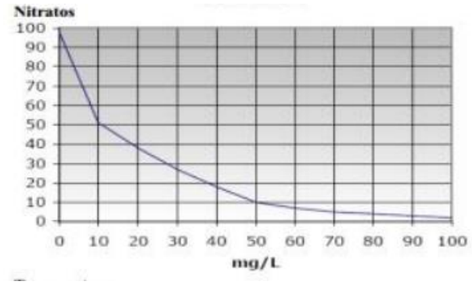
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

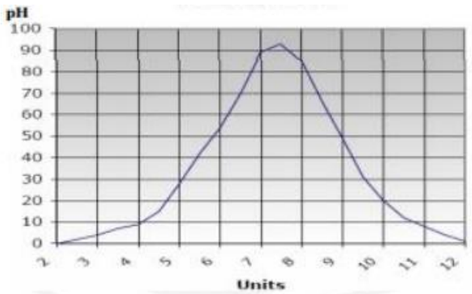
FIGURA 2.47 – CURVAS DE QUALIDADE

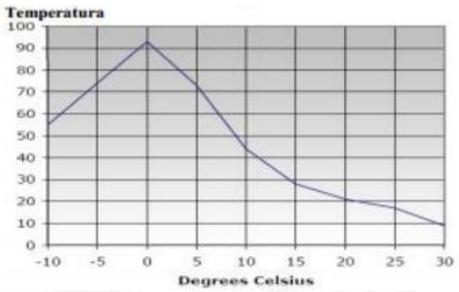


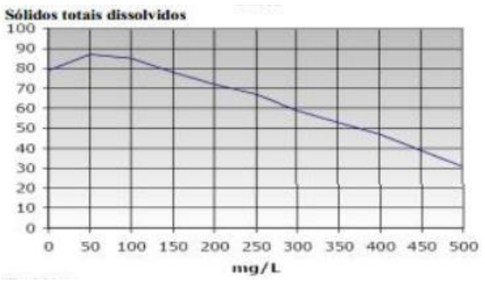


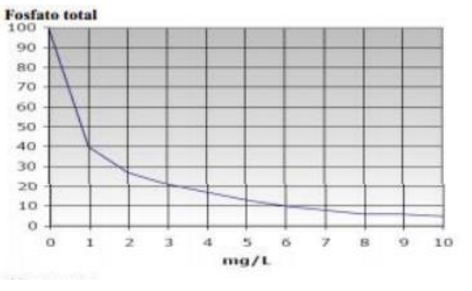


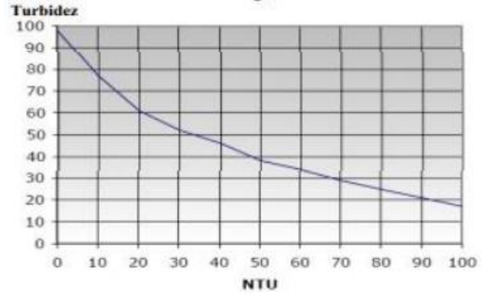












Observações

- Se a DBO for maior que 30 mgL^{-1}, o valor de q será 2.
- Se o % de sat. de O_2 for maior que 140, o valor de q será 50.
- Se a concentração de coliformes termotolerantes for superior a 100000 NMP $100mL^{-1}$, o valor de q será 2.
- Se a concentração de nitrato for maior que 100 mgL^{-1}, o valor de q será 1.
- Se o valor de pH por inferior a 2 ou superior a 12 o valor de q será 0.
- O valor de temperatura corresponde a diferença entre a temp. de um sítio de referência e a do ponto de coleta (T=Tr-Ti).
- Se a concentração de sólidos totais dissolvidos for superior a 500 mgL^{-1}, o valor de q será 20.
- Se a concentração de fosfato for superior a 10 mgL^{-1} o valor de q será 2.
- Se a turbidez da amostra for superior a 100 uT (ou NTU), o valor de q será 5.

Fonte: INEA (2019b).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Os pesos de cada parâmetro estão apresentados no Quadro 2.32. Os pesos (*wi*) retratam a importância relativa de cada parâmetro.

QUADRO 2.32 – VARIÁVEIS E PESOS DO IQA

Variáveis – IQA	Unidade de medida	Peso (*wi*)
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	0,16
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	mg/L O_2	0,11
Fósforo total (P_t)	mg/L	0,10
Nitrato (NO_3^-)	mg/L	0,10
Oxigênio dissolvido (OD)	% de Saturação	0,17
pH	-	0,11
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,07
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	UT	0,08

Fonte: INEA (2019b).

O IQA é determinado pelo produtório ponderado da qualidade das águas das nove variáveis selecionadas, elevadas ao seu respectivo peso de importância, por meio da seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro, em número entre 0 e 100, obtido pela respectiva curva média de variação de qualidade;

wi = peso correspondente ao i-esimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

A qualidade da água superficial é dividida em cinco níveis de qualidade a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA, classificados em faixas, de acordo com o Quadro 2.33.

QUADRO 2.33 – FAIXAS DE VARIAÇÃO DO IQA

Categoria de Resultados	IQA	Faixa
Excelente	100 > IQA ≥ 90	
Boa	90 > IQA ≥ 70	
Média	70 > IQA ≥ 50	
Ruim	50 > IQA ≥ 25	
Muito Ruim	25 > IQA ≥ 0	

Fonte: INEA (2019b).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.2.2 Índice de Conformidade (IC)

Para descrever as condições das águas superficiais dos Sistemas Lagunares da RH-V foi aplicado o Índice de Conformidade (IC), elaborado pelo INEA (INEA, 2019c), para os dados disponibilizados. Para isto, foram selecionados parâmetros ambientais de qualidade da água de relevância quanto ao efluentes domésticos, privilegiando-se aqueles padronizados na Resolução CONAMA n° 357/2005, considerando os sistemas lagunares como águas salobras de classe 2, sendo eles: coliformes termotolerantes (ou *Escherichia coli*), oxigênio dissolvido, fósforo total (Pt), nitrato e nitrogênio amoniacal.

O sub-índice de conformidade de um parâmetro é resultado do seu valor (*Vi*) pelo seu padrão (*Pi*) (Quadro 2.31), assim, como o Índice de Conformidade Geral para uma lagoa é a média das razões dos cinco parâmetros avaliados, como representado na seguinte equação:

$$IC = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{V_i}{P_i} \right) / n$$

Onde:

IC= Índice de Conformidade;
Vi = Valor (concentração) do parâmetro;
Pi = Padrão dos parâmetros, segundo o CONAMA 357/2005;
n= número de parâmetro (n=5)

A qualidade da água da lagoa é classificada em quatro categorias, conforme o Quadro 2.34.

QUADRO 2.34 – CATEGORIAS DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE

Categoria de resultados	IC	Faixa
Satisfatório	IC≤1	
Regular	1,0 < IC ≤ 1,5	
Ruim	1,5 < IC ≤ 2,0	
Péssimo	IC > 2,0	

Fonte: INEA (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.2.3 Conceitos de parâmetros de qualidade de água

O OD é um parâmetro fundamental para a discussão da qualidade da água, sendo vital para a preservação da vida aquática. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de OD, uma vez que o oxigênio é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2020). Normalmente águas limpas apresentam concentrações de OD mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg/L.

A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia (ANA, 2020). Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo de água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2016).

O fósforo total é um importante nutriente para os processos biológicos, porém seu excesso pode causar eutrofização das águas. Entre as fontes de fósforo em ambiente aquáticos, destacam-se os esgotos doméstico, pela presença de detergentes fosfatados e de material fecal; a drenagem pluvial de áreas agrícolas, pelo uso de fertilizantes no solo; e efluentes industriais, como os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2020).

Da série de nitrogênio, o nitrato é uma das formas oxidadas de nitrogênio presente em águas naturais. Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul) (CETESB, 2016). O nitrogênio amoniacal é um parâmetro de qualidade de água que indica contaminação por esgoto doméstico, sendo bastante tóxico a peixes, onde algumas espécies não suportam concentrações superiores a 5 mg/L (CETESB, 2016)

Os coliformes termotolerantes são bactérias que ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são utilizados como indicador de poluição por esgoto doméstico. Os coliformes termotolerantes não são patogênicos, porém sua presença pode indicar a existência de outros microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ANA, 2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A turbidez das águas apresenta predominância de valores compatíveis com a classe 1 (Figura 2.53). A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral etc. O aumento de turbidez da água pode ser ocasionado por processos erosivos das margens dos rios em estações chuvosas, lançamentos de efluentes industriais e esgotos domésticos (CETESB, 2016).

2.4.3 Avaliação da qualidade da água

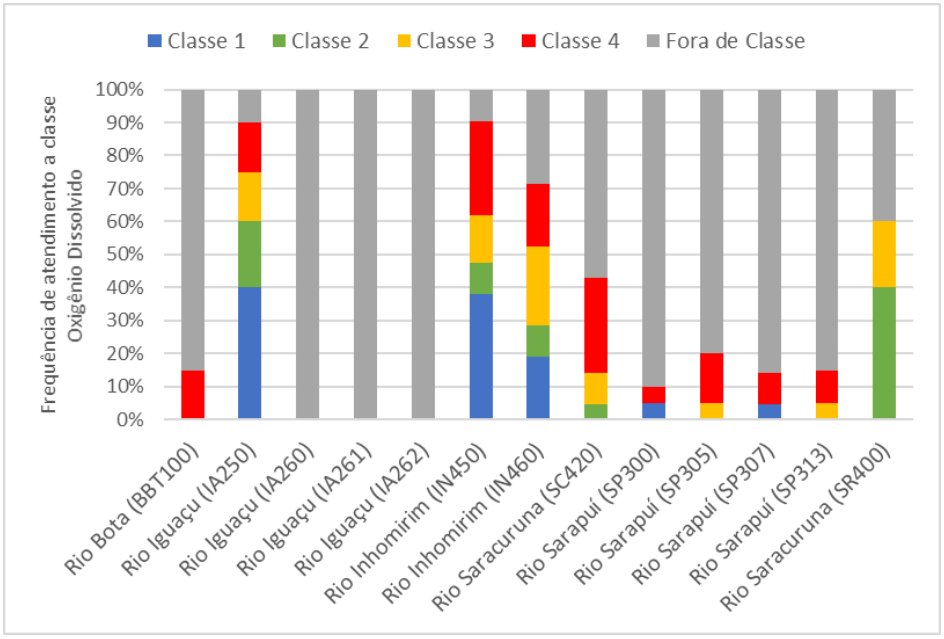
2.4.3.1 UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna)

Para avaliação dos aspectos qualitativos na UHP V-a, foram consideradas 13 estações de monitoramento distribuídas em cinco rios: Bota (BT100), Iguaçu (IA250, IA260, IA261 e IA262), Inhomirim (IN450 e IN460), Saracuruna (SC420 e SR400) e Sarapuí (SP300, SP305, SP307 e SP313). As estações são operadas pela INEA com dados apresentados no período de 2014 a 2019. As Figura 2.48 a Figura 2.53 apresentam a frequência de atendimento a classe da Resolução CONAMA n° 357/2005 dos valores de concentrações registrados de OD, DBO, fósforo total, nitrato, turbidez e coliformes termotolerantes.

Nos rios da UHP V-a, verifica-se que a maior parte das estações de monitoramento estão com valores fora de classe para o OD (Figura 2.48), ou seja, os valores detectados no monitoramento estão abaixo de 2 mg/L. As estações IN450 e IN460 no rio Inhomirim apresentam grande variação do OD ao longo das campanhas amostrais e os valores das medianas do monitoramento são compatíveis com a classe 3. Já no rio Iguaçu, o ponto IA250 também apresenta variação do OD ao longo das campanhas amostrais, com mediana compatível com a classe 2, entretanto nos demais pontos amostrais do rio (IA260, IA261 e IA262) todas as amostras analisadas estão abaixo de 2 mg/L (fora de classe).

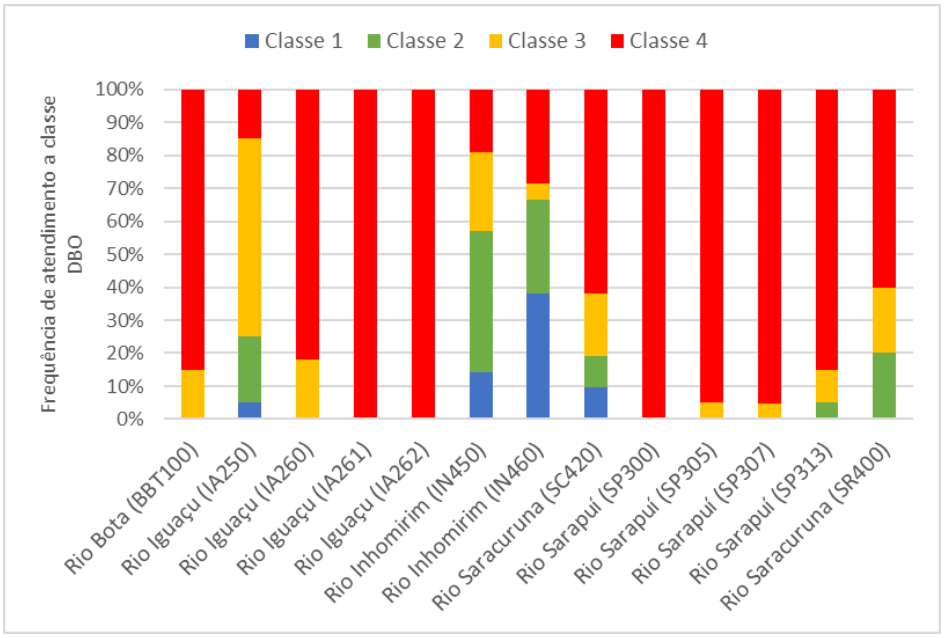
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.48 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)



A Figura 2.49 apresenta a frequência de atendimento de classe na UHP V-a em relação às concentrações detectadas de DBO. Verifica-se que de forma geral a classe predominante nas estações de monitoramento é a classe 4. Na estação de monitoramento IA250 a classe predominante é a classe 3. Já no rio Inhomirim, nas estações IN450 e IN460, há variação nos valores detectados, e as classes das medianas são classe 3 e classe 2, respectivamente.

FIGURA 2.49 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO À DBO – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Em relação ao fósforo total, nos rios monitorados da UHP V-a, as estações apresentam-se predominantemente compatíveis com a classe 4 (Figura 2.50). Já para o nitrato (Figura 2.51) verifica-se predomínio da classe 1. Cabe destacar que o nitrato não apresenta variação nos limites de classificação entre as classes, assim definiu-se a classe mais restritiva como a predominante.

FIGURA 2.50 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)

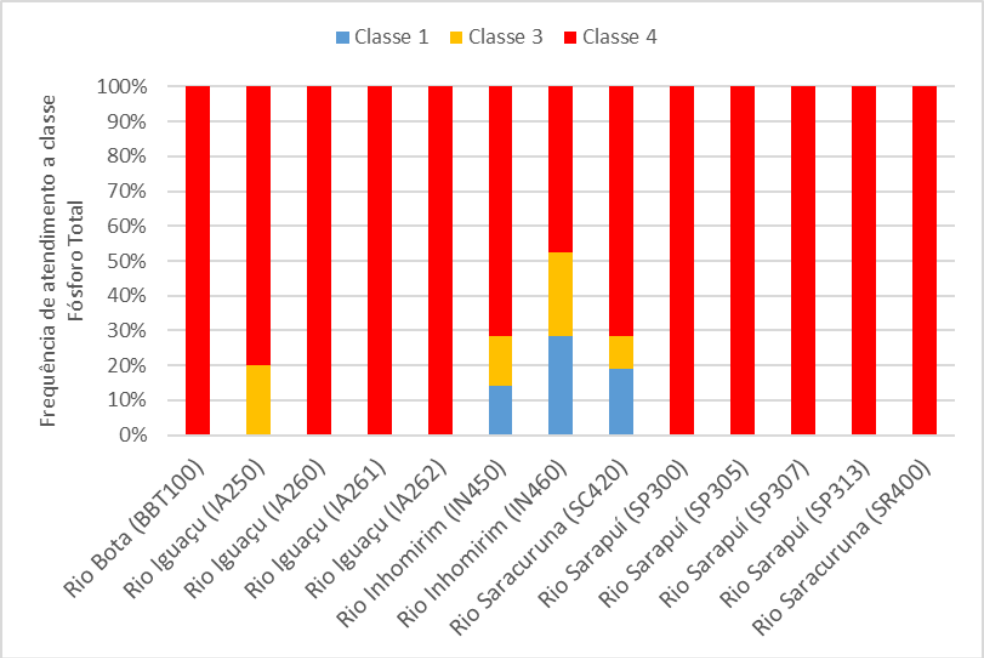
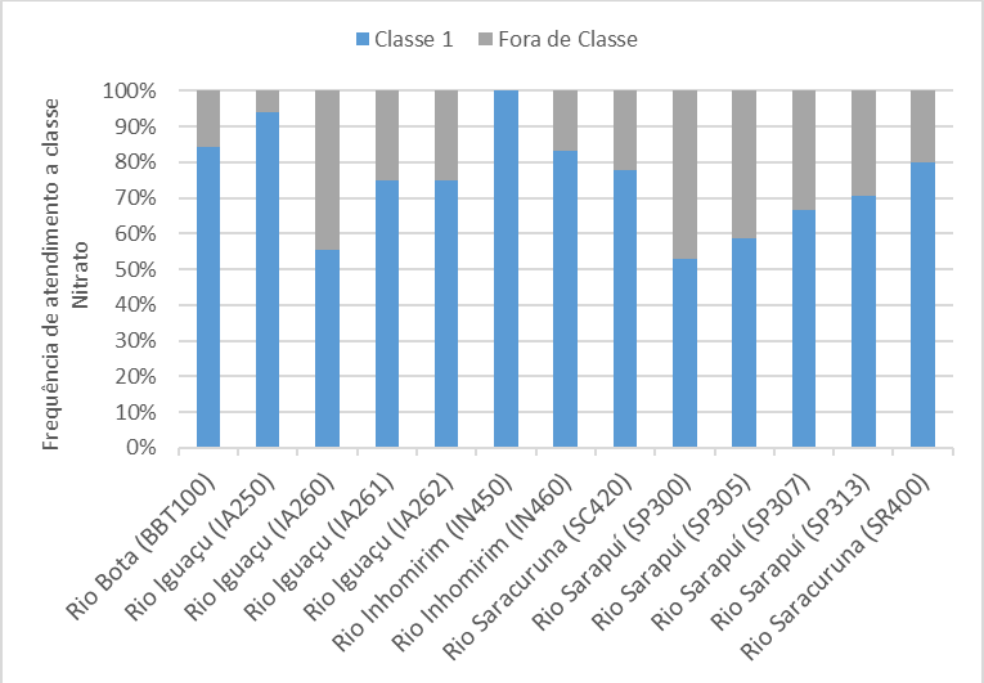


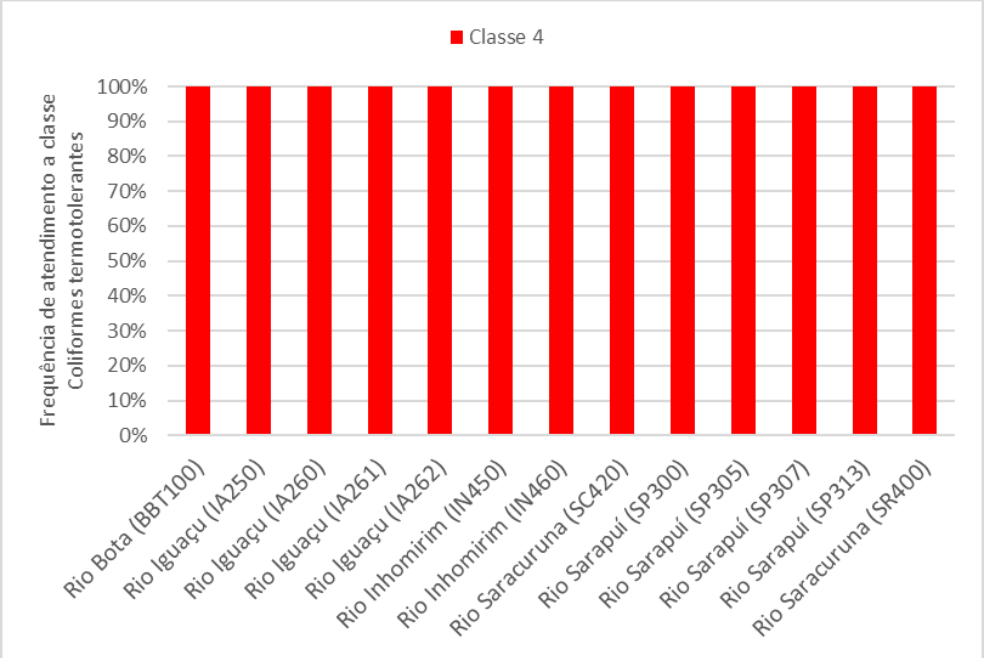
FIGURA 2.51 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.52 apresenta as frequências de atendimento de classes dos pontos monitorados nos rios da UHP V-a. Verifica-se que todas as análises desse parâmetro apresentaram valores superiores a 2500 NMP/100 mL, ou seja, valores compatíveis com a classe 4 de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.

FIGURA 2.52 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)

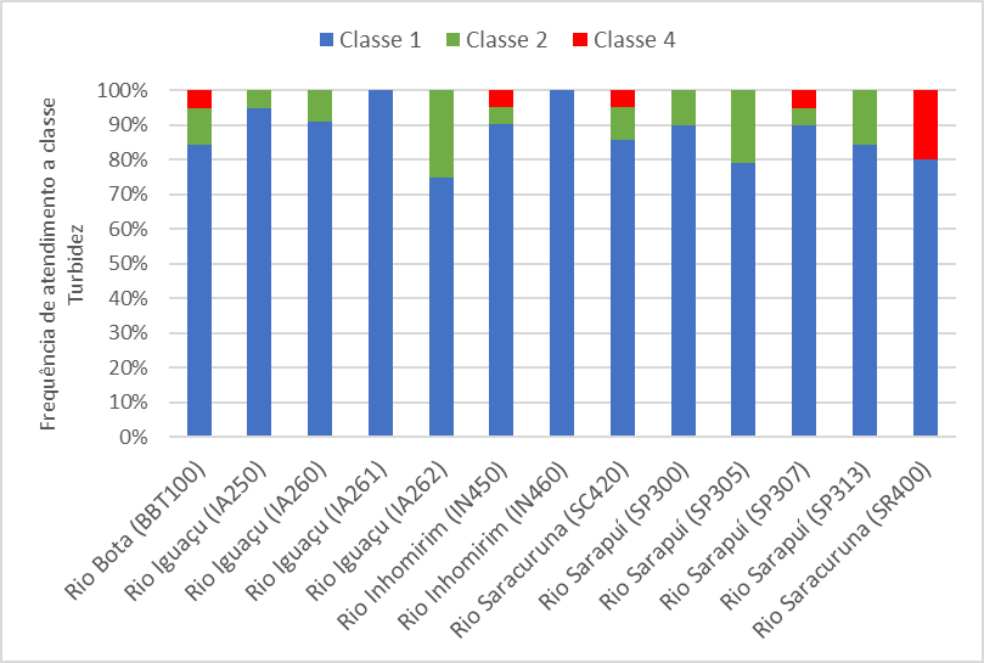


A turbidez das águas apresenta predominância de valores compatíveis com a classe 1 (Figura 2.53). Entretanto, cabe destacar que os valores considerados pela norma (T < 40 NTU) como definição para classe 1 em corpos hídricos é muito esparso. Assim, o parâmetro turbidez analisado isoladamente, em comparação aos outros parâmetros disponíveis, não é o adequado para a análise da qualidade da água.

O parâmetro pH também foi analisado nas estações de monitoramento. Em todos os pontos amostrados, o pH está dentro dos valores definidos pela legislação (entre 6 e 9).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.53 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A TURBIDEZ – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)



Em cada estação de monitoramento, definiu-se uma classificação para cada parâmetro por meio da medianas dos valores detectados, de acordo com as classes estabelecidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Adotando uma média simples das classificações individuais dos parâmetros, foi definida uma classificação final para cada ponto de monitoramento, apresentada no Quadro 2.35. Destaca-se que não foram considerados os parâmetros pH e nitrato, uma vez que não apresentam variação nos limites de classificação entre as classes. Assim, verifica-se que a classe predominante é a classe 3 para os pontos do rio Inhomirim (IN450 e IN460) e rio Iguaçu (IA250), e classe 4 para os demais pontos de monitoramento.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.35 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-A, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio Bota	BT100	Fora de classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
Rio Iguaçu	IA250	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe3
	IA260	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
	IA261	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
	IA262	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
Rio Inhomirim	IN450	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe3
	IN460	Classe 3	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe1	Classe3
Rio Saracuruna	SC420	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
	SR400	Classe 3	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
Rio Sarapuí	SP300	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
	SP305	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
	SP307	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4
	SP313	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe4

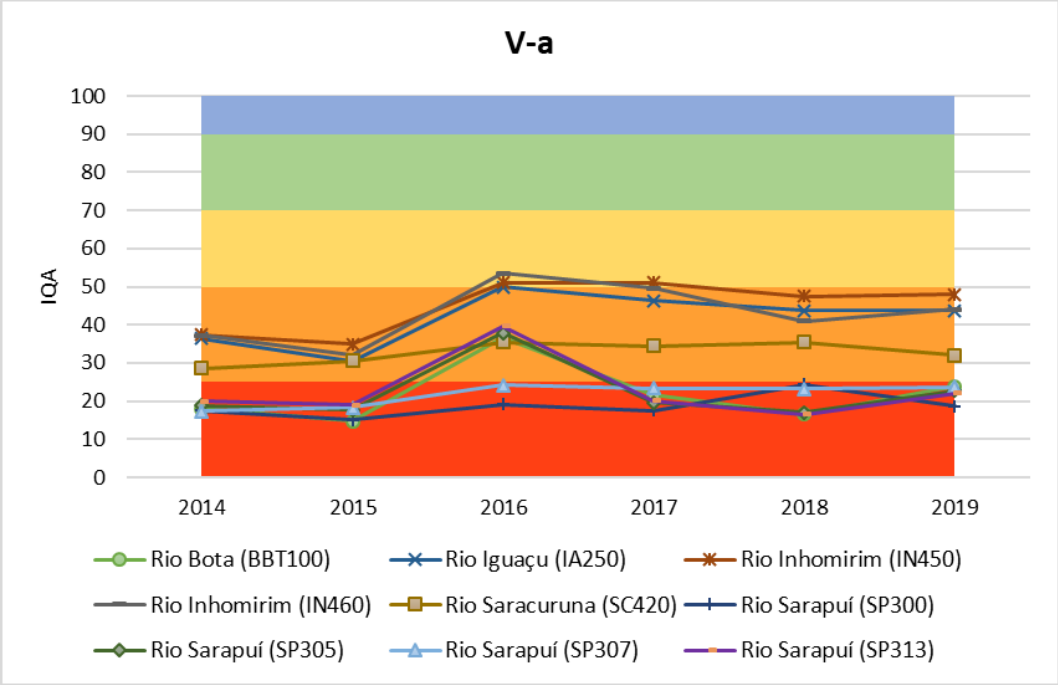
Para demostrar de forma objetiva e de fácil interpretação os dados de qualidade da água, o INEA publica relatórios e boletins baseados no IQA, para cada região hidrográfica do estado do Rio de Janeiro. A Figura 2.54 apresenta a evolução do IQA médio anual nos pontos de monitoramento da UHP V-a.

Pode-se observar que não ocorrem grandes variações do índice ao longo dos anos. O rio Sarapuí, em seus quatro pontos de monitoramento (SP300, SP305, SP307 e SP313) e o rio Bota (BBT100) apresentam predomínio de valores de qualidade da água “muito ruim”. Já os rios Iguaçu, Inhomirim e Saracacuí são classificados como “ruim”.

Cabe destacar que os pontos de monitoramento IA260, IA261, IA262 e SR400 não foram apresentados na Figura 2.54, pois tiveram sua última coleta registrada em 2014.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.54 – IQA MÉDIOS ANUAIS – UHP V-A (RIOS IGUAÇU E SARACURUNA)



2.4.3.2 UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi)

Para avaliação da qualidade da água na UHP V-b, foram consideradas 12 estações de monitoramento em dez rios: rio do Anil (AN040), rio Cachoeira (CC000), rio Camorim (CM220), arroio Fundo (FN090), rio Guerenguê (GN400), rio Grande (GR140 e GR144), rio do Marinho (MN240), rio Pavuninha (PN480), arroio Pavuna (PV180) e rio Retiro (RT020). As estações são operadas pelo INEA e os dados apresentados são de 2014 a 2019.

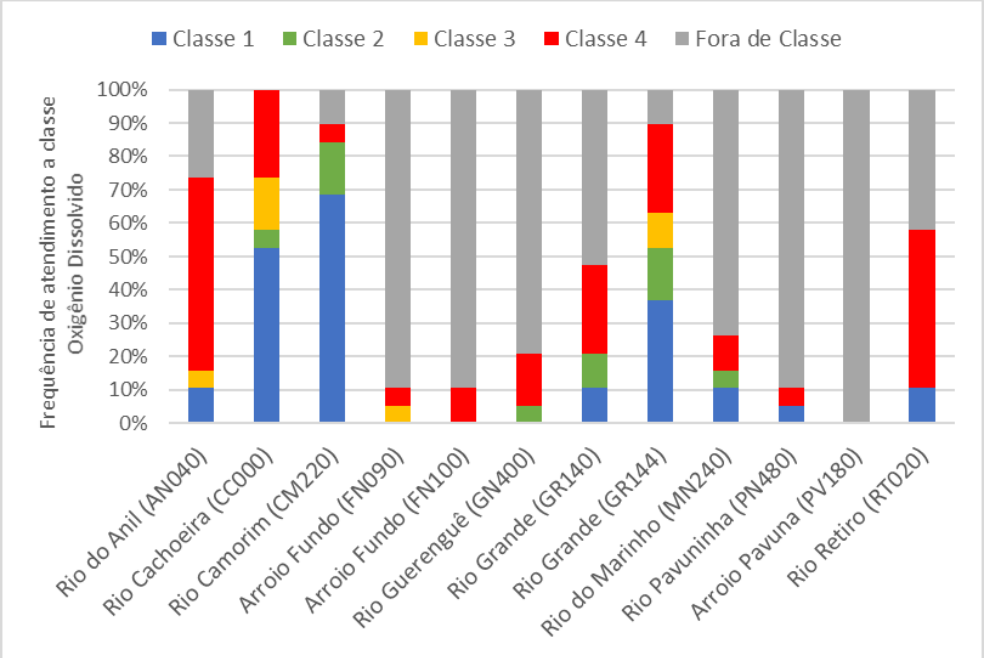
Para as lagoas, há estações de monitoramento na lagoa Camorim, lagoa de Jacarepaguá, lagoa de Marapendi e lagoa da Tijuca. Os valores considerados para análise representam a média dos pontos de monitoramento de cada lagoa, com exceção das lagoas de Camorim e Jacarepaguá, que possuem somente um ponto de monitoramento. As estações são operadas pelo INEA e os dados apresentado são de 2014 a 2019.

Iniciando com os dados dos rios da UHP V-b, a Figura 2.55 apresenta a frequência de atendimento a classe quanto as concentrações de OD frente a Resolução CONAMA n° 357/2005. Observa-se que a maior parte das estações de monitoramento estão com predominância de valores fora de classe (abaixo de 2 mg/L), exceto as estações AN040, CC000, CM220, GR144 e RT020. As estações localizadas no rio Anil (AN040) e Retiro (RT020) apresentam predominância de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

concentrações de OD pertencentes à classe 4. Já os rios Cachoeira (CC000), Camorim (CM220) e Grande (GR144) apresentam predominância de valores compatíveis com a classe 1, porém em diversas campanhas amostrais os valores de OD encontraram-se na faixa de 2 a 4 mg/L (classe 4).

FIGURA 2.55 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)



Para a DBO, a frequência de atendimento a classe está apresentada na Figura 2.56. Neste caso, verifica-se a predominância de classe 4 para todos os pontos monitorados. O mesmo acontece com os valores de fósforo total (Figura 2.57) e coliformes termotolerantes (Figura 2.58).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.56 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A DBO – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)

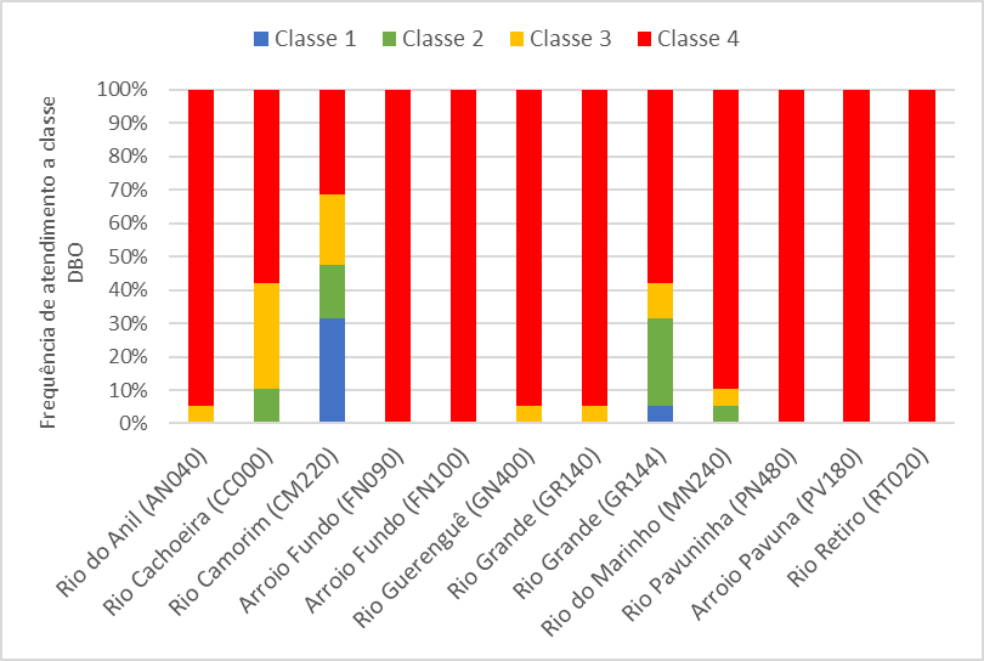
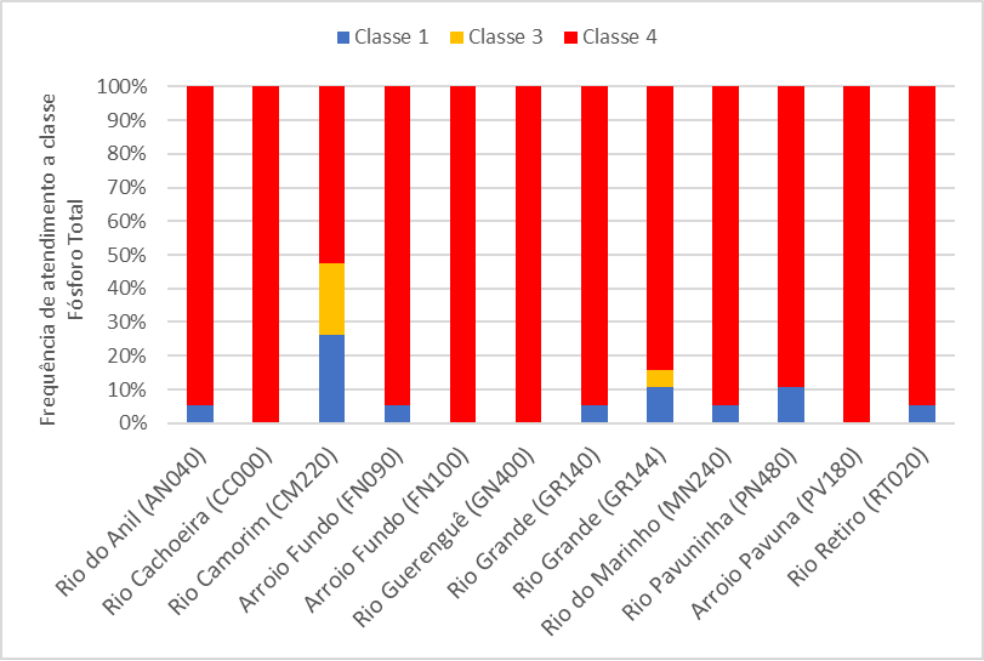
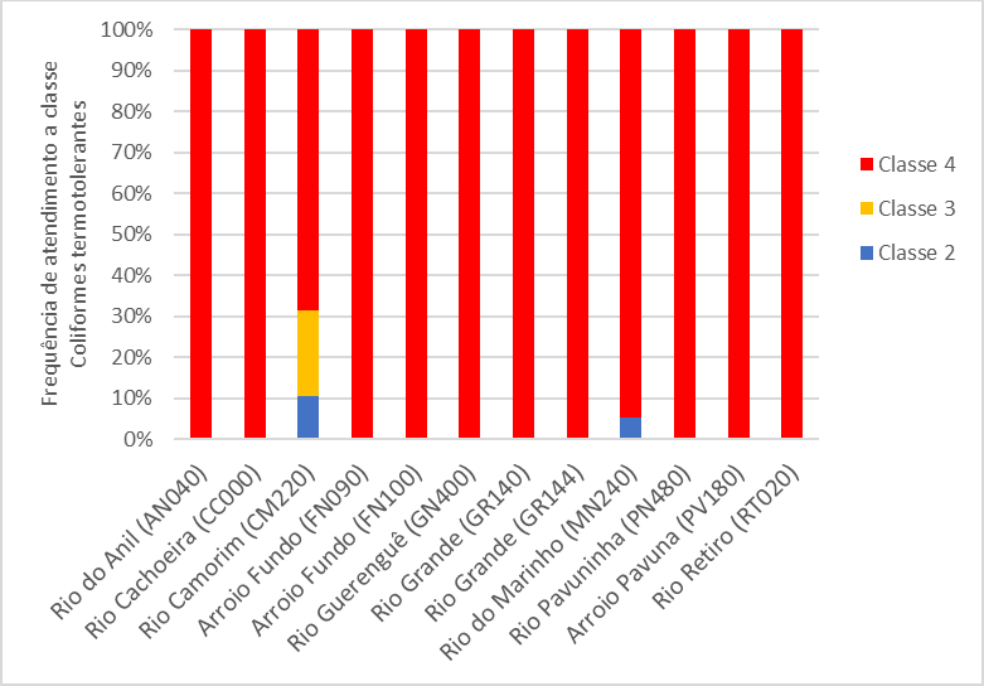


FIGURA 2.57 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.58 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)



Em relação à frequência de atendimento a classe do parâmetro nitrato (Figura 2.59) dos pontos de monitoramento, verifica-se predomínio da classe 1, exceto para os pontos FN090, MN240 e PN480 que apresentam também valores detectados fora de classe (cerca de 50% das amostras). Cabe destacar que o nitrato não apresenta variação nos limites de classificação entre as classes, assim definiu-se a classe mais restritiva como a predominante.

A Figura 2.60 apresenta as frequências de atendimento a classe relativos à turbidez nos pontos de monitoramento da UHP V-b. A predominância é de valores classificados como classe 1, exceto para o rio do Marinho (MN240), que os valores variaram entre classe 1 e classe 2.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.59 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)

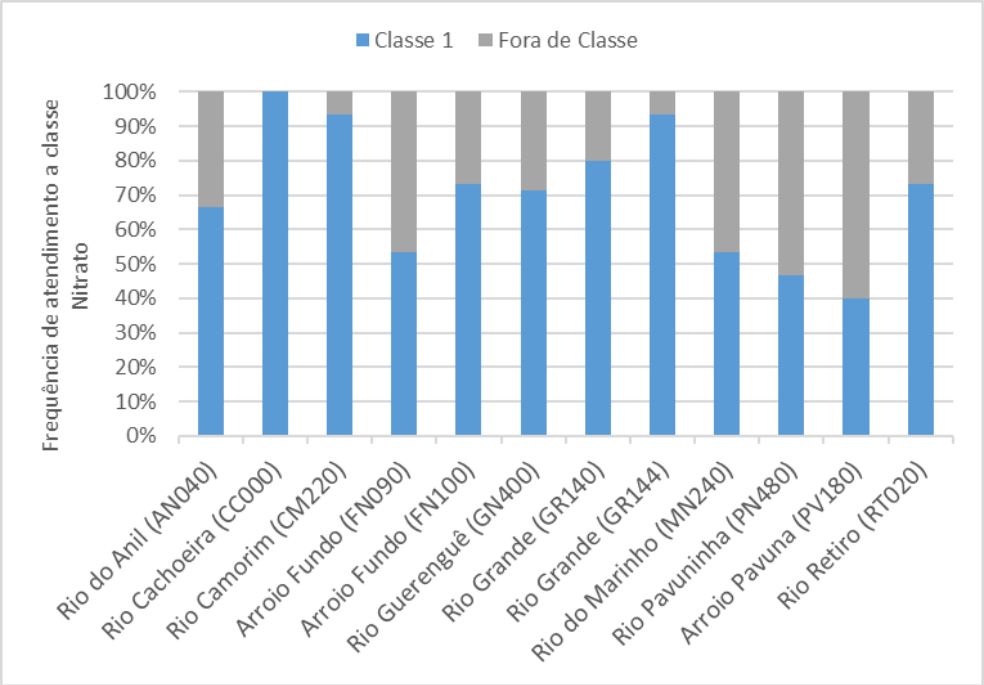
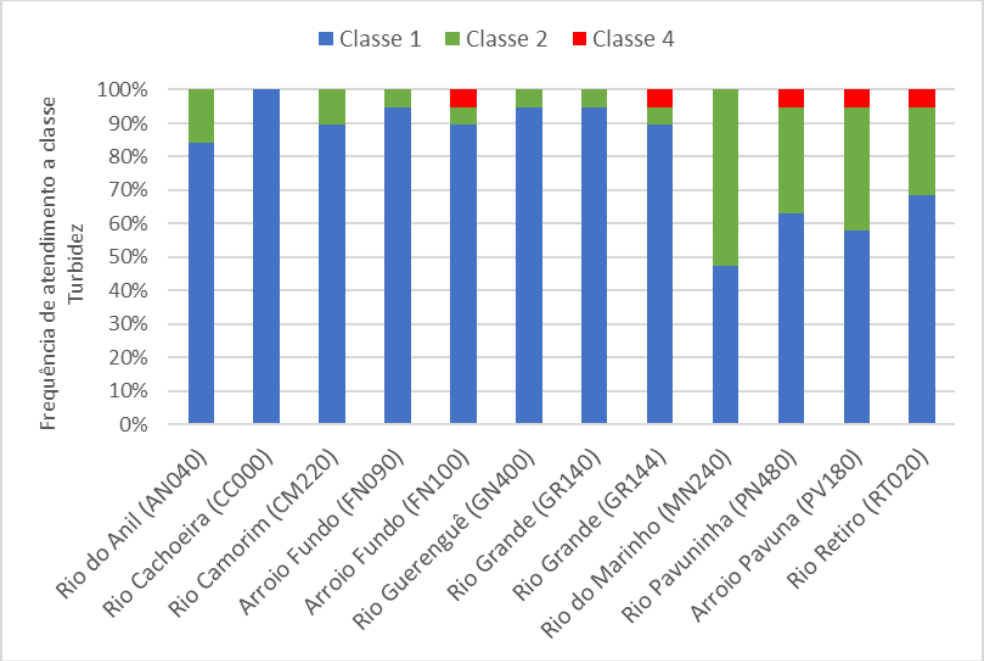


FIGURA 2.60 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO À TURBIDEZ – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O parâmetro pH também foi analisado nas estações de monitoramento. Em todos os pontos amostrados o pH está dentro dos valores definidos pela legislação (entre 6 e 9).

Nos pontos de monitoramento das lagoas da Tijuca, Marapendi, Camorim e Jacarepaguá foram verificadas a frequência de atendimento a classe para água salobras quanto ao OD, fósforo total, coliformes termotolerantes, nitrato e nitrogênio amoniacal (Figura 2.79). Verifica-se que há a predominância de classe 3 para o nitrogênio amoniacal e fósforo total e fora de classe para o parâmetro coliformes termotolerantes.

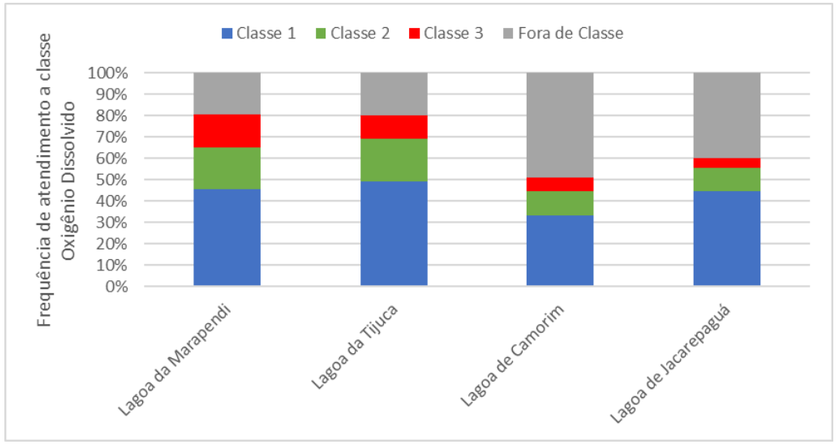
Em relação ao OD, os resultados são bastante heterogêneos no período analisado, podendo ter interferência da pluviosidade e recirculação da água nas lagoas. A lagoa Camorim no período monitorado apresentou ~50% das amostras com baixos valores de OD (< 3 mg/L), predominando valores considerados como fora de classe. A lagoa de Jacarepaguá teve 40% de suas amostras consideradas fora de classe, entretanto 40% das amostras apresentaram concentrações superiores a 5 mg/L (classe 1). Já as lagoas de Marapendi e Tijuca tiveram predominância de valores relativos à classe 1 (46% e 48%, respectivamente).

Os valores detectados para o parâmetro Nitrato são considerados baixos (< 0,40 mg/L), exceto para algumas coletas pontuais que os valores detectados excederam 0,70 mg/L de nitrato, sendo classificados como classe 3.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

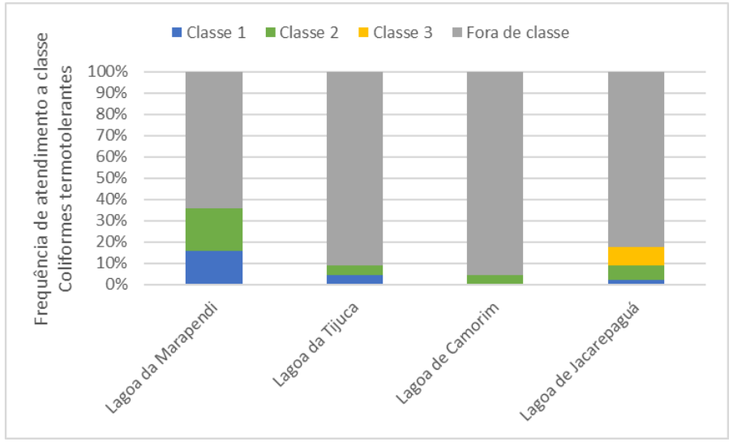
FIGURA 2.61 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO A CLASSE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO, FÓSFORO TOTAL, COLIFORMES TEMOTOLERANTES, NITRATO E NITROGÊNIO AMONIACAL DAS LAGOAS DA TIJUCA, MARAPENDI, CAMORIM E JACAREPAGUÁ NA UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)

Oxigênio dissolvido

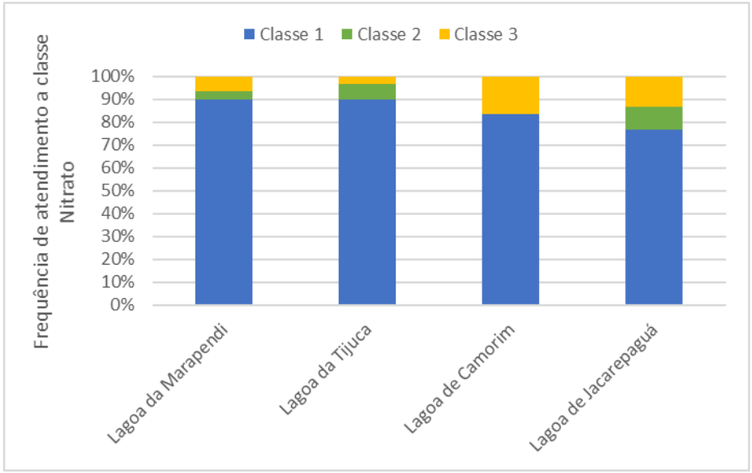


Fósforo total

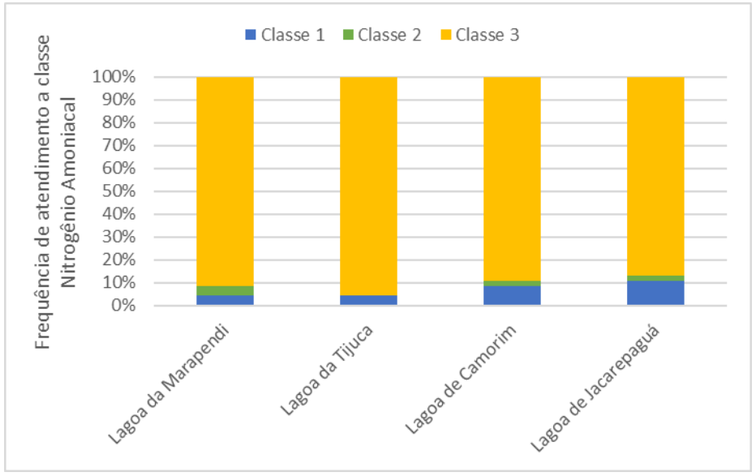
E. Coli



Nitrato



Nitrogênio amoniacal



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A classificação das medianas para cada parâmetro avaliado, juntamente com a classificação final dos corpos hídricos monitorados na UHP V-b, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, podem ser observadas no Quadro 2.36 (rios) e Quadro 2.37 (lagoas). Pelos dados analisados os rios são classificados predominantemente como classe 4. O rio Cachoeira, no ponto CC000, e o rio Grande, no ponto GR144, são classificados como classe 3 e o rio Camorim (ponto CM220), classe 2. Em relação à lagoa, todos os pontos de monitoramento são classificados como classe 3 de águas salobras.

QUADRO 2.36 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-B, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio do Anil	AN040	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Cachoeira	CC000	Classe 1	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 3
Rio Camorim	CM220	Classe 1	Classe 2	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 2
Arroio Fundo	FN090	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
	FN100	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Guerenguê	GN400	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Grande	GR140	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
	GR144	Classe 2	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 3
Rio do Marinho	MN240	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Pavuninha	PN480	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Arroio Pavuna	PV180	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Retiro	RT020	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4

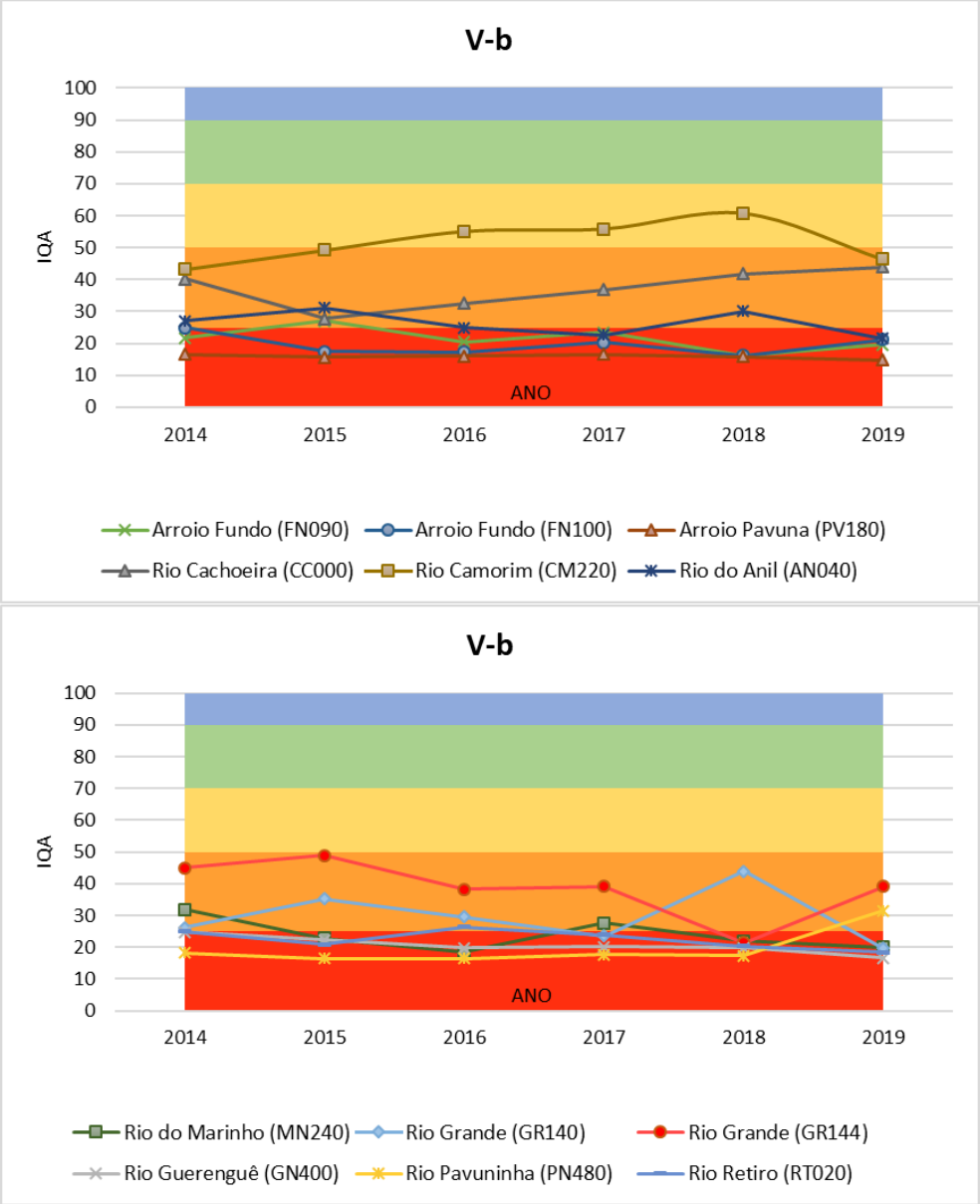
QUADRO 2.37 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-B, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N°357/2005

Corpo hídrico	OD	Pt	Coliformes	Nitrato	NH3+	Média
Lagoa da Marapendi	Classe 2	Classe 3	Fora de Classe	Classe 1	Classe 3	Classe 3
Lagoa de Jacarepaguá	Classe 2	Classe 3	Fora de Classe	Classe 1	Classe 3	Classe 3
Lagoa de Camorim	Classe 3	Classe 3	Fora de Classe	Classe 1	Classe 3	Classe 3
Lagoa da Tijuca	Classe 2	Classe 3	Fora de Classe	Classe 1	Classe 3	Classe 3

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.62 apresenta os valores de IQA médios anuais da UHP V-b. Os pontos FN090 (arroio Fundo), FN100 (arroio Fundo), AN040 (rio do Anil), MN240 (rio do Marinho), GN400 (rio Guerenguê), PV480 (Rio Pavuninha), PV180 (arroio Pavuna) e RT020 (rio Retiro) apresentam predominância de valores na faixa de água “muito ruim”. Os pontos CC000 (rio Cachoeira), GR140 e GR144 (Rio Grande) apresentam faixas predominante como “ruim”. Já o ponto CM220 no rio Camorim apresentava-se na faixa de “ruim” em 2014 e 2015, mas entre 2016 a 2018 a qualidade do rio melhorou permanecendo na faixa de qualidade “média” e em 2019 voltou a faixa “ruim”.

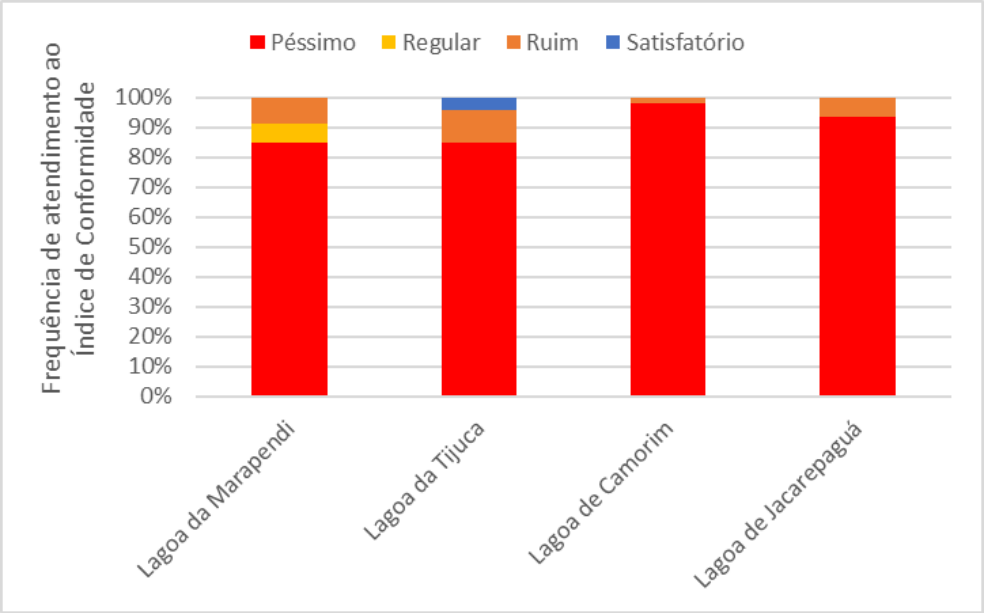
FIGURA 2.62 – IQA MÉDIOS ANUAIS – UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.63 apresenta a frequência de resultados do índice de conformidade (IC). Verifica-se que cerca de 86% das coletas realizadas nas lagoas da UHP V-b apresentam-se em péssima conformidade.

FIGURA 2.63 - FREQUÊNCIA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE PARA SISTEMAS LAGUNARES, UHP V-B (LAGOA DE JACAREPAGUÁ E MARAPENDI)



2.4.3.3 UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão)

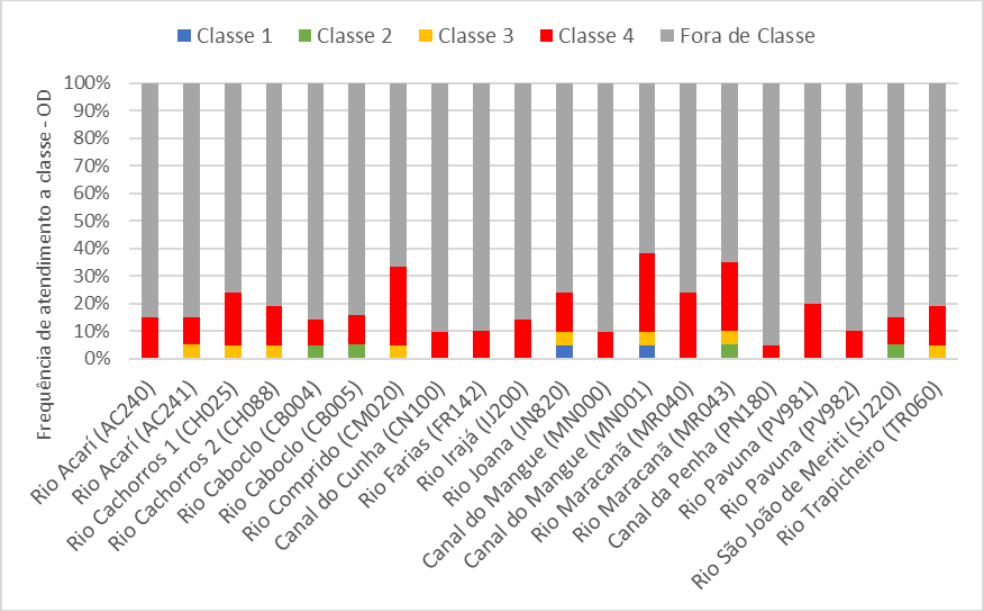
Para avaliação dos aspectos qualitativos na UHP V-c1, foram consideradas 20 estações de monitoramento distribuídas em 15 corpos hídricos: rio Acarí (AC240 e AC241), rio Cabloco (CB004 e CB005), rio dos Cachorros I (CH025), rio dos Cachorros II (CH088), rio Comprido (CM020), canal do Cunha (CN100), rio Farias (FR142), rio Irajá (IJ200), rio Joana(JN820), canal do Mangue (MN000), rio Maracanã (MR040 e MR043), canal da Penha (PN180), rio Pavuna (PV981 e PV982), rio São João de Meriti (SJ220) e rio Trapicheiro (TR060). As estações são operadas pelo INEA com dados apresentados no período de 2014 a 2019. As Figura 2.64 a Figura 2.67 apresentam a frequência de atendimento a classe da Resolução CONAMA n° 357/2005 dos valores de concentrações registrados de OD, DBO, fósforo total, nitrato, turbidez e coliformes termotolerantes.

A Figura 2.64 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao OD. Verifica-se que em todos os pontos de monitoramento as concentrações de OD estão

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

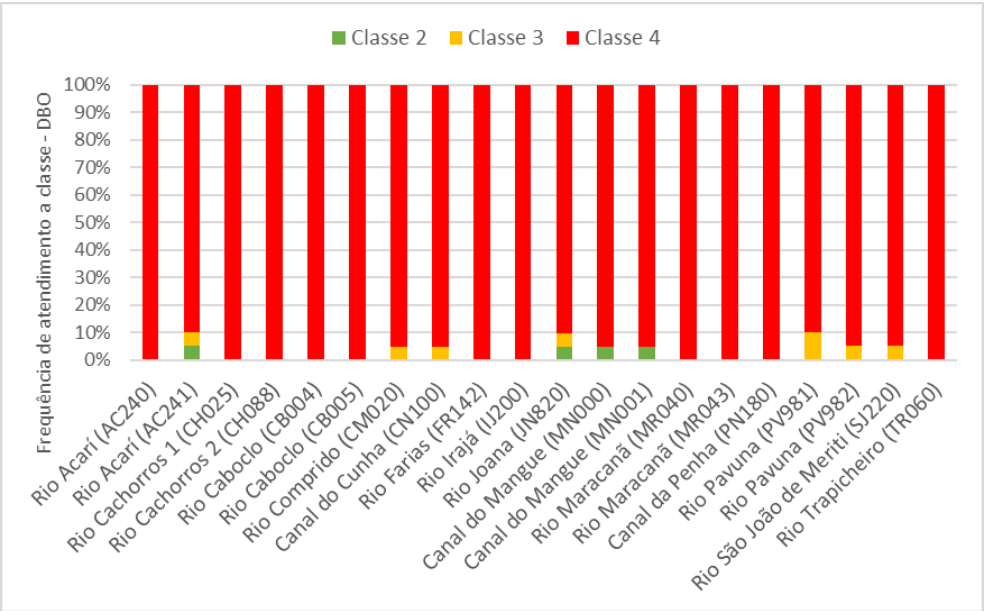
predominantemente abaixo de 2 mg/L, caracterizando fora de classe segundo a resolução.

FIGURA 2.64 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)



Na Figura 2.65 está apresentada a frequência de atendimento a classe quanto a DBO. Observa-se a predominância da classe 4 nos pontos monitorados na UHP V-c1, ou seja, os rios em questão recebem altas cargas de matéria orgânica.

FIGURA 2.65 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A DBO – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.66 apresenta a frequência de atendimento de classe quanto ao fósforo total. Todas as amostras de todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de fósforo total superior a 0,15 mg/L, sendo assim, apontando a predominância de dados compatíveis com a classe 4. A mesma predominância ocorre com os dados relativos aos coliformes termotolerantes detectados no período amostral (Figura 2.67).

FIGURA 2.66 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)

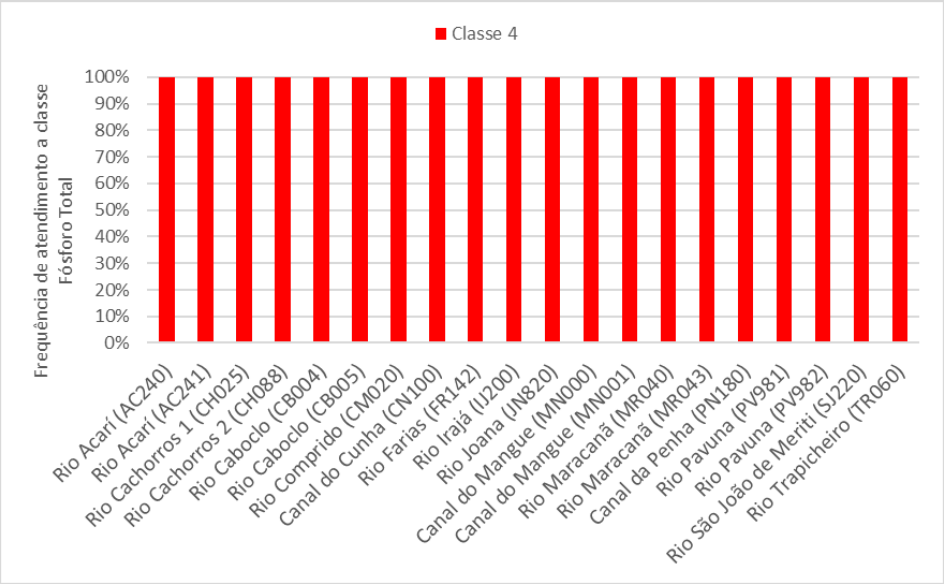
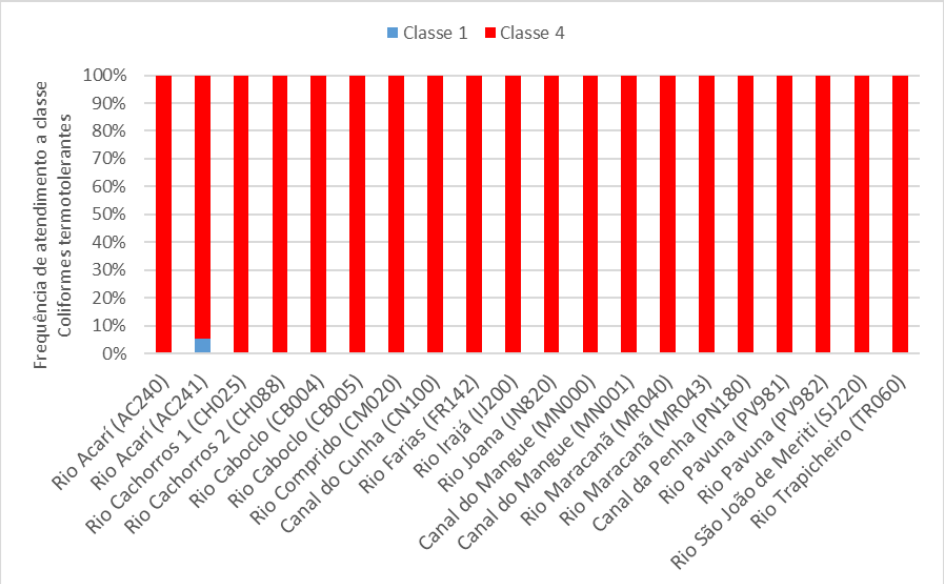


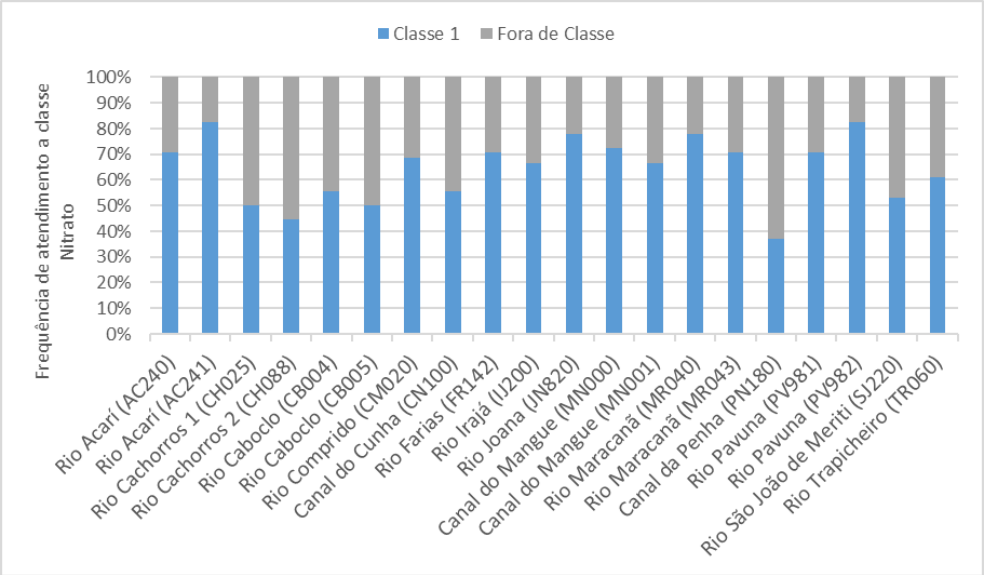
FIGURA 2.67 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.68 apresenta a frequência de atendimento a classe relativa às concentrações de nitrato detectadas ao longo das campanhas amostrais. Observa-se a predominância de classe 1, exceto para os pontos CH025 e PN180 que apresenta a predominância de dados fora de classe. Cabe ressaltar que para o parâmetro nitrato considerou-se a classe mais restritiva como predominante, uma vez que não há variação nos limites de classificação entre as classes.

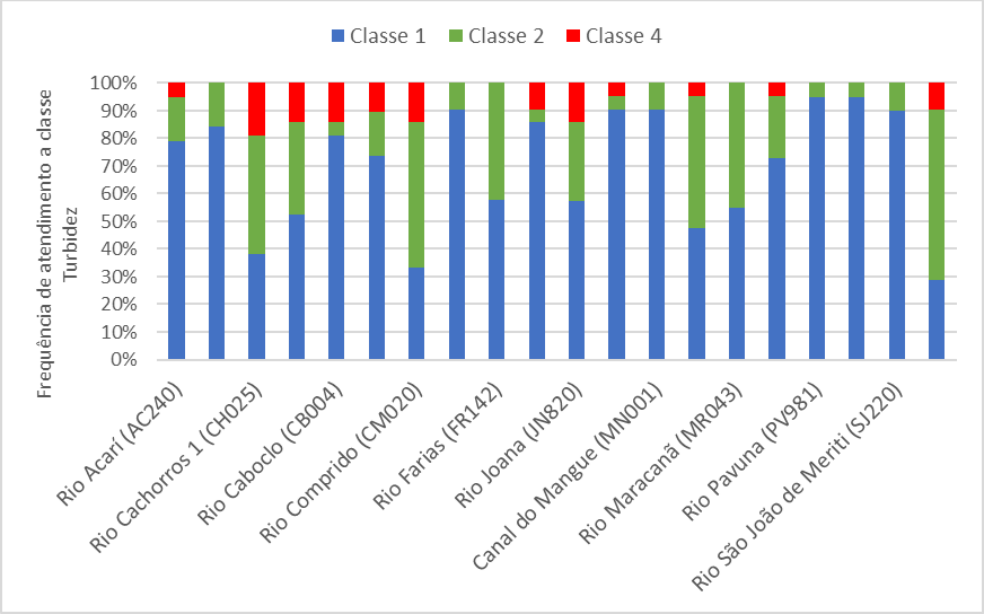
FIGURA 2.68 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)



A Figura 2.69 apresenta as frequências de atendimento de classe quanto à turbidez na UHP V-c1 frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. Diferente dos outros parâmetros, a turbidez apresenta maior variação no atendimento às classes. A maioria dos dados amostrados apresenta valores correspondente a classe 1, porém em alguns pontos observa-se uma frequência significativa de valores correspondentes a classe 2, como pode ser observado no ponto de monitoramento do rio do Marinho (MN240), rio Pavuninha (PN480) e arroio Pavuna (PV180).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.69 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A TURBIDEZ – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)



O parâmetro pH também foi analisado nas estações de monitoramento. Em todos os pontos amostrados o pH está dentro dos valores definidos pela legislação (entre 6 e 9).

A classificação de cada parâmetro e a classificação final de cada ponto de monitoramento na UHP V-c1 podem ser observadas no Quadro 2.38. Nessa UHP, os dados apresentados no monitoramento apresentaram uma grande fragilidade em relação à qualidade da água, o que reflete na classificação dos pontos de monitoramento, todos classe 4.

QUADRO 2.38 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-C1, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

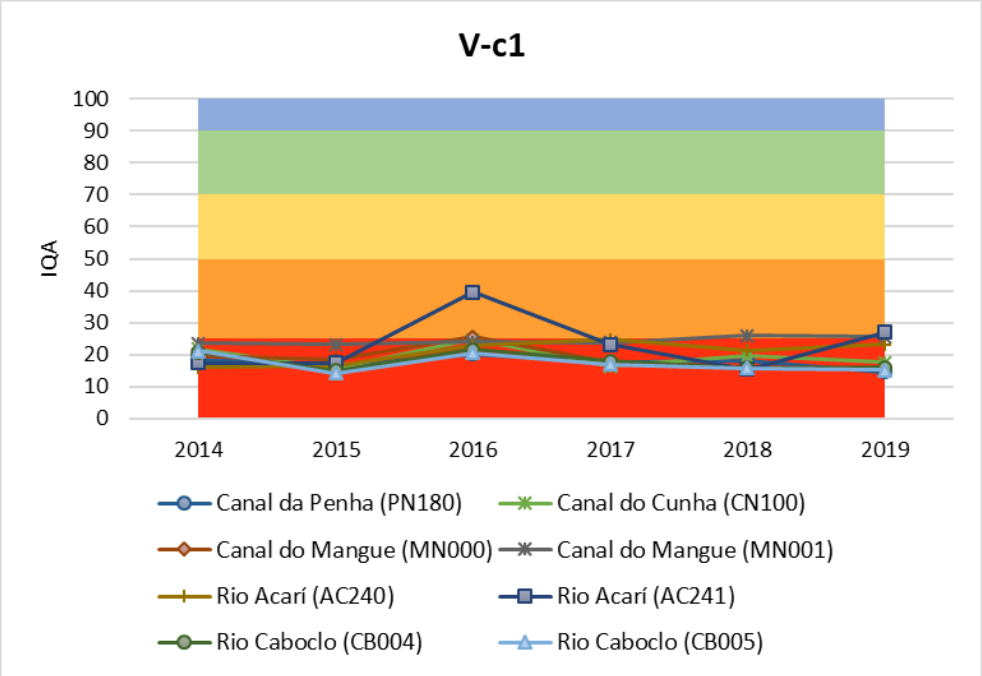
Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio Acarí	AC240	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	AC241	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Caboblo	CB004	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	CB005	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio dos Cachorros I	CH025	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 2	Classe 4
Rio dos Cachorros II	CH088	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Comprido	CM020	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 2	Classe 4

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

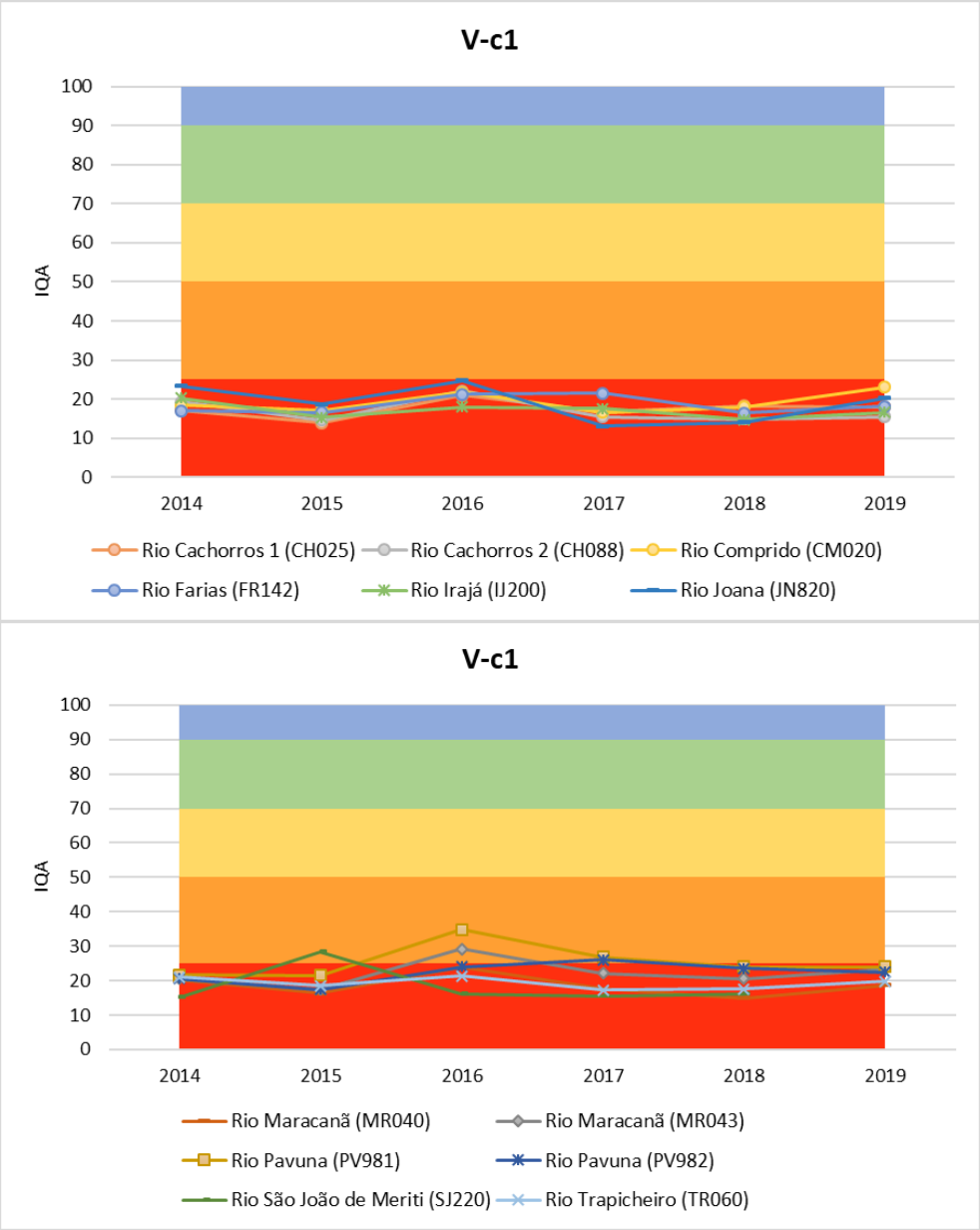
Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Canal do Cunha	CN100	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Farias	FR142	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Irajá	IJ200	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Joana	JN820	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Canal do Mangue	MN000	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	MN001	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Maracanã	MR040	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 2	Classe 4
	MR043	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Canal da Penha	PN180	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Pavuna	PV981	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	PV982	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio São João de Meriti	SJ220	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Trapicheiro	TR060	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 2	Classe 4

O estado de degradação também pode ser observado nos índices de qualidade de água (IQA) da região (Figura 2.70). Verifica-se que predominantemente todos os rios encontram-se na faixa de qualidade de “muito ruim”.

FIGURA 2.70 – IQA MÉDIO ANUAIS – UHP V-C1 (RIOS PAVUNA-MERITI, FARIA-TIMBÓ E MARACANÃ, ILHA DO GOVERNADOR E ILHA DO FUNDÃO)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67



Na UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) um rio não contemplado pela rede monitoramento de qualidade de água do INEA, mas que merece atenção por seu contexto histórico, é o rio Carioca. O rio Carioca é o primeiro curso de água do Brasil a se tornar Patrimônio cultural e foi a primeira fonte de suprimento de água para o Rio de Janeiro e, assim, o motivo da primeira ação brasileira de sustentabilidade ambiental, no século XIX.

O tombamento ocorreu em 2018 e foi uma das bandeiras do movimento da sociedade civil denominado “rio do Rio”, criado para mobilizar a cidade do Rio de Janeiro para recuperação do rio Carioca e resgatar sua história e importância. O rio

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

nasce na região das Paineiras, na serra Carioca, no Parque Nacional da Tijuca e corta, em trechos subterrâneos e enterrado, os bairros do Cosme Velho, Laranjeiras e Catete, até desaguar na praia do Flamengo (SOS MATA ATLÂNTICA, 2020a).

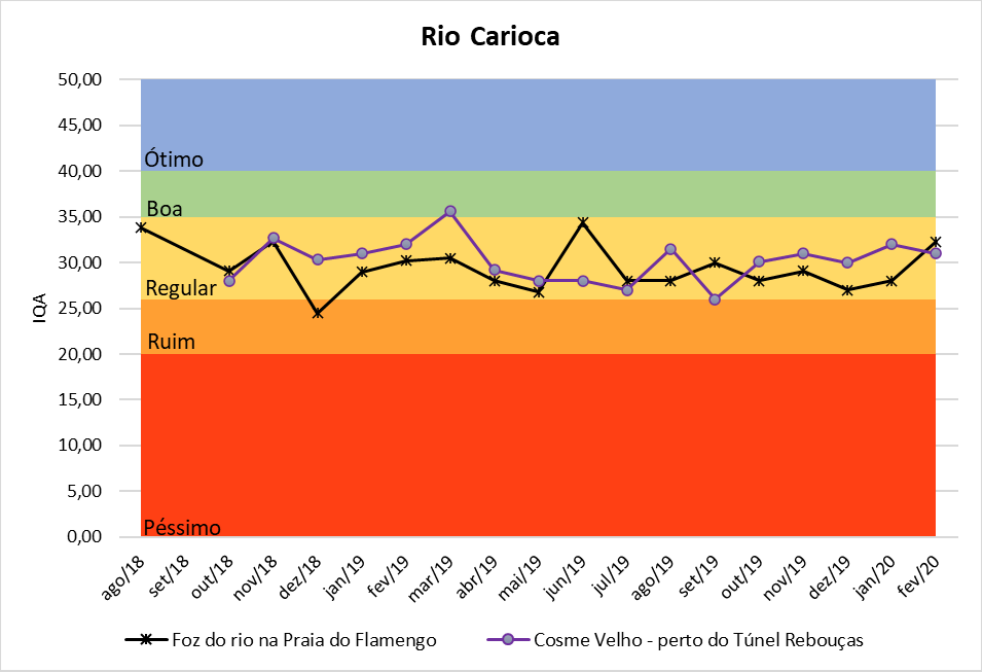
Desde 2018, a qualidade do rio é divulgada mensalmente pela Fundação SOS Mata Atlântica pelo programa Observando Rios, onde dois pontos do rio Carioca são monitorados, um ponto na foz do rio na praia do Flamengo após a Unidade de Tratamento da Água Flamengo e outro ponto localizado no bairro Cosme Velho, perto do Túnel Rebouças.

A metodologia utilizada pelo Observando Rios agrega 16 parâmetros de qualidade da água em um índice de qualidade, classificando as águas com qualidade ótima, boa, regular, ruim ou péssima. A Figura 2.71 apresenta a classificação de qualidade no monitoramento realizado de agosto de 2018 a fevereiro de 2020. Observa-se que majoritariamente o rio é classificado com qualidade regular, com exceção da coleta de dezembro de 2018 no ponto localizado na foz do rio e em setembro de 2019 no ponto localizado no Cosme Velho, que apresentaram qualidade classificada como ruim. Apenas em uma coleta (março de 2019 no ponto do Cosme Velho) o rio apresentou qualidade boa (SOS MATA ATLÂNTICA, 2020b, 2020c).

Um parâmetro que merece destaque no monitoramento da qualidade da água do rio Carioca é o OD. Na série observada, os valores desse parâmetro apresentam variação de 0-4 mg/L, ou seja, valores abaixo do limite para rios classe 3 (4 mg/L), segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces (SOS MATA ATLÂNTICA, 2020b). O parâmetro OD pode indicar que o rio está recebendo aporte de matéria orgânica, como por efluentes domésticos sem tratamento, que acabam reduzindo os teores de oxigênio da água. O rio Carioca também interfere negativamente na balneabilidade da praia do Flamengo, onde no mesmo período amostral, o ponto “Foz do rio Carioca” apresenta-se como água imprópria (Quadro 2.10).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.71 – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO CARIOCA



Fonte: SOS Mata Atlântica (2020b, 2020c).

De acordo com representantes da região, o rio Carioca vem sendo utilizado como “tomada de tempo seco de esgotos”, recebendo assim ligações irregulares de esgoto sanitário. O Parque Nacional da Tijuca, nascente do rio Carioca, registra diversos problemas relacionados à drenagem e estabilidade das encostas, os quais podem influenciar de modo negativo a qualidade do rio em questão. Outro ponto trazido é de que a Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) na foz do rio encontra-se com problemas operacionais, que podem contribuir com cheias e inundações, em casos de grandes eventos de precipitação. Desta forma, pelo conceito histórico do rio, destaca-se a necessidade de estudos e levantamentos mais aprofundados para identificar as principais fontes de sua poluição e projetos, como o “caça esgoto”, que visa a identificação e ligação de despejos irregulares à devida rede de esgotamento, além do estabelecimento de um sistema de drenagem emergencial para mitigar eventos extremos.

2.4.3.4 UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas)

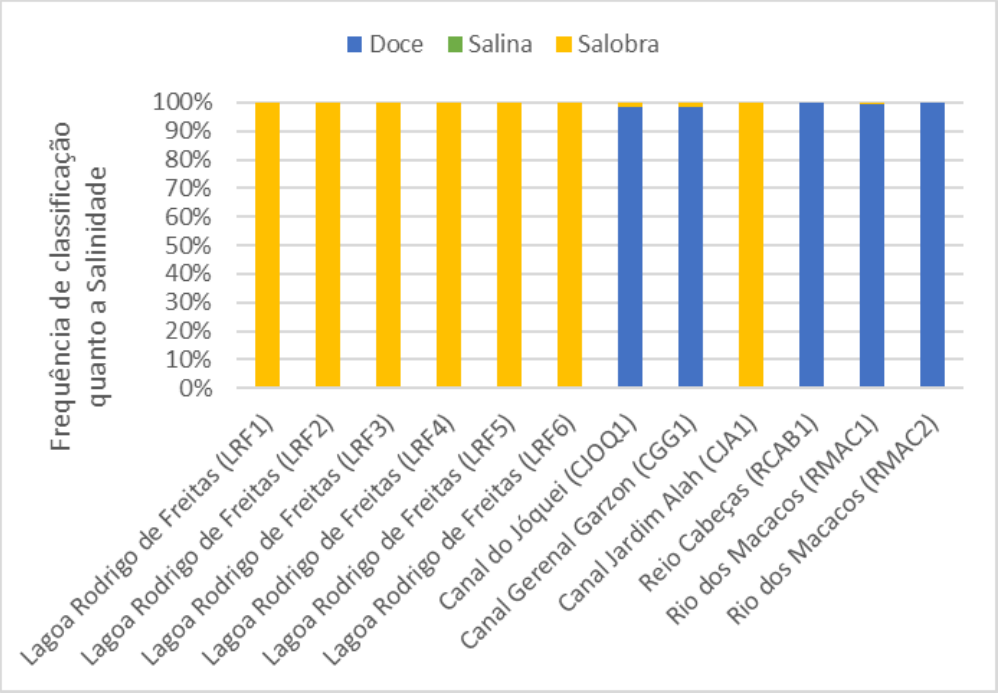
Para avaliação da qualidade da água na UHP V-c2, foram consideradas 12 estações de monitoramento, sendo seis na lagoa Rodrigo de Freitas (LRF1, LRF2, LRF3, LRF4, LRF5 e LRF6) e seis em corpos hídricos da região: rio dos Macacos (RMAC1 e RMAC2), canal do Jóquei (CJOQ1), rio Cabeça (RCAB1), canal da General

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Garzon (CGG1) e canal Jardim Alah (CJA1). As estações são operadas pela SMAC e os dados apresentados são de 2014 a 2019. Por apresentarem diferentes parâmetros de monitoramento da qualidade da água e classificação de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, os dados da lagoa e dos rios/canais serão apresentados separadamente.

Entre os dados disponíveis, a salinidade foi utilizada para classificar os corpos hídricos em águas doces, salobras ou salinas, e assim, as classes predominantes frente à Resolução CONAMA n° 357/2005 respeitaram essa divisão. A Figura 2.72 apresenta a frequência de salinidade dos pontos de monitoramento da UHP V-c2, de acordo com a divisão da Resolução CONAMA n° 357/2005. Observa-se que nos pontos monitorados na lagoa Rodrigo de Freitas a predominância são amostras salobras, assim como no ponto do canal do Jardim de Alah. Já nos demais corpos hídricos (CJOQ1, CGG1, RCAB1, RMAC1 e RMAC2) a predominância é de salinidade característica de água doce.

FIGURA 2.72 – FREQUÊNCIA DE CLASSIFICAÇÃO DA SALINIDADE NA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)

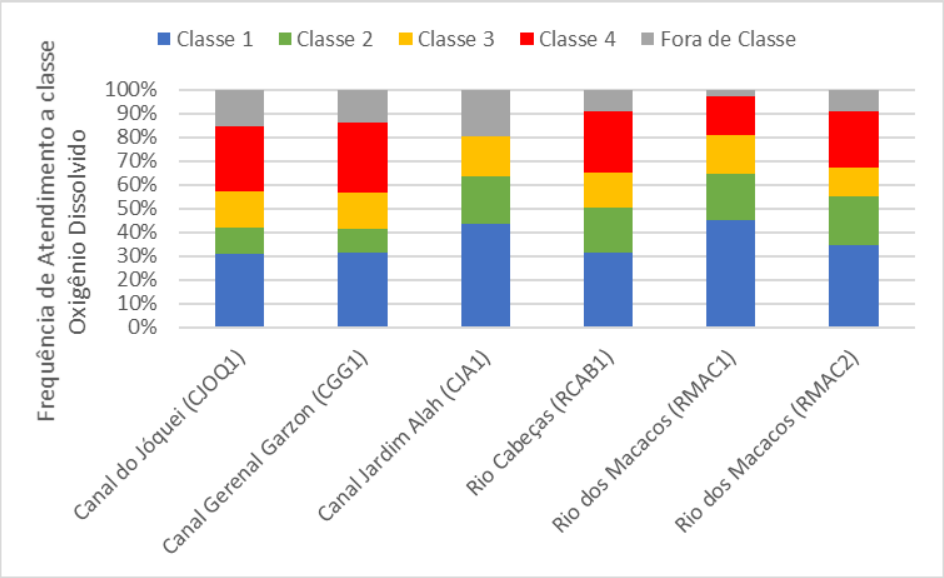


A Figura 2.73 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao OD frente à Resolução CONAMA n° 357/2005 dos rios e canais monitorados da UHP V-c2. Verifica-se uma heterogeneidade nas concentrações amostradas ao longo do monitoramento, com a predominância de classe 1 entre todos os pontos monitorados,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

porém com dados significantes relativos à classe 4. Cabe destacar que águas salobras não apresentam classe 4 em sua classificação, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, como o caso do canal do Jardim de Alah (CJA1), o qual é predominantemente classificado como águas salobras.

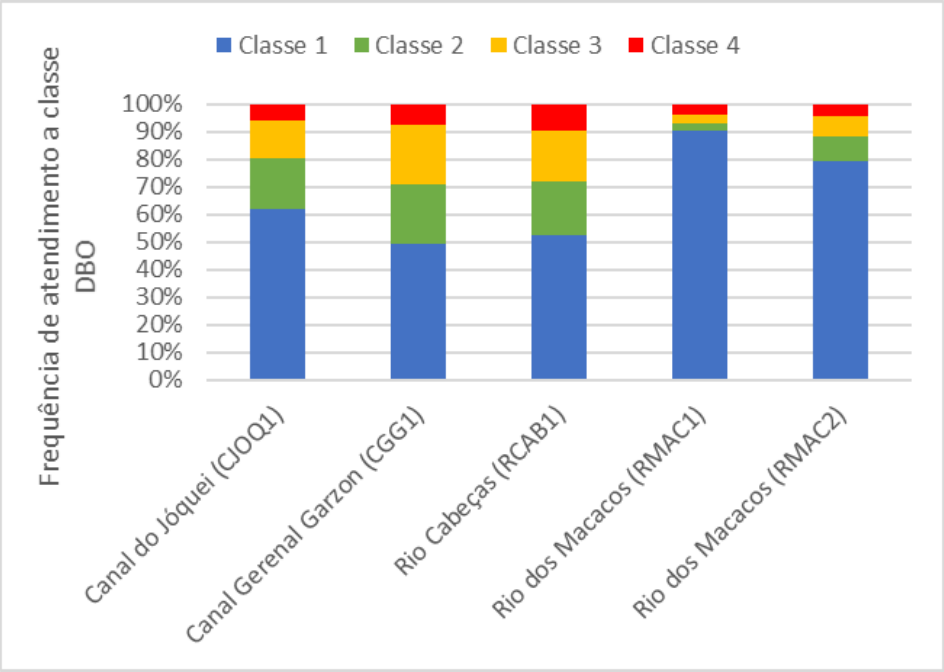
FIGURA 2.73 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO, NOS RIOS E CANAIS DA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)



A Figura 2.74 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao DBO frente à Resolução CONAMA n° 357/2005 dos rios e canais monitorados da UHP V-c2. A DBO é um parâmetro utilizado apenas para a classificação de águas doces, não sendo utilizada como padrão para classificação de águas salinas e salobras. Nos pontos de monitoramento de águas doces, a predominância são concentrações relativas à classe 1.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

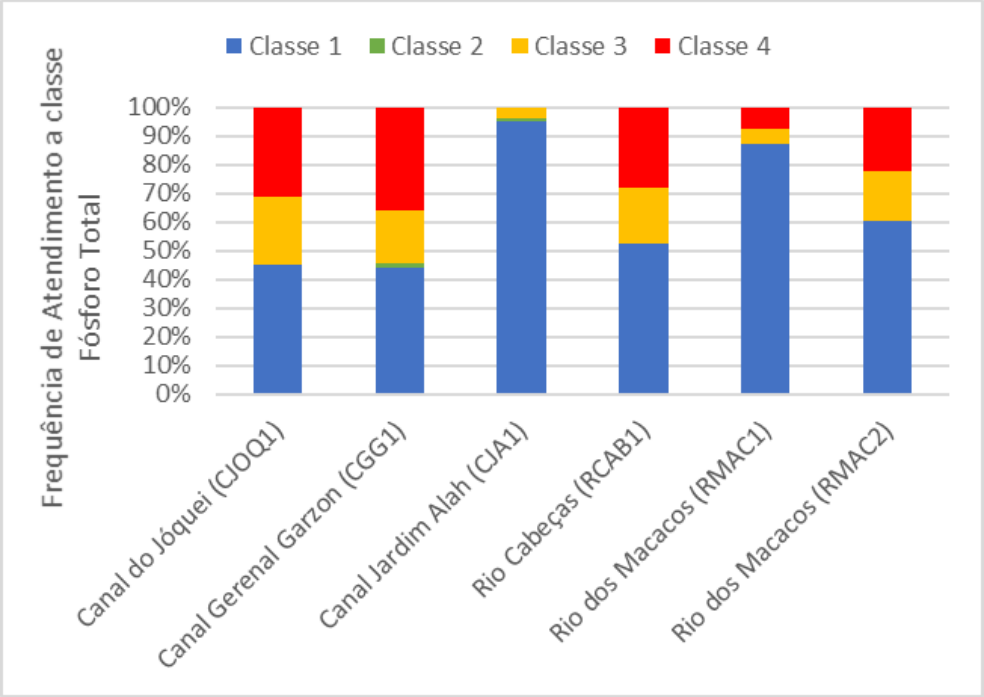
FIGURA 2.74 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A DBO, NOS RIOS E CANAIS DA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)



A Figura 2.75 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao fósforo total frente à Resolução CONAMA n° 357/2005 dos rios e canais monitorados da UHP V-c2. As concentrações detectadas de fósforo total são bastante heterogêneas ao longo do monitoramento. No ponto CJOQ1 (canal do Jóquei) 45% das amostras correspondem à classe 1 e 31% à classe 4. No ponto CGG1 (canal General Garzon) a predominância é de valores relativos às classes 1 e 4 (44% e 36%, respectivamente), assim como no ponto RCAB1 (rio Cabeças) onde 53% dos valores correspondem à classe 1 e 28% à classe 4. No rio dos Macacos predominam valores relativos à classe 1 (87,5% no ponto RMAC1 e 60% no ponto RMAC2), assim como no canal do Jardim de Alah (95%).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

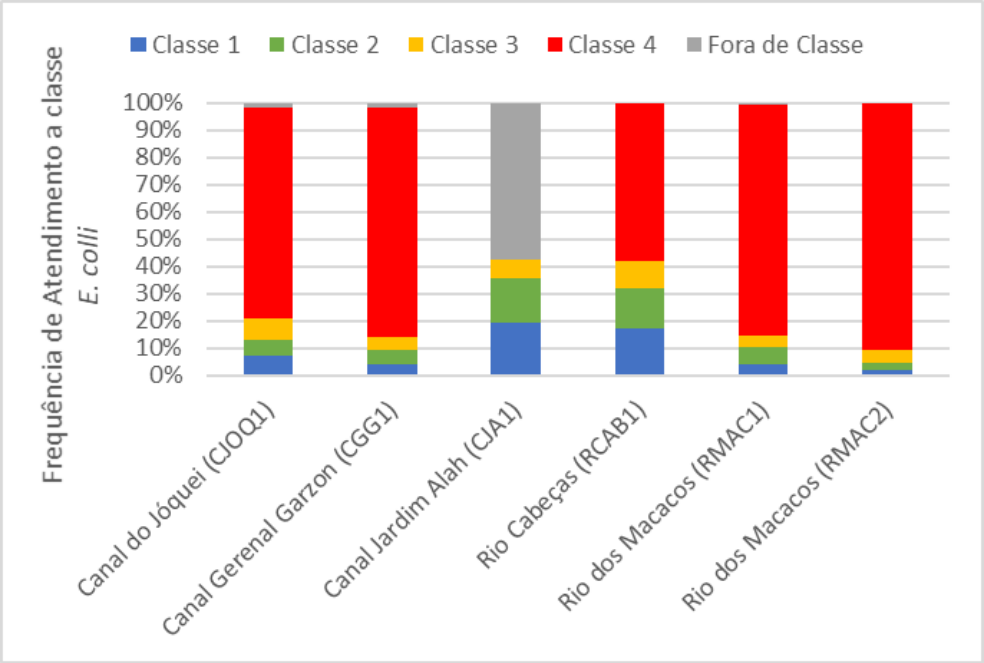
FIGURA 2.75 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL, NOS RIOS E CANAIS DA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)



Para verificação de classe relativo aos coliformes termotolerantes foi utilizada a *E.coli* como substituição do parâmetro (BRASIL, 2005). Assim, a Figura 2.76 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos a *E. coli* frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. Verifica-se a predominância de concentrações relativas à classe 4 em todos os pontos amostrais, exceto para o canal Jardim Alah, em que os dados são predominantemente classificados como fora de classe (concentrações acima de 4.000 NMP/100 mL).

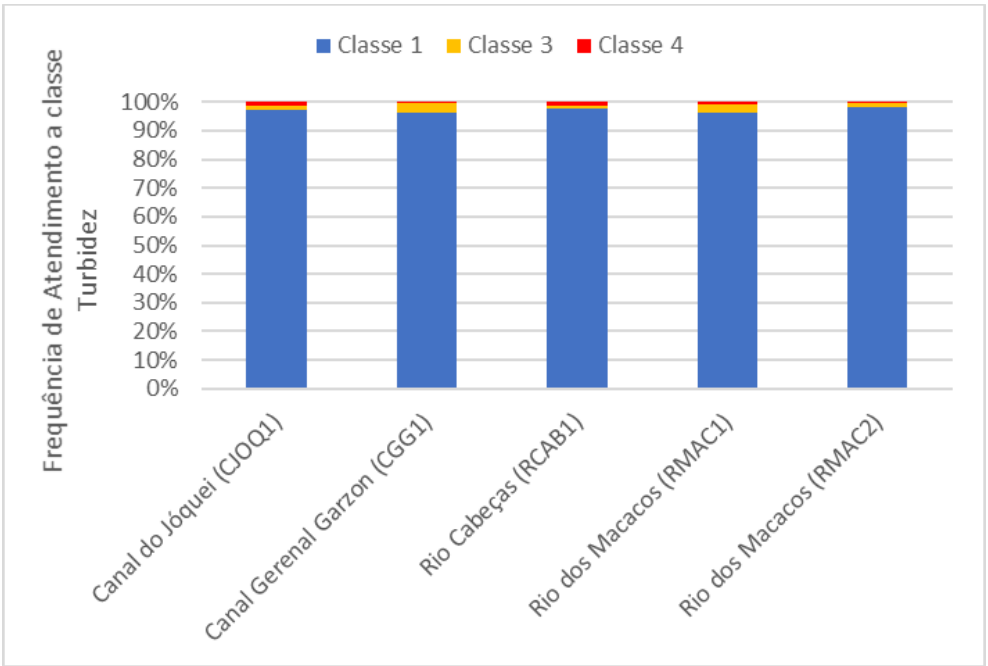
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.76 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A E. COLI, NOS RIOS E CANAIS DA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)



A Figura 2.77 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos à turbidez frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. Verifica-se a predominância de valores correspondentes à classe 1. Não foi apresentada a frequência de classificação do ponto canal Jardim Alah, pois a Resolução CONAMA n° 357/2005 não utiliza esse parâmetro como padrão de qualidade de águas salobras e salinas.

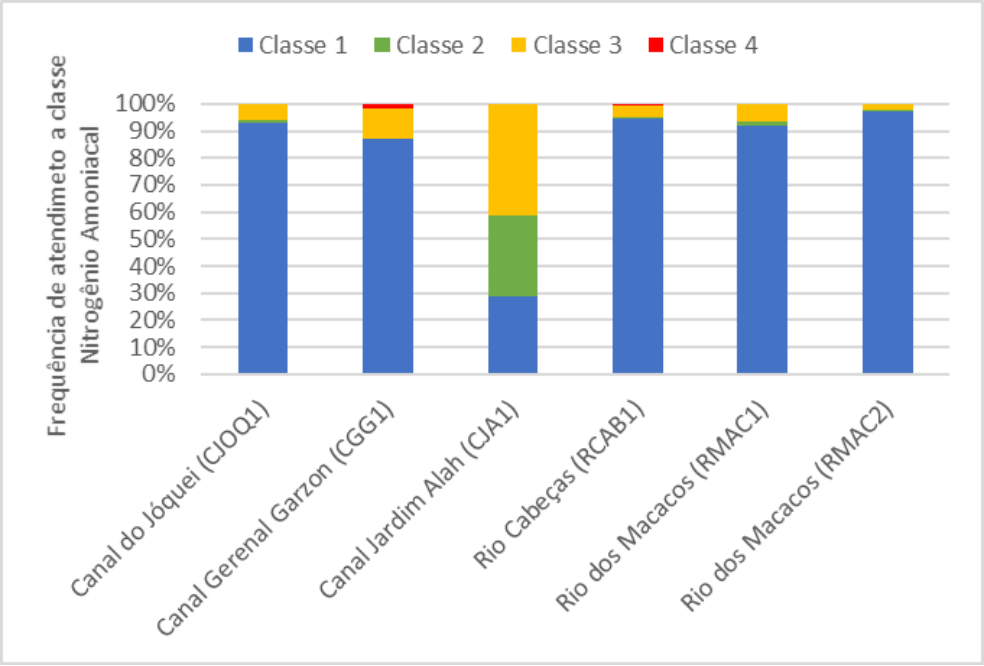
FIGURA 2.77 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A TURBIDEZ, NOS RIOS E CANAIS DA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Para a análise do nitrogênio, a SMAC não realiza a análise de nitrato para monitoramento dos rios e canais como as estações operadas pelo INEA. Entretanto, é realizado o monitoramento de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$). O nitrogênio amoniacal é um parâmetro de qualidade de água que indica contaminação por esgoto doméstico, sendo bastante tóxico a peixes, onde algumas espécies não suportam concentrações superiores a 5 mg/L (CETESB, 2016). A Figura 2.78 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao nitrogênio amoniacal frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. Verifica-se uma predominância de classe 1 nos pontos de monitoramento de água doce (CJOQ1, CGG1, RCAB1, RMAC1 e RMAC 2), e para o canal Jardim Alah (águas salobras) 41% das amostras são classificadas como classe 3, 30% como classe 2 e 29% como classe 1.

FIGURA 2.78 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITROGÊNIO AMONIACAL, NOS RIOS E CANAIS DA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)

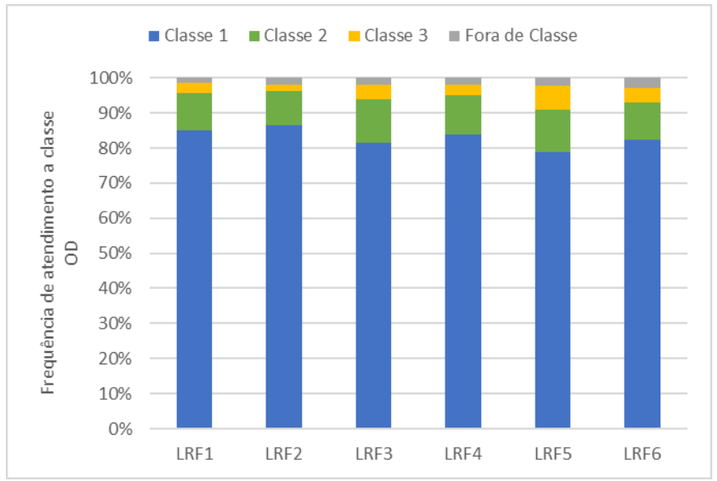


Nos pontos de monitoramento na lagoa Rodrigo de Freitas (LRF1, LRF2, LRF3, LRF4, LRF5 e LRF) foi verificada a frequência de atendimento a classe quanto ao OD, fósforo total, *E. coli*, nitrato, nitrogênio amoniacal e pH (Figura 2.79). Observa-se que há a predominância de classe 1 para todos os parâmetros monitorados superficialmente na lagoa.

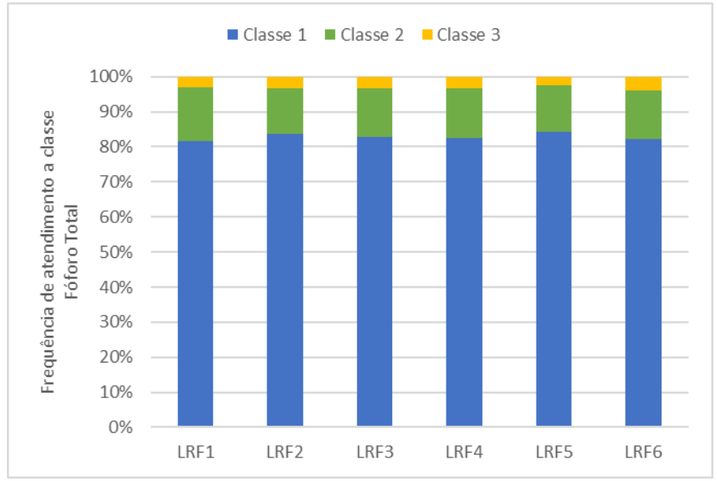
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.79 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO A CLASSE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO, FÓSFORO TOTAL, E. COLI, NITRATO, NITROGÊNIO AMONIACAL E PH DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS NA UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)

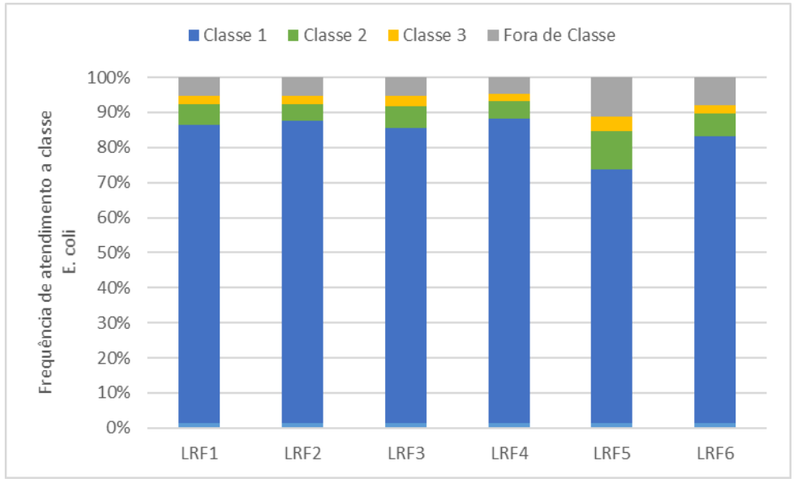
Oxigênio dissolvido



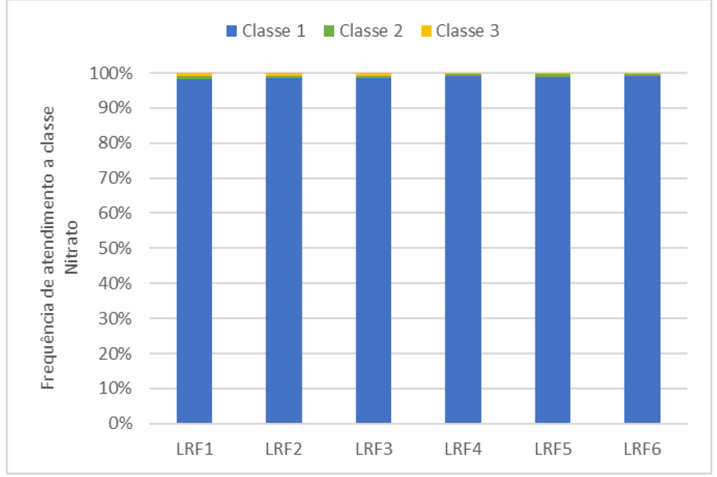
Fósforo total



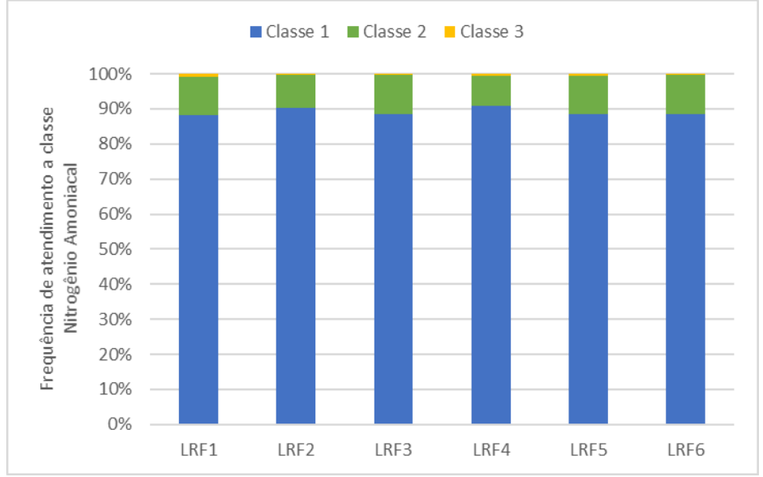
E. Coli



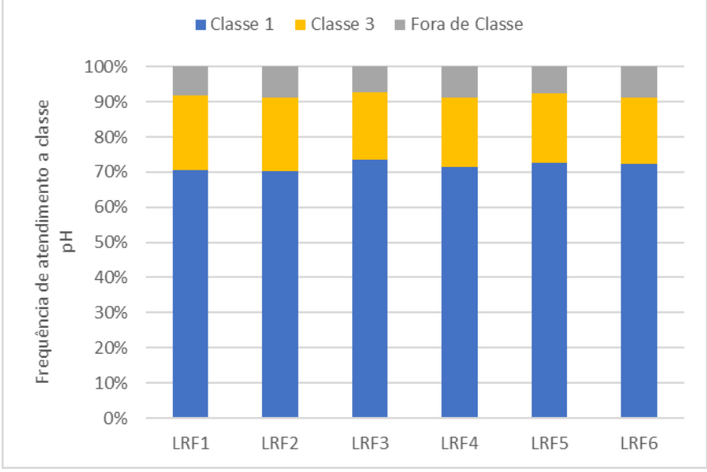
Nitrato



Nitrogênio amoniacal



pH



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A classificação de cada parâmetro e a classificação final de cada ponto de monitoramento na UHP V-c2 podem ser observadas no Quadro 2.39 (rios e canais) e Quadro 2.40 (lagoa). A predominância são corpos hídricos classificados como classe 3 (CJOQ1, CGG1, CJA1 e RCAB1) e classe 2 no rio dos Macacos (RMAC1 e RMAC2). Em relação à lagoa, todos os pontos de monitoramento são classificados como classe 1 de águas salobras.

QUADRO 2.39 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DOS RIOS/CANAIS DA UHP V-C2, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	E.Coli	Turbid.	NH_3^+	Média
Canal do Jóquei	CJOQ1	Classe 4	Classe 1	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 3	Classe 3
Canal General Garzon	CGG1	Classe 4	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 3	Classe 3
Canal Jardim Alah	CJA1	Classe 2		Classe 1	Fora de Classe		Classe 3	Classe 3
Rio Cabeça	RCAB1	Classe 3	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 3	Classe 3
Rio dos Macacos	RMAC1	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 3	Classe 2
	RMAC2	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 1	Classe 2

QUADRO 2.40 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-C2, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	Pt	*E.Coli*	Nitrato	NH_3^+	Média
Lagoa Rodrigo de Freitas	LRF1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	LRF2	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	LRF3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	LRF4	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	LRF5	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	LRF6	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1

O estado de degradação também pode ser observado nos índices de qualidade de água (IQA) e de conformidade (IC). Para o cálculo do IQA foram substituídas as concentrações nitrato por nitrogênio total e sólidos totais por sólidos em suspensão (dados disponíveis utilizados em equivalência aos resíduos totais) (ANA, 2020). Assim, o IQA foi aplicado para os rios e canais (Figura 2.80) e verifica-se a predominância da faixa de ruim para todos os corpos hídricos da região. Já para as lagoas foi aplicado o IC (Figura 2.81) e neste caso observa-se que cerca de 97% das coletas realizadas apresenta conformidade satisfatória.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.80 – IQA MÉDIO ANUAIS – UHP V-C2 (LAGOA RODRIGO DE FREITAS)

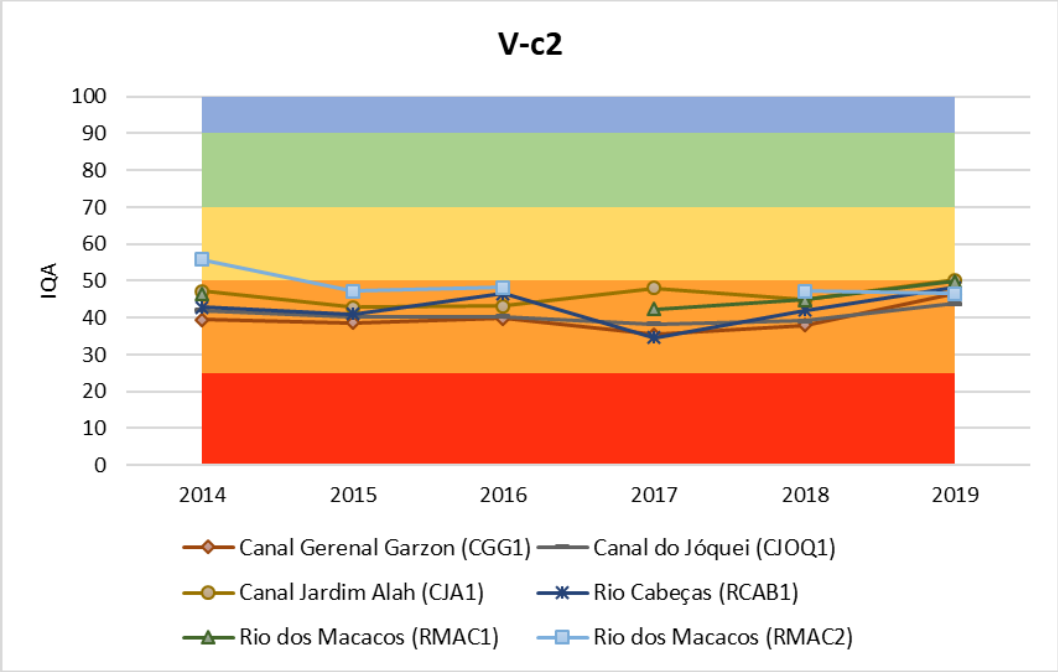
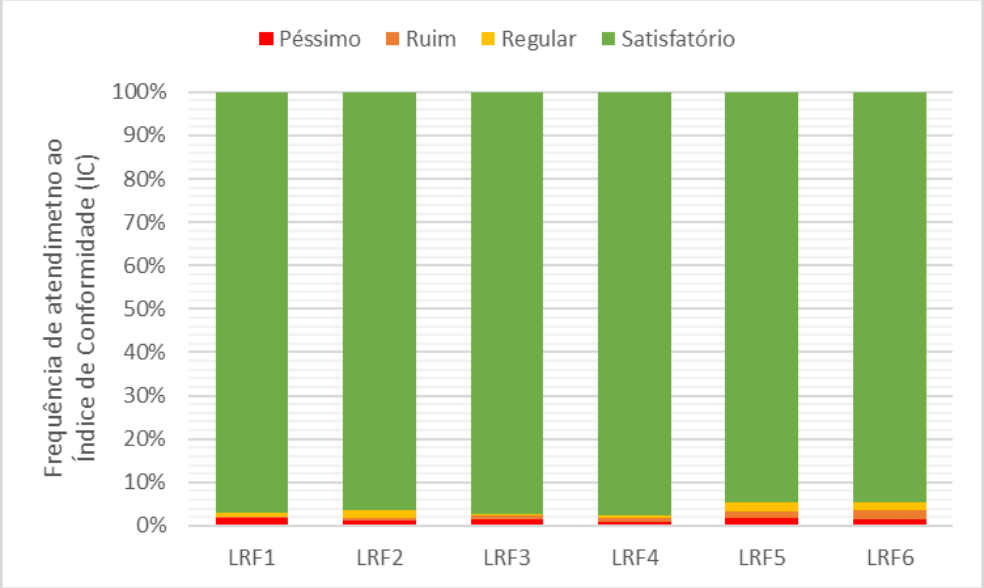


FIGURA 2.81 – FREQUÊNCIA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE PARA SISTEMAS LAGUNARES



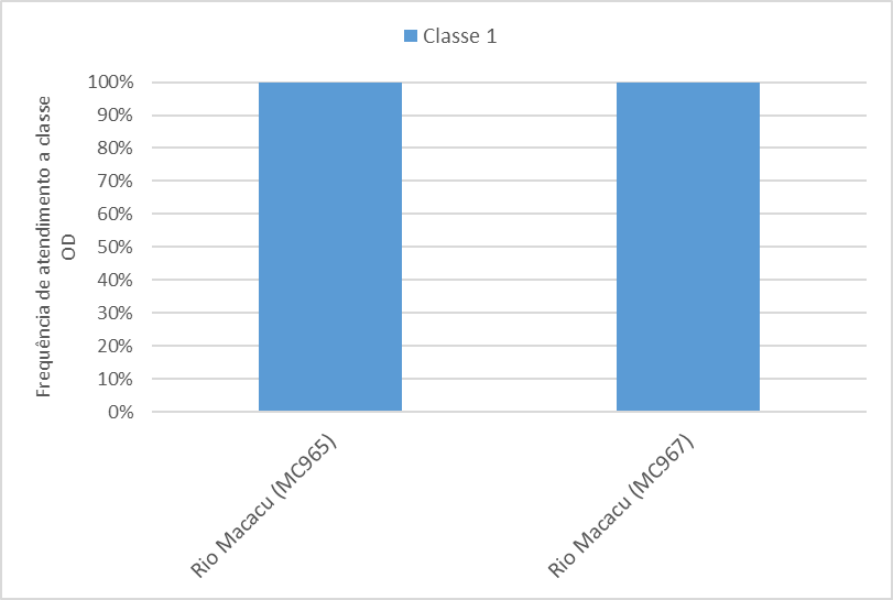
2.4.3.5 UHP V-d1 (Rio Macacu)

Para avaliação da qualidade da água na UHP V-d1, foram considerados duas estações de monitoramento localizadas no rio Macacu (MC965 e MC967). As estações são operadas pelo INEA e os dados apresentado são de 2014 a 2019.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

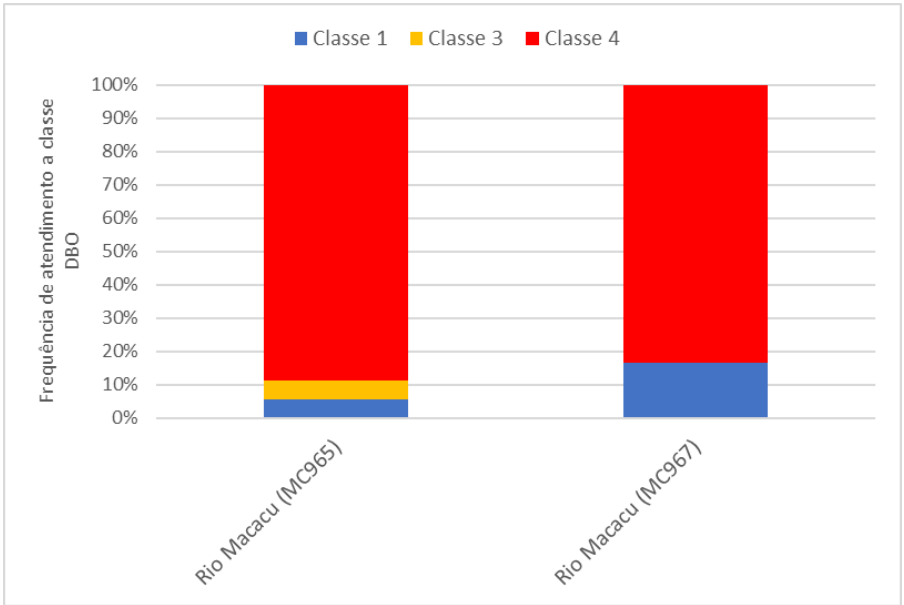
A Figura 2.82 apresenta as frequências de atendimento de classe dos pontos avaliados na UHP V-d1 quanto aos teores de OD frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. Observa-se valores de OD compatíveis a classe 1 nos dois pontos de monitoramento, ou seja, valores superiores a 6 mg/L.

FIGURA 2.82 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-D1 (RIO MACACU)



O atendimento a classe referente ao parâmetro DBO está apresentado na Figura 2.83. Verifica-se que nas estações do monitoramento a classe 4 é predominante, com alguns registros pontuais em classe 1 e classe 3.

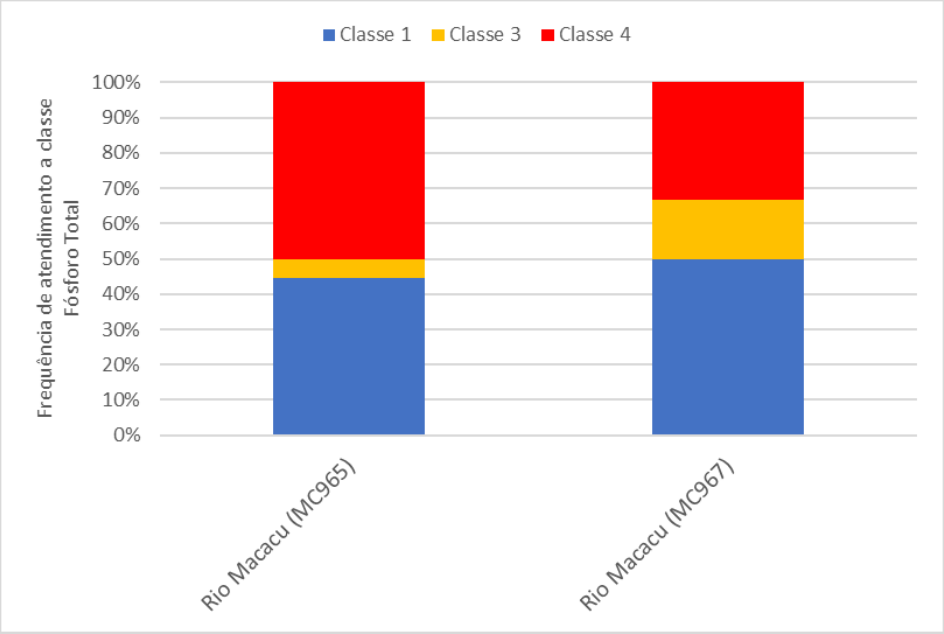
FIGURA 2.83 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A DBO – UHP V-D1 (RIO MACACU)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

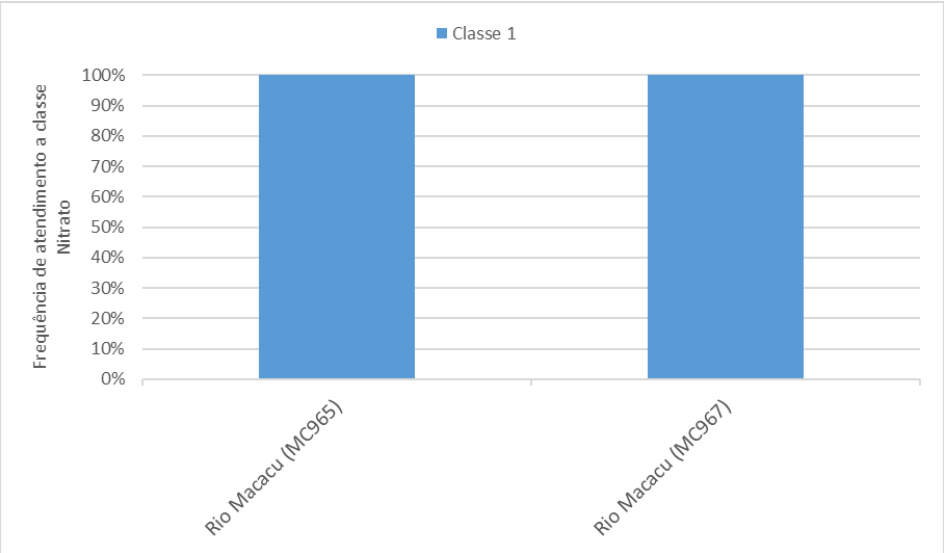
A Figura 2.84 apresenta as frequências de atendimento de classe dos pontos avaliados na UHP V-d1 quanto às concentrações de fósforo total. Verifica-se que a maior parte dos dados se apresentam como classe 4, entretanto as concentrações dentro da classe 1 também são expressivas.

FIGURA 2.84 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – UHP V-D1 (RIO MACACU)



A Figura 2.85 demostra as frequências de atendimento de classe dos pontos avaliados na UHP V-d1 quanto às concentrações de nitrato. Neste caso, todos as concentrações de nitrato estão de acordo com a classe 1 da norma.

FIGURA 2.85 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-D1 (RIO MACACU)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

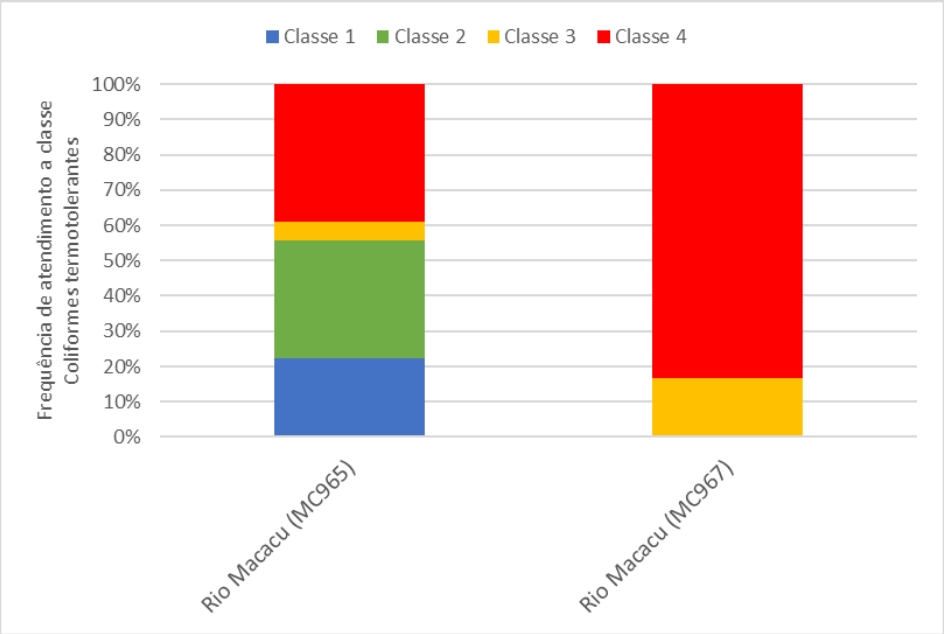
Em relação às frequências de atendimento de classe dos pontos avaliados na UHP V-d1 quanto aos valores de turbidez (Figura 2.86), verifica-se a predominância de valores compatíveis com a classe 1, com um registro pontual de classe 2 no ponto MC967.

FIGURA 2.86 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A TURBIDEZ – UHP V-D1 (RIO MACACU)

A Figura 2.87 demostra as frequências de atendimento de classe quanto aos coliformes termotolerantes frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. No ponto MC965 observa-se uma heterogeneidade dos dados, onde há parte de atendimento a classe 4, classe 2 e classe 1. Já no ponto de monitoramento MC967 a predominância é de classe 4.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.87 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-D1 (RIO MACACU)



O parâmetro pH também foi analisado nas estações de monitoramento. Em todos os pontos amostrados o pH está dentro dos valores definidos pela legislação (entre 6 e 9).

A classificação das medianas para cada parâmetro avaliado, juntamente com a classificação final dos corpos hídricos monitorados na UHP V-d1, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, podem ser observadas no Quadro 2.41. Pelos dados analisados o rio Macacu no ponto MC965 é classificado como classe 1 e no ponto MC967 como classe 2.

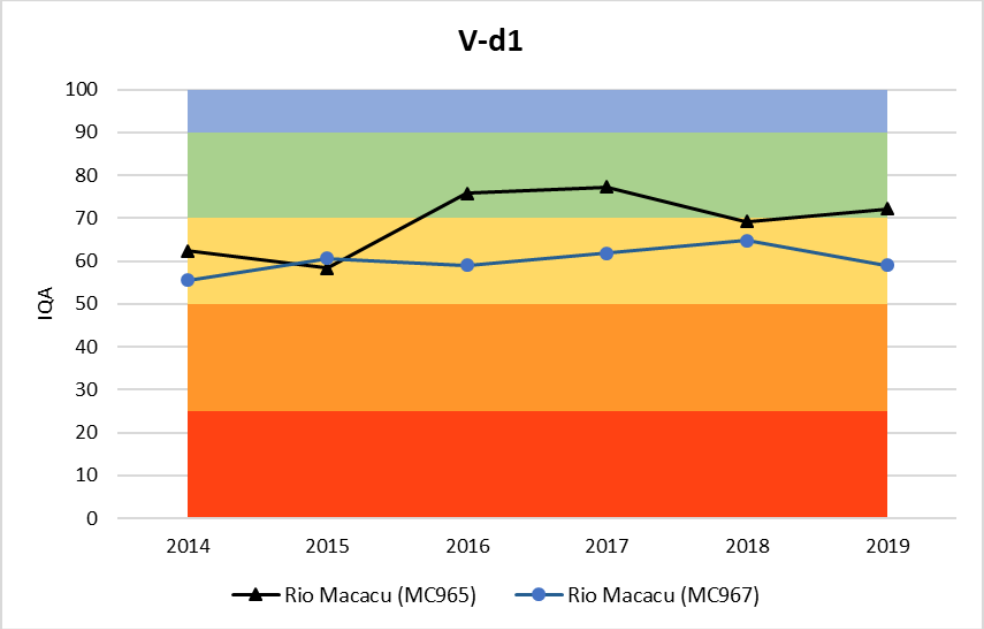
QUADRO 2.41-CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-D1, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio Macacu	MC965	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe1
	MC967	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe2

A Figura 2.88 apresenta os valores de IQA médios anuais da UHP V-d1. Diferente dos demais rios da RH-V, o rio Macacu no ponto de monitoramento MC965 apresenta um predomínio de IQA na faixa de “bom” e o ponto MC967 inserido na faixa de “médio” a “bom” de qualidade da água.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.88 – IQA MÉDIOS ANUAIS – UHP V-D1 (RIO MACACU)



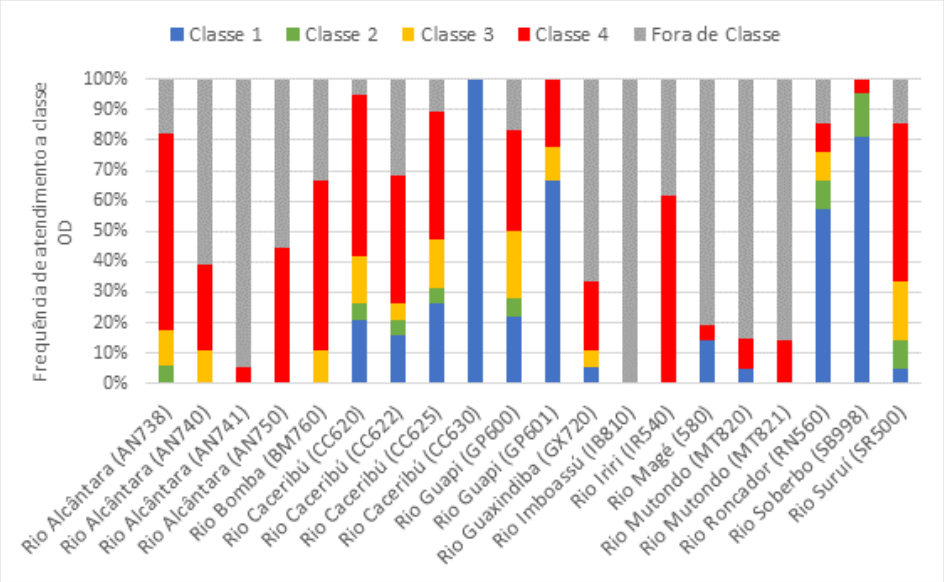
2.4.3.6 UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribú e Guaxindiba e Ilha de Paquetá)

Para avaliação dos aspectos qualitativos na UHP V-d2, foram consideradas 20 estações de monitoramento distribuídas em 12 rios: Alcântara (AN738, AN740, AN741 e AN750), Bomba (BM760), Caceribú (CC620, CC622, CC625 e CC630), Guapi (GP600 e GP601), Guaxindiba (GX720), Imboassu (IB810), Iriri (IR540), Magé (MG580), Mutondo (MT820 e MT821), Roncador (RN560), Soberbo (SB998) e Suruí (SR500). As estações são operadas pelo INEA com dados apresentados no período de 2014 a 2019. As Figura 2.89 a Figura 2.94 apresentam a frequência de atendimento a classe da Resolução CONAMA n° 357/2005 dos valores de concentrações registrados de OD, DBO, fósforo total, nitrato, turbidez e coliformes termotolerantes.

A Figura 2.89 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao OD. Verifica-se que nos rios Alcântara, Bomba, Guaxindiba, Imboassú, Iriri, Magé, Mutondo e Suruí as concentrações de OD são predominantemente baixas com valores compatíveis com a classe 4 ou fora de classe. O rio Caceribú apresenta predominância em valores compatíveis com a classe 4; entretanto no ponto CC360, todos os valores detectados ao longo do monitoramento são compatíveis com a classe 1. O rio Guapi apresenta heterogeneidade em seus dados, com predominância de classe 4 no ponto GP600 e classe 1 no ponto GP601. O rio Soberbo e o rio Roncador apresentam altos valores de OD detectados, com predominância de em valores compatíveis com a classe 1.

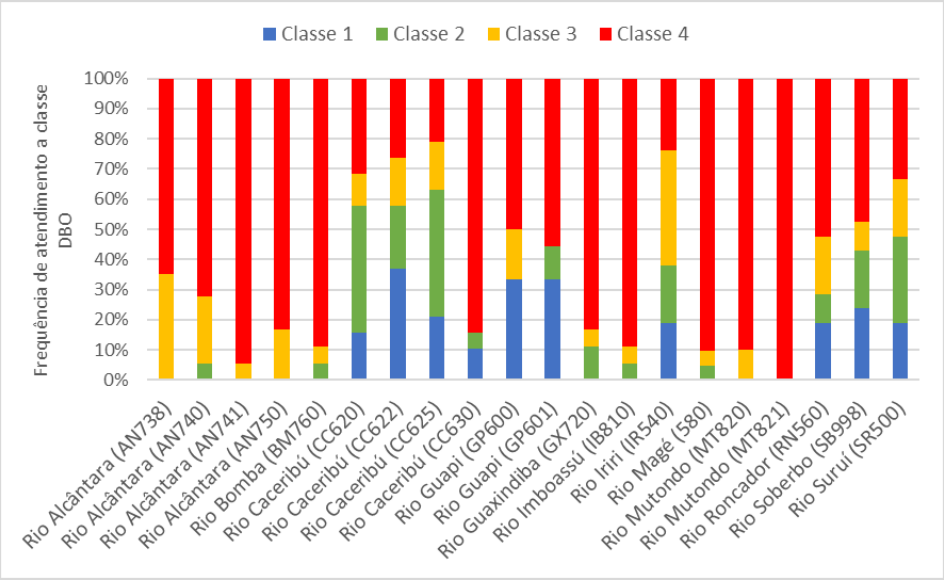
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.89 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)



Na Figura 2.90 está apresentada a frequência de atendimento a classe quanto à DBO. A predominância é de valores compatíveis com a classe 4 na maioria dos pontos monitorados e registro pontuais de classes mais restritivas, como apresentados nos pontos do rio Caceribú (CC620, CC622 e CC625), rio Iriri (IR540), rio Roncador (RN560), rio Soberbo (SB998) e rio Suruí (SR500).

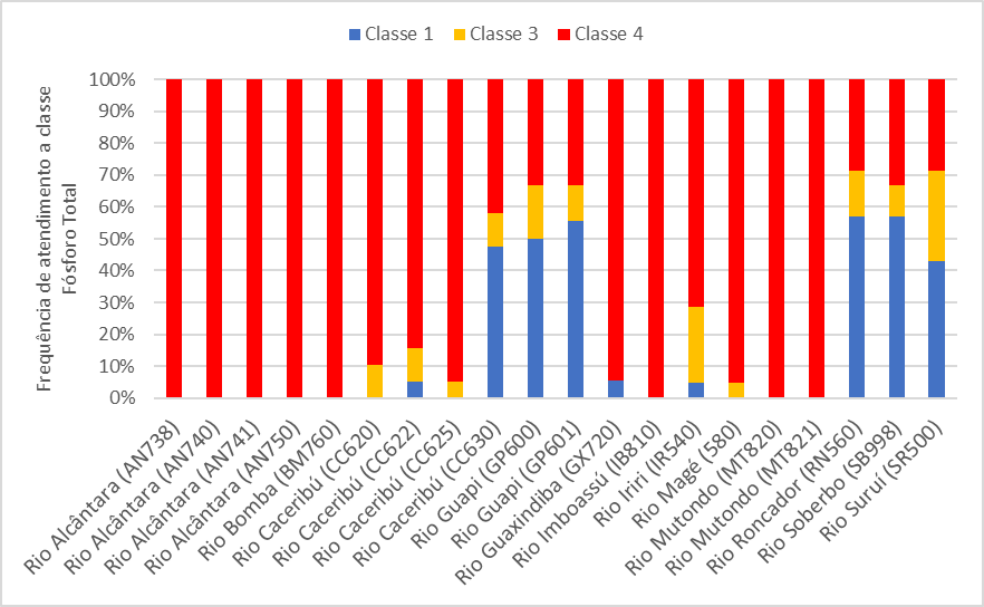
FIGURA 2.90 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A DBO – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Na Figura 2.91 está apresentada a frequência de atendimento a classe quanto ao fósforo total. Verifica-se a predominância de dados compatíveis com a classe 4 para maioria a dos pontos monitorados, exceto para os pontos CC630, GP600, GP601, RN560, SB998 e SR500, em que a maioria das concentrações de fósforo total registradas são compatíveis com a classe 1.

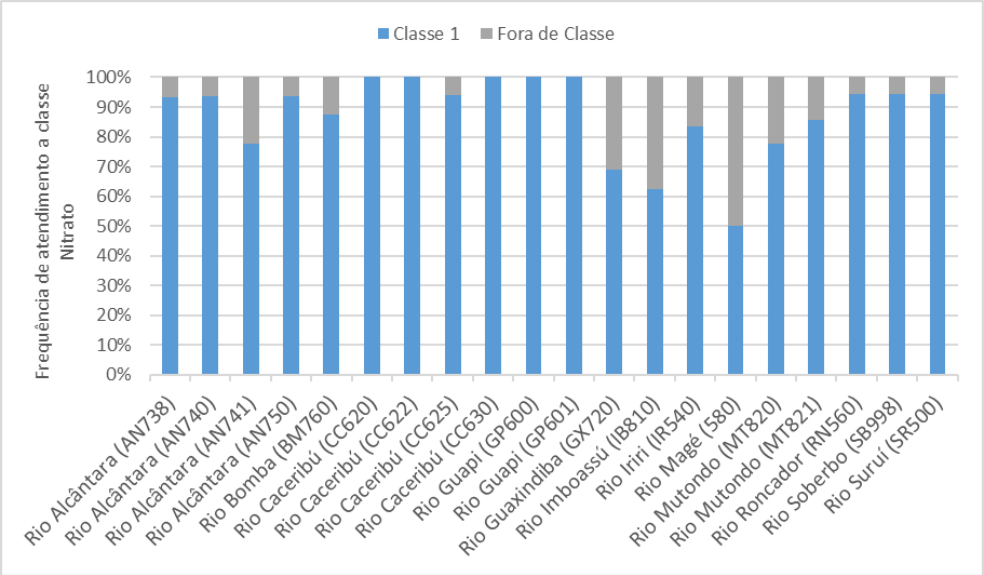
FIGURA 2.91 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)



Na Figura 2.92 está apresentada a frequência de atendimento a classe quanto ao nitrato. Verifica-se a predominância de valores compatíveis com a classe 1, com exceção do rio Magé em que 50% das amostras apresentaram concentrações compatíveis a valores fora de classe (acima de 10 mg/L). Cabe destacar que não há variação das concentrações de nitrato entre as classes definida pela norma, assim considerou-se a classe mais restritiva (classe 1).

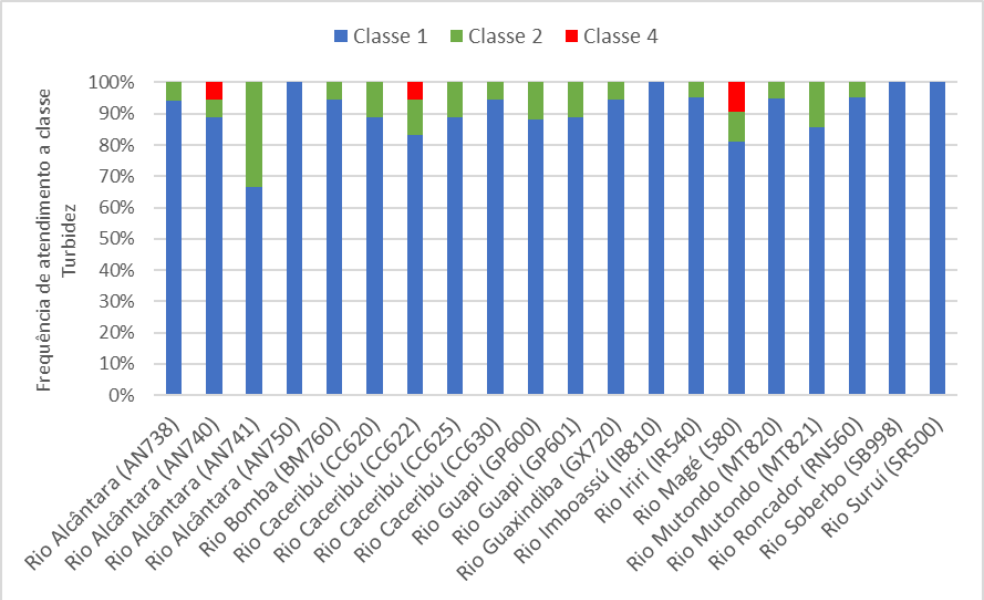
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.92 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)



Em relação à turbidez, a Figura 2.93 apresenta a frequência de atendimento de classe em relação à Resolução CONAMA n° 357/2005. As predominâncias são de dados referentes à classe 1 em todos os pontos monitorados.

FIGURA 2.93 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO À TURBIDEZ – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)

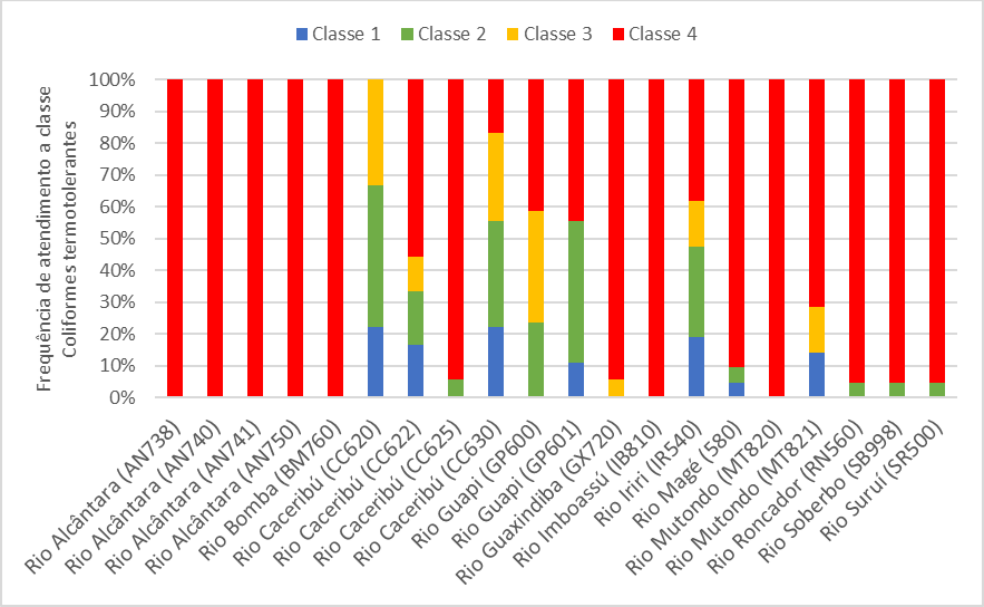


A Figura 2.94 apresenta as frequências de atendimento de classe quanto aos coliformes termotolerantes na UHP V-d2. No rio Caceribú, nos pontos CC620 e CC630, no rio Guapi, nos pontos GP600 e GP601, e o rio Iriri, no ponto IR540, há uma heterogeneidade nos dados, com concentrações variando entre todas as classes

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

analisadas. Nos demais pontos de monitoramento os valores referentes à classe 4 são predominantes.

FIGURA 2.94 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)



A classificação de cada parâmetro e a classificação final de cada ponto de monitoramento na UHP V-d2 podem ser observadas no Quadro 2.42. Pelos dados analisados a predominância é de pontos classificados como classe 4. Os CC620, CC622, CC625, IR540 e SR500 apresentaram médias referentes à classe 3. Os pontos GP600, RN560 e SB998 apresentam classificação como classe 2 e os pontos CC630 e GP601 como classe 1.

QUADRO 2.42 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-D2, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

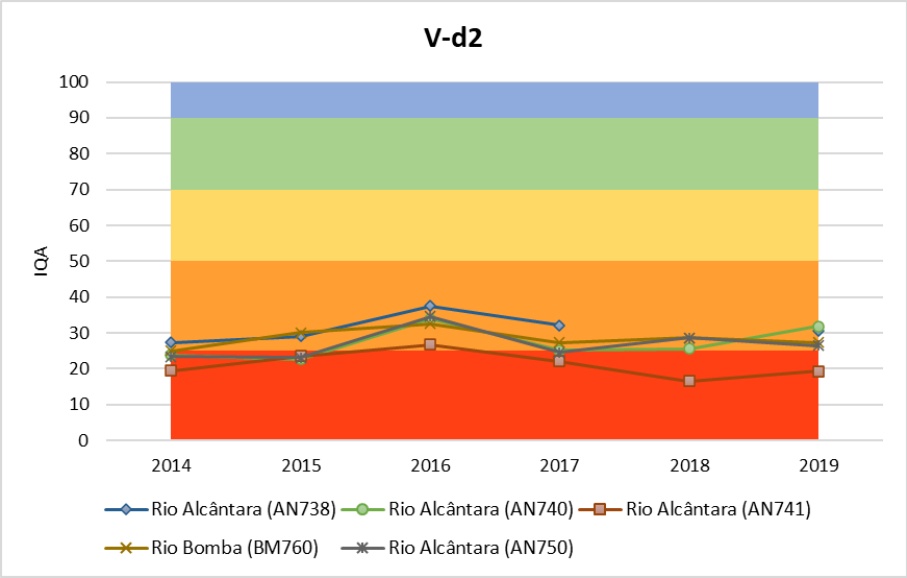
Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio Alcântara	AN738	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	AN740	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	AN741	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	AN750	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Bomba	BM760	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Caceribú	CC620	Classe 4	Classe 2	Classe 4	Classe 2	Classe 1	Classe 3
	CC622	Classe 4	Classe 2	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 3
	CC625	Classe 4	Classe 2	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 3
	CC630	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1
Rio Guapi	GP600	Classe 3	Classe 3	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 2
	GP601	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

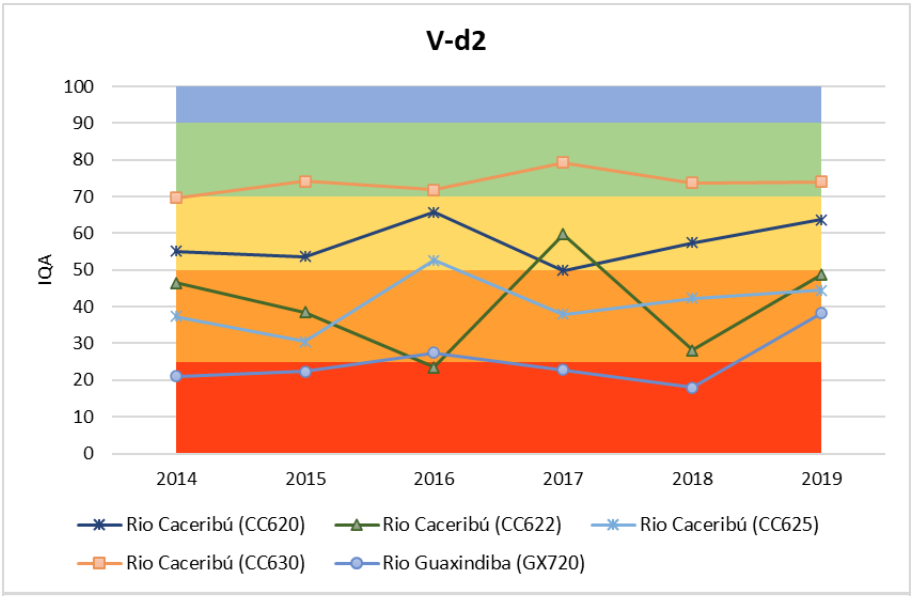
Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio Guaxindiba	GX720	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Imboassu	IB810	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Iriri	IR540	Classe 4	Classe 3	Classe 4	Classe 2	Classe 1	Classe 3
Rio Magé	MG580	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Mutondo	MT820	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
	MT821	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Rio Roncador	RN560	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 2
Rio Soberbo	SB998	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 2
Rio Suruí	SR500	Classe 4	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 3

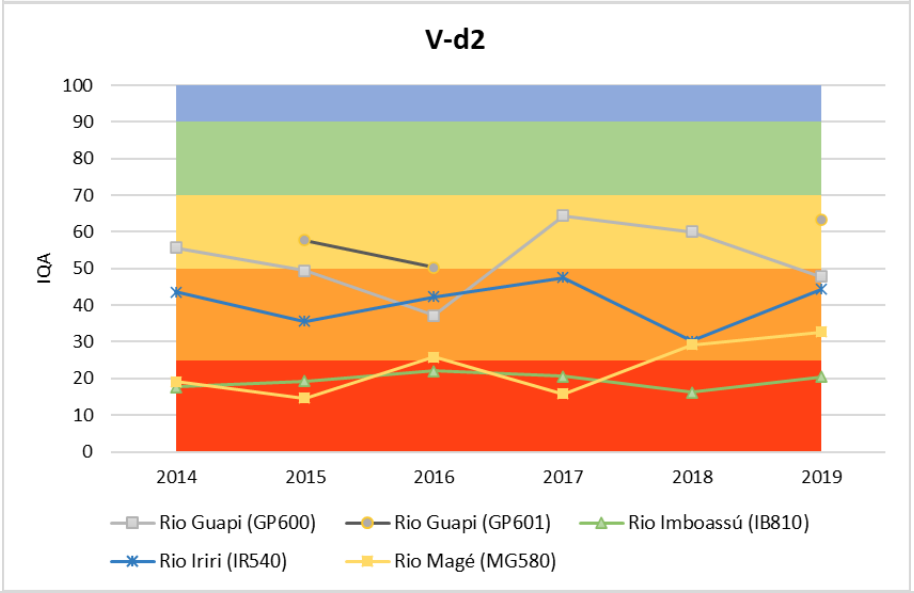
A Figura 2.95 apresenta os valores de IQA médios anuais da UHP V-d2. Os pontos com predominância da faixa de “muito ruim” são: AN741 (rio Alcântara), GX720 (rio Guaxindiba), IB810 (rio Imboassú) e MT820 (rio Mutondo). Os rios com predominância da faixa “ruim” são: AN738, AN740, AN750 (rio Alcântara), BM760 (rio Bomba), CC622, CC625 (rio Caceribú), IR540 (rio Iriri), MG580 (rio Magé), MT821 (rio Mutondo) e SR500 (rio Suruí). Os rios com classificação de IQA com faixa predominante de qualidade “média” são: CC620 (rio Caceribú), GP600, GP601 (rio Guapi), RN560 (rio Roncador) e SB998 (rio Soberbo). E o rio Caceribú no ponto de monitoramento CC630 apresenta qualidade “boa” de água segundo IQA, nos últimos anos de monitoramento.

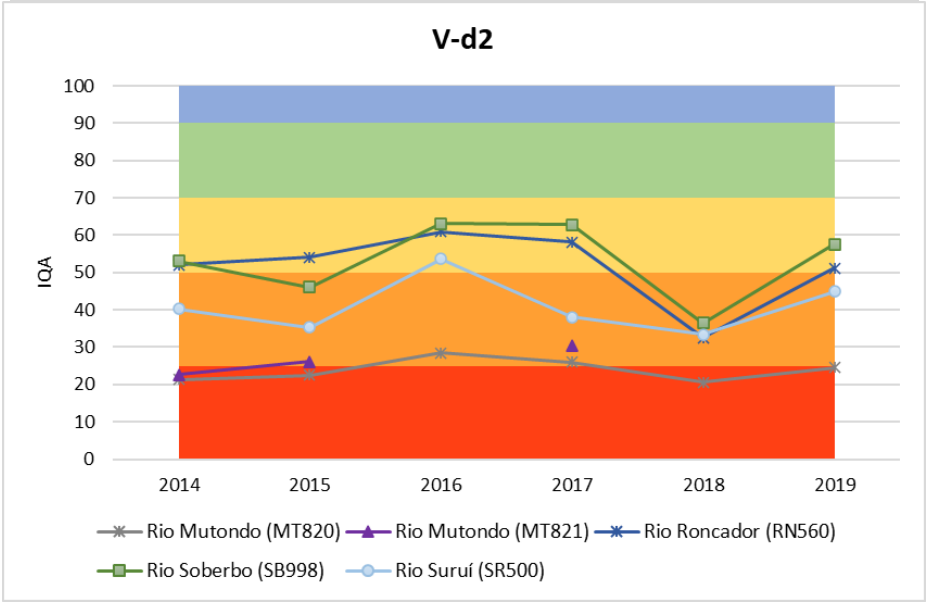
FIGURA 2.95 – IQA MÉDIO ANUAIS – UHP V-D2 (RIOS GUAPIMIRIM, CACERIBÚ E GUAXINDIBA E ILHA DE PAQUETÁ)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67







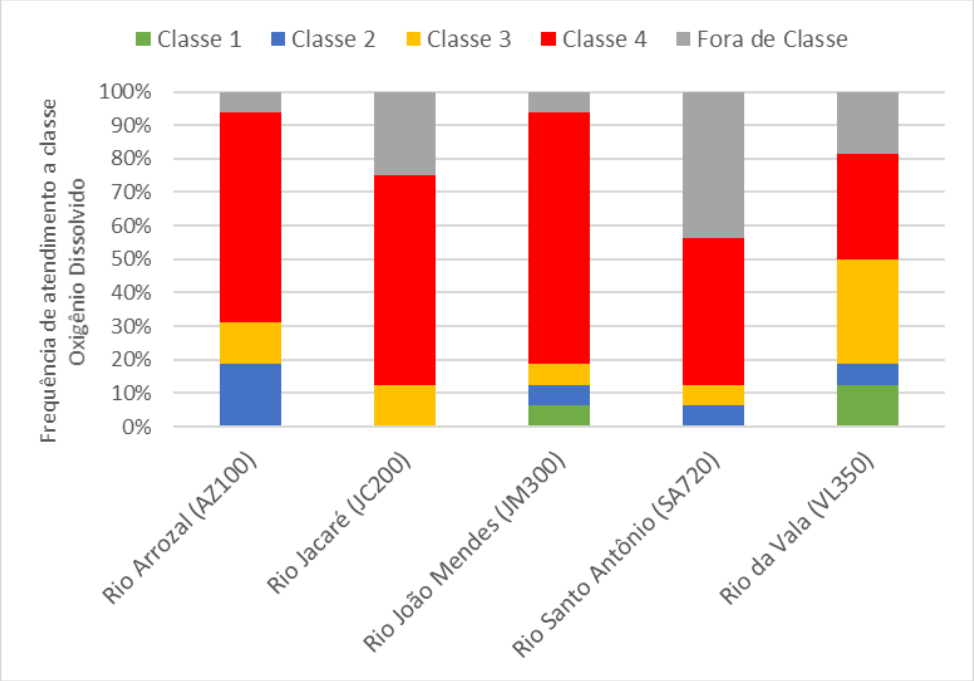
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.3.7 UHP V-e1 (Lagoas de Niterói)

Para avaliação da qualidade da água na UHP V-e1, foram consideradas cinco estações de monitoramento em cinco rios: Arrozal (AZ100), Jacaré (JC200), João Mendes (JM300), Santo Antônio (SA720) e da Vala (VL350); uma estação no Canal de Itaipu (PR002) e uma no Canal de Camboatá (PR002). As estações são operadas pelo INEA e os dados apresentados são de 2014 a 2019. Também foi avaliado o estudo nas lagoas Itaipu (I1, I2, I3, I4, I5 e I6) e Piratininga (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) e no Canal de Camboatá (CC1 e CC2) realizado pela *Hydroscience* nos anos de 2018 e 2019. As informações de rios e lagoas/canais são avaliadas separadamente devido às características da água, sendo os rios com salinidade características de água doce e lagoas/canais como água salina.

A Figura 2.96 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao OD frente à Resolução CONAMA n° 357/2005 para os rios da UHP V-e1. Verifica-se a predominância de valores correspondentes com a classe 4 em todos os pontos monitorados. Pontualmente no rio Santo Antônio (SA720) verifica-se a ocorrência de concentrações fora de classe (~44%).

FIGURA 2.96 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)

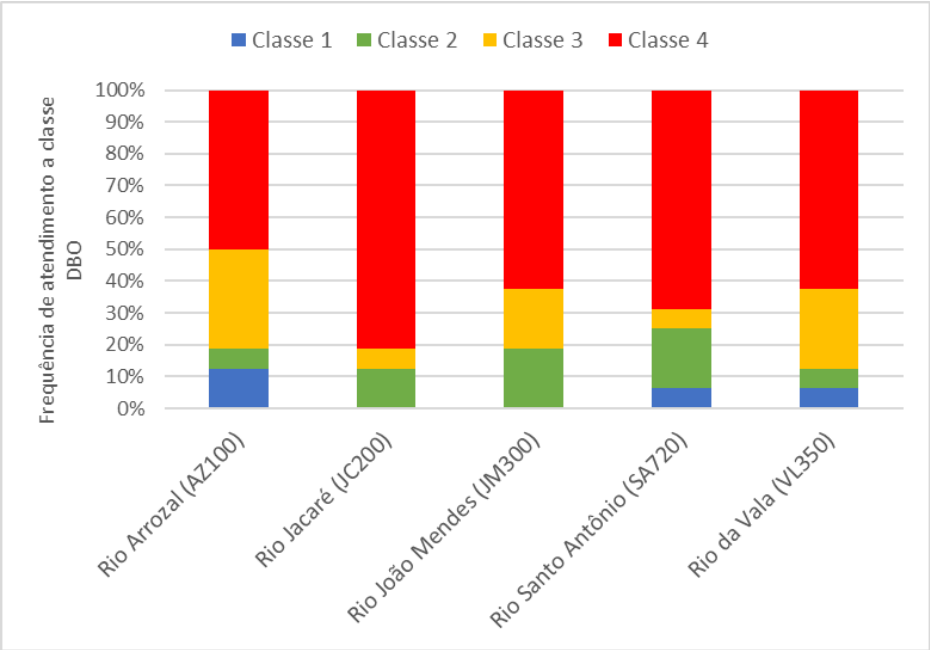


A Figura 2.97 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos as concentrações de DBO detectados ao longo das campanhas amostrais para os rios

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

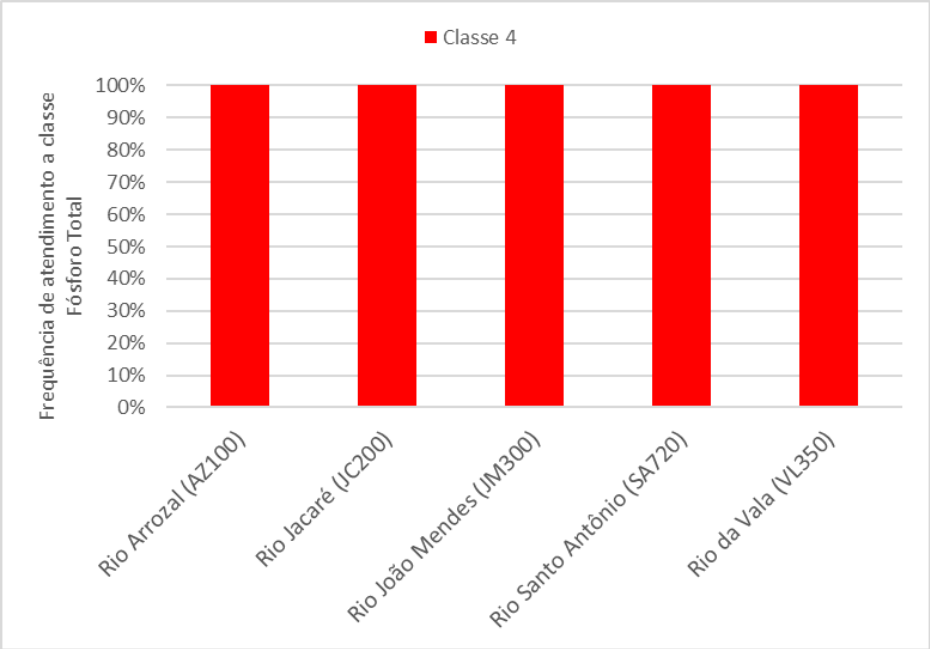
da UHP V-e1. Verifica-se o predomínio da classe 4 entre as estações de monitoramento.

FIGURA 2.97 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A DBO – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



Na Figura 2.98 está apresentada a frequência de atendimento a classe quanto às concentrações de fósforo total para os rios da UHP V-e1. Em todas as coletas dos pontos amostrais, as concentrações de fósforo são compatíveis com a classe 4.

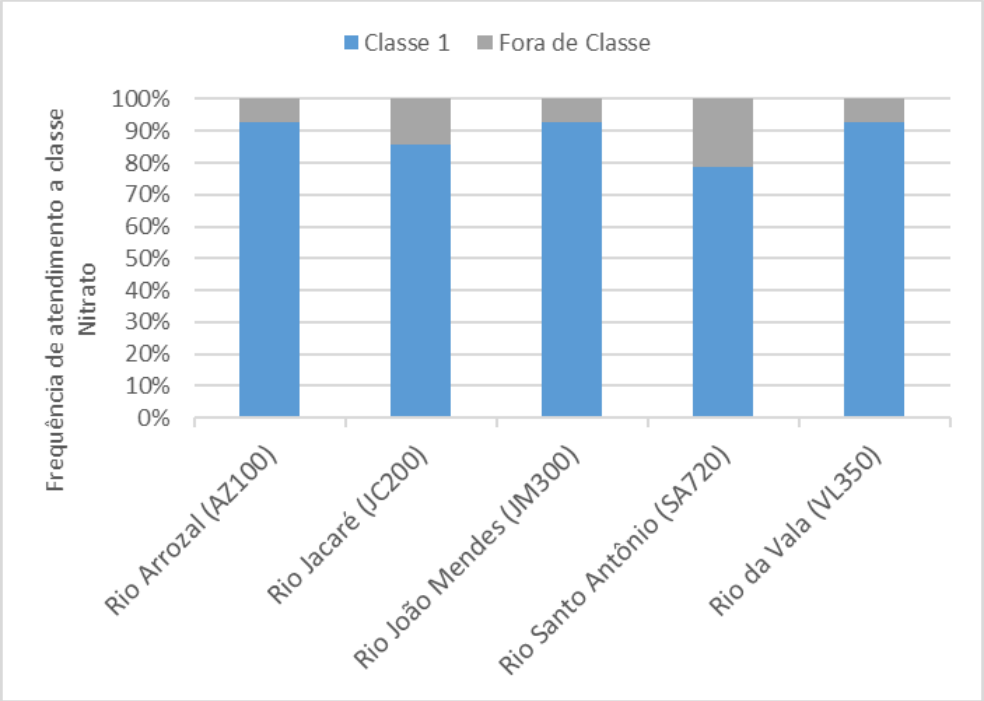
FIGURA 2.98 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Na Figura 2.99 está apresentada a frequência de atendimento a classe quanto ao nitrato para os rios da UHP V-e1. Verifica-se a predominância de valores compatíveis a classe 1, com algumas concentrações pontuais referente a valores fora de classe.

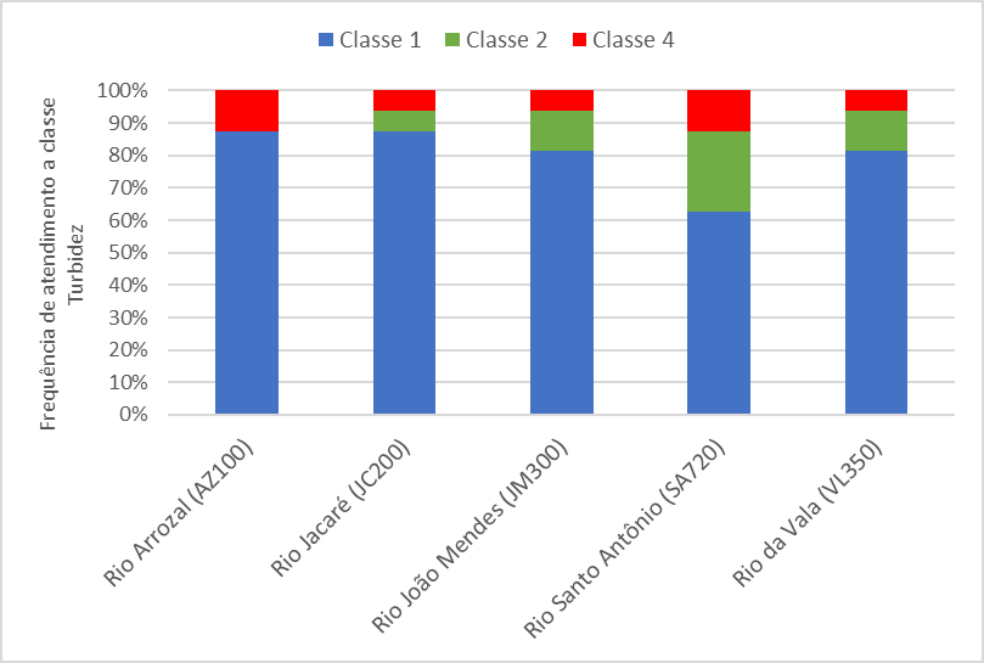
FIGURA 2.99 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



Em relação à turbidez, a Figura 2.100 apresenta a frequência de atendimento de classe em relação à Resolução CONAMA n° 357/2005. As predominâncias são de dados referentes a classe 1 em todos os pontos monitorados. Alguns valores pontuais referentes a classe 2 e classe 4 são observados em todos os pontos de monitoramento.

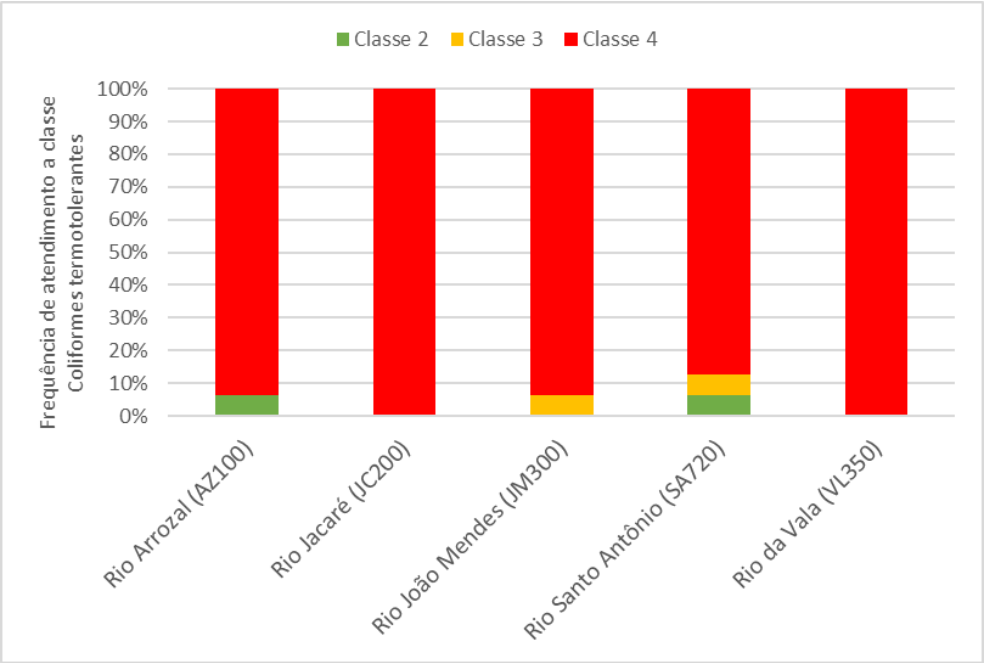
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.100 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A TURBIDEZ – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



Na Figura 2.101 está apresentado a frequência de atendimento a classe quanto aos coliformes termotolerantes para os rios da UHP V-e1. Verifica-se a predominância de valores correspondente a classe 4.

FIGURA 2.101 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



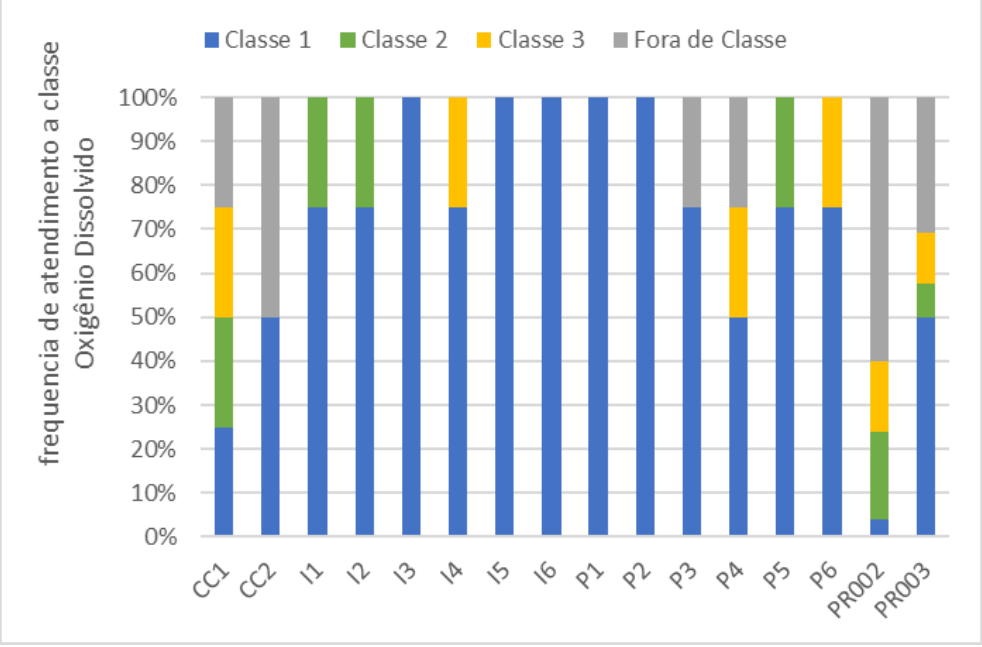
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O parâmetro pH também foi analisado nas estações de monitoramento. Em todos os pontos amostrados o pH está dentro dos valores definidos pela legislação (entre 6 e 9).

No estudo realizado nas lagoas Itaipu (I1, I2, I3, I4, I5 e I6), Piratininga (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) e no Canal de Camboatá (CC1 e CC2) pela *Hydrocience* e para os pontos de monitoramento do INEA, PR002 (Canal de Camboatá) e PR003 (Canal de Itaipu), foram realizadas análises da frequência de atendimento a classe quanto ao OD, fósforo total, coliformes termotolerantes, nitrato, nitrogênio amoniacal e pH.

A Figura 2.102 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao OD para o canal e lagoas, águas salobras. Verifica-se a predominância de valores correspondentes à classe 1, com exceção do Canal de Camboatá. No ponto CC1 do canal, há uma variação nas concentrações de OD no período monitorado, variando de 2,11 mg/L (fora de classe) a 6,32 mg/L (classe 1), no ponto CC2, 50% das amostras apresentaram concentrações de OD referentes a classe 1 e 50% valores fora de classe (menores que 3 mg/L) e no ponto PR002 (INEA) 60% das amostras apresentam-se fora de classe.

FIGURA 2.102 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



A Figura 2.103 apresenta a frequência de atendimento a classe relativo ao fósforo total para águas salobras. Verifica-se uma predominância de valores relativos à classe 3, exceto em alguns casos pontuais como os pontos I1, I2, I6 e PR003, na

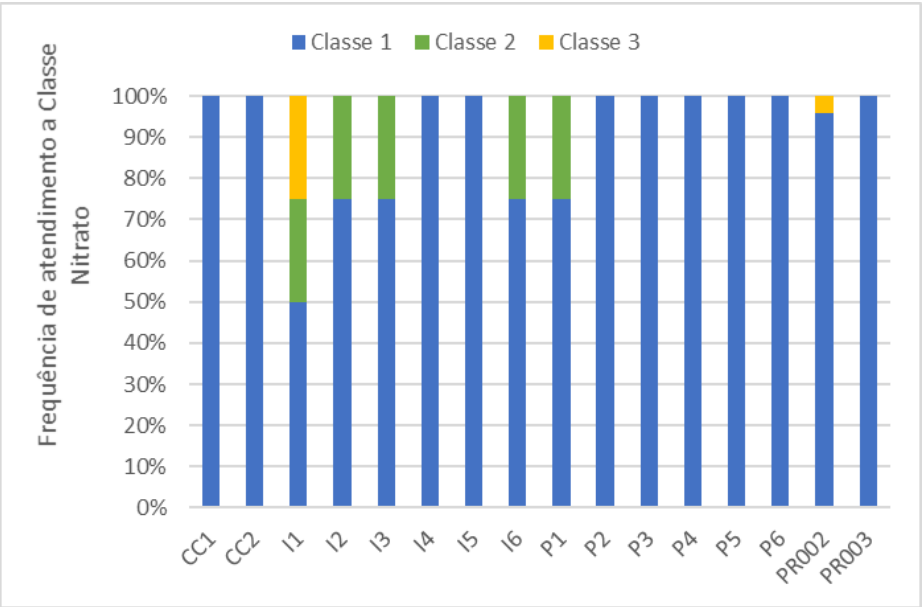
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

lagoa e canal Itaipu, que há uma predominância de valores relativos à classe 1 e classe 2.

FIGURA 2.103 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL – CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)

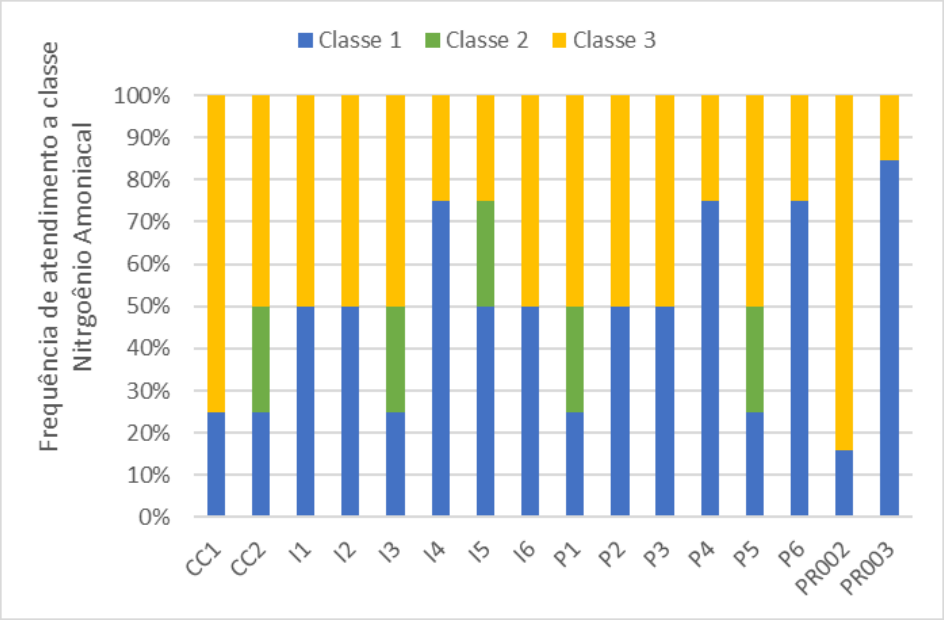
A Figura 2.104 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos ao nitrato para águas salobras. Verifica-se uma predominância de valores relativos à classe 1. Já na frequência de atendimento a classe relativos ao nitrogênio amoniacal para águas salobras (Figura 2.105), observa-se uma predominância de valores relativos à classe 3.

FIGURA 2.104- FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



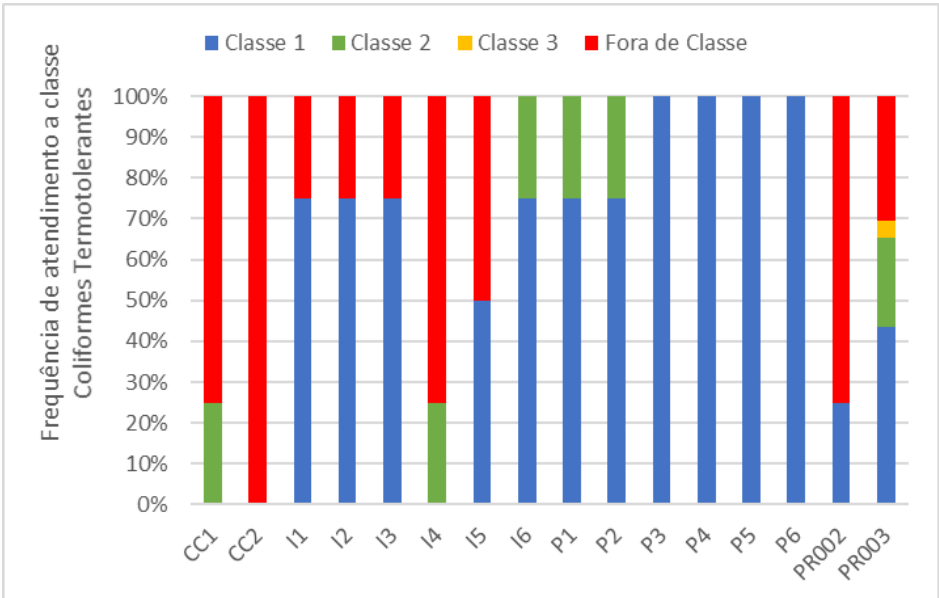
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.105 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITROGÊNIO AMONIACAL– CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



A Figura 2.106 apresenta a frequência de atendimento a classe relativo aos coliformes termotolerantes para águas salobras. Os pontos de monitoramento localizados no Canal de Camboatá e o ponto I4 na lagoa de Itaipu apresentam alta contagem de coliformes termotolerantes referentes a valores fora de classe. No ponto I5 (lagoa de Itaipu), 50% das amostras apresentam valores compatíveis com a classe 1 e 50% fora de classe. Nos demais pontos de monitoramento, as predominâncias são de valores referentes à classe 1.

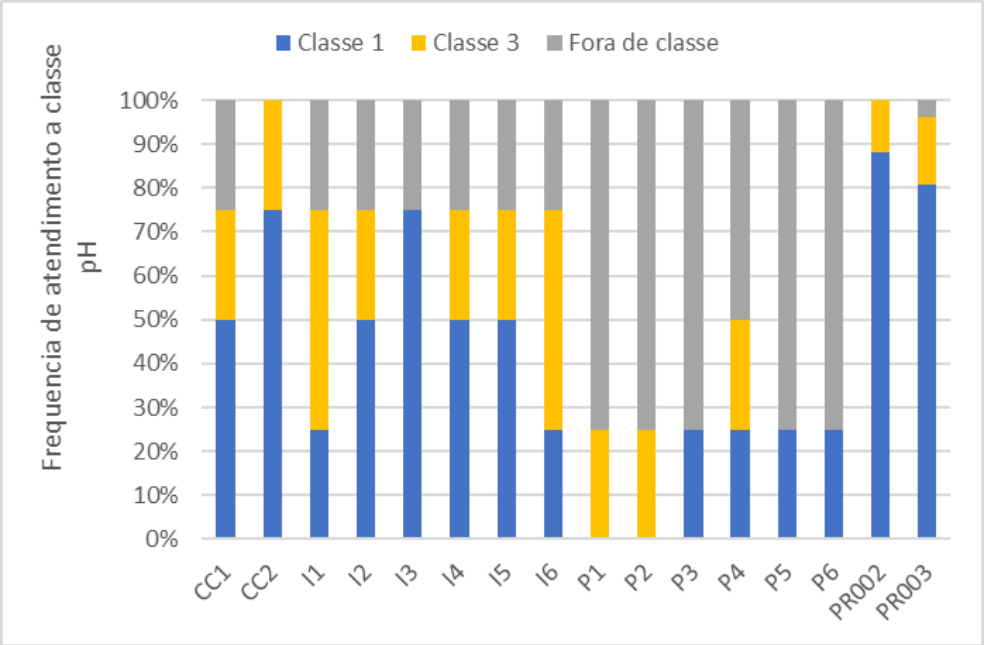
FIGURA 2.106 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.107 apresenta a frequência de atendimento a classe quanto ao pH frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. De modo geral, observa-se valores elevados de pH para a lagoa Piratininga, onde valores até 8,5 são classificados como classe 1, valores até 9 classificados como classe 3 e acima de 9 classificado como fora de classe. Já na lagoa Itaipu e Canal de Camboatá os valores de pH predominantes são aqueles classificados como classe 1, exceto para o ponto I1 em que predominam valores na faixa de classe 3.

FIGURA 2.107 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO PH – CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



A classificação das medianas para cada parâmetro avaliado, juntamente com a classificação final dos corpos hídricos monitorados na UHP V-e1, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, podem ser observadas no Quadro 2.43 (rios) e Quadro 2.44 (canal e lagoas). Pelos dados analisados todos os rios são classificados como classe 4, já o canal como classe 3 e as lagoas com predominância de classe 2.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.43 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO LOCALIZADOS NOS RIOS DA UHP V-E1, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Rio Arrozal	AZ100	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Jacaré	JC200	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio João Mendes	JM300	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio Santo Antônio	SA720	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Rio da Vala	VL350	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4

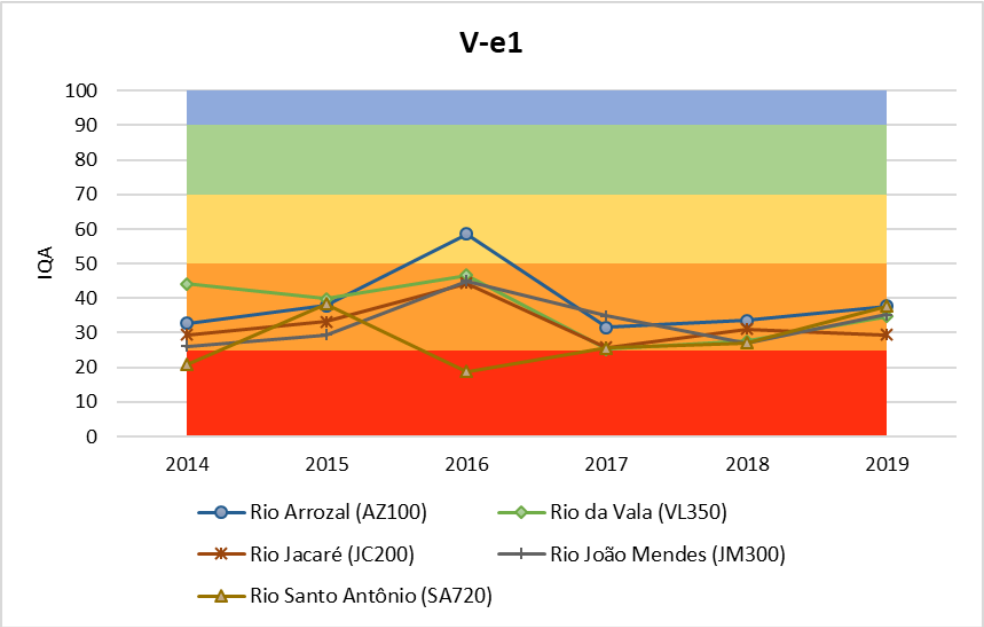
QUADRO 2.44 - CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO LOCALIZADO NO CANAL E LAGOAS DA UHP V-E1, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Canal/ Lagoa	Código	OD	Pt	Nitrato	NH_3^+	Coliformes	pH	Média
Canal de Camboatá	CC1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 3	Fora de Classe	Classe 3	Classe3
	CC2	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 3	Fora de Classe	Classe 1	Classe 3
	PR002	Fora de Classe	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Fora de classe	Classe 1	Classe 3
Lagoa Itaipu	I1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 2
	I2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 2
	I3	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 2
	I4	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Fora de Classe	Classe 1	Classe2
	I5	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Fora de Classe	Classe 3	Classe 3
	I6	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 2
Canal de Itaipu	PR003	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1
Lagoa Piratininga	P1	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Fora de classe	Classe2
	P2	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Fora de classe	Classe 2
	P3	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Fora de classe	Classe2
	P4	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 3	Classe 2
	P5	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Fora de classe	Classe 2
	P6	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Fora de classe	Classe 2

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 2.108 apresenta os valores de IQA médios anuais da UHP V-e1. Observa-se que a predominância das classificações fica na faixa de qualidade “ruim”. Pontualmente, o rio Santo Antônio apresenta faixa de “muito ruim” no monitoramento de 2014 e 2016 e o rio Arrozal qualidade “média” no ano de 2016.

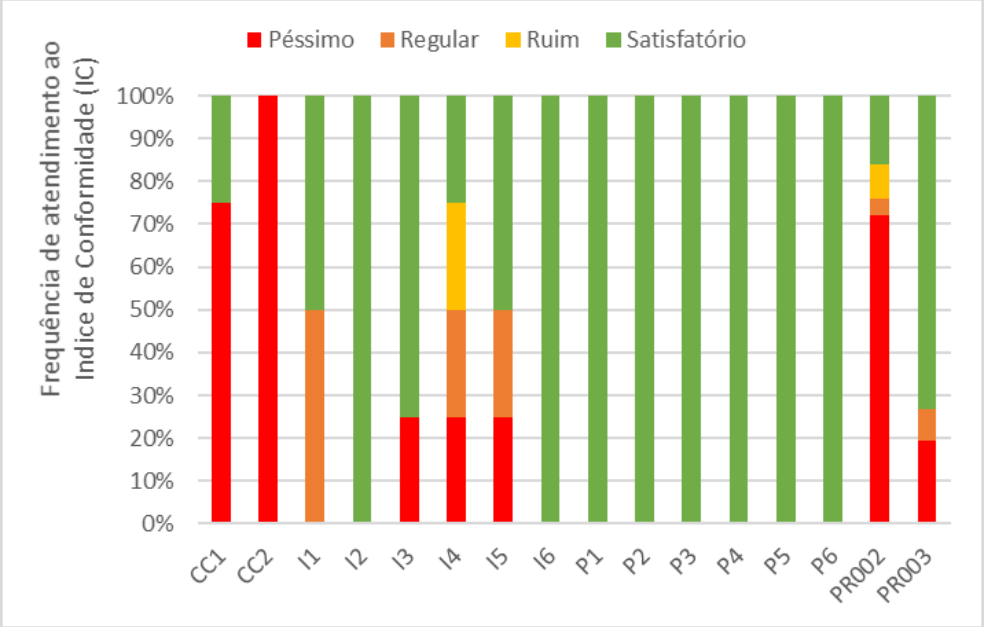
FIGURA 2.108 – IQA MÉDIOS ANUAIS – UHP V-E1 (LAGOAS DE NITERÓI)



Para o canal e lagoas foi aplicado o índice de conformidade (IC) (Figura 2.109). Observa-se que a lagoa Piratininga apresenta conformidade satisfatória, diferente do canal que se apresenta em péssima conformidade em relação à classe 2 de águas salobras da Resolução CONAMA n° 357/2005. A lagoa Itaipu apresenta de forma predominante uma conformidade satisfatória, porém em alguns pontos, como I1, I3, I4 e I5 apresenta valores referentes a conformidade ruim, regular e péssima.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.109 - FREQUÊNCIA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE PARA LAGOAS ITAIPU-PIRATININGA



2.4.3.8 UHP V-e2 (Lagoa de Maricá)

Para avaliação da qualidade da água na UHP V-e2, foram consideradas 16 estações de monitoramento em 10 corpos hídricos: canal dentro do Aeroporto de Maricá (AM000), canal do Buriche (BU010), Canal de Itaipuaçu (CI005), rio Caranguejo (CR040), rio Ludigero (LU010), rio Mombuca (MM010), lagoa de Guarapina (canal – MR000), lagoa do Padre (MR005), lagoa da Barra (MR006, MR007, MR008 e MR009) e lagoa de Maricá (MR011, MR012 e MR013). As estações são operadas pelo INEA[12] e os dados apresentados são de 2014 a 2019 (exceto para as lagoas que foi considerado dados de 2012 a 2018). Por apresentarem diferente classificação de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (água doce e salobra) os dados dos rios/canais e lagoas serão apresentados separadamente.

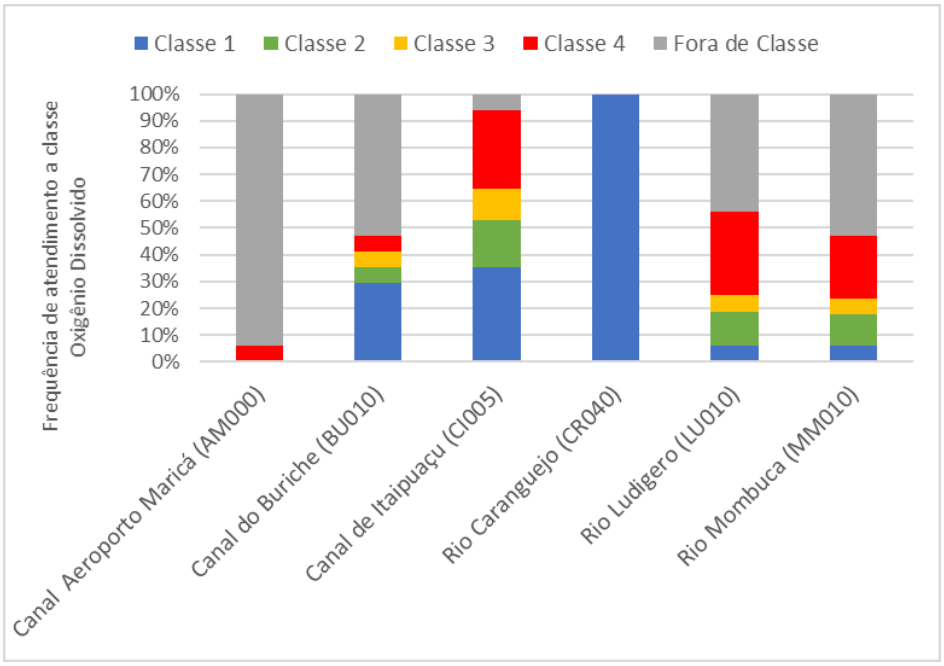
A Figura 2.110 apresenta a frequência de atendimento à classe relativa ao OD frente a Resolução CONAMA n° 357/2005. Nos pontos de monitoramento localizados no canal dentro do Aeroporto de Maricá, rio Ludigero e rio Mombuca a predominância

[12] Embora o INEA utilize a nomenclatura citada no texto para os pontos de monitoramento, representantes da UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) citaram que dento do aeroporto não há canal, mas sim a foz de um rio que faz com que o aeroporto esteja localizado entre este rio e a lagoa. Também o “canal de Itaipuaçu” recebe esse nome por localizar-se no bairro/distrito Itaipuaçu, onde se encontra o canal, entretanto o nome do canal é “canal da Costa”. Este mesmo canal, da entrada para a lagoa Brava até a lagoa de Maricá, tem o nome de canal de São Bento, e ele é a parte natural do canal. Já a parte do canal que vai da entrada para lagoa Brava até o Recanto de Itaipuaçu, aos pés da Pedra do Elefante, é artificial. Tampouco existe canal do Buriche, sendo o mesmo um rio e não canal. Assim como o “rio Ludigero” que a nomenclatura correta é “rio Ludegero”.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

é de baixas concentrações de OD, referentes à classe 4 e fora de classe. O canal do Buriche apresenta a predominância de dados relativos à fora de classe, com 30% dos dados levantados pertinentes à classe 1. No canal de Itaipuaçu há uma heterogeneidade nas informações coletadas, onde a maioria dos dados são relativos às classes 1 e 4. No rio Caranguejo todas as análises realizadas ao longo do monitoramento tiveram resultados de OD acima de 6 mg/L, representando concentrações referentes à classe 1.

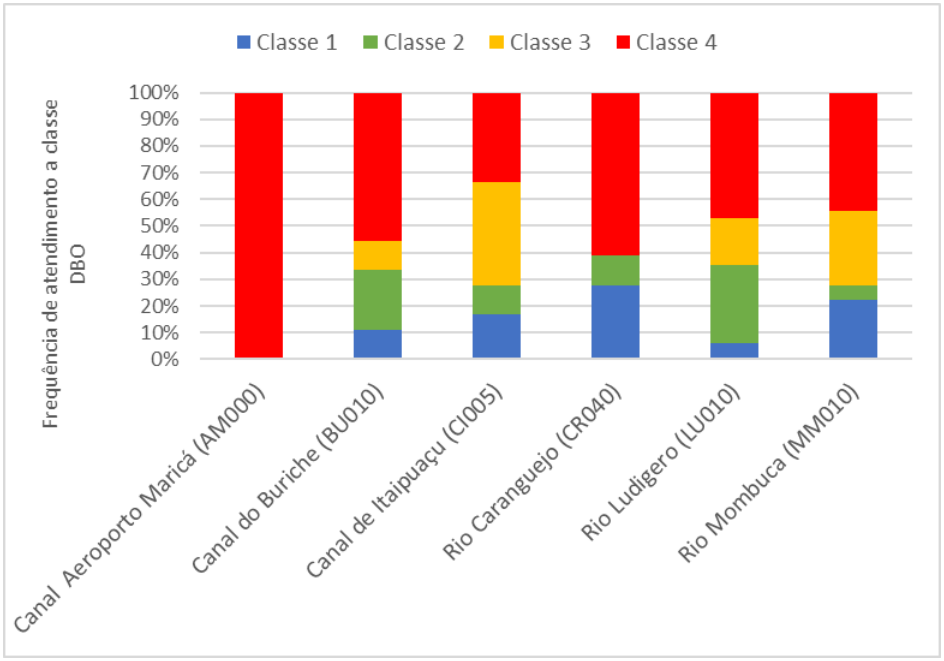
FIGURA 2.110 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO OXIGÊNIO DISSOLVIDO – UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)



A Figura 2.111 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos as concentrações de DBO detectados ao longo das campanhas amostrais. Verifica-se o predomínio da classe 4 entre as estações AM00, BU010, CR040, LU010 e MM010. No canal de Itaipuaçu (CI005), 39% dos dados coletados são referentes à classe 3 e 33% referente à classe 4.

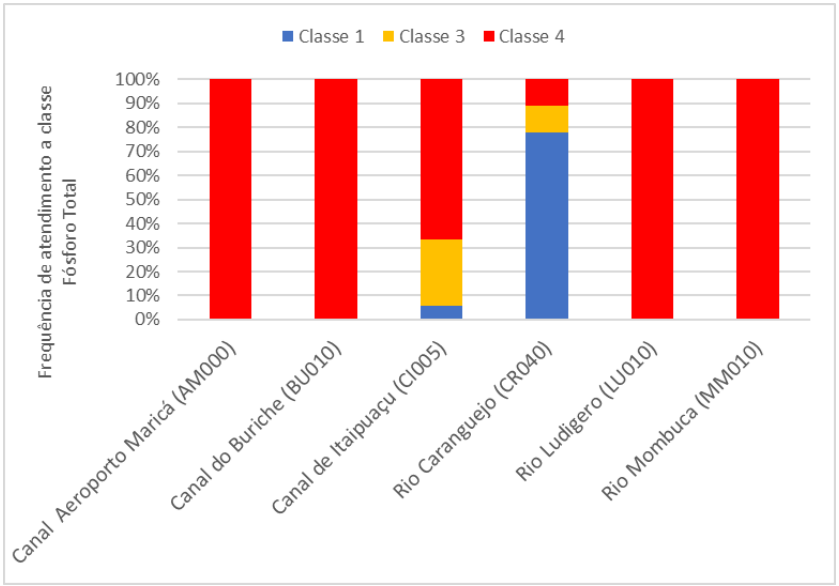
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.111 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO À DBO – UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)



A Figura 2.112 apresenta a frequência de atendimento de classe quanto ao fósforo total em relação à Resolução CONAMA nº 357/2005. Com exceção do ponto CR040, a predominância das concentrações de fósforo total é referente à classe 4. No ponto CR040 verifica-se a predominância de valores relativos à classe 1.

FIGURA 2.112 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO FÓSFORO TOTAL– UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)

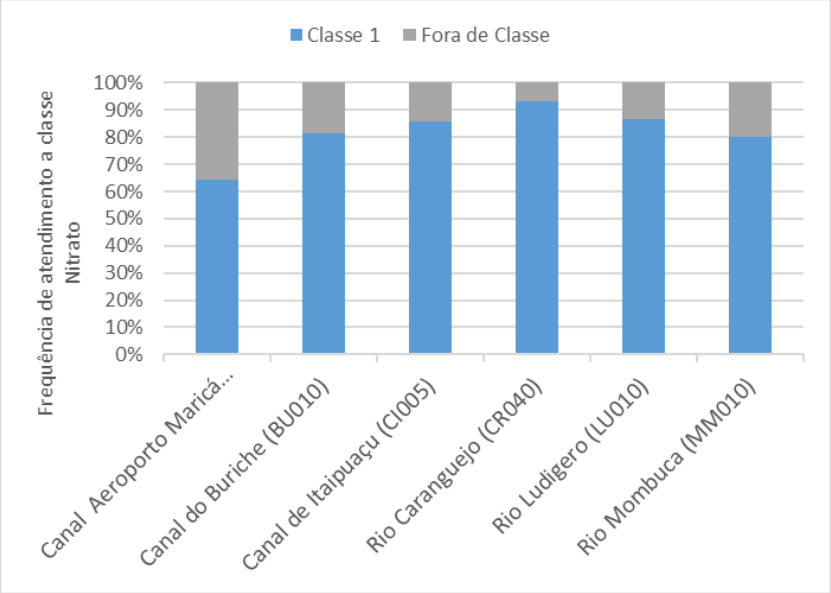


A Figura 2.113 apresenta a frequência de atendimento a classe relativos às concentrações de nitrato detectados ao longo das campanhas amostrais. Observa-se

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

a predominância de classe 1, com valores pontuais de dados fora de classe em todas as estações de monitoramento analisadas.

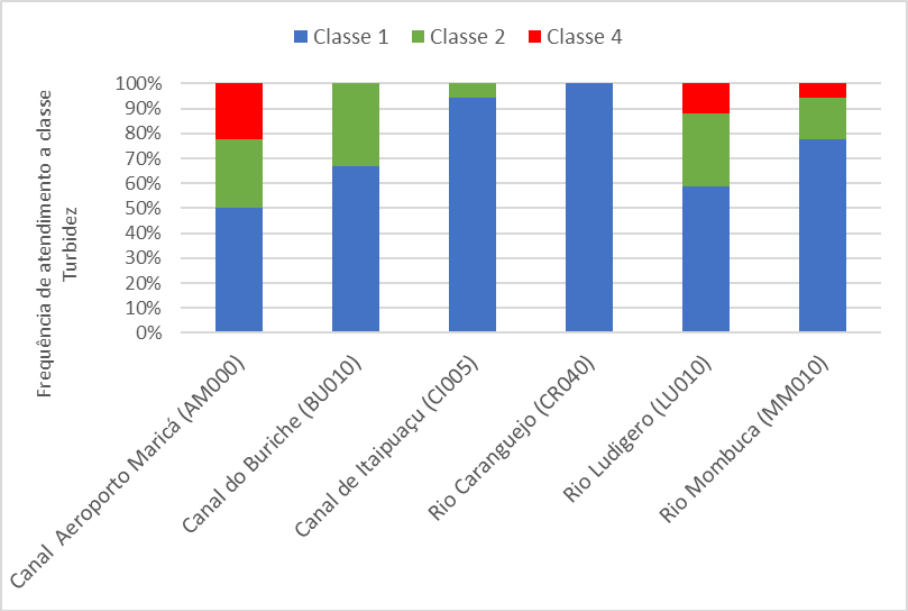
FIGURA 2.113 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AO NITRATO – UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)



A Figura 2.114 apresenta as frequências de atendimento de classe quanto à turbidez na UHP V-e2 frente à Resolução CONAMA n° 357/2005. A maioria dos dados amostrados apresenta valores correspondentes à classe1, porém em alguns pontos observa-se uma frequência significativa de valores correspondentes à classe 2, como pode ser observado nos pontos de monitoramento no canal dentro do Aeroporto de Maricá (AM000), canal do Buriche (BU010), rio Ludigero (LU010) e rio Mombuca (MM010).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

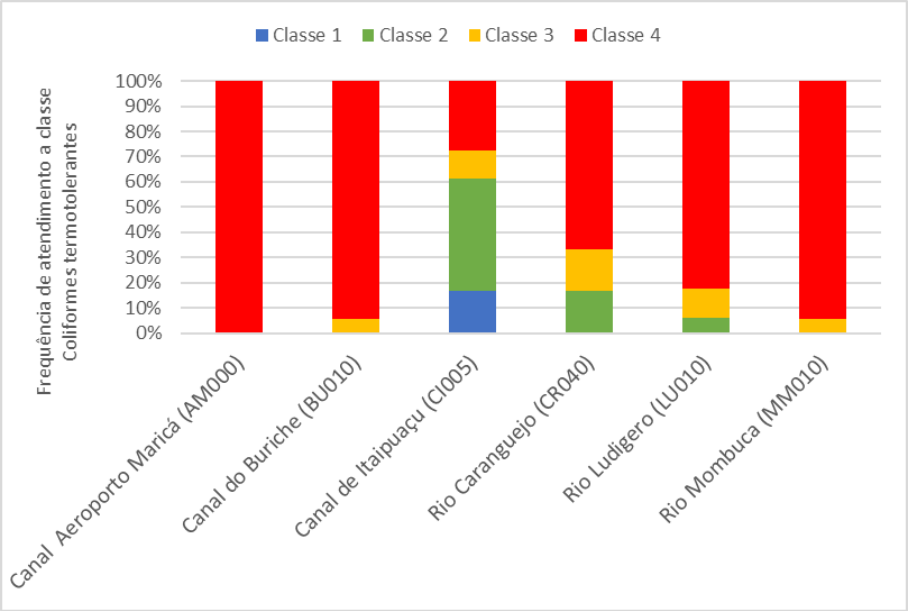
FIGURA 2.114 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO A TURBIDEZ – UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)



A Figura 2.115 apresenta a frequência de atendimento de classe quanto aos coliformes termotolerantes. Com exceção do ponto CI005, a predominância das concentrações de Coliformes Termotolerantes é referente a classe 4. No ponto CR040, canal de Itaipuaçu, 44% das amostras são referentes à classe 2, 28% referentes à classe 4 e o restante às classes 1 e 3.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.115 – FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO DE CLASSE QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES – UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)



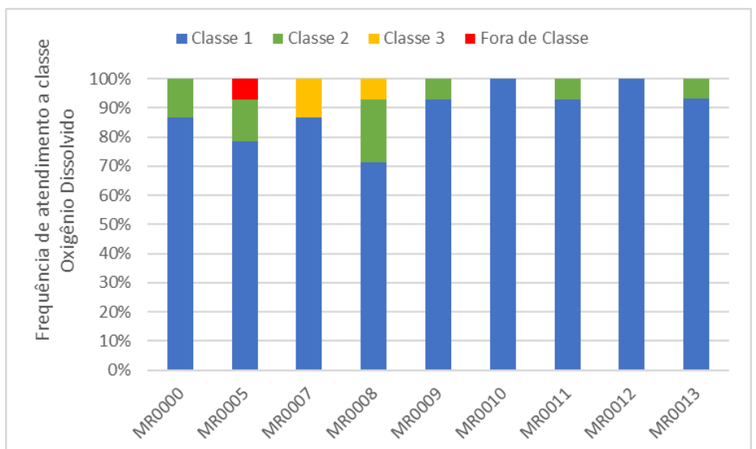
O parâmetro pH também foi analisado nas estações de monitoramento. Em todos os pontos amostrados o pH está dentro dos valores definidos pela legislação (entre 6 e 9).

Nos pontos de monitoramento das lagoas de Guarapina (canal – MR000), do Padre (MR005), da Barra (MR006, MR007, MR008, MR010 e MR009 - na Ponta da Preguiça) e de Maricá (MR011, MR012 e MR013) foram realizadas análises de frequência de atendimento à classe quanto ao OD, fósforo total, coliformes termotolerantes, nitrato, nitrogênio amoniacal e pH (Figura 2.79). Verifica-se que há a predominância de classe 1 para todos os parâmetros monitorados superficialmente na lagoa, exceto para fósforo total que a predominância é classe 3.

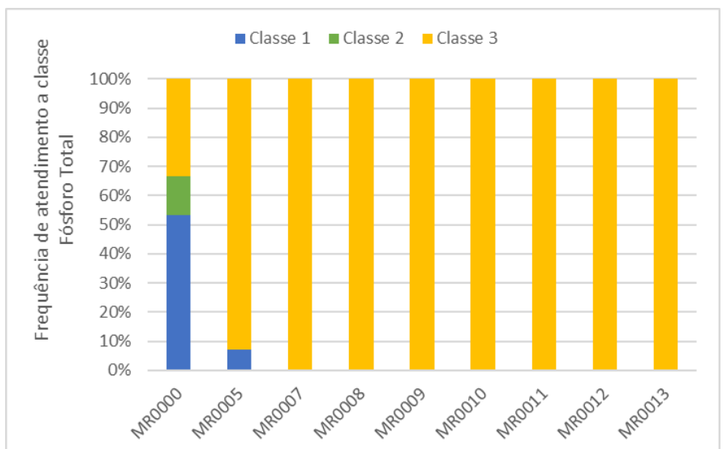
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.116 - FREQUÊNCIAS DE ATENDIMENTO A CLASSE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO, FÓSFORO TOTAL, COLIFORMES TERMOTOLERANTES, NITRATO E NITROGÊNIO AMONIACAL DAS LAGOAS DA UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)

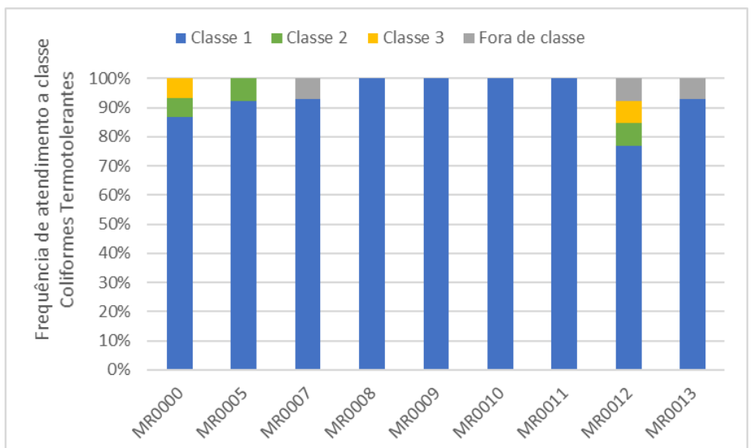
Oxigênio dissolvido



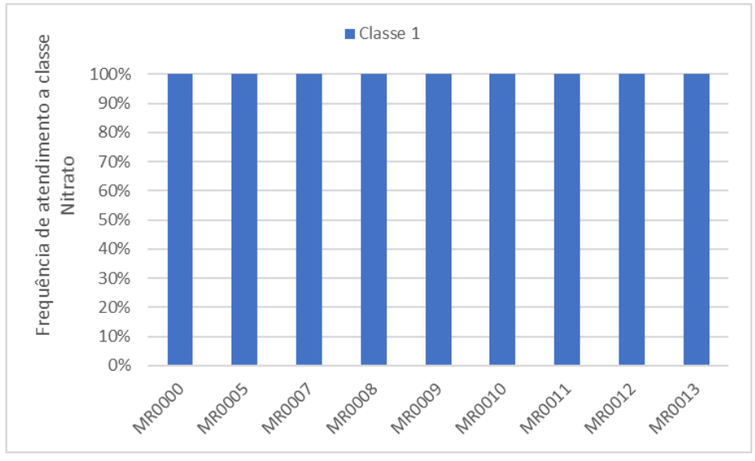
Fósforo total



Coliformes termotolerantes



Nitrato



Nitrogênio Amoniacal

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A classificação das medianas para cada parâmetro avaliado, juntamente com a classificação final dos corpos hídricos monitorados na UHP V-e2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, podem ser observadas no Quadro 2.45. Pelos dados analisados os corpos de água classificados como classe 2 são canal de Itaipuaçu e rio Caranguejo. Os rios Ludigero e Mombuca classificados como classe 3 e os canais do Aeroporto e Maricá e do Buriche classificados como classe 4.

QUADRO 2.45 – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA UHP V-E2, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

Corpo hídrico	Código	OD	DBO	Pt	Coliformes	Turbidez	Média
Canal Aeroporto de Marica	AM000	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Canal do Buriche	BU010	Fora de Classe	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 4
Canal de Itaipuaçu	CI005	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 2	Classe1	Classe 2
Rio Caranguejo	CR040	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 4	Classe1	Classe 2
Rio Ludigero	LU010	Classe 4	Classe 3	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 3
Rio Mombuca	MN010	Fora de Classe	Classe 3	Classe 4	Classe 4	Classe1	Classe 3

QUADRO 2.46 - CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO LOCALIZADO NAS LAGOAS DA UHP V-E2, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005

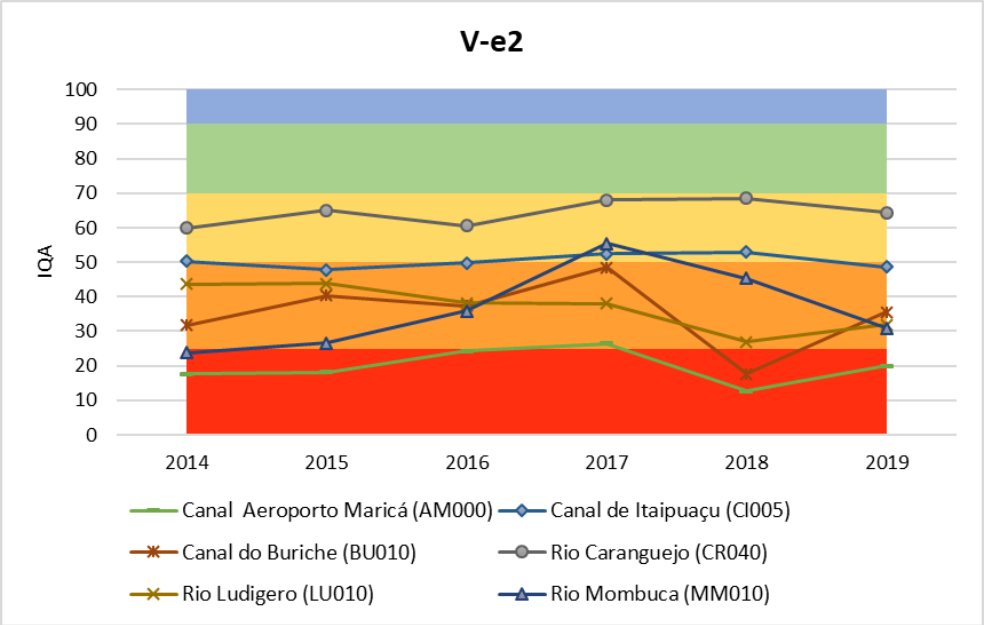
Canal/ Lagoa	Código	OD	Pt	Nitrato	NH_3^+	Coliformes	Média
Lagoa de Guarapina	MR000	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Lagoa do Padre	MR0005	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Lagoa da Barra	MR006	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	MR007	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	MR008	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	MR009	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	MR010	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Lagoa de Maricá	MR011	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	MR012	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	MR013	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1

A Figura 2.117 apresenta os valores de IQA médios anuais da UHP V-e2. Observa-se que a predominância das classificações fica na faixa de qualidade “ruim”, como são os casos no canal Buriche, rio Ludigero e rio Mombuca. O canal Aeroporto

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

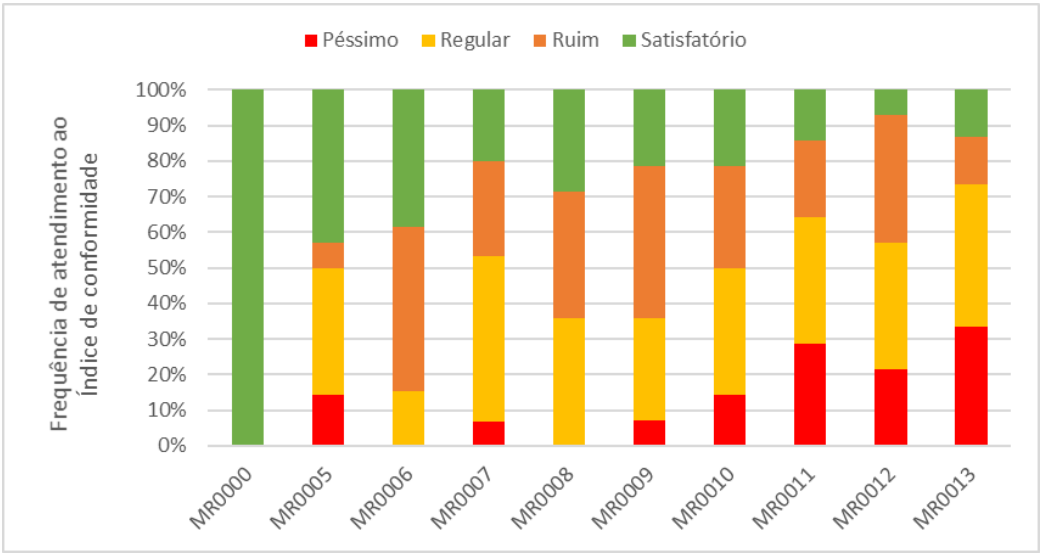
de Maricá apresenta predominância de qualidade da água na faixa de “muito ruim”, já o rio Caranguejo apresenta valores de IQA na faixa de “média”. O canal de Itaipuaçu apresenta dados variando entre qualidade “média” a “ruim” entre os anos monitorados.

FIGURA 2.117 – IQA MÉDIO ANUAIS – UHP V-E2 (LAGOA DE MARICÁ)



A Figura 2.118 apresenta a frequência de resultados do índice de conformidade (IC). Verifica-se que nos pontos de monitoramento localizados nas lagoas da Barra e Maricá a conformidade predominante é “regular” e “ruim”. Já no ponto localizado no canal da lagoa de Guarapina a conformidade é satisfatória.

FIGURA 2.118 - FREQUÊNCIA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE PARA LAGOAS GUARAPINA, DO PADRE, BARRA E MARICÁ



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.4 Síntese da qualidade da água na RH-V

O INEA possui 321 pontos de amostragem em diferentes corpos de água, como rios, baías, lagoas e reservatórios, distribuídos por todo o estado do Rio de Janeiro. Na RH-V a rede de monitoramento hídrico qualitativo é composta por 98 estações de monitoramento de qualidade da água, as quais foram utilizadas para a caracterização da água da região hidrográfica.

Além disso, na UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), existem 11 estações de monitoramento operadas pela SMAC. Nas lagoas Itaipu-Piratininga, na UHP V-e, ocorreu o monitoramento de 14 pontos amostrais entre 2018 e 2019, em estudo encomendado pela Prefeitura de Niterói e realizado pela *Hydroscience*.

Os pontos de monitoramento operados pelo INEA estão apresentados no Quadro 2.47, as estações da SMAC no Quadro 2.48 e os pontos de monitoramento conduzidos pela *Hydroscience* no Quadro 2.49. Todas as estações estão espacializadas no Mapa 4.

QUADRO 2.47 – ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA RH-V, OPERADAS PELO INEA

UHP	Código	Localização	Município	Coordenadas geográficas	
				Latitude	Longitude
V-a	BT100	Rio Bota	Belford Roxo	-22,74	-43,41
V-a	IA250	Rio Iguaçu	Duque de Caxias	-22,69	-43,37
V-a	IA260	Rio Iguaçu	Duque de Caxias	-22,73	-43,29
V-a	IA261	Rio Iguaçu	Duque de Caxias	-22,73	-43,26
V-a	IA262	Rio Iguaçu	Duque de Caxias	-22,75	-43,25
V-a	IN450	Rio Inhomirim	Magé	-22,62	-43,15
V-a	IN460	Rio Inhomirim	Magé	-22,65	-43,18
V-a	SC420	Rio Saracuruna	Duque de Caxias	-22,66	-43,25
V-a	SP300	Rio Sarapuí	Duque de Caxias	-22,75	-43,29
V-a	SP305	Rio Sarapuí	São João de Meriti	-22,77	-43,39
V-a	SP307	Rio Sarapuí	São João de Meriti	-22,76	-43,36
V-a	SP313	Rio Sarapuí	São João de Meriti	-22,79	-43,41
V-a	SR400	Rio Saracuruna	Duque de Caxias	-22,64	-43,28
V-b	AN040	Rio do Anil	Rio de Janeiro	-22,96	-43,34
V-b	CC000	Rio Cachoeira	Rio de Janeiro	-22,99	-43,30
V-b	CM220	Rio Camorim	Rio de Janeiro	-22,97	-43,41
V-b	FN090	Arroio Fundo	Rio de Janeiro	-22,95	-43,36
V-b	FN100	Arroio Fundo	Rio de Janeiro	-22,97	-43,36
V-b	GN400	Rio Guerenguê	Rio de Janeiro	-22,94	-43,38
V-b	GR140	Rio Grande	Rio de Janeiro	-22,93	-43,37
V-b	GR144	Rio Grande	Rio de Janeiro	-22,92	-43,42
V-b	MN240	Rio do Marinho	Rio de Janeiro	-22,99	-43,41

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Código	Localização	Município	Coordenadas geográficas	
				Latitude	Longitude
V-b	PN480	Rio Pavuninha	Rio de Janeiro	-22,96	-43,40
V-b	PV180	Arroio Pavuna	Rio de Janeiro	-22,97	-43,38
V-b	RT020	Rio Retiro	Rio de Janeiro	-22,97	-43,34
V-b	MR361	Lagoa de Marapendi	Rio de Janeiro	-23,02	-43,44
V-b	MR363	Lagoa de Marapendi	Rio de Janeiro	-23,01	-43,39
V-b	MR369	Lagoa de Marapendi	Rio de Janeiro	-23,01	-43,37
V-b	JC341	Lagoa de Jacarepaguá	Rio de Janeiro	-22,98	-43,40
V-b	JC342	Lagoa de Jacarepaguá	Rio de Janeiro	-22,98	-43,38
V-b	CM320	Lagoa de Camorim	Rio de Janeiro	-22,98	-43,37
V-b	TJ303	Lagoa da Tijuca	Rio de Janeiro	-23,01	-43,30
V-b	TJ306	Lagoa da Tijuca	Rio de Janeiro	-23,00	-43,32
V-c1	AC240	Rio Acarí	Rio de Janeiro	-22,81	-43,33
V-c1	AC241	Rio Acarí	Rio de Janeiro	-22,82	-43,35
V-c1	CB004	Rio Caboblo	Duque de Caxias	-22,79	-43,32
V-c1	CB005	Rio Caboblo	Duque de Caxias	-22,80	-43,31
V-c1	CH025	Rio dos Cachorros I	Rio de Janeiro	-22,82	-43,33
V-c1	CH088	Rio dos Cachorros II	Rio de Janeiro	-22,83	-43,33
V-c1	CM020	Rio Comprido	Rio de Janeiro	-22,91	-43,21
V-c1	CN100	Canal do Cunha	Rio de Janeiro	-22,88	-43,24
V-c1	FR142	Rio Farias	Rio de Janeiro	-22,87	-43,27
V-c1	IJ200	Rio Irajá	Rio de Janeiro	-22,82	-43,29
V-c1	JN820	Rio Joana	Rio de Janeiro	-22,91	-43,23
V-c1	MN000	Canal do Mangue	Rio de Janeiro	-22,90	-43,21
V-c1	MN001	Canal do Mangue	Rio de Janeiro	-22,91	-43,20
V-c1	MR040	Rio Maracanã	Rio de Janeiro	-22,91	-43,22
V-c1	MR043	Rio Maracanã	Rio de Janeiro	-22,93	-43,24
V-c1	PN180	Canal da Penha	Rio de Janeiro	-22,82	-43,28
V-c1	PV981	Rio Pavuna	São João de Meriti	-22,80	-43,37
V-c1	PV982	Rio Pavuna	São João de Meriti	-22,80	-43,35
V-c1	SJ220	Rio São João de Meriti	Duque de Caxias	-22,80	-43,29
V-c1	TR060	Rio Trapicheiro	São João de Meriti	-22,92	-43,22
V-d1	MC965	Rio Macacu	Cachoeiras de Macacu	-22,42	-42,62
V-d1	MC967	Rio Macacu	Cachoeiras de Macacu	-22,56	-42,69
V-d2	AN738	Rio Alcântara	São Gonçalo	-22,88	-43,03
V-d2	AN740	Rio Alcântara	São Gonçalo	-22,84	-43,01
V-d2	AN741	Rio Alcântara	São Gonçalo	-22,79	-43,01
V-d2	AN750	Rio Alcântara	São Gonçalo	-22,83	-43,01
V-d2	BM760	Rio Bomba	São Gonçalo	-22,86	-43,10
V-d2	CC620	Rio Caceribú	Itaboraí	-22,71	-42,81
V-d2	CC622	Rio Caceribú	Guapimirim	-22,71	-42,95
V-d2	CC625	Rio Caceribú	Tanguá	-22,73	-42,73
V-d2	CC630	Rio Caceribú	Rio Bonito	-22,67	-42,67
V-d2	GP600	Rio Guapi	Guapimirim	-22,68	-42,97
V-d2	GP601	Rio Guapi	Guapimirim	-22,68	-42,95
V-d2	GX720	Rio Guaxindiba	São Gonçalo	-22,79	-42,97

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Código	Localização	Município	Coordenadas geográficas	
				Latitude	Longitude
V-d2	IB810	Rio Imboassu	São Gonçalo	-22,80	-43,06
V-d2	IR540	Rio Iriri	Magé	-22,66	-43,08
V-d2	MG580	Rio Magé	Magé	-22,66	-43,04
V-d2	MT820	Rio Mutondo	São Gonçalo	-22,78	-42,92
V-d2	MT821	Rio Mutondo	São Gonçalo	-22,80	-43,02
V-d2	RN560	Rio Roncador	Magé	-22,66	-43,05
V-d2	SB998	Rio Soberbo	Guapimirim	-22,55	-42,98
V-d2	SR500	Rio Suruí	Magé	-22,66	-43,12
V-e1	AZ100	Rio Arrozal	Niterói	-22,94	-43,07
V-e1	JC200	Rio Jacaré	Niterói	-22,94	-43,06
V-e1	SA720	Rio Santo Antônio	Niterói	-22,95	-43,06
V-e1	JM300	Rio João Mendes	Niterói	-22,95	-43,03
V-e1	VL350	Rio da Vala	Niterói	-22,95	-43,03
V-e1	PR002	Lagoa de Piratininga (canal)	Niterói	-22,95	-43,05
V-e1	PR003	Canal de Itaipu	Niterói	-22,97	-43,07
V-e1	IT004	Lagoa de Itaipu (canal)	Niterói	-22,97	-43,04
V-e2	AM000	Canal Aeroporto de Marica	Maricá	-22,92	-42,83
V-e2	BU010	Canal do Buriche	Maricá	-22,93	-42,86
V-e2	CI005	Canal de Itaipuaçu	Maricá	-22,95	-42,89
V-e2	CR040	Rio Caranguejo	Maricá	-22,91	-42,72
V-e2	LU010	Rio Ludigero	Maricá	-22,91	-42,84
V-e2	MN010	Rio Mombuca	Maricá	-22,91	-42,82
v-E2	MR000	Lagoa de Guarapina (canal)	Maricá	-22,95	-42,69
V-e2	MR004	Lagoa do Padre	Maricá	-22,95	-42,77
V-e2	MR005	Lagoa do Padre	Maricá	-22,95	-42,79
V-e2	MR006	Lagoa da Barra	Maricá	-22,95	-42,80
V-e2	MR007	Lagoa da Barra	Maricá	-22,96	-42,81
V-e2	MR008	Lagoa da Barra	Maricá	-22,93	-42,79
V-e2	MR009	Lagoa da Barra	Maricá	-22,94	-42,81
V-e2	MR010	Lagoa da Barra	Maricá	-22,95	-42,82
V-e2	MR011	Lagoa de Maricá	Maricá	-22,95	-42,86
V-e2	MR012	Lagoa de Maricá	Maricá	-22,93	-42,84
V-e2	MR013	Lagoa de Maricá	Maricá	-22,95	-42,88

Nota: Coordenadas geográficas: Datum SIRGAS 2000.

Fonte: INEA (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.48- ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA RH-V, OPERADAS PELA SMAC

UHP	Código	Localização	Município	Coordenadas Geográficas	
				Latitude	Longitude
V-c2	LRF1	Lagoa Rodrigo de Freitas	Rio de Janeiro	-22,97	-43,21
V-c2	LRF2	Lagoa Rodrigo de Freitas	Rio de Janeiro	-22,97	-43,21
V-c2	LRF3	Lagoa Rodrigo de Freitas	Rio de Janeiro	-22,97	-43,21
V-c2	LRF4	Lagoa Rodrigo de Freitas	Rio de Janeiro	-22,98	-43,20
V-c2	LRF5	Lagoa Rodrigo de Freitas	Rio de Janeiro	-22,98	-43,21
V-c2	LRF6	Lagoa Rodrigo de Freitas	Rio de Janeiro	-22,98	-43,21
V-c2	CGG1	Canal da Rua General Garzon	Rio de Janeiro	-22,97	-43,22
V-c2	RCAB1	Rio Cabeça	Rio de Janeiro	-22,97	-43,22
V-c2	RMAC1	Rio dos Macacos	Rio de Janeiro	-22,97	-43,22
V-c2	RMAC2	Rio dos Macacos	Rio de Janeiro	-22,97	-43,22
V-c2	CJOQ1	Canal do Jóquei	Rio de Janeiro	-22,97	-43,22
V-c2	CJA1	Canal Jardim de Alah	Rio de Janeiro	-22,98	-43,21

Nota: Coordenadas geográficas: Datum SIRGAS 2000.

Fonte: SMAC (2020).

QUADRO 2.49 – PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA RH-V, REALIZADO PELA HYDROSCIENCE

UHP	Código	Localização	Município	Coordenadas Geográficas	
				Latitude	Longitude
V-e2	P1	Lagoa Piratininga	Niterói	-22,94	-43,06
V-e2	P2	Lagoa Piratininga	Niterói	-22,94	-43,07
V-e2	P3	Lagoa Piratininga	Niterói	-22,94	-43,08
V-e2	P4	Lagoa Piratininga	Niterói	-22,94	-43,09
V-e2	P5	Lagoa Piratininga	Niterói	-22,95	-43,07
V-e2	P6	Lagoa Piratininga	Niterói	-22,94	-43,07
V-e2	CC1	Canal de Camboatá	Niterói	-22,94	-43,05
V-e2	CC2	Canal de Camboatá	Niterói	-22,95	-43,05
V-e2	I1	Lagoa de Itaipu	Niterói	-22,96	-43,04
V-e2	I2	Lagoa de Itaipu	Niterói	-22,95	-43,03
V-e2	I3	Lagoa de Itaipu	Niterói	-22,96	-43,03
V-e2	I4	Lagoa de Itaipu	Niterói	-22,95	-43,04
V-e2	I5	Lagoa de Itaipu	Niterói	-22,96	-43,04
V-e2	I6	Lagoa de Itaipu	Niterói	-22,96	-43,04

Nota: Coordenadas geográficas: Datum SIRGAS 2000.

Fonte: PRO-SUSTENTÁVEL (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

REDE DE MONITORAMENTO HÍDRICO QUALITATIVO DO INEA NA RH-V

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

MAPA 04

43°30'W 43°25'W 43°20'W 43°15'W 43°10'W 43°5'W 43°W 42°55'W 42°50'W 42°45'W 42°40'W 42°35'W

22°25'S 22°30'S 22°35'S 22°40'S 22°45'S 22°50'S 22°55'S 23°S 23°5'S

Vassouras · Paty do Alferes · Paraíba do Sul · Petrópolis · Teresópolis · Nova Friburgo · Miguel Pereira · Engenheiro Paulo de Frontin · Duque de Caxias · Magé · Cachoeiras de Macacu · Silva Jardim · Nova Iguaçu · Japeri · Queimados · Belford Roxo · São João de Meriti · Mesquita · Nilópolis · Rio de Janeiro · Guapimirim · Niterói · São Gonçalo · Itaboraí · Tanguá · Rio Bonito · Saquarema · Maricá

V-a · V-b · V-c1 · V-c2 · V-d1 · V-d2 · V-e1 · V-e2

SR400 · IN450 · IN460 · SC420 · SR500 · IR540 · MG580 · RN560 · IA250 · BT100 · IA260 · SP300 · IA261 · IA262 · GN044 · GN020 · GN000 · GN060 · GN042 · GN061 · SP307 · SP305 · SP313 · CB004 · CB005 · SJ220 · GN040 · PV982 · AC240 · IJ200 · PV981 · AC241 · CH025 · CH088 · PN180 · GN043 · GN048 · GN062 · GN026 · FR142 · GN022 · GN063 · GN050 · CN100 · MN000 · CM020 · JN820 · MR043 · MR040 · MN001 · GN034 · GN064 · GN047 · GR144 · GN400 · GR140 · TR060 · GN025 · GN024 · FN090 · FN100 · RT020 · PN480 · CM220 · JC341 · CM320 · PV180 · AN040 · MN240 · JC342 · CC000 · TJ303 · TJ306 · MR361 · MR369 · MR363 · RMAC2 · RCAB1 · LRF1 · LRF2 · LRF4 · LRF5 · LRF6 · GN093 · P2 · P6 · CC2 · P4 · SA720 · VL350 · I5 · I1 · I4 · I6 · PR002 · PR003 · IT004 · I13 · I2 · GP600 · GP601 · CC622 · IB810 · AN741 · MT821 · GX720 · MT820 · AN740 · AN750 · BM760 · AN738 · SB998 · MC965 · MC967 · CC630 · CC620 · CC625 · LU010 · AM000 · BU010 · MR012 · MN010 · MR008 · CI005 · MR009 · MR006 · MR004 · MR013 · MR007 · MR000 · MR011 · MR010 · MR005 · CR040

Oceano Atlântico

LEGENDA

Estações de monitoramento da qualidade das águas interiores

Órgão responsável

- HIDROSCIENCE
- INEA
- SMAC

- Rodovia federal
- Rodovia estadual
- Ferrovia
- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual
- Área edificada

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

Minas Gerais · São Paulo · Rio de Janeiro · RH I · RH II · RH III · RH IV · RH V · RH VI · RH VII · RH VIII · RH IX

N W E S

ESCALA
1:320.000
0 2,5 5 10 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Estações monitoramento: INEA, 2019; SMAC, 2020; HIDROSCIENCE, 2020
UHP: INEA
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
UF e áreas edificadas: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP AGÊNCIA DE BACIA · Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS ENGENHARIA E CONSULTORIA

A quantidade e disposição das estações são consideradas como bem distribuídas na RH-V, conforme apresentado no Quadro 2.50. De acordo com a Resolução ANA n° 903/2012, a RH-V atende à densidade proposta (para Região 3, densidade de um ponto por 1.000 km²).

QUADRO 2.50- DENSIDADE DE PONTOS DE MONITORAMENTO NA RH-V

UHP	Nome da UHP	Área (km²)	N° de estações	Densidade (km²/estação)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1113,21	13	85,63
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	313,34	20	15,67
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	381,05	20	19,05
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	33,39	11	3,04
V-d1	Rio Macacu	1070,86	2	535,43
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba e Ilha de Paquetá	1500,28	20	75,01
V-e1	Lagoas de Niterói	54,71	7	7,82
V-e2	Lagoa de Maricá	345,7	16	21,61

Nota: Considerando as estações de monitoramento operadas pelo INEA e SMAC.
Fonte: RHA (2020).

Recentemente, o CBH-BG em seus projetos aprovou o monitoramento quali-quantitativo da água da RH-V. A ação será fundamental para complementar a rede de monitoramento existente e subsidiar as tomadas de decisões necessárias para a melhoria das condições dos corpos hídricos, em quantidade e qualidade da bacia. O referido projeto objetiva a contratação de instituição especializada para o monitoramento quali-quantitativo da água da RH-V, compreendendo o escopo de amostragem, medição da vazão, análise laboratorial de parâmetros qualitativos, sistematização e apresentação dos dados em relatórios técnicos, assim como relatórios voltados ao público leigo para realização de ações de educação ambiental, mobilização e capacitação.

O Quadro 2.51 apresenta os números de campanhas anuais em cada estação, para cada parâmetro. Em alguns anos, as estações operadas pelo INEA não realizaram o monitoramento completo em todas as estações ou em todos os parâmetros, ou seja, não respeitaram a frequência mínima de monitoramento (para Região 3, monitoramento trimestral), de acordo com a Resolução ANA n° 903/2012.

Nos dados disponibilizados pela SMAC para UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), a frequência de amostragem em 2017 foi inferior às realizadas nos demais

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

anos, devido a dificuldades burocráticas e mudança de governo. Desta forma, em 2017 o monitoramento ocorreu apenas nos meses de outubro, novembro e dezembro.

Por não apresentarem monitoramento de vazão, não é possível a obtenção da carga de poluente.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 2.51 – NÚMERO DE CAMPANHAIS ANUAIS EM CADA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
V-a	BT100	Rio Bota	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IA250	Rio Iguaçu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IA260	Rio Iguaçu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IA261	Rio Iguaçu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IA262	Rio Iguaçu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IN450	Rio Inhomirim	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IN460	Rio Inhomirim	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SC420	Rio Saracuruna	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SP300	Rio Sarapuí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SP305	Rio Sarapuí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SP307	Rio Sarapuí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	2	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SP313	Rio Sarapuí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SR400	Rio Saracuruna	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
V-b	AN040	Rio do Anil	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CC000	Rio Cachoeira	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CM220	Rio Camorim	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CM320	Lagoa de Camorim	2014	0	10	7	10	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
			2015	0	11	3	10	0	0	11	0	0	0	0	11	0	0	0	0
			2016	0	9	8	9	0	0	8	0	0	0	0	9	0	0	0	0
			2017	0	6	4	6	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
			2018	0	5	3	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
			2019	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	FN090	Arroio Fundo	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	FN100	Arroio Fundo	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	GN400	Rio Guerenguê	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
	GR140	Rio Grande	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	GR144	Rio Grande	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	JC341	Lagoa de Jacarepaguá	2014	0	6	4	6	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
			2015	0	3	1	2	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JC342	Lagoa de Jacarepaguá	2014	0	10	7	10	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
			2015	0	11	3	10	0	0	11	0	0	0	0	11	0	0	0	0
			2016	0	9	8	9	0	0	8	0	0	0	0	9	0	0	0	0
			2017	0	6	4	6	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
			2018	0	5	3	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
			2019	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	MN240	Rio do Marinho	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MR361	Lagoa de Marapendi	2014	0	10	7	10	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
			2015	0	11	3	11	0	0	11	0	0	0	0	11	0	0	0	0
			2016	0	9	8	9	0	0	8	0	0	0	0	9	0	0	0	0
			2017	0	6	4	6	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
			2018	0	5	3	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
			2019	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	MR363	Lagoa de Marapendi	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	3	1	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR369	Lagoa de Marapendi	2014	0	10	7	10	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
			2015	0	11	3	11	0	0	11	0	0	0	0	11	0	0	0	0
			2016	0	9	8	9	0	0	8	0	0	0	0	9	0	0	0	0
			2017	0	6	4	6	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
			2018	0	5	3	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
			2019	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	PN480	Rio Pavuninha	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	PV180	Arroio Pavuna	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	RT020	Rio Retiro	2014	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	TJ303	Lagoa da Tijuca	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TJ306	Lagoa da Tijuca	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V-c1	AC240	Rio Acarí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	AC241	Rio Acarí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CB004	Rio Caboblo	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CB005	Rio Caboblo	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CH025	Rio dos Cachorros I	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CH088	Rio dos Cachorros II	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CM020	Rio Comprido	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CN100	Canal do Cunha	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	FR142	Rio Farias	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IJ200	Rio Irajá	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	JN820	Rio Joana	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MN000	Canal do Mangue	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MN001	Canal do Mangue	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MR040	Rio Maracanã	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MR043	Rio Maracanã	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2016	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	PN180	Canal da Penha	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	PV981	Rio Pavuna	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	PV982	Rio Pavuna	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SJ220	Rio São João de Meriti	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	TR060	Rio Trapicheiro	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
V-c2	CGG1	Canal da General Garzon	2014	12	12	0	53	53	53	53	0	53	53	53	53	12	12	12	12
			2015	12	12	0	51	51	51	52	0	51	51	52	50	12	12	12	12
			2016	12	12	0	49	49	49	49	0	49	49	49	49	12	12	12	12
			2017	3	3	0	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	3	3	3
			2018	16	16	0	52	52	52	52	0	52	52	52	52	16	16	16	16
			2019	13	13	0	51	51	51	51	0	51	51	51	51	13	13	13	13
	CJA1		2014	12	12	0	53	53	53	53	0	53	53	53	53	12	12	12	12

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
		Canal Jardim de Alah	2015	12	12	0	51	51	51	51	0	51	51	51	50	12	12	12	12
			2016	12	12	0	49	49	49	49	0	49	49	49	49	12	12	12	12
			2017	3	3	0	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	3	3	3
			2018	16	16	0	52	52	52	52	0	52	52	52	52	16	16	16	16
			2019	13	13	0	51	51	51	51	0	51	51	51	51	13	13	13	13
	CJOQ1	Canal do Jóquei	2014	12	12	0	53	53	53	53	0	53	53	53	53	12	12	12	12
			2015	12	12	0	51	51	51	52	0	51	50	52	50	12	12	12	12
			2016	12	12	0	49	49	49	49	0	49	49	49	49	12	12	12	12
			2017	3	3	0	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	3	3	3
			2018	16	16	0	52	52	52	52	0	52	52	52	52	16	16	16	16
			2019	15	15	0	53	53	53	53	0	53	53	53	53	15	15	15	15
	LRF1	Lagoa Rodrigo de Freitas	2014	0	102	102	106	107	104	104	0	107	107	104	102	0	0	0	0
			2015	0	100	100	102	102	102	101	0	102	102	101	100	0	0	0	0
			2016	0	96	96	98	98	98	96	0	98	98	96	96	0	0	0	0
			2017	0	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0
			2018	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
			2019	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
	LRF2	Lagoa Rodrigo de Freitas	2014	0	102	102	106	107	104	104	0	107	107	104	102	0	0	0	0
			2015	0	100	100	102	102	102	101	0	102	102	101	98	0	0	0	0
			2016	0	96	96	98	98	98	96	0	98	98	96	96	0	0	0	0
			2017	0	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0
			2018	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
			2019	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
	LRF3	Lagoa Rodrigo de Freitas	2014	0	102	102	106	107	104	104	0	107	107	104	102	0	0	0	0
			2015	0	100	100	102	102	102	101	0	102	102	101	100	0	0	0	0
			2016	0	96	96	98	98	98	96	0	98	98	96	96	0	0	0	0
			2017	0	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0
			2018	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
			2019	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
	LRF4	Lagoa Rodrigo de Freitas	2014	0	102	102	106	107	104	104	0	107	107	104	102	0	0	0	0
			2015	0	100	100	102	102	102	101	0	102	102	101	100	0	0	0	0
			2016	0	96	96	98	98	98	96	0	98	98	96	96	0	0	0	0
			2017	0	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0
			2018	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
			2019	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
	LRF5	Lagoa Rodrigo de Freitas	2014	0	102	102	106	107	104	104	0	107	107	104	102	0	0	0	0
			2015	0	100	100	102	102	102	101	0	102	102	101	100	0	0	0	0
			2016	0	96	96	98	98	98	96	0	98	98	96	96	0	0	0	0
			2017	0	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0
			2018	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
			2019	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
	LRF6	Lagoa Rodrigo de Freitas	2014	0	102	102	106	107	104	104	0	107	107	104	102	0	0	0	0
			2015	0	100	100	102	102	102	101	0	102	102	101	100	0	0	0	0
			2016	0	96	96	98	98	98	96	0	98	98	96	96	0	0	0	0
			2017	0	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0
			2018	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
			2019	0	103	103	103	103	103	103	0	103	103	103	103	0	0	0	0
	RCAB1	Rio Cabeça	2014	12	12	0	53	53	53	53	0	53	53	53	53	12	12	12	12
			2015	12	12	0	51	51	51	52	0	51	51	52	50	12	12	12	12
			2016	12	12	0	49	49	49	49	0	49	49	49	49	12	12	12	12
			2017	3	3	0	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	3	3	3
			2018	16	16	0	52	52	52	52	0	52	52	52	52	16	16	16	16
			2019	15	15	0	53	53	53	53	0	53	53	53	53	15	15	15	15
	RMAC1	Rio dos Macacos	2014	6	6	0	53	53	24	53	0	27	27	53	24	6	6	6	6
			2015	2	2	0	51	51	4	52	0	8	4	52	2	0	2	2	2
			2016	0	0	0	49	49	3	49	0	13	3	49	3	0	0	0	0
			2017	3	3	0	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	3	3	3
			2018	16	16	0	52	52	52	52	0	52	52	52	52	16	16	16	16
			2019	13	13	0	51	51	51	51	0	51	51	51	51	13	13	13	13
	RMAC2	Rio dos Macacos	2014	6	6	0	29	29	29	29	0	29	29	29	29	6	6	6	6
			2015	12	12	0	51	51	51	51	0	51	51	51	50	12	12	12	12
			2016	12	12	0	49	49	46	49	0	47	46	49	46	12	12	12	12
			2017	3	3	0	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	3	3	3
			2018	16	16	0	52	52	52	52	0	52	52	52	52	16	16	16	16
			2019	13	13	0	51	51	51	51	0	51	51	51	51	13	13	13	13
V-d1	MC965	Rio Macacu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MC967	Rio Macacu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
V-d2	AN738	Rio Alcântara	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	AN740	Rio Alcântara	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	AN741	Rio Alcântara	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	AN750	Rio Alcântara	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	BM760	Rio Bomba	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CC620	Rio Caceribú	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CC622	Rio Caceribú	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CC625	Rio Caceribú	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CC630	Rio Caceribú	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	GP600	Rio Guapi	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	2	2	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	GP601	Rio Guapi	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	GX720	Rio Guaxindiba	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IB810	Rio Imboassu	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IR540	Rio Iriri	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MG580	Rio Magé	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MT820	Rio Mutondo	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MT821	Rio Mutondo	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RN560	Rio Roncador	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SB998	Rio Soberbo	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	SR500	Rio Suruí	2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	2	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
V-e1	AZ100	Rio Arrozal	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	IT004	Lagoa de Itaipú (canal)	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JC200	Rio Jacaré	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	JM300	Rio João Mendes	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	PR002	Lagoa de Piratininga (Canal do Camboatá)	2014	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2015	3	3	1	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2018	1	1		1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2019	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	PR003	Lagoa de Itaipú	2014	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2015	3	3	1	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2017	2	2	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2018	3	3		3	3	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SA720	Rio Santo Antônio	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	VL350	Rio da Vala	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
			2017	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2018	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CC1		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
		Canal de Camboatá	2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	CC2	Canal de Camboatá	2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	I1	Lagoa Itaipu	2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	I2		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	I3		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	I4		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	I5		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	I6		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	P1	Lagoa Piratininga	2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	P2		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	P3		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	P4		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	P5		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
	P6		2018	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
			2019	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	2	0
V-e2	AM000	Canal Aeroporto de Marica	2014	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	BU010	Canal do Buriche	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CI005		2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
		Canal de Itaipuaçu	2015	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	CR040	Rio Caranguejo	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	LU010	Rio Ludigero	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MM010	Rio Mombuca	2014	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2015	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2016	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
			2017	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
			2018	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
			2019	4	4	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	MR000	Lagoa de Guarapina (canal)	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	1	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR004	Lagoa do Padre	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR005	Lagoa do Padre	2014	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	1	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
	MR006	Lagoa da Barra	2014	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR007	Lagoa da Barra	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	2	2	1	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR008	Lagoa da Barra	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR009	Lagoa da Barra	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR010	Lagoa da Barra	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR011	Lagoa de Maricá	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR012	Lagoa de Maricá	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

UHP	Estação	Localização	Ano	DBO	P_t	NO_3^-	OD	pH	TD	Coli.	SDT	T	Sal.	CT	NH_3^+	N_{total}	DQO	SS	MBAS
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MR013	Lagoa de Maricá	2014	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
			2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			2018	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda:	
	Atende a resolução ANA n°903/2012, respeitando campanhas trimestrais.
	Não atende a resolução ANA n°903/2013, apresentando menos de 4 campanhas anuais.
	Sem dados.

Nota: DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; P_t: Fósforo Total; NO_3^-: Nitrato; OD: Oxigênio Dissolvido; TD: Turbidez; Coli.: Coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli*; SDT: Sólidos dissolvidos Totais; T: Temperatura; Sal.: Salinidade; CT: Coliformes totais; NH_3^+: Nitrogênio Amoniacal; N_{total}: Nitrogênio Total; DQO: Demanda química de oxigênio; SS: Sólidos Sedimentáveis; MBAS: substâncias ativas ao azul de metileno (surfactantes).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.5 Discussão dos resultados apresentadas da qualidade da água na RH-V

2.4.5.1 Considerações sobre rios

Observa-se, de modo geral, que a água superficial da RH-V se encontra degradada em termos de qualidade da água. Os parâmetros monitorados, como OD, coliformes termotolerantes e DBO, são os principais indicativos de contaminação antrópica, principalmente por efluentes domésticos. Não só a falta de tratamento de esgoto, como as ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem urbana, contribui para a degradação dos corpos hídricos da RH-V. Esses, por sua vez, desembocam na Baía de Guanabara e nos Sistemas Lagunares, que também se apresentam com qualidade comprometida. Mesmo no município de Niterói, que apresenta níveis notórios de saneamento, a poluição nos rios e lagoas é evidente, indicando a presença irregular de esgoto domésticos ou ETEs ineficientes em seus tratamentos.

O Mapa 5 apresenta uma síntese da qualidade da água na RH-V, por meio do indicador IQA. De forma geral, em termos médios anuais no período analisado, a qualidade está predominante nas faixas definidas como de “ruim” e “muito ruim”.

Na porção oeste da bacia, que engloba as UHPs V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) e V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), há uma degradação maior na qualidade da água, com faixas de IQA de “ruim” a “muito ruim”. A péssima qualidade da água da porção oeste reflete na qualidade da água da Baía de Guanabara (Figura 2.4), onde pontos de monitoramento do lado oeste da Baía apresentam qualidade “muito ruim”, segundo o IQA_{cmme}.

Na porção leste, algumas regiões apresentam uma boa qualidade da água, como o rio Macacu na UHP V-d1, o qual apresenta uma qualidade de água “média” a “boa”, de acordo com o IQA. O rio Macacu, além de estar em uma área de proteção ambiental, é o principal abastecedor da porção leste da bacia e por esta razão sua qualidade deve ser mantida. Em comparação, as outras UHPs da porção leste (V-d2 - Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá, V-e1 - Lagoas de Niterói e V-e2 - Lagoa de Maricá) possuem valores de IQA correspondentes à qualidade “ruim” a “média”, apresentando, dessa forma, uma qualidade mais deteriorada e evidenciada pelos baixos índices de coleta e tratamento de esgoto da região.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A classe predominante dos corpos de água segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 foi verificada para cada um dos pontos de monitoramento. A quantidade de rios em cada uma das classes de qualidade da água de cada UHP está apresentada na Figura 2.119.

Observa-se que nas UHPs da porção oeste (V-a, V-b, V-c1 e V-c2) a maioria dos corpos hídricos apresenta características de classe 4 que, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, são águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Em comparação, na porção leste (UHPs V-d1, V-d2, V-e1 e V-e2) as águas superficiais apresentam melhor qualidade, exceto os pontos de monitoramento de rios de Niterói, que são classificados como classe 4. Rios de classe 2 podem ter suas águas destinadas ao abastecimento público, após tratamento convencional, já as águas classificadas como classe 3 necessitam de tratamento convencional ou avançado.

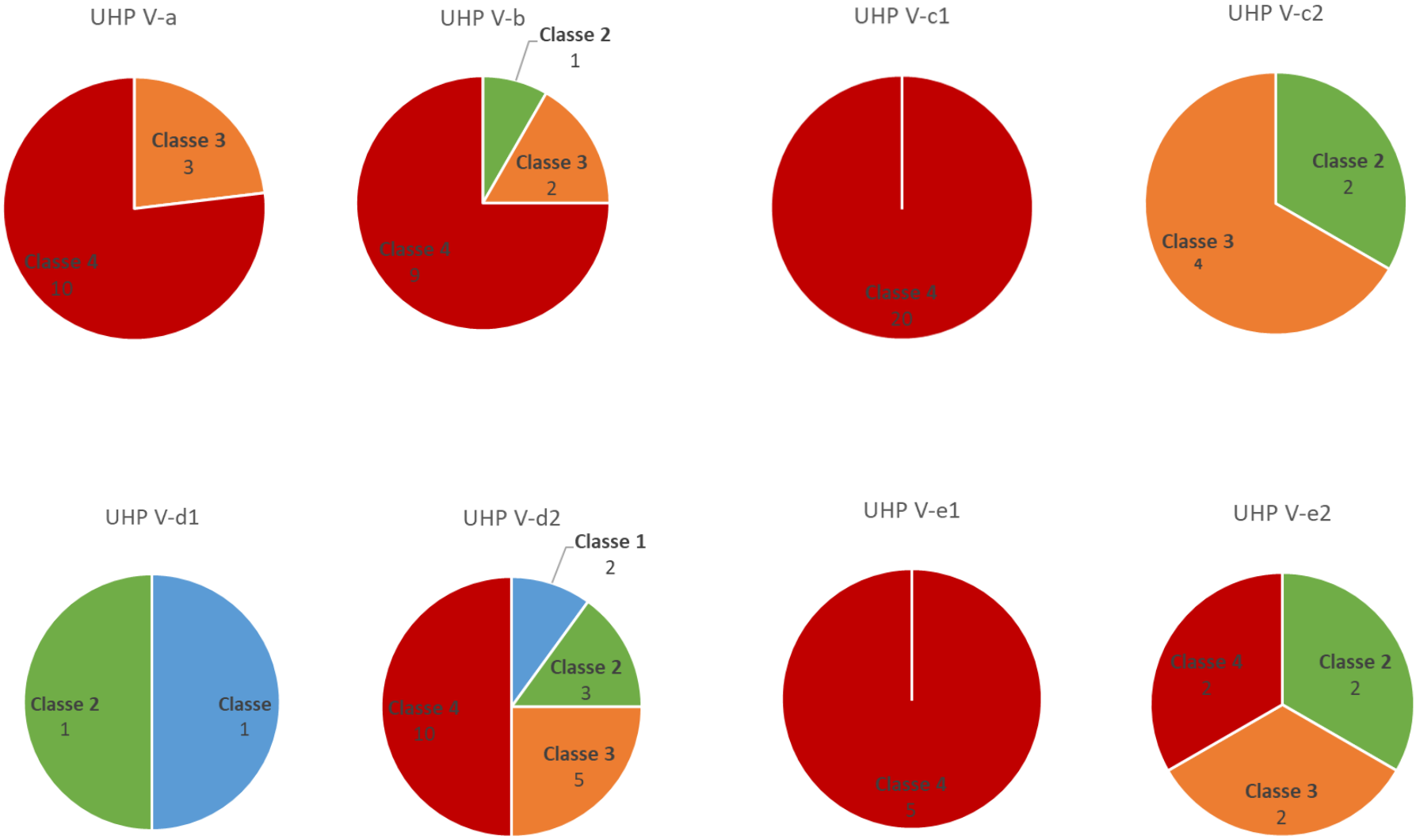
Cabe destacar que a classificação dos rios segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 apresentada apenas indica as classes preponderantes dos parâmetros monitorados nos últimos cinco anos, representando a situação atual da qualidade dos rios. Portanto, a classificação apresentada difere do enquadramento dos corpos hídricos, o qual é o estabelecimento de meta ou objetivo de qualidade da água a ser alcançada ou mantida, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo. Nesse sentido, o RP-05 – “Relatório da reformulação das diretrizes para implementação dos instrumentos de gestão” do PRH-BG apresentará as diretrizes para o enquadramento dos rios da RH-V.

Também, os parâmetros monitorados evidenciam, principalmente, a contaminação por efluentes domésticos. Outras fontes de poluição, como industrial ou agropecuária, podem não ser evidenciadas na área de estudo devido aos parâmetros monitorados.

.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 2.119 – QUANTIDADE DE RIOS EM CADA CLASSE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CADA UHP



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2.4.5.1 Considerações sobre canais/lagoas

Em relação à água superficial dos Sistemas Lagunares foi utilizado o Índice de Conformidade (IC) do INEA, que indica se as águas estão em conformidade com as características de água salobra classe 2, as quais podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário. Para isto, foram considerados os parâmetros ambientais de qualidade da água de relevância quanto à possibilidade de contaminação por despejos domésticos.

A Figura 2.120 apresenta os ICs agrupados por UHP em todas as coletas realizadas. De modo geral, observa-se que as lagoas da UHP V-b (lagoas de Marapendi, Tijuca, Camorim e Jacarepaguá) apresentam qualidade inferior às demais lagoas, o que pode indicar a fragilidade na coleta e tratamento de esgoto doméstico da região.

Já a Lagoa Rodrigo de Freitas (UHP V-c1) é a lagoa que esteve em maior conformidade com a classe 2 de água salobras da Resolução CONAMA n° 357/2005. Na Lagoa Rodrigo de Freitas há um sistema de comportas que evitam a entrada da água dos rios Cabeças e dos Macacos, o que contribui para sua preservação.

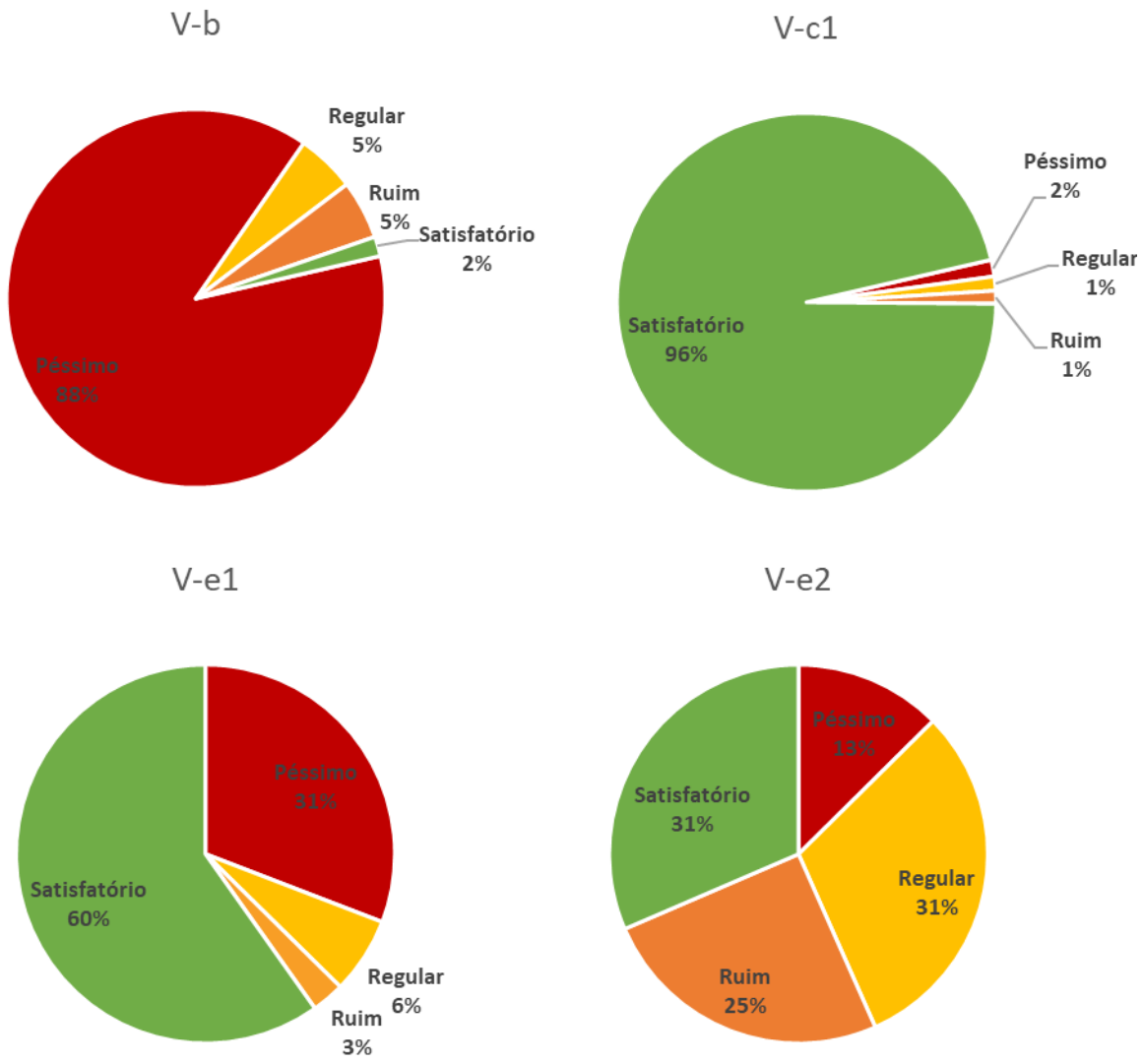
Na UHP V-e1 (lagoas de Itaipu e Piratininga e o Canal de Camboatá) a conformidade “péssima” apresentada Figura 2.120 ocorre principalmente no Canal de Camboatá. A lagoa de Itaipu também demostrou conformidade “péssima” e “regular” em alguns dos pontos de monitoramento. Cabe destacar que a ETE Camboinhas lança o efluente tratado no Canal Camboatá (lagoa de Itaipu) e a ETE Itaipu lança na lagoa de Itaipu. Mesmo que essas ETEs utilizem tratamento terciário, os resultados podem ser indicativos que elas não são eficientes.

A UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) apresenta uma variabilidade nos resultados do IC. Das lagoas monitoradas, a lagoa de Guarapina e a lagoa do Padre apresentaram melhores conformidades, em comparação com as lagoas da Barra e de Maricá. Os dados de monitoramento da lagoa de Maricá possuem apenas períodos amostrais de 2012 a 2014 e 2018, e dessa forma as falhas podem prejudicar as análises de qualidade, em comparação às outras lagoas com períodos de monitoramento mais completos. Cabe destacar que Maricá é o município da RH-V que apresenta as maiores taxas de crescimento, que juntamente com os baixos índices de coleta de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

tratamento de esgoto, indicam que as informações apresentadas não representam a realidade da qualidade da água do sistema lagunar.

FIGURA 2.120 – ÍNDICE DE CONFORMIDADE AGRUPADOS POR UHP



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

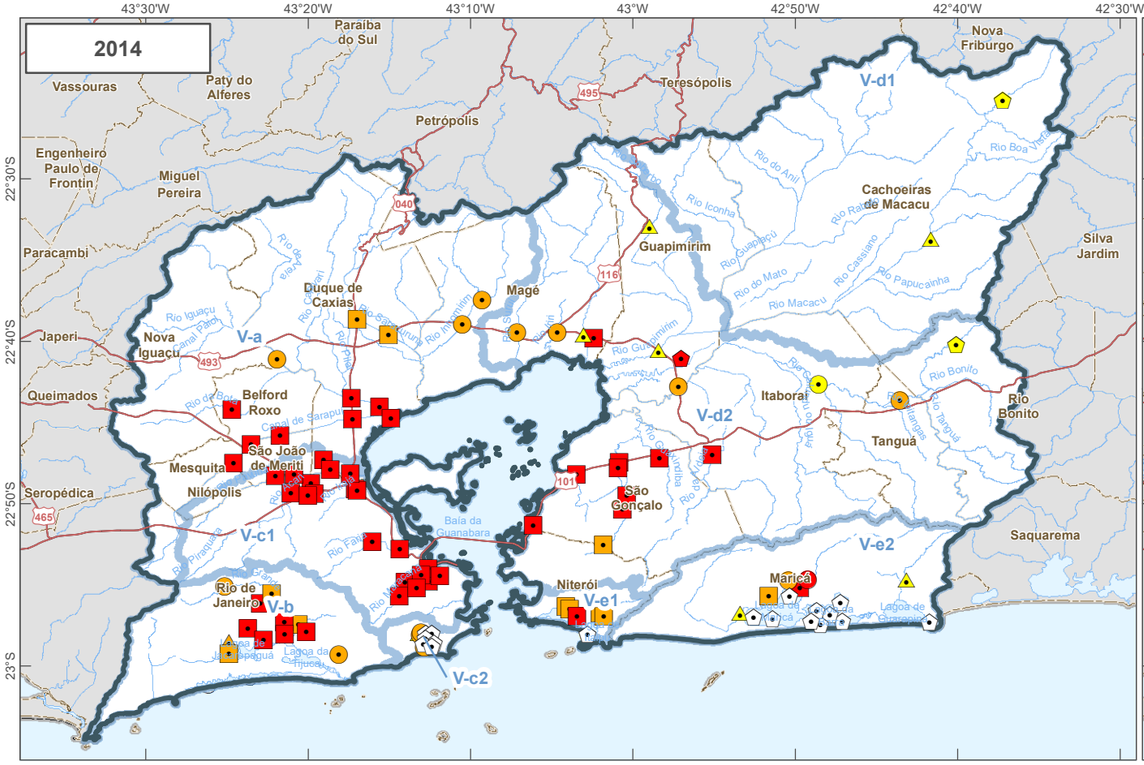
QUALIDADE DA ÁGUA

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

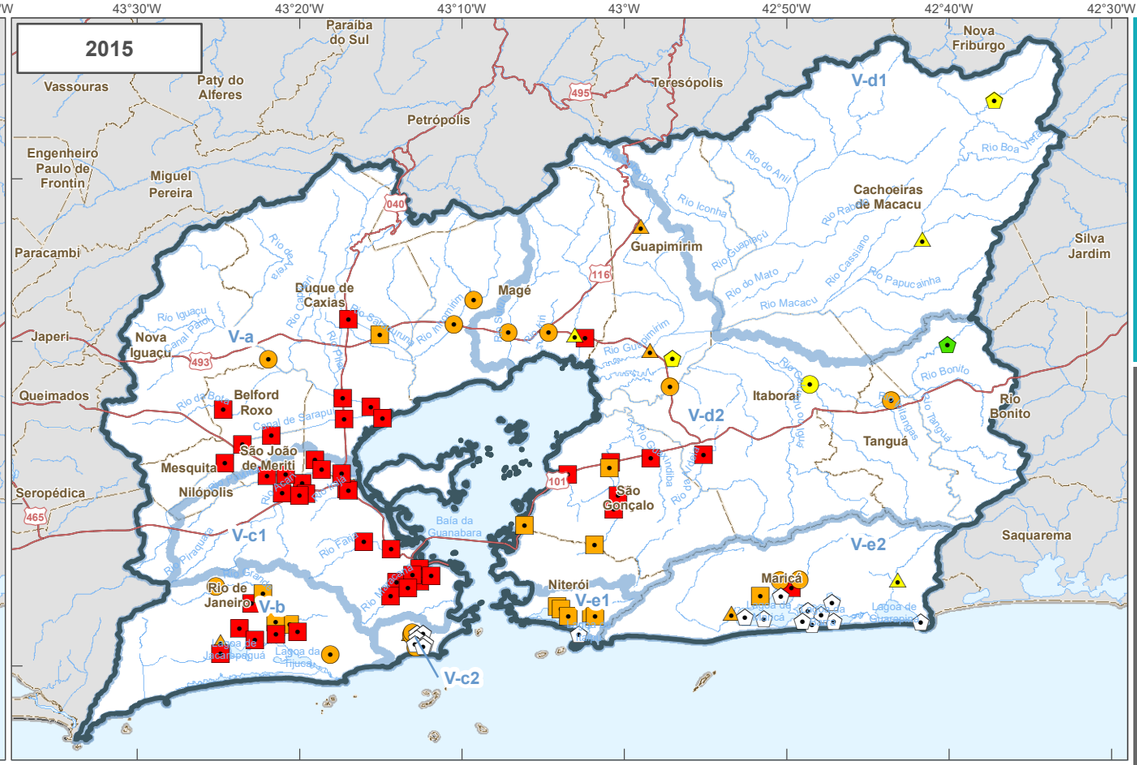
Tema: RECURSOS HÍDRICOS

MAPA 05

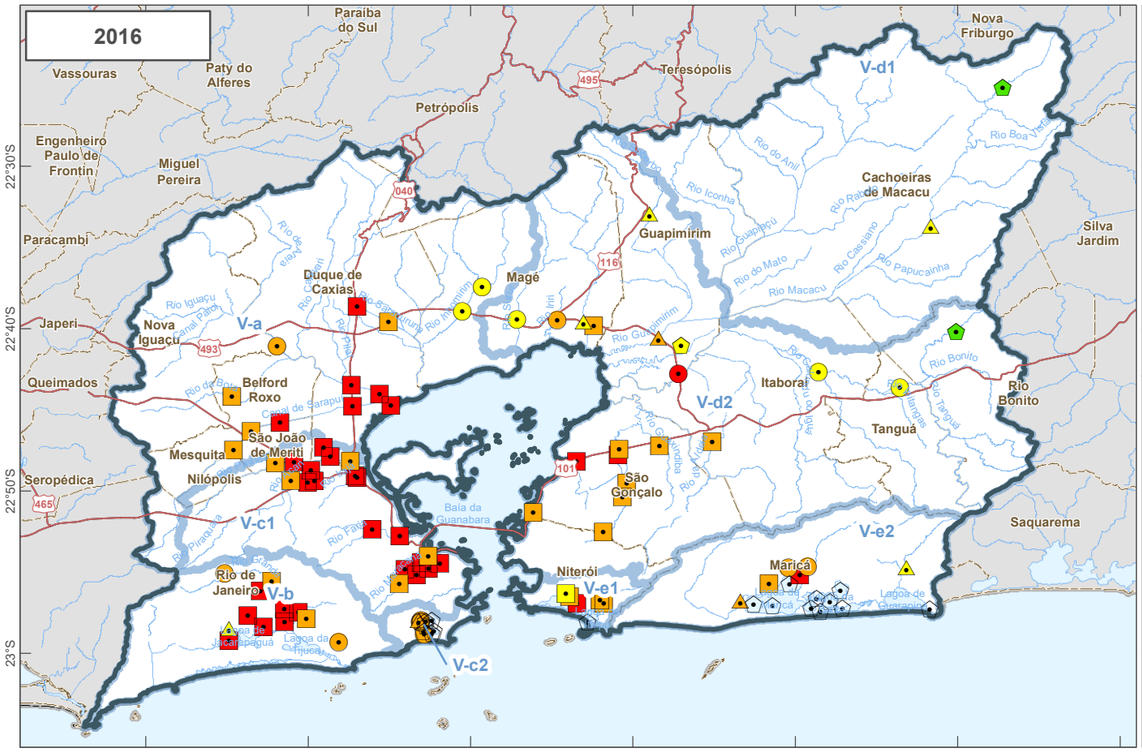
2014



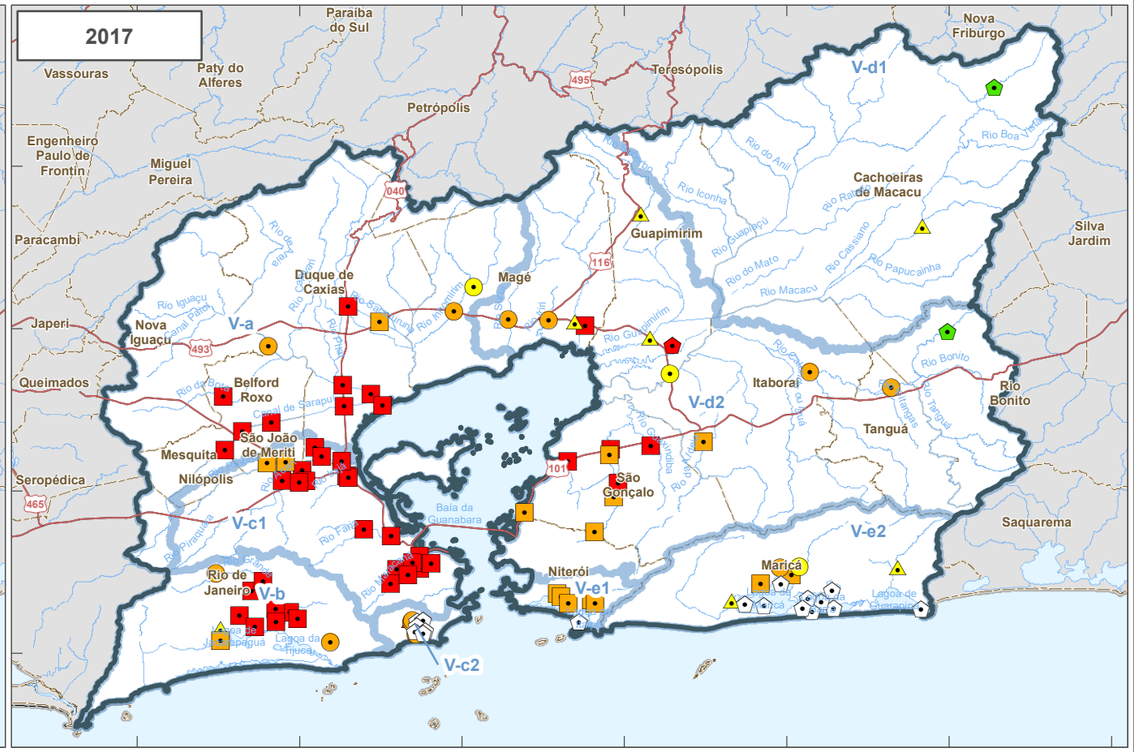
2015



2016



2017



LEGENDA

Estações de monitoramento da qualidade das águas
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4

Índice da qualidade da água (IQA)
- Boa
- Média
- Ruim
- Muito Ruim
- Sem informação

- Rodovia federal
- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

ESCALA
1:700.000
0 5 10 20 30 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Estação monitoramento: INEA, 2019; SMAC, 2020
Classe: RHA, 2020
IQA: INEA/RHA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
Limite municipal: CEPERJ, 2018
UF: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

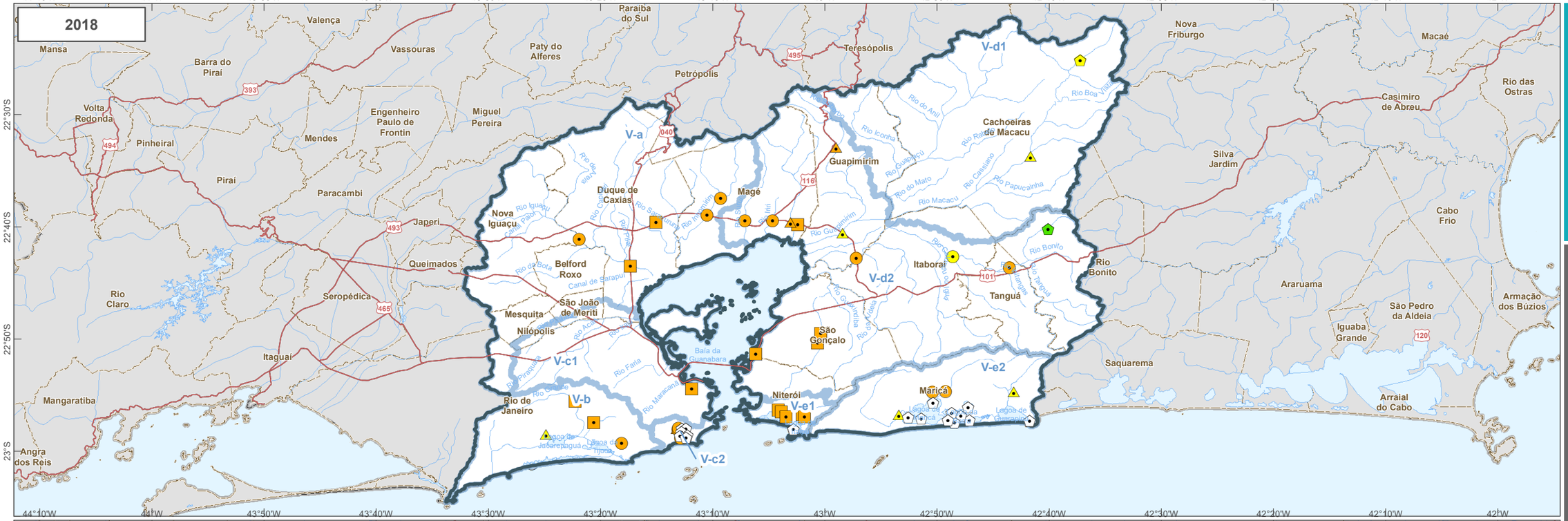
Execução
RHA Recursos Hídricos e Ambientais Engenharia e Consultoria

QUALIDADE DA ÁGUA

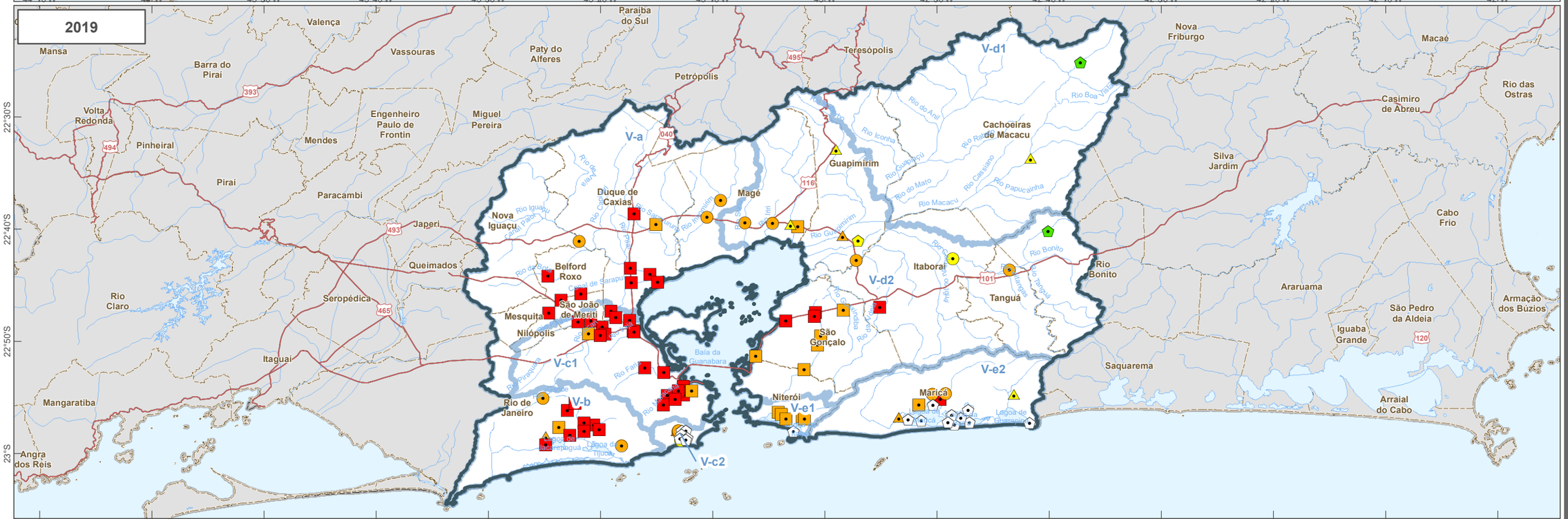
Tema: RECURSOS HÍDRICOS

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

2018



2019

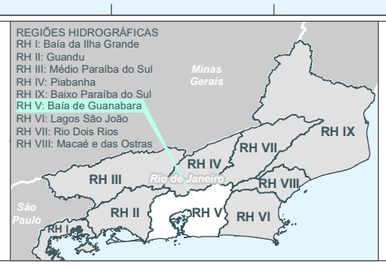


LEGENDA

Estações de monitoramento da qualidade das águas
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4

Índice da qualidade da água (IQA)
- Boa
- Média
- Ruim
- Muito Ruim
- Sem informação

- Rodovia federal
- Região hidrográfica
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual



ESCALA
1:700.000
0 5 10 20 30 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Estação monitoramento: INEA, 2019; SMAC, 2020
Classe: RHA, 2020
IQA: INEA/RHA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
Limite municipal: CEPERJ, 2018
UF: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS ENGENHARIA E CONSULTORIA

MAPA 05

3 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

3.1 ASPECTOS GERAIS

A água subterrânea compreende toda a água presente abaixo da superfície do terreno. A chuva, ao precipitar e atingir a superfície da terra, em parte evapora imediatamente ou flui pela superfície e em parte se infiltra movida pela gravidade. Após infiltradas, moléculas de água, que são carregadas eletricamente, têm uma fração aderida à superfície da fase sólida dos solos, constituída majoritariamente por minerais de argila e matéria orgânica. Esta é a fração que umedece o solo, mantém a biota, viabiliza naturalmente os ecossistemas vegetais e a agricultura.

Após saturar as camadas superficiais de solo a água continua seu curso descendente até atingir um nível abaixo do qual os vazios interconectados das rochas e sedimentos estão todos saturados. A transição da zona insaturada, aerada ou vadosa para a zona saturada, se dá em uma faixa normalmente centimétrica, denominada franja capilar. A base desta zona de transição constitui o denominado nível freático. Os mananciais subterrâneos propriamente ditos, disponíveis para captação de água, estão abaixo do freático. Eles estão nos aquíferos, que são unidades geológicas que podem armazenar e transmitir água capaz de ser captada de economicamente (FETTER, 1994). Como o substrato rochoso não é homogêneo, a água subterrânea pode circular por aquíferos que, em determinadas situações, podem estar localmente confinados por rochas impermeáveis sobrepostas.

Os rios em regiões de clima não glacial, são alimentados principalmente pela água liberada pelos aquíferos, assim sendo, a gestão eficiente dos recursos hídricos como um todo, necessariamente passa pelo conhecimento dos mananciais subterrâneos e do controle dos volumes deles captados.

3.2 MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS

Os reservatórios hídricos subterrâneos da RH-V envolvem significativamente aquíferos com porosidade primária e secundária, ou seja, dos domínios granular e fissural. No domínio granular, a água ocupa os vazios entre os grãos dos sedimentos, enquanto no domínio fissural ou fraturado, a água ocupa e circula por fraturas e fissuras abertas em rochas duras.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As fissuras e fraturas são geradas quando rochas magmáticas e metamórficas de alto grau, comumente denominadas cristalinas, foram submetidas a esforços orientados, durante a evolução geológica da região. A distribuição das fraturas orientadas e a heterogeneidade dos tipos de rocha, com propriedades mecânicas variadas, levam a uma distribuição anisotrópica dos vazios que alojam a água nestes corpos rochosos. Em outras palavras, os aquíferos fissurais são reservatórios de água descontínuos e muito heterogêneos.

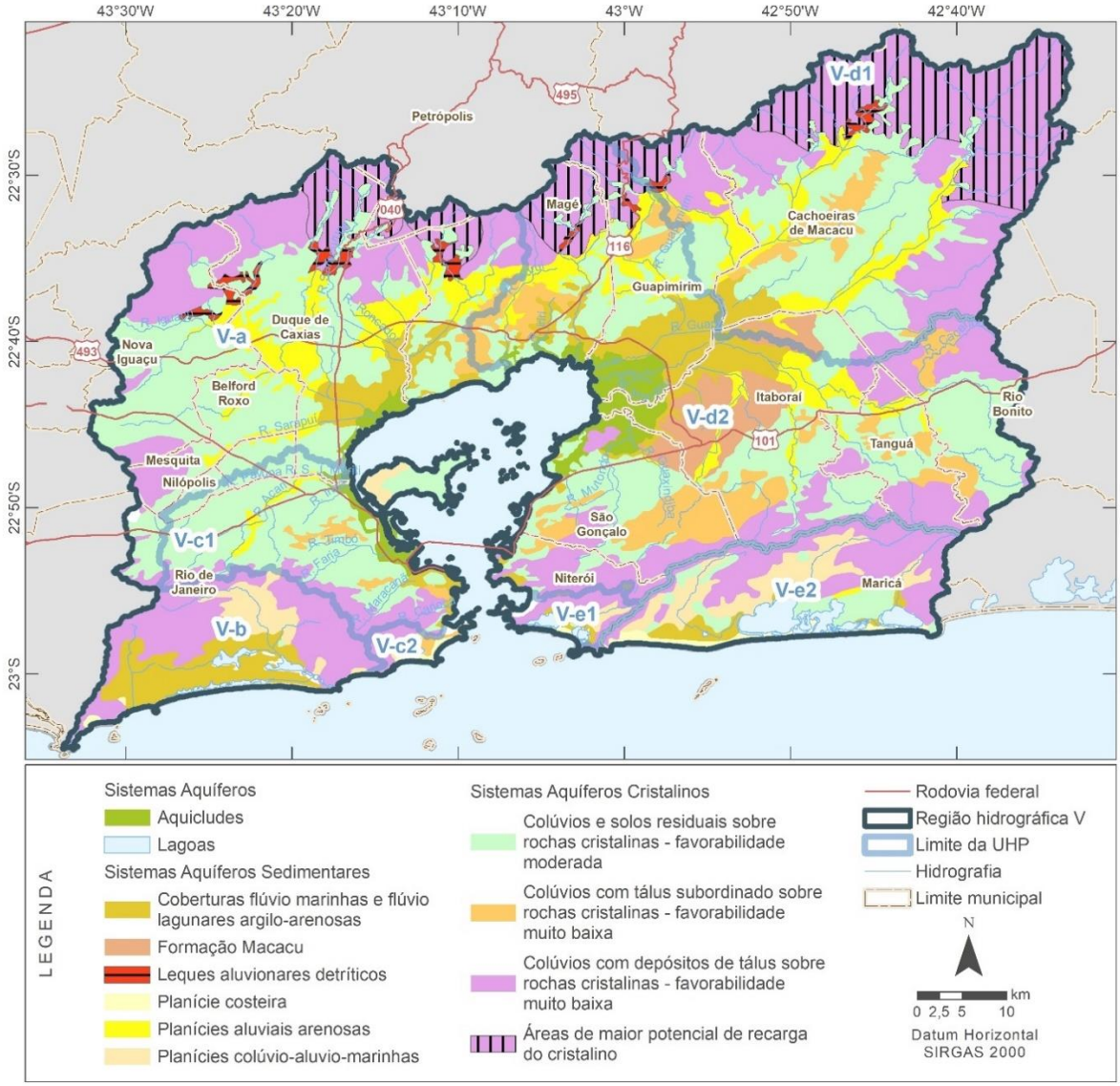
Os corpos de rochas sedimentares e sedimentos clásticos são formados por material particulado com grãos de dimensões desde a fração argila, passando pela fração silte e areia até frações mais grosseiras. A seleção das partículas sedimentadas depende de como elas foram transportadas, gerando corpos sedimentares mais contínuos e homogêneos ou descontínuos e heterogêneos no caso de variações na energia do meio de transporte ou nas taxas de sedimentação. Corpos sedimentares com alta concentração de argila, levam a rochas com mais baixas características aquíferas, por outro lado, rochas ou sedimentos formados com alto percentual de areia e menor quantidade de argila, normalmente são bons aquíferos. Corpos sedimentares compostos essencialmente por argilominerais constituem aquicludos, onde os vazios entre as partículas são na ordem de alguns ângstroms, nos quais as moléculas eletricamente carregadas de água se fixam e não fluem com facilidade.

A Figura 3.1 apresenta os sistemas aquíferos da RH-V, tendo por base o mapa elaborado pelo PDRH-BG (2005), complementado neste diagnóstico pelas regiões costeiras de Maricá, Niterói e Rio de Janeiro. A referida complementação se baseou no mapa Geomorfológico da CPRM (DANTAS, 2001). As unidades aquíferas foram extrapoladas com base nas feições geomórficas, que fornecem informações sobre a extensão dos depósitos sedimentares costeiros e das zonas de ocorrência de terrenos cristalinos capeados por colúvios e tálus.

As áreas ocupadas pelas unidades geológicas com comportamento aquífero, constam no Quadro 3.1 e podem ser visualizadas na Figura 3.2.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.1 – SISTEMAS AQUÍFEROS DA RH-V



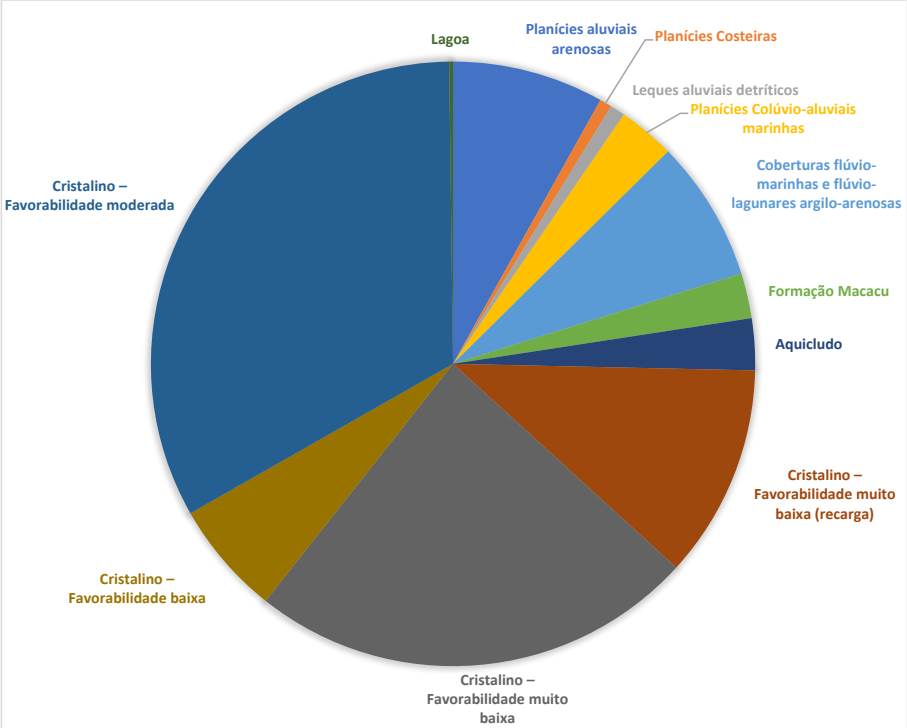
Fonte: PDRH BG (2005); CPRM (2000).

QUADRO 3.1 – ÁREAS OCUPADAS PELOS AQUÍFEROS DA RH-V

Sistema aquífero	Área superficial	
	km²	%
Planícies aluviais arenosas	384	8,1
Planícies Costeiras	31	0,6
Leques aluviais detríticos	38	0,8
Planícies Colúvio-aluviais marinhas	143	3,0
Coberturas flúvio-marinhas e flúvio-lagunares argilo-arenosas	358	7,6
Formação Macacu	114	2,4
Aquicludo	131	2,8
Cristalino – Favorabilidade muito baixa (recarga)	541	11,4
Cristalino – Favorabilidade muito baixa	1129	23,9
Cristalino – Favorabilidade baixa	289	6,1
Cristalino – Favorabilidade moderada	1562	33,0
Lagoa	10	0,2

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.2 – FRAÇÕES DA ÁREA DA RH-V CORRESPONDENTES À ÁREA SUPERFICIAL OCUPADA POR CADA AQUÍFERO



3.2.1 Domínio poroso

Conforme adotado no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía da Guanabara (PDBG, 2006) e no PERHI-RJ (INEA, 2014) o domínio poroso, por suas características hidrogeológicas estabelecidas em sedimentos clásticos, comporta três aquíferos: Aluviões arenosos, Aquífero Macacu e Sedimentos flúvio marinhos.

3.2.1.1 Aquífero Macacu

Nas proximidades das localidades Campos Elíseos, Magé, Itaboraí e Manilha, o aquífero foi estabelecido nos sedimentos terciários da Formação Macacu (Figura 3.1), se estendendo por cerca de 110 km² (CPRM, 2000). A referida formação teve sua área superficial estimada em 114 km², ou seja, 2,4% da RH-V (Figura 3.2). A porção inferior do pacote sedimentar é formada por intercalações de camadas de areia fina com areias mais grosseiras e conglomerados, formando um aquífero semiconfinado por camadas de granulação mais fina da porção superior do pacote (Figura 3.1). Tal porção superior é composta sobretudo por siltes, argilas arenosas e areias finas. O pacote apresenta espessuras que ultrapassam 200 m, sendo considerado produtor até no entorno de 120 m, com vazões específicas entre 0,5 e 1,0 m³/h. m. A água é geralmente de boa qualidade, com sólidos totais dissolvidos

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

não ultrapassando 200 mg/kg, enquanto a concentração de ferro está entre 0,1 e 0,5 mg/L (MARTINS, 2006).

O aquífero é tido como pouco produtivo e os poços construídos sobre esta unidade frequentemente captam água do aquífero fissural subjacente (CPRM,2000). As vazões máximas relatadas são na ordem de 1,5 m³/h, com a capacidade específica média de 0,06 m³/h/m (CPRM,2000). Almeida e colaboradores (2010) atribuem ao aquífero Macacu vazões entre 5,5 e 42,7 m³/h, com vazões específicas entre 0,5 e 1,0 m³/h/m. O Consórcio Ecologus-Agrar (2005) relata a existência de unidades produtoras na região de Itaboraí produzindo entre 15 e 42 m³/mês. A média das vazões obtida em 7 poços cadastrados pelo INEA foi de 4,23 m³/h, como consta no PERHI-RJ (INEA, 2014).

3.2.1.2 Planícies aluviais arenosas

Os aquíferos estabelecidos em planícies aluviais arenosas são compostos por depósitos arenosos intercalados por lentes pelíticas silto-argilosas, distribuídos nas baixadas, preenchendo as planícies de inundação e as calhas dos rios Macacu, Gupiaçu e Iguaçu (MARTINS et al., 2006). Sua espessura, com a média de 20 m, pode chegar a poucas dezenas de metros, conforme o paleo-relevo do embasamento cristalino (CPRM, 2000). Foram determinadas vazões específicas superiores a 1 m³/h/m, sendo a concentração total de material dissolvido geralmente inferior a 200 mg/kg, de água levemente ferruginosa (MARTINS *et al*., 2006).

Estas planícies aluviais arenosas ocupam uma área de 383,83 km², ou 8,1% da RH-V.

3.2.1.3 Coberturas flúvio-marinhas e fluvio-lagunares argilo-arenosas

Trata-se de um conjunto de pequenas unidades aquíferas estabelecidas em depósitos clásticos em ambiente lagunar e manguezais. Ocupa áreas com cotas inferiores a 4 m, nas porções mais a jusante da bacia do canal do Cunha até a do rio Estrela e das bacias do rio Suruí à do rio Imboaçu. O ambiente de deposição levou ao acúmulo de sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica e água salgada ou salobra, inadequada ao consumo (CPRM, 2000). Na região costeira e em pequenas ocorrências na parte leste da baía, em Niterói e São Gonçalo, depósitos de areia razoavelmente selecionada com matriz síltica a argilosa, formam corpos aquíferos livres eventualmente aproveitáveis em seus níveis superiores, acima da cunha salina.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As captações normalmente são feitas por meio de poços cacimba ou ponteira, para aproveitamento doméstico (CPRM, 2000).

A área ocupada pelas Coberturas flúvio-marinhas e flúvio-lagunares argilo-arenosas foi estimada em 358 km² ou 7,6% da RH-V.

3.2.1.4 Planícies coluviais aluviais marinhas

As planícies coluvio-aluviais marinhas, têm um papel importante na região de Maricá e Niterói, com 143 km², correspondendo a 3% da RH-V. Ocorrem também em áreas do Rio de Janeiro e da margem oeste da Ilha do Governador. São formadas em áreas circundadas por rochas do domínio de aquíferos fraturados, formadas pelas coberturas intemperizadas e remobilizadas. Na região, os aquíferos deste compartimento mantêm contato direto também com as coberturas flúvio marinhas e com as planícies costeiras.

3.2.1.5 Planícies costeiras

Em todo o estado do Rio de Janeiro este segmento ocupa uma extensão de 560 km², sendo compostos por areias medianamente selecionadas, com matriz pelítica (CPRM,2000). O compartimento comporta aquíferos livres, frequentemente salinizados, o que restringe seu aproveitamento.

Pela sua ocorrência em pequena profundidade é acessível por meio de poços rasos, geralmente utilizados para abastecimento doméstico. A extração de vazões maiores pode acarretar aumento da salinização das águas, sendo sujeito em locais próximos ao mar, à interferência direta da cunha salina. Lowsby (2000), Cruz (2006) e Tubbs et al. (2012), dentre outros autores, apontam a vulnerabilidade dos aquíferos granulares próximos ao oceano, com base em estudos realizados incluindo as águas das praias de Piratininga em Niterói e Itaipuaçu em Maricá.

A área deste compartimento é de aproximadamente 31 km², correspondente a 0,6% da RH-V, com base na Figura 3.1.

3.2.2 Domínio fissural

Este domínio comporta unidades aquíferas estabelecidas pelos esforços impostos às rochas cristalinas e por suas respostas às tensões geradas. Assim sendo, conforme Martins et al. (2006), podem ser consideradas quatro unidades aquíferas:

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Cristalino com favorabilidade muito baixa; Cristalino com favorabilidade baixa; Cristalino com favorabilidade moderada; e Bacia calcária de Itaboraí.

3.2.2.1 Cristalino com favorabilidade muito baixa

Esta unidade aquífera está considerada para as áreas com declividade superior a 45º, correspondendo a terrenos montanhosos, escarpas serranas, maciços costeiros e maciços intrusivos alcalinos, como pode ser observado na Figura 3.1. Estas configurações geomorfológicas normalmente viabilizam, quando muito, solos pouco espessos e com declividade inapropriada para infiltração e acúmulo de água subterrânea. Em algumas situações, como em pequenos vales e alvéolos induzidos por fraturas nas rochas cristalinas, podem ser perfurados poços com boas vazões, dependendo da conexão das fraturas acessadas com a cobertura sobrejacente (MARTINS et al., 2006).

Estes terrenos, que se constituem em importantes zonas de recarga dos aquíferos, ocupam uma área de 541 km², ou 11,4% da RH-V.

3.2.2.2 Cristalino com favorabilidade baixa

Esta classe de aquíferos se estende por 289 km² ou 6,1% da RH-V. Sua maior área está no município de Itaboraí, ocorrendo também em pequenas áreas dos municípios de Tanguá, Magé, Rio Bonito e Cachoeiras do Macacu.

3.2.2.3 Cristalino com favorabilidade moderada

Esta unidade aquífera ocorre na área do domínio geomorfológico das colinas isoladas e domínio suave colinoso, que corresponde a morrotes e pequenas elevações sobre rochas cristalinas suportando depósitos coluvionares, com gradiente inferior a 45º. A condição morfológica dos terrenos foi formada por rochas cristalinas intemperizadas em sua superfície, sustentando elevações suaves com depósitos coluvionares de em suas bordas, estabelecendo gradientes topográficos inferiores a 45º. Tanto a capa de alteritos *in situ*, como os corpos de colúvio, conferem uma certa estabilização na recarga do aquífero fissural subjacente, principalmente nas áreas de baixadas, possibilitando uma média potencialidade aquífera nas zonas de concentração de fraturas. Poços tipo cacimba são bastante utilizados para abastecimento doméstico nas baixadas. A boa permeabilidade dos depósitos de alteritos leva à ocorrência comum de nascentes na base das colinas, no contato das

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

camadas permeáveis com rochas impermeáveis do maciço rochoso (MARTINS, 2006).

As áreas de cristalino com favorabilidade moderada ocupam um total de aproximadamente 1.562 km², correspondente a pouco mais de 30% de toda a RH-V.

3.2.2.4 Bacia calcária de Itaboraí

A Bacia São José do Itaboraí, com cerca de 1 km², formada no entorno de 60 milhões de anos, é uma das menores bacias sedimentares brasileiras. Foi muito estudada, principalmente por seus importantes registros fossilíferos (Bergqvist et al., 2006). A depressão do Graben da Guanabara (FERRARI, 2001), levou a que no local, no período Paleógeno, se formasse um corpo de água onde houve a deposição de sedimentos químicos calcários, rochas que por sua elevada solubilidade a partir de fraturas, tem características aquíferas. O corpo carbonático foi intensamente explorado restando atualmente uma depressão correspondente à área lavrada, onde se acumula um corpo de água superficial por afloramento do aquífero freático, utilizado como fonte de abastecimento para uma população de aproximadamente 10.000 pessoas da comunidade de São José (MARTINS, 2006).

3.3 CADASTRO DE POÇOS

3.3.1 Bancos de dados

As fontes principais de dados hidrogeológicos da RH-V são o banco de cadastro de usuários de captações de água mantido pelo Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH, 2019), INEA e o SIAGAS (2020), que é um arquivo de livre acesso contendo dados de poços, mantido pela CPRM, além de publicações técnico-científicas. Ambos os repositórios de informações são passíveis de conterem alguns dados inconsistentes, seja devido à transcrição ou a informações incorretas fornecidas pelos responsáveis pelos poços. Muitas variáveis previstas nos cadastros não têm seus valores devidamente registrados nos bancos de dados. Assim sendo, a utilização dos dados carece minimamente de uma análise preliminar para depuração de inconsistências facilmente detectáveis.

O PERHI-RJ (INEA, 2014) menciona a existência de 414 poços cadastrados pelo INEA e 618 registrados pela CPRM até o ano de 2000 na RH-V. Segundo o referido trabalho, uma empresa de perfuração de poços (TJANER, 1974 apud INEA,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

2014) identificou mais de 1600 poços em todo o Estado do Rio de Janeiro. Mente (2008, apud INEA, 2014) estima a existência de 1000 a 3000 poços perfurados no estado até 1983. Para Mansur e Martins (2003 apud INEA, 2014) o número de poços em todo o estado do Rio de Janeiro estaria entre 3.500 a 5.000.

A facilidade em realizar perfurações em um curto espaço de tempo, dificulta a fiscalização desta atividade por parte das entidades responsáveis, o que leva ao estado atual de desconhecimento do real número de pontos de captação de água subterrânea.

Em face das dificuldades inerentes à estimativa do número de poços profundos operantes no estado, para a avaliação do balanço hídrico dos aquíferos, no PERH (INEA, 2014) foi arbitrado um número de 4498 poços, o dobro das unidades produtoras cadastradas pelo INEA e pela CPRM no Projeto Rio de Janeiro (CPRM, 2000).

No cadastro de usuários do CNARH (2019), consta que, em setembro de 2019 havia 917 processos em análise, 665 processos com demandas outorgadas, 750 com demandas tidas como insignificantes (não consideradas nas análises), constando ainda três processos classificados como autorizados. O registro mais antigo de perfurações cadastradas data de 2007. Os registros foram crescentes de 2007 a 2011, havendo um declínio em 2013, seguido de acréscimos sucessivos até 2017, quando foram cadastradas 245 captações (Quadro 3.2).

No caso do SIAGAS (2020), consta um registro de perfuração datado de 1994 e outro de 2007, sendo o próximo em 2011, a partir de quando foram registrados poços em todos os anos subsequentes até 2018. Como pode ser observado no Quadro 3.2 houve um máximo de registros em 2014, quando foram cadastrados 204 poços de captação.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.2 – CRONOLOGIA DE REGISTRO DE POÇOS NO BANCO DE CADASTRO DE USUÁRIOS E SIAGAS (2020)

Anos	Número de cadastro de usuários CNARH (2019)	Número de cadastros no SIAGAS (2020)
1994		1
2007	37	1
2008	77	-
2009	40	-
2010	157	-
2011	193	45
2012	183	59
2013	52	177
2014	68	204
2015	84	13
2016	228	6
2017	245	18
2018	160	3
2019	106	-

No banco de dados do CNARH (2019), obtido em janeiro de 2020, consta um total de 2335 poços, dos quais 276 apresentam dados de vazão, como indicado no Quadro 3.4. A vazão máxima apresentada, de 475 m³/h se refere a um poço em Duque de Caxias, registrado sob o nº 2292. Esta vazão se caracteriza como anômala para a região, não sendo computada no cálculo da vazão média geral da RH-V. Uma comparação dos valores obtidos em ambos os bancos de dados, mostra uma convergência que valida os números obtidos, a despeito de haver registros de vários poços registrados tanto no banco de cadastros como no SIAGAS (2020).

A Figura 3.3 possibilita uma visualização comparativa dos registros dos cadastros de usuários e do SIAGAS. A convergência dos dois bancos em termos de número de registros por município é relativamente boa, com um $R^2 = 0,9429$, apesar do peso evidente dos poços localizados no Rio de Janeiro. A convergência se deve principalmente aos registros de muitos poços compartilhados pelos dois bancos de dados. A Figura 3.4 possibilita um comparativo com os registros normalizados pelo número de habitantes de cada município. Fica evidente que a adoção de um registro unificado facilitaria a avaliação dos aquíferos tanto por parte das entidades responsáveis pela gestão da água como pelos usuários interessados em explotar o recurso.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.3 – COMPARATIVO ENTRE O NÚMERO DE POÇOS CONSTANTES DO CADASTRO DE USUÁRIOS NO INEA E NO SIAGAS.

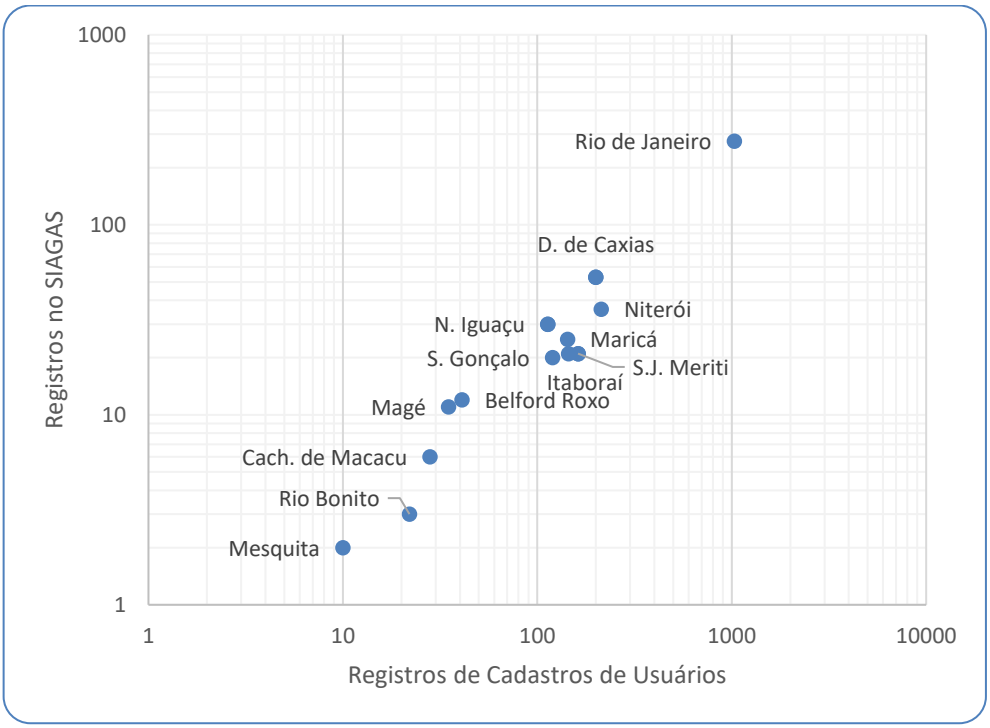
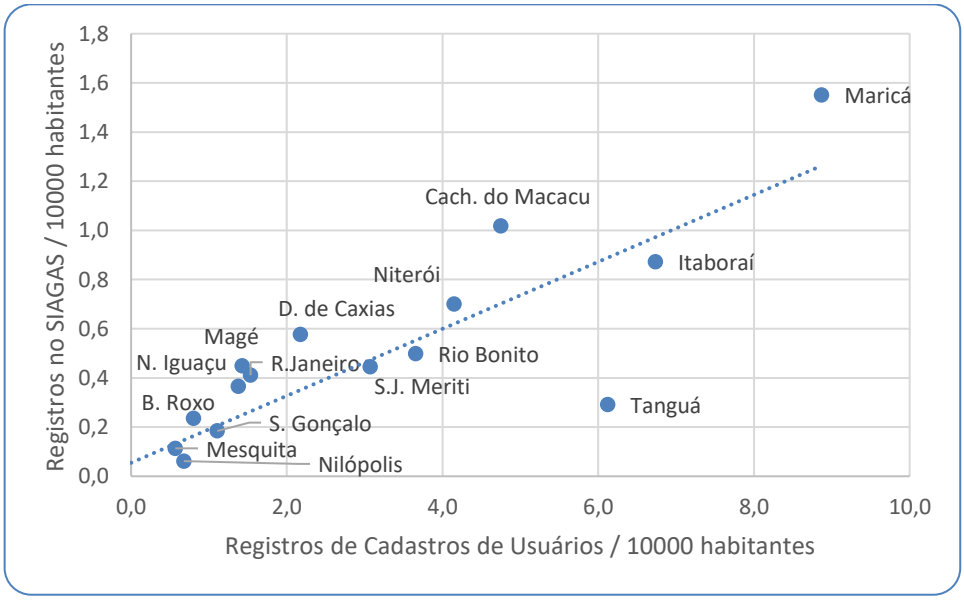


FIGURA 3.4 – COMPARATIVO ENTRE OS NÚMEROS DE POÇOS CONSTANTES DOS REGISTROS DE USUÁRIOS E DE BANCO DE DADOS DO SIAGAS, NORMALIZADOS PELO NÚMERO DE HABITANTES



O quadro apresentado nas estimativas realizadas neste diagnóstico, confirma o que foi constatado em diversos trabalhos anteriores que apontam para um grande número de captações não registradas, mesmo porque, em princípio todos os poços deveriam constar de ambos os bancos de dados, o que não ocorre.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A integração do banco de cadastro de usuários com os dados registrados no SIAGAS (2020) gerou um arquivo onde foram eliminados os registros duplicados e corrigidos valores com desvios muito evidentes. Foram introduzidas em cada registro de poço, informações sobre a litologia, com base na situação do ponto pelas coordenadas geográficas.

No caso do registro nos dois bancos de dados de um mesmo poço, prevaleceram as anotações do banco de cadastro de usuários, que foram complementadas com o que havia no banco do SIAGAS (2020) como é o caso de algumas variáveis químicas e físico-químicas.

Foi identificado um total de 694 poços, sendo 679 com registros de vazão de produção, 677 com profundidade anotada e 455 com vazão específica apresentada. Nos registros de vários poços havia lacunas em dados de nível estático ou nível dinâmico, inviabilizando a determinação da vazão específica correspondente.

3.3.2 Variáveis hidrogeológicas disponíveis

A água se movimenta na porção superior da crosta terrestre e se distribui em diferentes espaços volumétricos disponíveis segundo princípios físicos e respeitando suas características químicas, dentro do chamado Ciclo Hidrológico.

A porção da água que é infiltrada e constitui a chamada água subterrânea, tem seu comportamento estudado pela hidrogeologia, que procura identificar, dentre outros aspectos, a capacidade produtiva dos corpos de água subterrânea que tem condições de serem explorados, ou explotados (renováveis) para o atendimento a demandas humanas de diversas ordens.

Para efeitos práticos, as fontes mais disponíveis de informações massivas diretas sobre os aquíferos de uma determinada região, são os poços de abastecimento existentes na área. Destes poços são obteníveis minimamente informações sobre a profundidade do poço, o nível estático (*NE*) o nível da água do poço quando sob exploração (*ND*) e a vazão produzida (*Q*) por cada unidade.

De posse destas informações básicas pode ser calculada a vazão específica (Q_{esp}), que é a vazão produzida por metro de rebaixamento (*s*) do nível da água no poço.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

$$ND - NE = s_w$$

$$Q_{esp} = \frac{Q}{s}$$

Estas informações básicas, obtidas em testes de vazão quando da colocação em operação dos poços, normalmente constam nos cadastros para a outorga do volume de água a ser produzido e do SIAGAS (2020).

De posse destas variáveis em poços operantes na região, de informações sobre a geologia, clima e de dados bibliográficos pertinentes, há condições mínimas de se fazer estimativas sobre o potencial das reservas subterrâneas da área.

3.3.2.1 Distribuição das vazões

A distribuição das vazões e vazões específicas nos poços localizados nos municípios da RH-V, estão apresentados no Quadro 3.6 para os poços constante do cadastro de usuários do CNARH (2019) e no Quadro 3.7 para os poços constantes do banco de dados do SIAGAS (2020).

QUADRO 3.3 – SUMÁRIO DAS CARACTERÍSTICAS DE POÇOS CADASTRADOS NO, CNARH (2019) E NO SIAGAS (2020), PARA A RH-V

	Profundidade (m)		Vazão específica ($m^3/h/m$)		Vazão de produção (m^3/h)	
	CNARH	SIAGAS	CNARH	SIAGAS	CNARH	SIAGAS
Máximo	350	350	6,00	7,07	35,29	35,62
Mínimo	3,74	3,74	0,005	0,005	0,18	0,17
Média	67,58	72,55	0,56	0,47	4,99	4,52
Nº poços	224	518	277	509	225	518

Nota: Do cadastro do SIAGAS (2020) foram descartados dos cálculos Q_{esp}>10 $m^3/h/m$ (7 poços).

A localização dos poços no espaço territorial, com anotação das faixas de vazão, consta na Figura 3.7. A vazão de estabilização ou vazão de produção é a vazão obtida nos testes de vazão realizados quando da finalização das perfurações ou posteriormente, nos poços onde tal procedimento é repetido. Normalmente o que consta dos bancos de dados são apenas os testes de finalização da obra.

São observados casos de vazões relativamente elevadas para a área, em diversos segmentos da RH-V.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A Figura 3.5 apresenta as vazões de produção obtidas, distribuídas em faixas de valores. Há um predomínio marcante de vazões inferiores a 4 m³/h, sendo relativamente poucos os casos de vazões superiores a 15 m³/s.

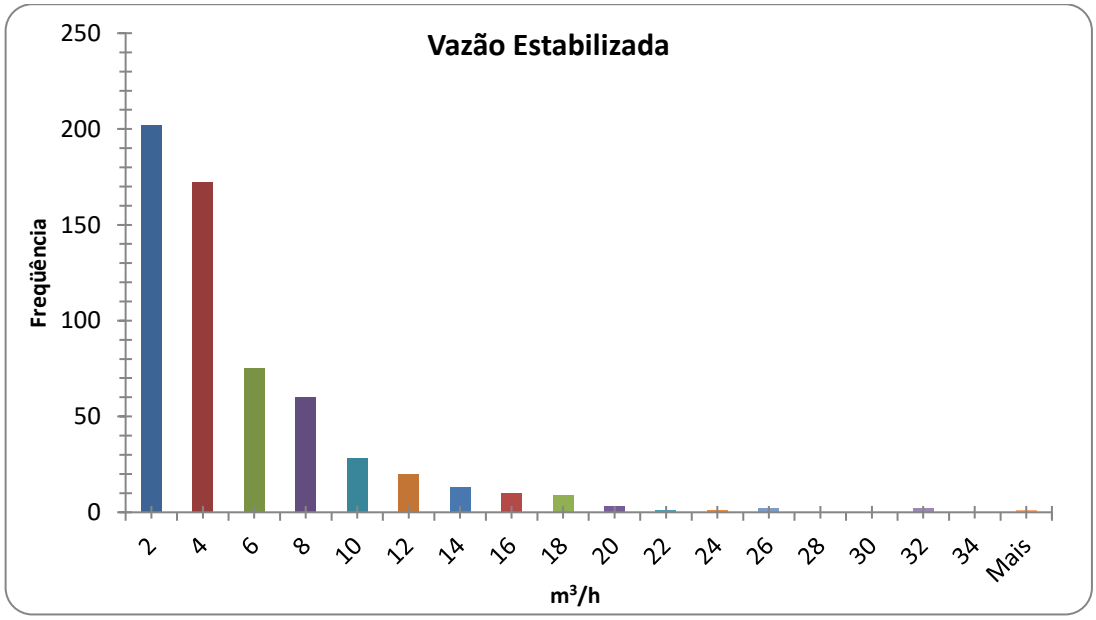
Considerando as vazões específicas, por outro lado, a maioria dos poços considerados apresenta vazões específicas inferiores a 0,5 m³/h/m., ou seja, volume produzido por metro de rebaixamento.

O Quadro 3.4 sumariza os valores obtidos para profundidade dos poços, vazão de produção e vazão específica, levantados nos bancos de dados referidos.

A análise dos dados registrados nos cadastros mostra alguns valores anômalos, como é o caso de uma vazão de 475 m³/dia para um poço em Duque de Caxias, o que recomenda que este valor seja desconsiderado no cálculo da média para a região.

Outro caso que cabe ser mencionado é a obtenção de vazões específicas anormalmente elevadas e discrepantes do conjunto de poços cadastrados, como registrado no Quadro 3.7 sobre a vazão específica de 42,37 m³/h/m. Este caso reflete provavelmente um erro nos valores cadastrados de nível dinâmico e do nível estático, pois a vazão anotada aparentemente não é anômala.

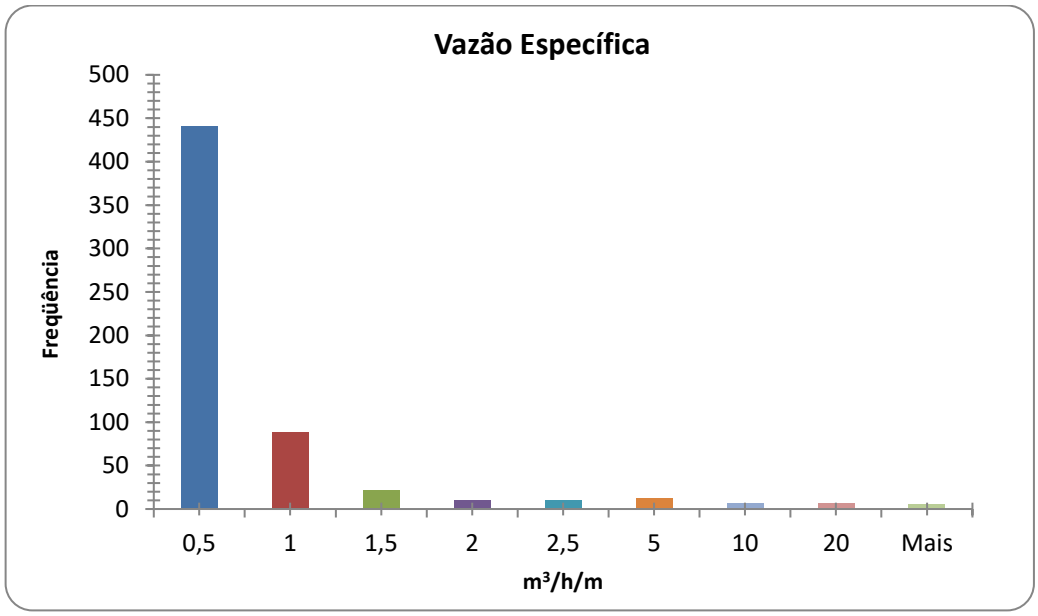
FIGURA 3.5 – FREQUÊNCIA DE VAZÕES DE ESTABILIZAÇÃO OBTIDAS NOS POÇOS DA RH-V, CONFORME DADOS DO CADASTRO DE USUÁRIOS



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.6 – FREQUÊNCIA DE VAZÕES ESPECÍFICAS EM POÇOS DA RH-V CADASTRADOS



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

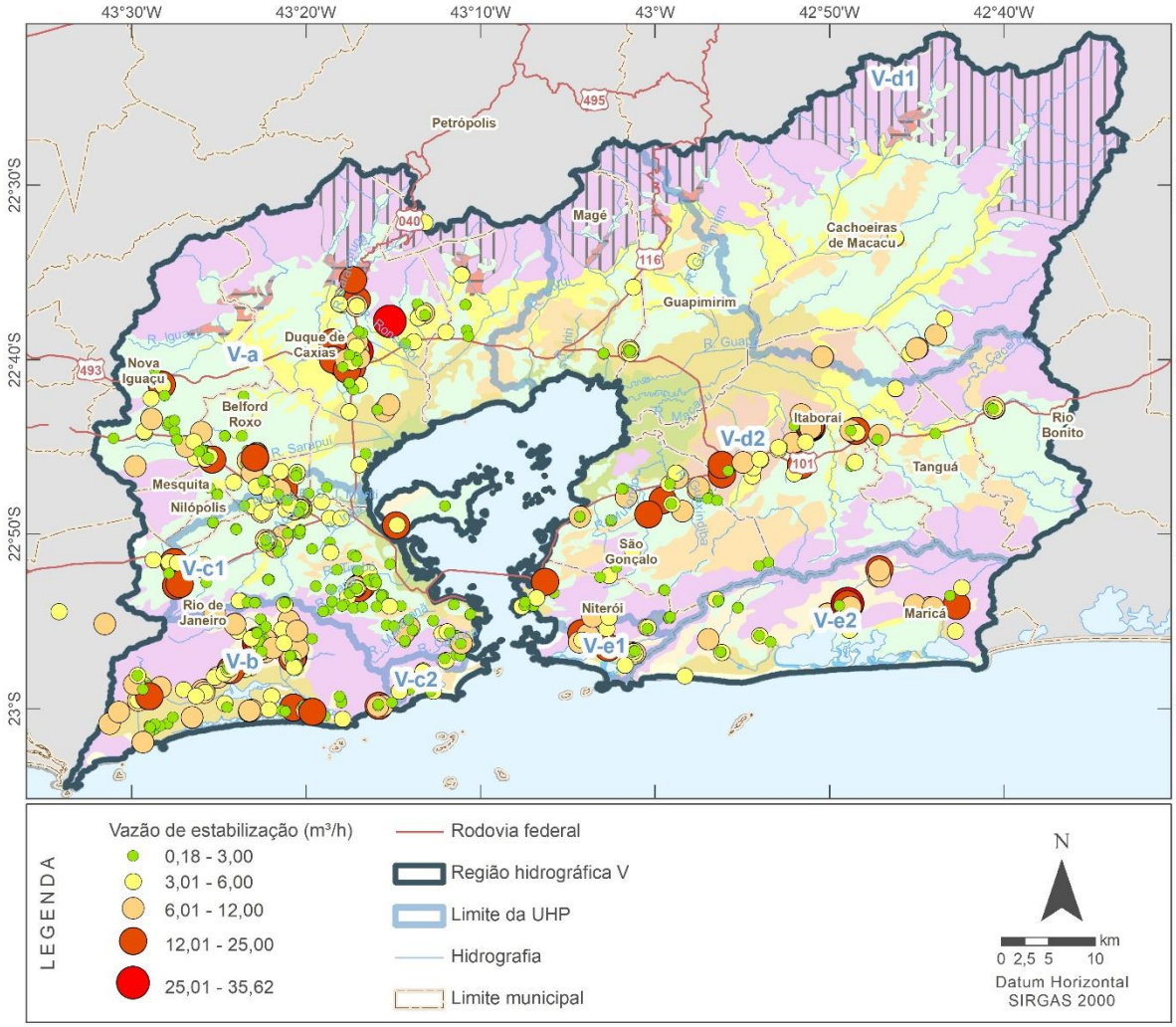
QUADRO 3.4 – REGISTRO DOS VALORES MÉDIO, MÁXIMO E MÍNIMO DE VAZÃO DE POÇOS NA RH-V

Dados dos poços	CNARH	SIAGAS	CNARH *
Q média (m³/h)	6,66	4,56	5,04
Q máxima	475	35,62	35,29
Q mínima	0,18	0,17	0,18
Total de poços	2335	533	2335
Poços com dados	276	533	288

*Foi desconsiderado o poço para o qual está registrada a vazão anômala de 475 m³/dia.
Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.7 – DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES DOS POÇOS CONSTANTES DOS BANCOS DE CADASTRO DE USUÁRIOS NA RH-V



Fontes: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

3.3.3 Distribuição dos poços

3.3.3.1 Distribuição geral

O panorama geral das distribuição dos poços de captação de água subterrânea é apresentado na Figura 3.8, onde se observa uma distribuição espacialmente heterogênea, refletindo as demandas, estas em parte controladas pela morfologia regional, com zonas montanhosas que constituíram obstáculos à ocupação.

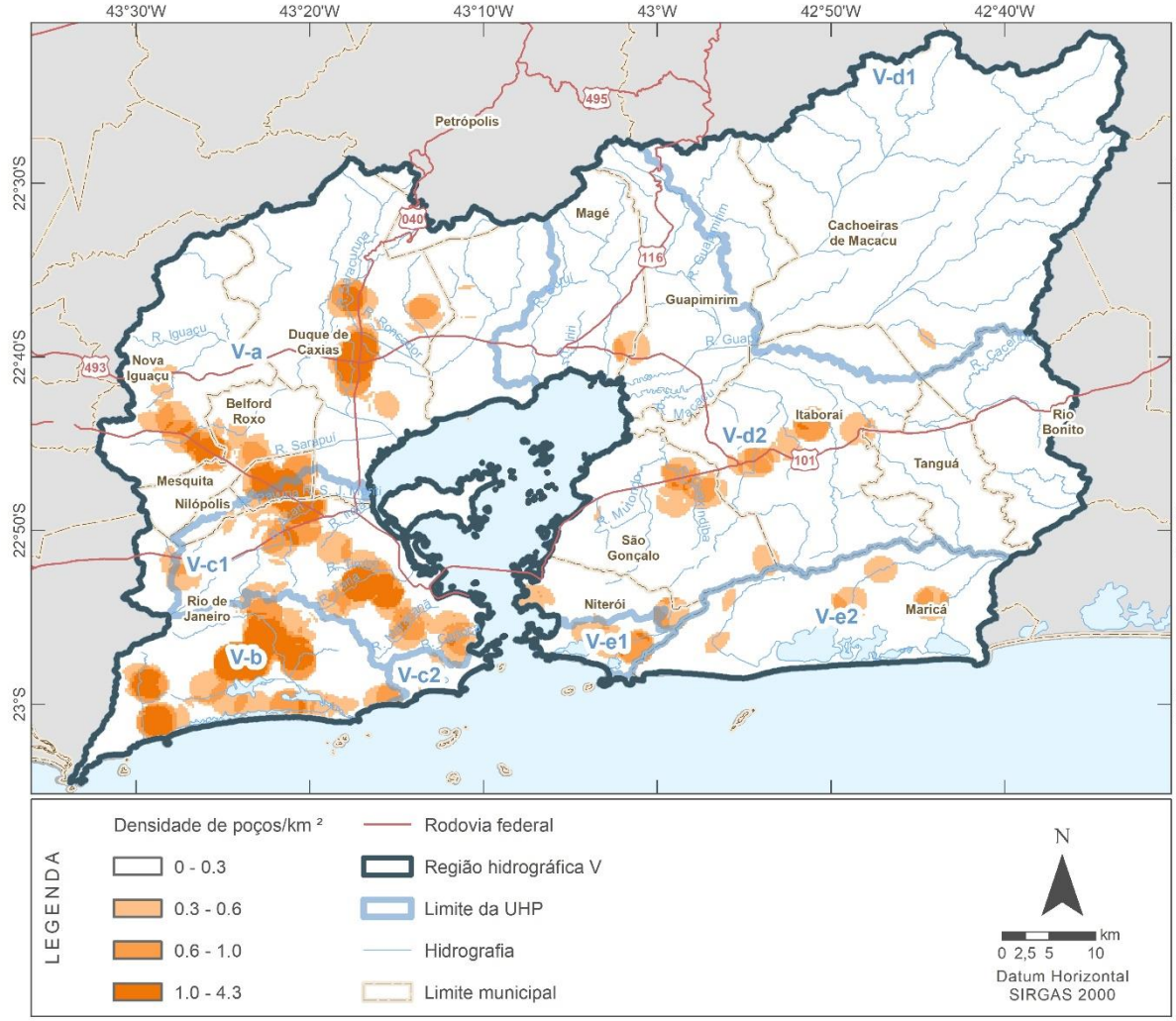
Os poços estão concentrados nas porções sudoeste da bacia, com concentração também na região sudeste. A região norte e nordeste são as mais desprovidas de poços. Podem ser percebidos dois núcleos de maior concentração de poços no município do Rio de Janeiro, um núcleo que se estende desde o Rio de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Janeiro até Nova Iguaçu, passando por São João do Meriti e um núcleo no centro de Duque de Caxias. São perceptíveis mais três núcleos, porém com densidades menores de poços, sendo um em Niterói chegando até Maricá, um em São Gonçalo e Itaboraí e outro em Magé.

A baixa densidade de poços na região norte e nordeste tem sua origem na morfologia, que é fundamentalmente controlada pela geologia, sua explicação está no fato de os poços serem perfurados para atender a uma demanda. O planejamento da ocupação regional, não foi realizado com base na maior ou menor disponibilidade de mananciais subterrâneos.

FIGURA 3.8 – DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DAS CONCENTRAÇÕES DE POÇOS DE CAPTACÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA RH-V



Fontes: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.3.3.2 Distribuição pelas unidades geológicas

O panorama da distribuição dos poços nos sistemas aquíferos da RH-V, é apresentado na Figura 3.9.

O Sistema Aquífero tido pela CPRM como cristalino de favorabilidade muito baixa, não conta com poços cadastrados, correspondendo às zonas dos Alinhamentos Serranos Isolados e aos Maciços Costeiros Interiores e intrusivos alcalinos.

O Sistema Aquífero cristalino de favorabilidade baixa não apresenta captações de água subterrânea. Corresponde principalmente a áreas de Domínios Colinosos, montanhoso suave colinoso e de colinas dissecadas.

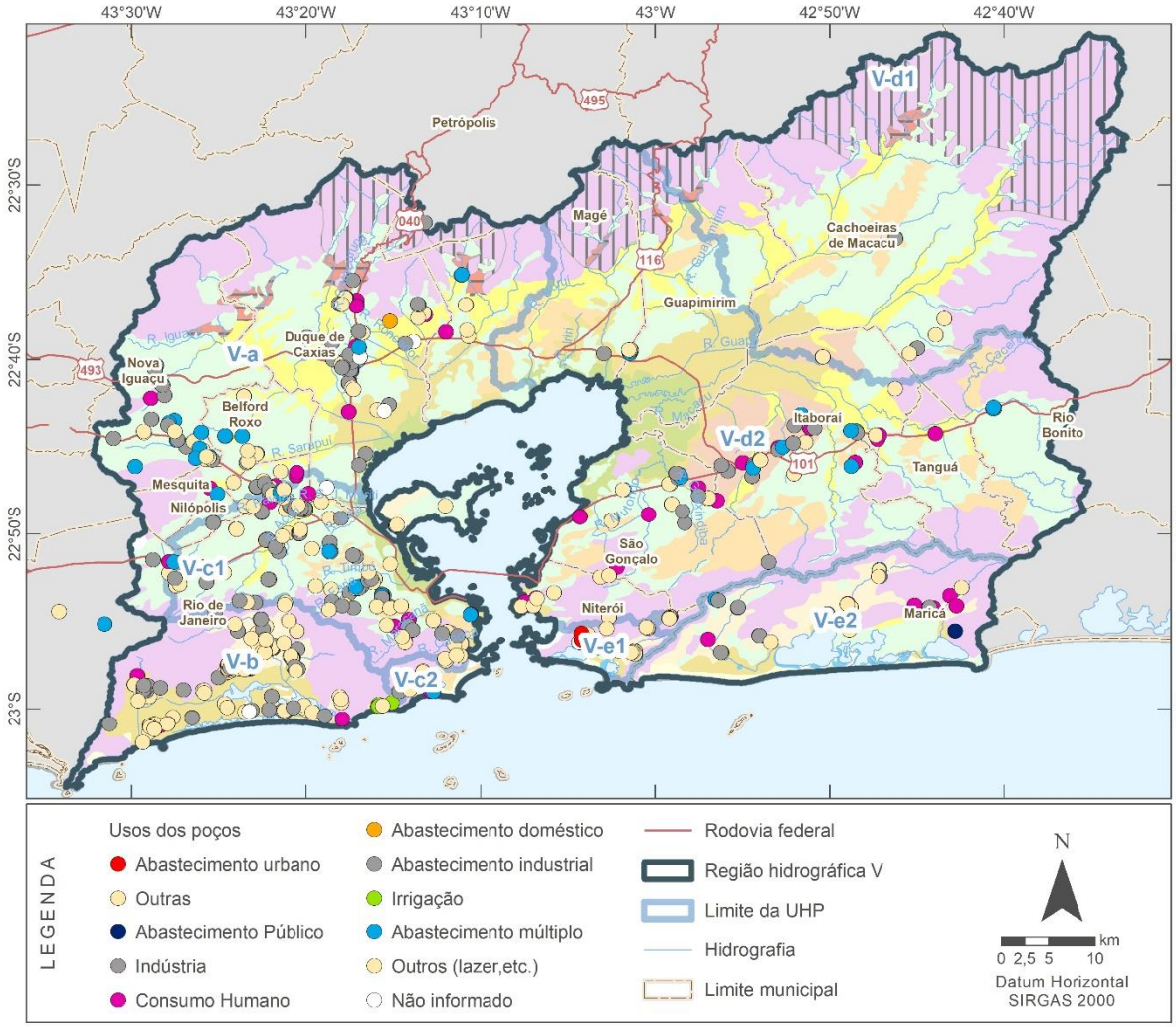
O Sistema Aquífero considerado como de favorabilidade moderada, conta com poucos poços cadastrados na região nordeste (Figura 3.9).

É observada a ausência de poços nas zonas de aquicludos (rochas que não contém água subterrânea extratível), correspondentes a sedimentos pelíticos de depósitos flúvio-lagunares nas bordas da RH-V.

Os poços perfurados na área do aquífero Macacu, abastecem principalmente demandas dos Municípios de Itaboraí e São Gonçalo. Uma importante ressalva que deve ser feita, quanto aos aquíferos sedimentares que abastecem poços, onde muitas unidades produtivas, apesar de estarem locadas em áreas de aquíferos porosos, são abastecidas também, ou exclusivamente, em aquíferos fissurais sotopostos. Em vistas disso é muito difícil gerar estimativas com base na simples localização de um poço no mapa, se nas características da unidade produtora não consta especificamente o aquífero acessado.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.9 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DO CADASTRO DE USUÁRIOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS DA RH-V COM OS USOS DECLARADOS DA ÁGUA



Fontes: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Os dados da distribuição de poços incluídos no SIAGAS (2020) constam sumariamente do Quadro 3.7. Cabe registrar que nos municípios de Guapimirim e Petrópolis não constam poços registrados no SIAGAS (2020).

Vazões específicas e médias dos grupamentos litológicos da região, estão apresentados na Quadro 3.5, onde constam 4 grupos de aquíferos fissurais, um grande grupo de aquíferos mistos e 6 grupos de aquíferos porosos onde existem registros de poços com respectivos dados de vazão de produção média e específica.

A alocação dos poços se deu com base nas coordenadas registradas para os poços e na área ocupada pelas unidades litológicas, o que implica para certos casos, em imprecisões, de certo modo registradas na coluna da litologia do banco de dados do Apêndice 1.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.5 – DISTRIBUIÇÃO DE POÇOS COM AS VAZÕES MÉDIA E ESPECÍFICA, POR COMPARTIMENTOS LITOLÓGICOS DA RH-V CONSTANTES DO BANCO INTEGRADO DE DADOS DE CADASTRO DE USUÁRIOS E SIAGAS

Grupos litológicos	Vazão média (m^3/h)	Vazão específica ($m^3/h/m$)	Poços nº
Aquíferos fissurais			
Complexo Rio Negro e Complexo Tinguí	4,26	0,88	2
Granito Cassorotiba	2,67	1,18	9
Suite Cordeiro	3,80	0,34	46
Anfibolito da unidade São Fidelis	2,76	0,40	46
Aquíferos mistos			
Q_{2a} Depósitos aluvionares sobre fissurais	5,01	0,82	414
Aquíferos granulares			
Formação Macacu	7,50	0,41	31
Q_{2at} Influência antropogênica	6,57	15,25	3
Q_{2li} Depósitos litorâneos	4,02	2,58	31
Q_{2pm} Depósitos de pântanos e mangues	3,85	2,15	15
Q_{fm} Depósitos flúvio marinhos	3,90	0,00	1

3.3.3.3 Distribuição por municípios

A distribuição dos poços, conforme o banco de cadastro de usuários indica 16 municípios abrigando um total de 276 poços. A área do município de Petrópolis, pertencente à RH-V não conta com poços cadastrados.

A localização dos poços na RH-V está apresentada no Quadro 3.6 referente ao registro de cadastro de usuários e no Quadro 3.7, correspondente aos registros no SIAGAS (2020). Independentemente da elaboração de um banco de dados resumido (Apêndice 1) conforme o objetivo da abordagem, foi feito um tratamento em separado para os dois bancos de dados. Isto se deve a diferenças no tipo de variáveis constantes de cada um dos bancos. Enquanto o banco de dados do CNARH (2019), além dos dados de localização dos poços e usos da água enfatiza os dados quantitativos e a distribuição das vazões a serem outorgadas, o banco SIAGAS (2020) é mais completo quanto a variáveis químicas determinadas na água dos poços.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.6 – DISTRIBUIÇÃO DE POÇOS, VAZÕES ESPECÍFICAS E PROFUNDIDADES DE POÇOS POR MUNICÍPIO DO BANCO DE CADASTRO DE USUÁRIOS ATÉ SETEMBRO DE 2019

Município	nº	Profundidade (m)			Vazão estabilizada (m^3/h)			Vazão específica ($m^3/h/m$)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Belfort Roxo	3	63,43	145	15,3	6,19	16,56	0,5	0,3109	0,7347	0,0904
Cachoeiras de Macacu	4	69,25	144	6,5	5,85	8,57	3,6	0,4399	0,8078	0,1611
D. de Caxias	34	85,63	350	7,0	6,07	21,17	0,75	2,2614	42,373	0,0383
Guapimirim	0	-	-	-	3,72	-	-	0,9393	-	-
Itaboraí	22	102,42	312	7	8,27	22	0,8	0,5037	1,7241	0,0385
Magé	6	13,25	30	5	2,68	4,93	0,42	0,0784	6,0000	0,0784
Maricá	17	115,61	250	12	9,37	32,29	0,80	0,5694	6,0000	0,0446
Mesquita	2	55,5	80	31	2,25	2,55	1,94	0,1299	0,1754	0,0844
Nilópolis	1	35	35	35	1,08	1,08	1,08	0,5217	0,5217	0,5217
Niterói	13	60,76	95	12	4,84	16,59	1,25	0,5181	3,5148	0,0699
Nova Iguaçu	14	62,10	115	12	4,44	18,00	0,83	0,4810	3,3898	0,0285
Petrópolis	1	8	8	8	4,6	4,6	4,6	-	-	-
Rio Bonito	4	71,75	100	54	4,97	11,65	1,85	0,3525	0,9410	0,0455
R. de Janeiro	106	57,47	220	3,5	4,05	25,0	0,18	0,7601	23,529	0,0045
São Gonçalo	24	54,73	100	3,74	3,43	14,5	0,5	0,8307	5,6461	0,0065
S.J. do Meriti	21	62,71	224	12	4,05	10,6	0,88	0,3522	1,8367	0,0223
Tanguá	2	40	110	2	3,06	6,28	0,91	0,3907	0,6500	0,1315

Fonte: CNARH (2019).

QUADRO 3.7 – DISTRIBUIÇÃO DE POÇOS, VAZÕES ESPECÍFICAS E RESPECTIVAS PROFUNDIDADES POR MUNICÍPIO DO BANCO DO SIAGAS ATÉ JANEIRO DE 2020

	nº	Profundidade (m)			Vazão estabilizada (m^3/h)			Vazão específica ($m^3/h/m$)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Belfort Roxo	12	72,38	210	14,4	4,18	16,5	0,49	1,282	0,321	0,079
Cachoeiras de Macacu	6	105,83	196	6,5	6,66	9,97	3,64	0,359	0,808	0,051
D. de Caxias	54	82,94	350	5,2	5,81	35,62	0,29	1,216	42,373	0,038
Guapimirim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itaboraí	22	88,83	312	7	6,25	17,22	1,25	0,883	10,915	0,038
Magé	11	87,41	150	8	3,00	6,90	0,62	0,354	1,259	0,036
Maricá	25	60,94	140	6,5	6,04	12,8	1,00	0,563	1,976	0,132
Mesquita	2	52,5	74	31	1,84	1,84	1,84	0,123	0,127	0,119
Nilópolis	1	35	35	35	1,08	1,08	1,08	0,522	0,522	0,522
Niterói	36	61,08	136	8,1	3,82	17,0	0,33	0,380	3,515	0,036
Nova Iguaçu	30	53,94	138	6	4,22	18,0	0,35	0,379	3,390	0,029
Petrópolis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Bonito	3	72,33	87	54	5,67	7,4	3,60	0,420	0,607	0,085
R. de Janeiro	285	73,11	265	5	4,21	30,78	0,17	1,072	30,000	0,005
São Gonçalo	21	59,22	100	3,7	3,59	13,16	0,34	0,892	5,646	0,019
S.J. do Meriti	23	74,47	224	12	6,02	16,0	2,20	0,728	4,960	0,058
Tanguá	2	59	110	8	3,55	6,2	0,91	0,390	0,650	0,130

Fonte: SIAGAS (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.4 CADASTRO DE USUÁRIOS E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A disponibilidade de água subterrânea no nível municipal não pode ser seguramente avaliada com base somente nos dados dos poços cadastrados, visto que os cadastros são incompletos e muitos municípios menos populosos contam com relativamente poucos poços para fornecerem dados. A avaliação do número de poços por habitante, sem contar os municípios que não contam com ao menos um poço com dados aproveitáveis. O número de poços/100.000 habitantes, varia de 0,33 em Petrópolis, até 11,17 em Magé. No Rio de Janeiro, município mais populoso a taxa é de 1,62 poços/100.000 habitantes.

QUADRO 3.8 – AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DOS POÇOS POR MUNICÍPIO DA RH-V

Município	Poços	Habitantes	Vazão (m^3/h)	Poços/100.000 habitantes
Rio de Janeiro	109	6.718.903	4,08	1,62
Duque de Caxias	34	919.596	19,54	3,70
Itaboraí	25	240.592	7,95	10,39
São Gonçalo	24	1.084.839	3,43	2,21
S.J. do Meriti	21	472.406	4,05	4,45
Maricá	18	161.207	9,39	11,17
Nova Iguaçu	14	821.128	4,44	1,70
Niterói	13	513.584	4,58	2,53
Magé	6	245.071	2,68	2,45
Rio Bonito	4	60.201	4,97	6,64
Belfort Roxo	3	510.906	6,19	0,59
C. de Macacu	2	58.937	5,64	3,39
Mesquita	2	176.103	2,25	1,14
Tanguá	2	34.309	3,06	5,83
Nilópolis	1	162.485	1,08	0,62
Petrópolis	1	306.191	4,6	0,33
Guapimirim	0	60.517	0	0,00
Geral	**276**	**12.546.975**	**87,93**	**58,75**

Fonte: CNARH (2019).

A distribuição das demandas de água por setores de consumo na RH-V, pode ser avaliada com base nos dados de cadastro de usuários do CNARH (2019), extraídos em setembro de 2019, constantes do Quadro 3.9 e visualmente apresentados na Figura 3.10.

Uma comparação entre os volumes cadastrados, e os volumes teoricamente extraíveis das unidades operantes, estes últimos visualizados na Figura 3.11 indica

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

que os setores da indústria e do abastecimento público tiveram uma maior eficiência relativa em atingir as metas de cadastro de usuários, do que outros segmentos.

O segmento englobando demandas diversas, envolveu o volume de 25.229.796 m³/ano cadastrados, sendo que constam como disponíveis 5.122.585 m³/ano. Explicitamente para consumo humano, foram cadastrados 15.304.938 m³/ano e consta a capacidade produtiva máxima instalada de 8.297.472 m³/ano.

QUADRO 3.9 – DISTRIBUIÇÃO COMPARATIVA DOS VOLUMES CADASTRADOS POR SETOR ATÉ 09/2019 E VOLUME MÁXIMO EXTRAÍVEL DOS POÇOS OPERANTES

Cadastros	Volumes cadastrados (m³/ano)	Volume máximo produtível (m³/ano)
Abastecimento público	544.453	113.880
Consumo humano	15.304.938	8.297.472
Criação animal	22.194.583	0
Indústria	8.768.441	3.318.008
Irrigação	565.604	0
Mineração	315.340	12.606
Obras hidráulicas	40.686	0
Outras	25.229.796,36	5.122.585
Serviços	14.418.278	0
Total	**87.382.119**	**16.864.550**

Fonte: CNARH (2019).

O PERHI-RJ (I2014) menciona a existência de 414 poços cadastrados pelo INEA e 618 registrados pela CPRM até o ano de 2000. Um balanço da situação dos dados de cadastros de usuários relativo ao estágio no qual se encontra cada poço, se em operação, construção ou em fase de projeto, com as vazões previstas, está sumarizada no Quadro 3.10. Observa-se que há um déficit teórico de capacidade autorizada, de 93.322.697 m³/ano.

QUADRO 3.10 – VOLUMES DE PRODUÇÃO CADASTRADOS E ANUALMENTE PRODUTÍVEIS EM 24 HORAS DE BOMBEAMENTO

Situação no banco de dados de cadastro de usuários extraído em 23/09/19	Cadastros		Produção m³/s		Déficit (m³/ano)
	Nº de poços	$Q_{out.}$ (m³/ano)	Nº de poços	$Q_{med.}$ (m³/ano)	
Sem registro definido	4	238.345	1	70.080	-168.265
Em construção	15	159.956	3	86.286	-73.670
Em operação	1487	16.824.925	280	16.442.668	-382.256
Em projeto	826	93.588.212	5	265.515	-93.322.697
Total	2332	110.811.439	289	16.864.551	
Vazão cadastrada ($Q_{cadastrada}$) = 1.920,65 m³/hora			Vazão de produtível (Q_{prod}) = 1.877,02 m³/h		

Fonte: CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

No cadastro de usuários do CNARH (2019), extraído em setembro de 2019 consta para a RH-V, poços com a vazão média de 5,04 m³/h, entre o máximo de 35,29 m³/h e o mínimo de 0,18 m³/h (Quadro 3.11). As vazões específicas obtidas levaram à média de 0,71 m³/h/m, o máximo de 23,53 m³/h/m e o mínimo de 0,004 m³/h/m.

Estimando pelos dados do cadastro do SIAGAS (2020), para um conjunto de 446 poços, a vazão específica média obtida é de 0,92 m³/h/m com um máximo de 42,37 m³/h/m e um mínimo de 0,005 m³/h/m. Como o valor máximo obtido é exagerado, arbitrou-se eliminar as vazões específicas superiores a 10 m³/h/m, o que levou à não consideração dos dados de 11 poços (1,2%), dos quais 10 correspondem a áreas de depósitos sedimentares.

Considerando os valores de vazão específica registrados com valores inferiores a 10 m³/km²/m, o que corresponde a 98,8% do total, foi obtida uma vazão específica média de 0,48 m³/h/m, entre um máximo de 7,07 m³/h/m e mínimo de 0,005 m³/h/m.

QUADRO 3.11 – QUANTITATIVOS GERAIS DO CADASTRO DE USUÁRIOS DE POÇOS DA RH-V

Dados dos poços da RH-V conforme cadastro de usuários	Quantidades
Número total de poços anotados como cadastrados até 09/2019	661
Número de poços registrados em CNARH (2019) como operantes	286
Vazão máxima nos 286 poços com dados registrados (m³/h)	35,29
Vazão média nos 286 poços com dados registrados (m³/h)	4,9542
Vazão mínima nos 286 poços com dados registrados (m³/h)	0,18
Vazão horária nos 286 poços com dados registrados (m³)	1.416,89
Vazão anual nos 286 poços com dados registrados (m³)	12.411.930
Vazão específica máxima registrada na relação de 281poços (m³/h/m) *	23,53
Vazão específica média registrada na relação de 281poços (m³/h/m) *	0,71
Vazão específica mínima registrada na relação de 281poços (m³/h/m) *	0,004
Vazão outorgada para 2.332 poços	113.124.736

Nota: * Os registros de cinco poços não contêm dados completos dos níveis da água.
Fonte: CNARH (2019).

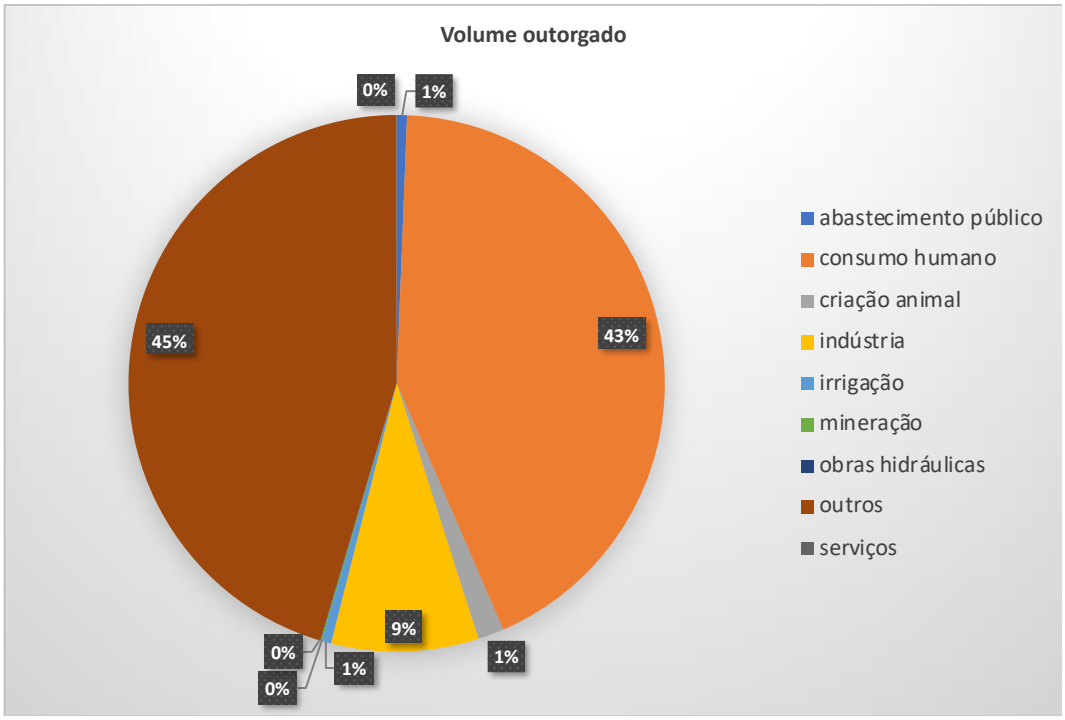
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.12 – VOLUMES CADASTRADOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA CONFORME ESTÁGIO DO PROCESSO

Fator	Quantitativos
Número total de registros	2.332 poços
Volume total registrado	113.124.736 (m^3/ano)
Registrados como de uso insignificante	1.916.827 (m^3/ano)
Número de outorgas	663 poços
a- Volume outorgado	14.580.620 (m^3/dia)
b- Volume dos processos em análise	96.558.746 (m^3/dia)
c- Volume anotado como autorizado	68.178 (m^3/dia)
Total a + b + c	111.207.544 (m^3/dia)

Fonte: CNARH (2019).

FIGURA 3.10 – VOLUMES CADASTRADOS DE POÇOS SEGUNDO TIPOS DE USUÁRIOS CONFORME BANCO DE CADSTRO DE USUÁRIOS



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.11 – VOLUMES DOS POÇOS OPERANTES SEGUNDO TIPOS DE USUÁRIOS CONFORME BANCO DE CADASTRO DE USUÁRIOS

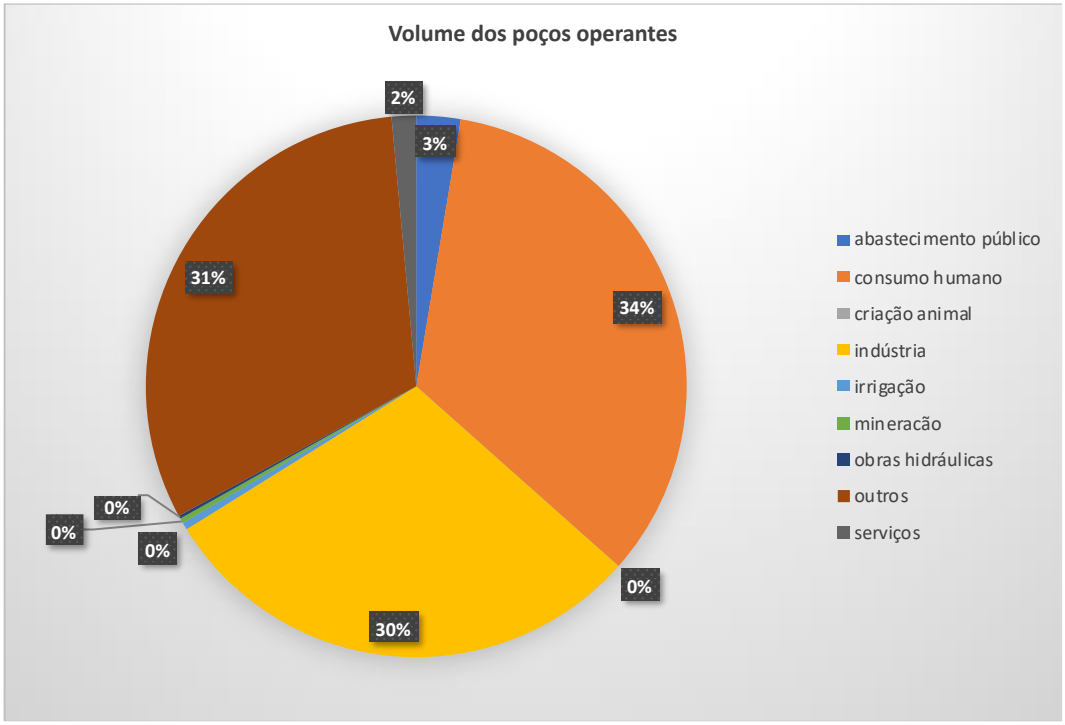
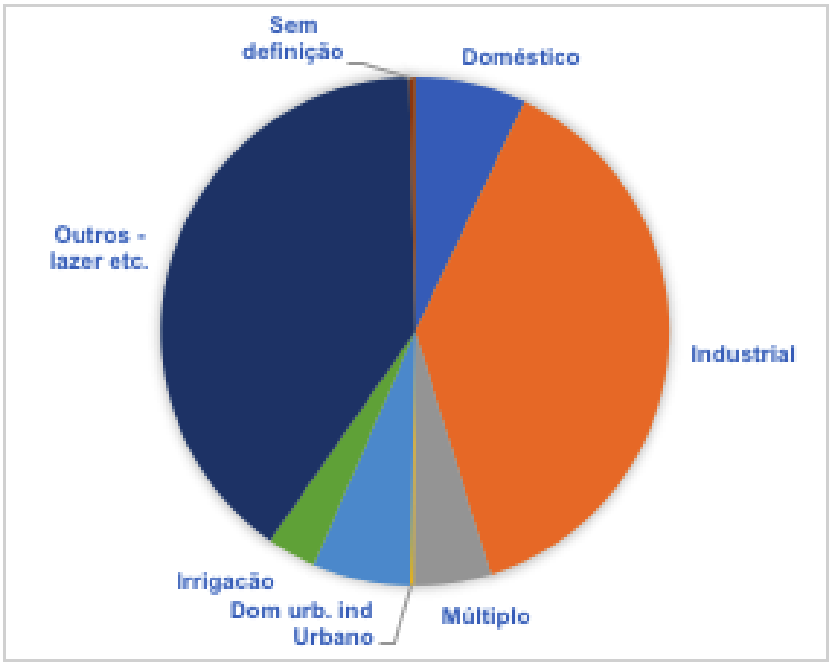


FIGURA 3.12 – VOLUMES DE PRODUÇÃO DE POÇOS SEGUNDO TIPOS DE USUÁRIOS CONFORME BANCO DO SIAGAS (2020)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.5 RESERVAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

3.5.1 Estimativas da literatura

Os estoques de água disponíveis nos reservatórios subterrâneos são dependentes do suprimento de água, da porosidade do arcabouço litológico dos aquíferos e de sua distribuição espacial. Em aquíferos granulares homogêneos estes fatores são passíveis de quantificação mais fácil, porém quando o corpo sedimentar é composto por níveis com propriedades diferentes a estimativa dos estoques é mais difícil. Por outro lado, nos aquíferos com porosidade secundária ou fissurais o volume de água disponível depende da distribuição e da densidade de fraturas, bem como de sua abertura, fatores de distribuição muito heterogênea.

No caso da RH-V, o conhecimento dos componentes geológicos, litológicos, geoestruturais, climáticos é insuficiente para que se conheça com o detalhe desejável o quanto há de água subterrânea disponível para atender à demanda atual e potencial. Estimativas têm sido feitas com base nas informações obtidas na rede de poços de abastecimento.

O PERHI-RJ (2014) menciona para a RH-V, a existência de 414 poços cadastrados pelo INEA e 618 registrados pela CPRM até o ano de 2000. A vazão média cadastrada foi de 5,08 m³/h, entre o máximo de 53,5 e mínimo de 0,17, m³/h. A vazão específica média foi de 0,5 m³/h/m, entre o máximo de 6,52 m³/h/m.

No PERH (2014), considerando 238 poços operantes na RH-V, a vazão média de 5,08 m³/s, corresponde a uma de 5.242,56 m³/h, com a média de 11,4 h/dia de bombeamento produzindo 59.765,18 m³/dia ou 21.814.292 m³/ano. A disponibilidade instalada foi de 45.924.665 m³/ano, caracterizando um excedente teórico de 24,110,373 m³/ano.

Os registros da CPRM (CPRM, 2000) discriminam valores para os aquíferos porosos, mistos e fraturados. Para os porosos é apontada uma vazão média de 4,23 m³/h, a vazão específica de 0,19 m³/h/m e uma profundidade média de 60 m. Isto considerando 7 poços. Para os aquíferos fraturados, a média de 485 poços, para a profundidade foi de 73,8 m, para a vazão foi de 3,12 m³/h, a vazão específica foi de 0,18 m³/h/m.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

No PERHI-RJ (2014), foram feitas as estimativas de reserva permanente, reserva renovável e da produção média por poço, constantes do Quadro 3.13.

QUADRO 3.13 – ESTIMATIVAS DE VAZÕES E RESERVAS EM AQUÍFEROS DA RH-V.

	Reserva permanente ($10^9 m^3$)	Reserva renovável ($10^8 m^3$)	Produção média por poço (m^3/h)
Aluvião	1,026	1,48	10 – 20
Fm. Macacu	0,39	0,39	20
Flúvio-marinho argilo-arenoso	0,92	0,69	5 – 10
Cristalino			10

Fonte: PERHI-RJ (2014).

Almeida (2010) estimou para a área ocupada pela formação Macacu, vazões de poços entre 5,5 e 42,7 m³/h, com vazões específicas no intervalo entre 0,5 e 1,0 m³/h/m, com base em informações de 7 poços.

Devido à heterogeneidade dos sistemas de fraturas que geram a porosidade secundária no domínio fraturado, Martins *et al*. (2006) avaliaram as reservas hídricas permanentes, de forma simplificada, apenas para o domínio poroso, como apresentado na Quadro 3.14.

QUADRO 3.14 – RESERVAS HÍDRICAS PERMANENTES PARA AQUÍFEROS DO DOMÍNIO POROSO PARA A RH-V

Unidade	Área (km^2)	Porosidade efetiva (%)	Espessura saturada (m)	Precipitação anual (mm)	Taxa de infiltração (%)	Reserva permanente ($10^9 m^3$)	Reserva renovável ($10^9 m^3$)
Aluviões arenosos	417,9	25	10	1200	30	1,045	1,50
Aquífero Macacu	482,3	14	20	1200	25	1,447	1,45

Fonte: MARTINS *et al*. (2006).

3.6 QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

3.6.1 Aspectos gerais

A água subterrânea da RH-V tem sua composição natural estabelecida pela água de precipitação atmosférica acrescida de contribuições liberadas pelos solos e pelas rochas do substrato. A influência da composição dos terrenos por onde a água circulou, em sua própria composição química, já é reconhecida desde muito tempo, sendo mencionada por Georgius Agrícola (1556) em sua obra De Re Mettalica, aonde o autor associa características químicas da água de fontes aos tipos de rochas com as quais ela teve contato. Principalmente a partir do início do século XIX, a relação da

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

composição química da água com as rochas do substrato, foi progressivamente estudada de modo que se tem atualmente o conhecimento de que o quimismo das rochas é determinante da maioria dos constituintes dissolvidos nas águas continentais naturais (HEM, 1985).

A ação antrópica interfere na composição da água pela liberação de poluentes diretamente no solo, ou por meio de precipitação de chuva enriquecida por gás carbônico, vapores nitrosos e sulfurosos oriundos de atividades humanas. Cabe destacar efluentes domésticos, industriais, agrícolas, hospitalares e outros, são incorporados na água que se infiltra até atingir os aquíferos. Poços inadequadamente construídos, podem viabilizar o acesso direto de poluentes que circulam pelos espaços deixados livres entre as paredes do poço e as rochas perfuradas, podendo atingir não apenas os aquíferos livres como também os confinados. Em regiões litorâneas não pode ser descartada também a influência direta de aerossóis marinhos e de misturas com água do mar, principalmente na região afetada pela cunha salina.

A composição da água subterrânea normalmente envolve um grande número de componentes químicos e algumas variáveis físico-químicas, tais como o pH, temperatura, potencial de oxirredução e condutividade elétrica.

Relativamente poucos componentes estão presentes como constituintes majoritários em praticamente todas as águas naturais, sejam elas subterrâneas ou superficiais. Estes componentes majoritários ou macro constituintes são cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}), silício (H_4SiO_4), bicarbonato (HCO_3^{-}), carbonato (CO_3^{2-}), cloreto (Cl^{-}) e sulfato (SO_4^{2-}). A estes componentes podemos acrescentar o nitrato (NO_3^{-}), que auxilia na caracterização de influência de efluentes domésticos e agrícolas, o fosfato (PO_4^{3-}), o fluoreto (F^{-}), o ferro e o manganês, comuns em águas subterrâneas.

3.6.2 Base de dados de qualidade de água

Assim como em relação aos dados hidrogeológicos, os dados da região sob análise, tem seu acervo de informações sistemáticas da química da água no cadastro de usuários do CNARH (2019) e no SIAGAS (2020).

A variável hidroquímica mais frequente é a condutividade elétrica, que normalmente é determinada diretamente em campo, por ocasião dos testes de vazão

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

dos poços. Um panorama geral da disponibilidade deste dado nos referidos cadastros é apresentado no Quadro 3.15.

QUADRO 3.15 – REGISTROS DOS POÇOS NOS BANCOS DE DADOS DE CADASTRO DE USUÁRIOS

Município	Nº poços		Registros c/ condutiv.		Registros c/ DBI<10%	
	SIAGAS	CNARH	SIAGAS	CNARH	SIAGAS	CNARH
Belfort Roxo	12	41	7	2	4	0
Cachoeiras de Macacu	6	28	2	3	0	1
Duque de Caxias	54	200	27	32	8	7
Guapimirim	0	14	0	0	0	0
Itaboraí	22	163	13	15	5	2
Magé	11	35	5	5	1	0
Maricá	25	143	10	15	11	2
Mesquita	2	10	1	1	0	0
Nilópolis	1	11	0	1	0	0
Niterói	36	223	13	7	11	5
Nova Iguaçu	30	113	13	14	9	3
Rio Bonito	3	22	3	0	2	0
Rio de Janeiro	285	1031	127	87	60	16
São Gonçalo	21	120	8	19	4	3
São João do Meriti	23	145	14	23	4	0
Tanguá	2	166	1	3	1	1
Totais de registros	535	2465	245	345	120	40

Fonte: CNARH (2019); SIAGAS (2020).

Do total de poços cujos dados estão disponíveis, 345 poços do CNARH (2019) apresentam registro de condutividade elétrica e, no caso do SIAGAS (2020) são 240 poços. Os registros que apresentam Diferença de Balanço Iônico (DBI)<10% são 119 no SIAGAS (2020) e 34 em CNARH (2019).

Os dados hidroquímicos do banco de cadastro de usuários e do SIAGAS, estão distribuídos por município conforme registrados no Quadro 3.15. Os registros do SIAGAS são, portanto mais numerosos, abrangendo 12 municípios, enquanto os registros do banco de cadastro, com dados de qualidade de água aceitáveis pelos critérios estabelecidos, envolvem nove municípios

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

No que se refere aos outros parâmetros de qualidade de água presentes nos referidos bancos de dados, além da condutividade elétrica, os registros de cadastro de usuários abrigam campos para: temperatura, sólidos dissolvidos totais, pH, coliformes totais, coliformes fecais, bicarbonato, cálcio, carbonato, cloreto, dureza total, ferro total, fluoreto, nitrato, nitrito, potássio, sódio, sulfato e magnésio.

O banco do SIAGAS (2020) possui, no referente à qualidade de água, registros de: condutividade, pH, cor, odor, temperatura, turbidez, sólidos suspensos, aspecto natural, alumínio, arsênio, berílio, bicarbonato, cálcio, carbonato, cadmio, cloreto, cromo, cobre, dureza permanente, dureza total, fluoreto, ferro férrico, ferro total, mercúrio, potássio, magnésio, manganês, níquel, sódio, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato, sílica, chumbo, selênio, sulfato, zinco, sólidos dissolvidos, alcalinidade total, bário, cobalto, estanho, estrôncio, lítio, titânio, vanádio, molibdênio, antimônio e sulfeto.

Os registros de ambos os bancos de dados não são completos e submetidos a uma análise de consistência sistemática pelas entidades mantenedoras, o que está refletido em casos de registros duplicados, variáveis incompatíveis entre si e valores visivelmente incoerentes. Estes fatos restringem a utilização dos dados ali constantes, porém, em muitos casos, são as únicas informações acessíveis sobre qualidade de água.

3.6.3 Metodologia e tratamento dos dados químicos

As normas brasileiras específicas que atualmente pautam a composição das águas subterrâneas constam da Resolução CONAMA nº 396/2008, onde se mencionam os valores de um elenco de variáveis para enquadramento em cinco classes. A maior parte das unidades de captação de água subterrânea serve a usuários particulares para uso doméstico e não conta com sistemas de tratamento, visto isso a observância dos limites de potabilidade recomendados pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) é referência importante. O elenco de parâmetros com limites normatizados é vasto e, por consequência, a análise completa é de difícil implementação, tanto pela carência de laboratórios com condições técnicas de realizar todos os procedimentos analíticos em larga escala, como pelo custo de tais análises. Visto isso, o elenco de parâmetros usualmente levantados na análise de água para consumo é bem mais reduzido, se restringindo ,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

no caso do Banco de Dados de CNARH (2019) para caracterizar cada análise de água subterrânea submetida ao processo de cadastro de usuários são: turbidez, condutividade elétrica, temperatura, sólidos totais dissolvidos, pH, coliformes totais, dureza total, coliformes fecais, bicarbonato, carbonato, cloreto, fluoreto, sulfato, nitrato, nitrito, cálcio, magnésio, sódio e potássio. O banco de dados do SIAGAS/CPRM (2020), prioriza as variáveis de maior interesse hidrogeoquímico, como é o caso de alguns parâmetros físico-químicos e dos macros constituintes em solução em praticamente todas as águas subterrâneas: temperatura, pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, silício, alcalinidade, cloreto, sulfato e nitrato. Outras variáveis minoritárias como o fluoreto, fosfato, nitrito, além de metais, semimetais, não metais, coliformes totais e fecais estão registradas no SIAGAS, dependendo do interesse das entidades que registram os poços naquele repositório de dados hidrogeológicos.

As principais bases de dados com as quais se trabalhou são o banco de dados referentes aos cadastros de usuários do CNARH (2019) (processo realizado de forma autodeclaratória) e o SIAGAS/CPRM (2020). Ambos os bancos de dados normalmente não são submetidos a análises de consistência rigorosa, de modo que abrigam com frequência valores incompatíveis com o contexto hidrogeoquímico onde estão inseridos. É comum se encontrar valores colocados em unidades diferentes, o que pode ser percebido em uma análise perfunctória que seja.

Um aspecto que se percebe é que as análises químicas, quando registradas, muitas vezes não se enquadram no critério do balanço iônico (HEM, 1970) onde são comparados valores do somatório das cargas iônicas positivas com o somatório das cargas negativas. Estes valores deveriam ser iguais, porém se admite diferenças geradas pelo somatório de erros analíticos e outros. A diferença admissível pode variar, dependendo do objetivo do estudo, sendo que neste diagnóstico se estabeleceu um limite de 10% para a diferença de balanço iônico. Os valores são considerados em equivalentes por litro, onde o equivalente é estabelecido pela divisão dos valores em miligramas por litro, dividido pelo peso molecular do íon e multiplicado pela respectiva valência.

$$\%DBI = 100 \times \frac{(\Sigma_{cátions} - \Sigma_{ânions})}{(\Sigma_{cátions} + \Sigma_{ânions})}$$

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

$$\Sigma_{cátions} = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}$$

$$\Sigma_{ânions} = HCO_3^{-} + CO_3^{2-} + Cl^{-} + SO_4^{2-} + NO_3^{-}$$

O parâmetro de qualidade de água mais presente nos poços com dados químicos apresentados, é a condutividade elétrica. Esta variável está diretamente relacionada à quantidade de íons dissolvidos, ou seja, a salinidade da água (HEM,1970). Material fino em suspensão, que confere turbidez à água, também influi na condutividade, porém como as águas subterrâneas geralmente apresentam baixa turbidez, este fator normalmente é de pouca significância. O material dissolvido na água não contém apenas íons, porém também solutos não ionizados, como é o caso do ácido silícico, porém a correlação da condutividade com a concentração de sólidos dissolvidos totais é muito boa, permitindo avaliar a consistência das análises de água com relação a estas variáveis. Hem (1985) menciona como comuns para águas subterrâneas valores de A, na fórmula CE x A = SDT entre 0,55 e 0,75, com CE em µS/cm. Avaliada a correlação linear do conjunto das análises entre a condutividade elétrica (CE) e os sólidos totais dissolvidos efetivamente determinados em laboratório, ou mesmo calculados, os pontos relativos a amostras muito deslocados em relação à referida função são descartados. Foram também descartados valores de condutividade elétrica inferiores a 10 µS/cm, incompatíveis com água subterrânea dos aquíferos do contexto litológico regional.

Em uma primeira análise dos dados disponíveis, foram descartados também valores incompatíveis, como é o caso de registros de concentrações de íon carbonato (CO_3^{2-}) em amostras com pH inferior a 8,3 (HEM,1970).

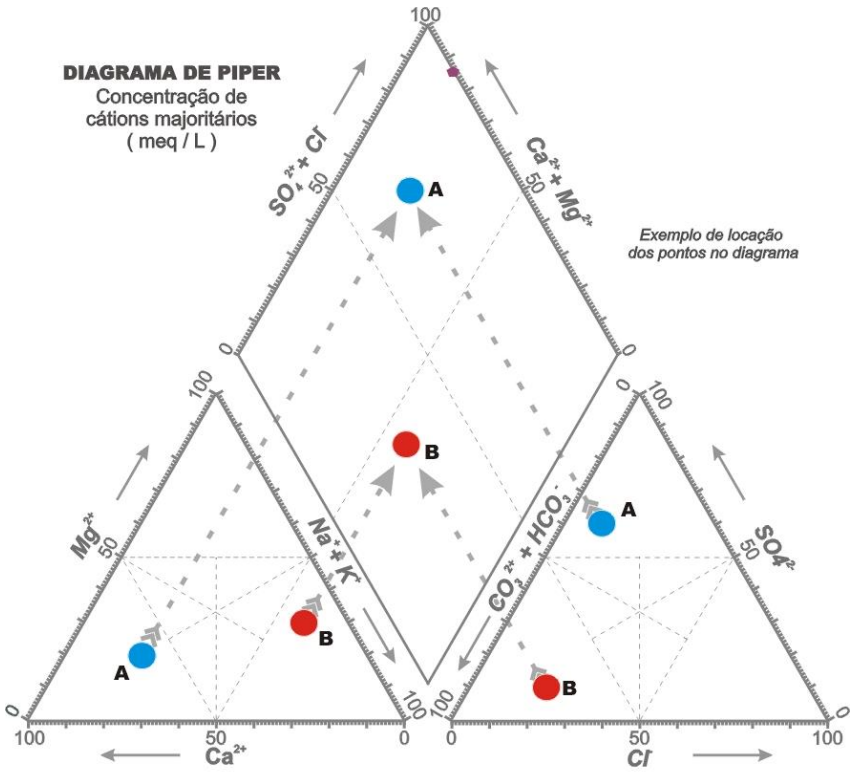
As classificações hidrogeoquímicas minimamente completas aplicadas às águas subterrâneas e também às superficiais envolvem as seguintes variáveis: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, alcalinidade (HCO_3^{-}, CO_3^{2-}), Cl^{-}, SO_4^{2-} (HEM, 1985; CUSTODIO, 1983; FETTER,1994; CETESB, 2019). Todas estas variáveis, sob a forma iônica, podem ser apresentadas em conjunto, como é o caso do diagrama de Piper (PIPER, 1944). Esta maneira de apresentação vem sendo bastante utilizada até hoje para classificar e avaliar águas e sua relação com fatores ambientais (HEM, 1970; CUSTODIO, 1983; FETTER, 1994; CETESB, 2019).

O diagrama, ilustrado na Figura 3.13, é composto por dois triângulos, um formado pelos cátions e outro pelos ânions, integrados em um campo de forma

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

losangular. Deste modo, cada análise de água é representada por três pontos, um correspondente à composição aniônica, outra à catiônica e outra integrando cátions e ânions. Como este diagrama compara íons, a concentração de cada variável é expressa em miliequivalentes por litro (mEq/L), obtida pela divisão dos valores analíticos em mg/L pela massa molecular em gramas e multiplicada pela valência do íon. Os pontos do triângulo dos cátions são formados pela transformação dos valores em percentuais de cada cátion em relação ao somatório dos cátions da amostra correspondente. Como trata-se de uma representação tripolar, os parâmetros catiônicos comumente empregados são: Ca^{2+}, Mg^{2+} e $Na^{+}+K^{+}$. No caso dos ânions, os polos são: $HCO_3^{-}+ CO_3^{2-}$, SO_4^{2-} e Cl^{-}. Também é propriedade dos diagramas, que trabalham com relações numéricas, ou proporções, entre concentrações de variáveis, sua independência do nível de diluição.

FIGURA 3.13 – ILUSTRAÇÃO DE UM DIAGRAMA DE PIPER



CÁTIONS	A	B	ÂNIONS	A	B
% de Mg^{2+}	20	30	% de $HCO_3^{-}+CO_3^{2-}$	30	70
% de Ca^{2+}	60	12	% de Cl^{-}	10	20
% de $Na^{+}+K^{+}$	20	58	% de SO_4^{2-}	60	10

Neste Diagnóstico, a tipologia das amostras de água é determinada conforme proposto por Custódio (1983) com base no diagrama de Piper (1944). Os tipos de água conforme os constituintes catiônicos majoritários são: cálcica; sódica/potássica;

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

magnesiana; mista Ca – Mg; mista Mg – Ca; mista Ca – Na; mista Na – Ca; mista Mg – Na; mista Na – Mg. Conforme a constituição aniônica, os tipos são: bicarbonatada; Sulfatada; cloretada; mista $HCO_3^- - SO_4^{2-}$; mista $SO_4^{2-} – HCO_3^-$; mista $HCO_3^- – Cl^-$; mista $Cl^- – HCO_3^-$; mista $Cl^- – SO_4^{2-}$; Mista $SO_4^{2-} – Cl^-$.

Uma propriedade notável nos diagramas triangulares é que o fator diluição não influencia diretamente. Assim sendo, uma água com 10 meq/L de cálcio, 05 meq/L de magnésio e 85 meq/L de sódio e potássio, ficará exatamente no mesmo ponto de uma outra com 1 meq/L de cálcio, 0,5 meq/L de magnésio e 8,5 meq/L de sódio e potássio. Esta característica facilita a correlação da composição da água com a litologia, pois cálcio, sódio, potássio e magnésio são, respectivamente o 5º, 6º, 7º, 8º e 9º elementos mais abundantes na crosta continental terrestre. Os demais elementos mais presentes na crosta continental são o oxigênio, silício, alumínio e ferro, respectivamente o primeiro, 2º, 3º e 4º mais abundantes. O oxigênio não está presente formando cátions abundantes, o silício está sobretudo sob a forma não ionizada do ácido silícico (H_4SiO_4) e o ferro, a menos de condições de ambiente aquoso muito redutor ou extremamente oxidante na superfície da terra está fixado em fases pouco solúveis como óxido, hidróxido ou oxi-hidróxido.

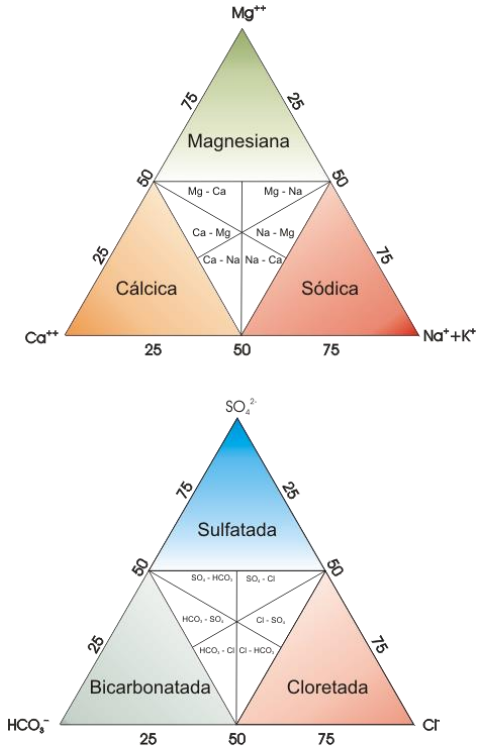
A situação dos tipos hidroquímicos nos diagramas triangulares que compõem o diagrama de Piper é ilustrada na Figura 3.14.

Na identificação do processo de gênese da composição química das águas foi utilizado também o diagrama de Gibbs (GIBBS, 1970). O diagrama de dispersão utiliza como coordenadas a concentração de sólidos dissolvidos totais e a relação (Na/Na+K) em mg/L. Este diagrama foi proposto originalmente para águas superficiais, porém também muito utilizado para águas subterrâneas (FANTONG, W.Y. *et al*. 2012.; JEEVANANDAM *et al*.,2016).

Se o silício também está quantificado, as possibilidades de classificar as águas são ainda maiores, pois a maioria dos minerais das rochas que contribuem para a qualidade das águas são silicatos, estejam eles presentes em rochas magmáticas e metamórficas ou nas argilas do manto de intemperismo e rochas sedimentares.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.14 – CLASSES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA IDENTIFICADAS EM DIAGRAMAS DE PIPER



Classes de água segundo sua composição em termos de íons principais.

3.6.4 Classificação química das águas subterrâneas

3.6.4.1 Concentração de solutos

As águas subterrâneas têm muitos de seus usos potenciais limitados pela quantidade total de componentes químicos em solução, sejam eles de origem natural ou gerados por atividades humanas. A concentração de solutos é representada por: variáveis como a concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT), determinada pelo resíduo sólido após a evaporação de um volume determinado de água e é apresentada por uma relação peso do resíduo/volume total de água (mg/L), peso do resíduo/peso da solução (mg/Kg ou ppm); salinidade, representada em partes por mil (‰); condutividade elétrica, caracteriza a facilidade com que uma corrente elétrica se movimenta na água em questão (µS/cm).

As águas, de um modo geral, podem ser classificadas conforme a salinidade em: água doce, água salobra, água salina e salmoura (Quadro 3.16).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.16 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS NATURAIS CONFORME A SALINIDADE

Fonte		Água doce	Água salobra	Salina	Salmoura
Fetter (1994)	(mg/L)	0 – 1000	1.000–10.000	10.000 – 100.000	>100.000
CONAMA 357 (BRASIL, 2005)	-	<0,5	0,5 – 30	>30	Sem referência

Há uma correlação direta entre a condutividade elétrica, os sólidos dissolvidos totais e a salinidade $CE = f(SDT)$. Para águas continentais normalmente

$$CE \times A = SDT$$

onde *A* varia entre 0,55 e 0,75 (HEM,1985). A variação neste coeficiente está relacionada aos tipos de componentes em solução, pois nem todos estão sob a forma iônica, como por exemplo a sílica ou ácido silícico (H_4SiO_4 ou $2H_2O \bullet SiO_2$).

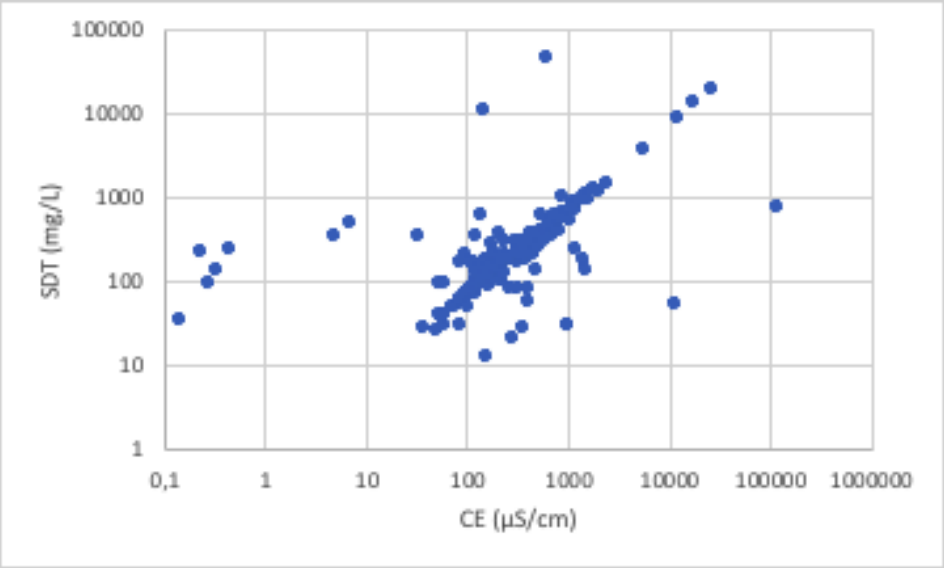
A relação entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos na água subterrânea da RH-V, conforme os valores disponíveis na base de dados do CNARH (2019), está apresentada na Figura 3.15a, elaborada com dados do banco de dados no Apêndice. Na referida figura se observa um agrupamento aparentemente linear de pontos e um grupo de pontos dispersos afastados da tendência linear.

Da Figura 3.15b constam os dados considerados, após a eliminação dos valores visivelmente deslocados da nuvem de pontos alinhados. A correlação linear obtida, com um $R^2 = 0{,}9963$ é $SDT = 0{,}7126 \times CE$. Este valor é compatível com a faixa de valores encontrados nas águas subterrâneas, conforme Hem (1970). A dispersão de pontos observada na Figura 3.15 a, é atribuída a prováveis enganos na leitura dos equipamentos ou no registro das medições no banco de dados.

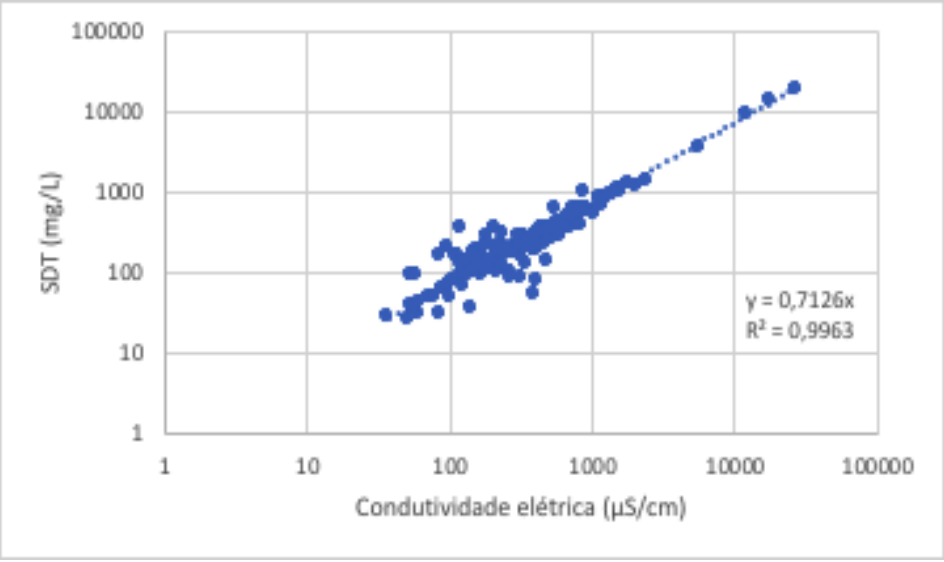
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.15 – RELAÇÃO DOS VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS, CONFORME APRESENTADA NO BANCO DE DADOS DO CNARH (2019): A) TOTAL DOS REGISTROS; B) REGISTROS APÓS DEPURAÇÃO

(A)



(B)



A distribuição dos valores de condutividade elétrica e de sólidos dissolvidos totais no conjunto das amostras de água constantes da está ilustrada na Figura 3.16. Do total de 241 poços com registro de condutividade, 103 possuem anotação da litologia, sendo apontado aquífero sedimentar em 50% destes registros e os outros 50% correspondem a aquífero cristalino.

A condutividade elétrica conta com um número maior de registros nos bancos de dados em comparação com os SDT, em parte pela facilidade de medição no

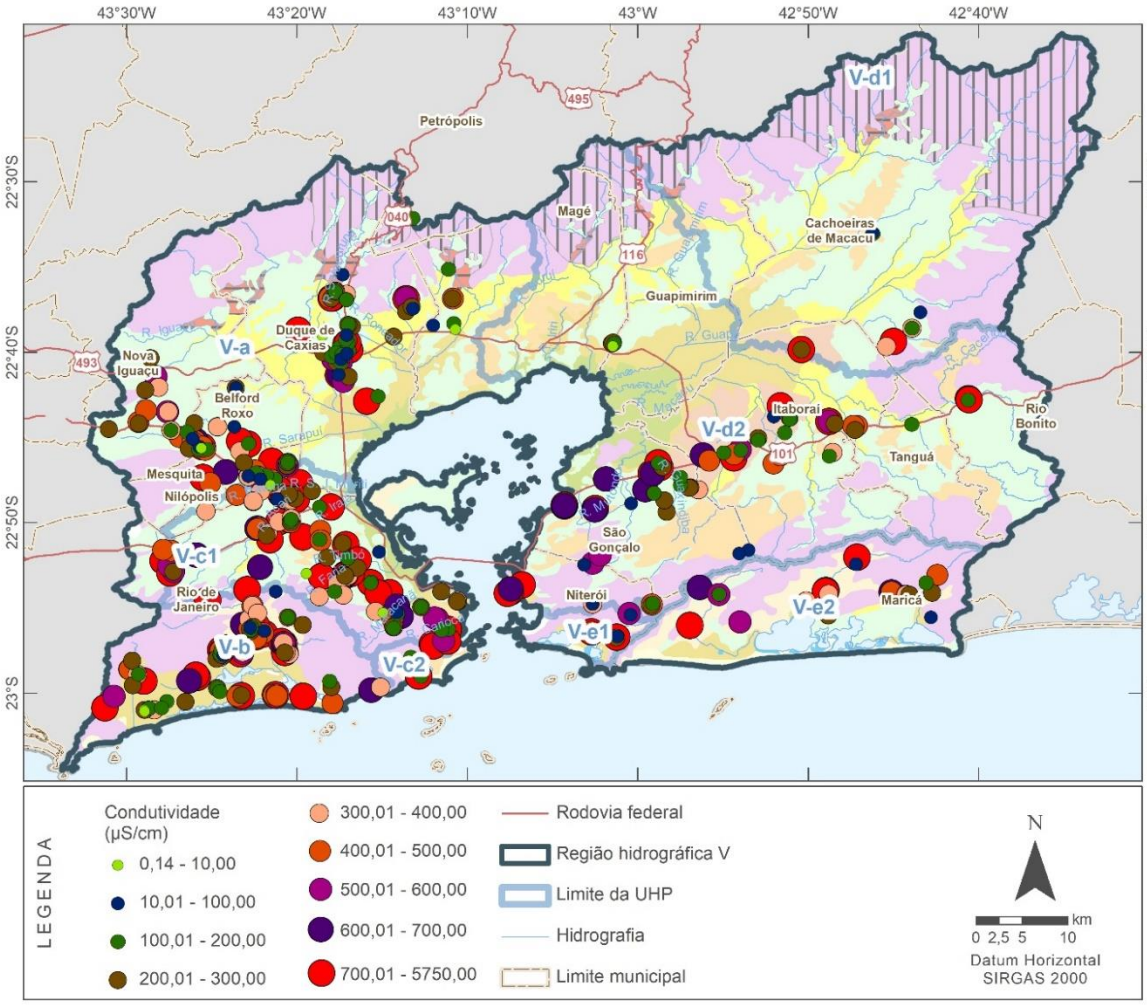
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

campo, enquanto os SDT normalmente são determinados em laboratório. Por esta razão foi utilizada a correlação abaixo para classificar as águas da RH-V conforme a salinidade.

$$SDT = 0{,}7126 \times CE$$

Considerando o banco de cadastro de usuários do CNARH (2019) (Apêndice 2), os valores da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos, 83% das amostras de água subterrâneas se enquadram, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, como água doce (SDT< 500 mg/L ou 0,5‰) e 17% como água salobra (SDT entre 0,5‰ e 30‰). Pelos dados do SIAGAS (2020), para amostras com DBI<10%, 77% representam águas doces e 23% águas salobras.

FIGURA 3.16 – ANOTAÇÃO DOS VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS POÇOS CADASTRADOS DA RH-V



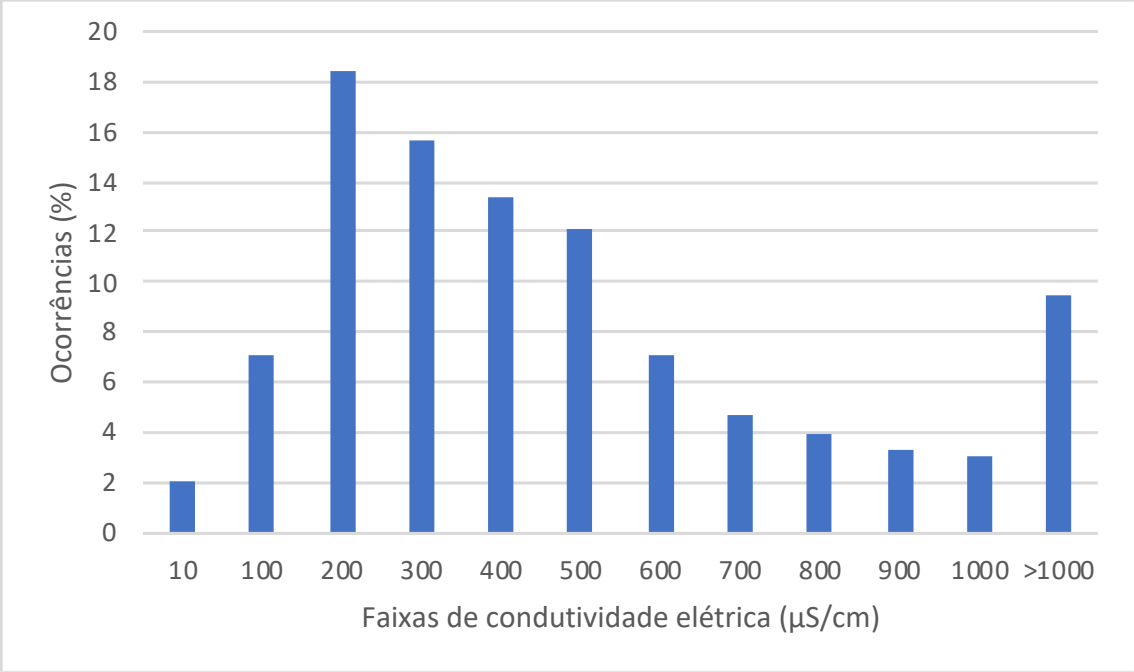
Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Considerando o conjunto das amostras do CNARH (2019) e SIAGAS (2020), de 455 poços, eliminadas as duplicações, no total se obtém a distribuição de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

ocorrências por classes de condutividade constantes da Figura 3.17. Fica evidenciado que a faixa que possui mais casos se situa entre 100 e 200 µS/cm e que 20% das amostras apresentou salinidade superior a 700 µS/cm, ou seja, acima do limite superior considerado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L).

FIGURA 3.17 – CONDUTIVIDADE DO CONJUNTO DE AMOSTRAS CNARH (2019) E SIAGAS (2020), POR FAIXAS DE VALORES



A condutividade das águas naturais subterrânea se deve principalmente aos solutos iônicos majoritários, cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, cloreto, sulfato e nitrato. A estes se pode juntar o íon fluoreto. Outros componentes como é o caso da sílica, presente sob a forma de ácido silícico, um ácido fraco, pouco contribuem para a condutividade. A faixa de presença destes parâmetros nas águas subterrâneas da RH-V consta do Quadro 3.17.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.17 – CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, SÓDIO, POTÁSSIO, BICARBONATO, CLORETO, FLUORETO, SULFATO E NITRATO-, NAS ÁGUAS DE GRUPOS DE AQUÍFEROS NA RH-V

	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^{+} (mg/L)	K^{+} (mg/L)	HCO_3^{-} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	F^{-} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_3^{-} (mg/L)
Rochas cristalinas magmáticas e metamórficas (aquíferos fissurais)									
nº	119	118	157	116	70	177	145	162	153
média	63,97	27,27	85,21	7,33	68,30	239,08	1,30	38,00	17,65
máximo	1231,36	924,95	2698,8	99,56	299	13333	79,56	761	224,0
mínimo	0,7	0,013	4,9	0,0016	0	0,0001	0	0,001	0
Formação Macacu (aquífero granular)									
nº	24	24	28	26	17	27	28	25	25
média	11,12	4,85	32,00	4,34	136,85	54,34	1,52	10,77	19,22
máximo	42,6	12,89	77,8	7,8	556,5	327	10,9	38	181,5
mínimo	0,00093	0,03	0,01	0,02	4	0,1	0	0	0,044
Depósitos aluviais com rochas cristalinas sotopostas (aquíferos mistos)									
nº	237	238	314	225	169	339	294	329	312
média	154,35	50,53	455,13	82,61	86,18	172,17	17,04	124,83	62,91
máximo	14800	8519	50500	6740	281	14700	3986	13000	5887,9
mínimo	0,001	0,11	0,05	0,1394	0,6	0,25	0	0	0,004
Depósitos litorâneos (aquíferos granulares)									
nº	22	23	27	22	18	32	28	32	30
média	15,24	6,85	1621,36	319,85	79,39	65,90	0,19	30,28	6,91
máximo	47,4	39,7	27416	6811	330	560	0,5	110	41,97
mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Depósitos de pântanos (aquíferos porosos)									
nº	11	12	12	11	10	14	12	12	12
média	191,44	121,10	507,38	30,51	43,42	1341,49	8,27	156,85	9,49
máximo	1163	947,9	3679	210,3	88	14480	96,19	1158,8	44,27
mínimo	0,12	0,082	4,52	1,06	8	19	0,019	3	0,22

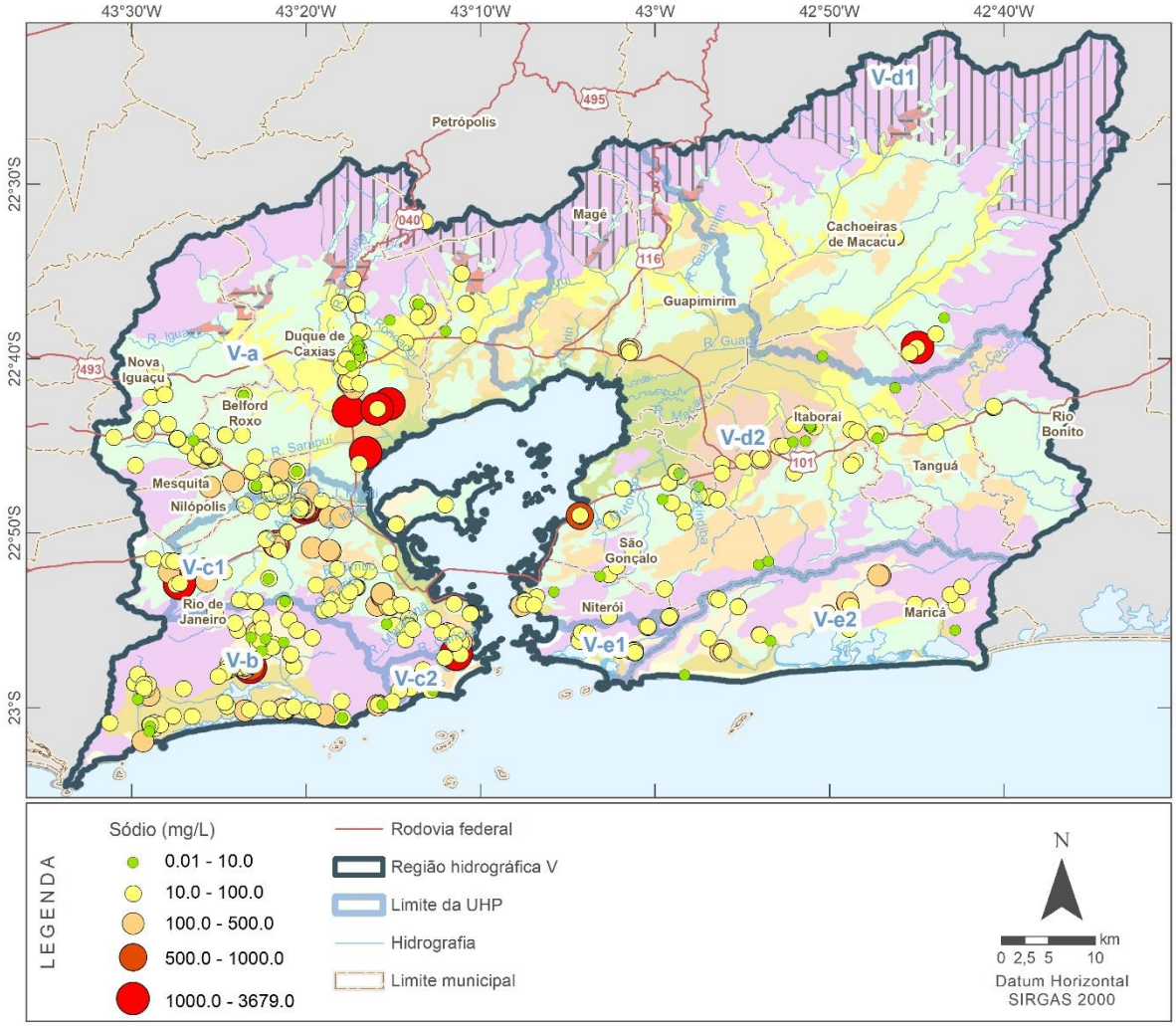
Fonte: CNARH (2019); SIAGAS (2020)

O Quadro 3.17 e as Figura 3.18 a Figura 3.21 mostram faixas de concentração em solução de sódio, potássio, cálcio e magnésio, respectivamente, elementos que ocorrem nas águas naturais sob a forma íons positivos ou cátions. Estes elementos na maioria dos casos não são potencialmente tóxicos, mesmo porque seus limites de aceitação para consumo humano são relativamente elevados, sendo apenas o sódio contemplado pela Resolução CONAMA nº 396/2008, que preconiza um máximo de 200 mg/L. Nos cadastros (Apêndice 2) o sódio consta em 543 análises, das quais 38 constam com valores superiores ao limite, ou seja 7%. Os valores mais elevados de concentração para estes analitos são evidenciados pela cor vermelha em todos os mapas das Figura 3.18 a Figura 3.21, porém cabe a consideração de que não houve condições de todos estes valores serem consistidos e validados.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O cálcio tem suas maiores concentrações média e máxima nos aquíferos aluviais e menores nos litorâneos, enquanto o magnésio é mais abundante na água subterrânea de aquíferos estabelecidos em sedimentos de áreas pantanosas. O sódio, está presente em maior proporção nos aquíferos litorâneos. O cloreto apresenta a maior concentração média nos aquíferos de pântano e a menor no aquífero Macacu. O fluoreto, apresenta concentração média mais baixa nos depósitos litorâneos e bastante mais elevada em depósitos aluviais, porém esta discrepância provavelmente se dá por valores incorretos registrados no banco de dados.

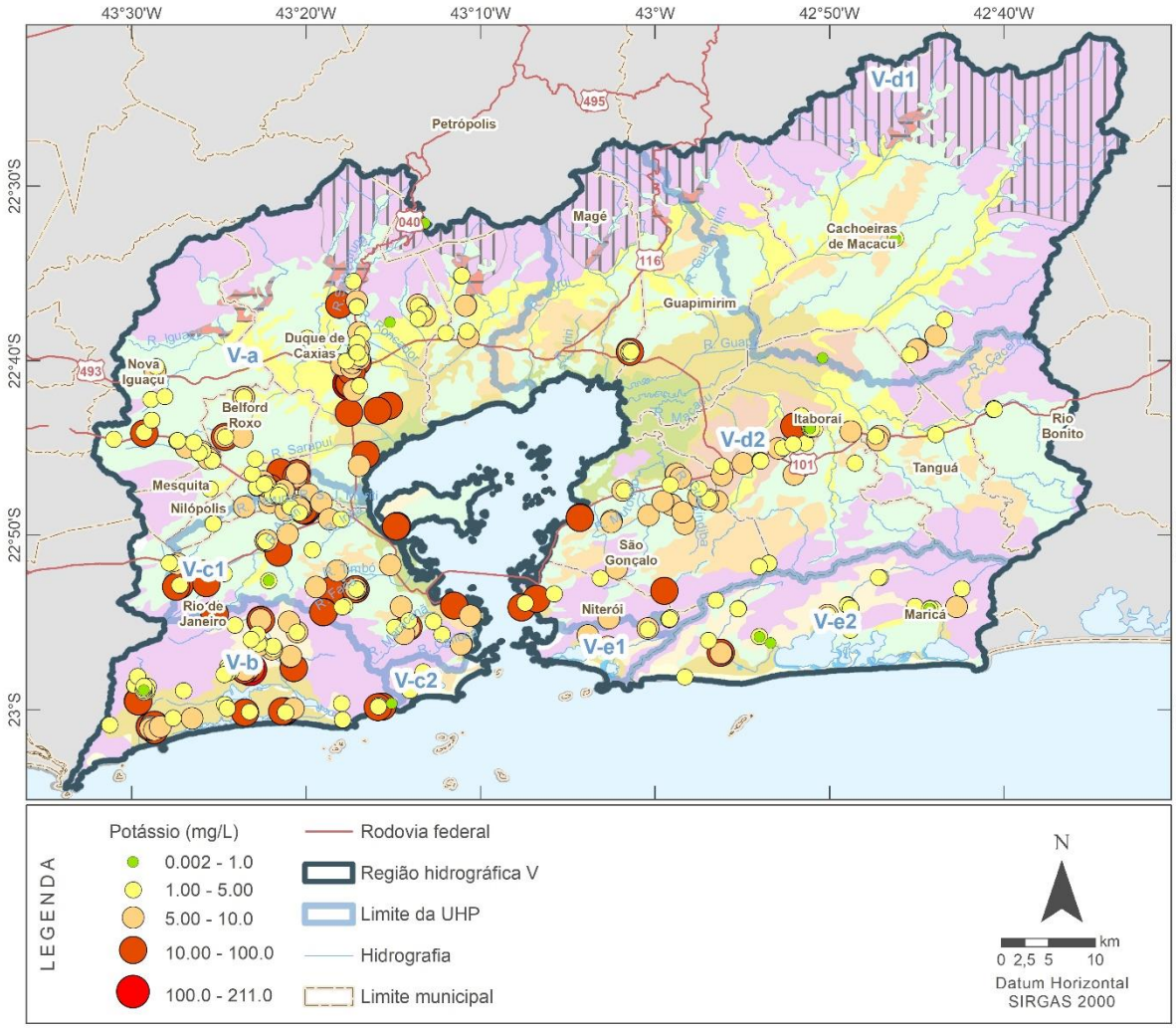
FIGURA 3.18 – CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

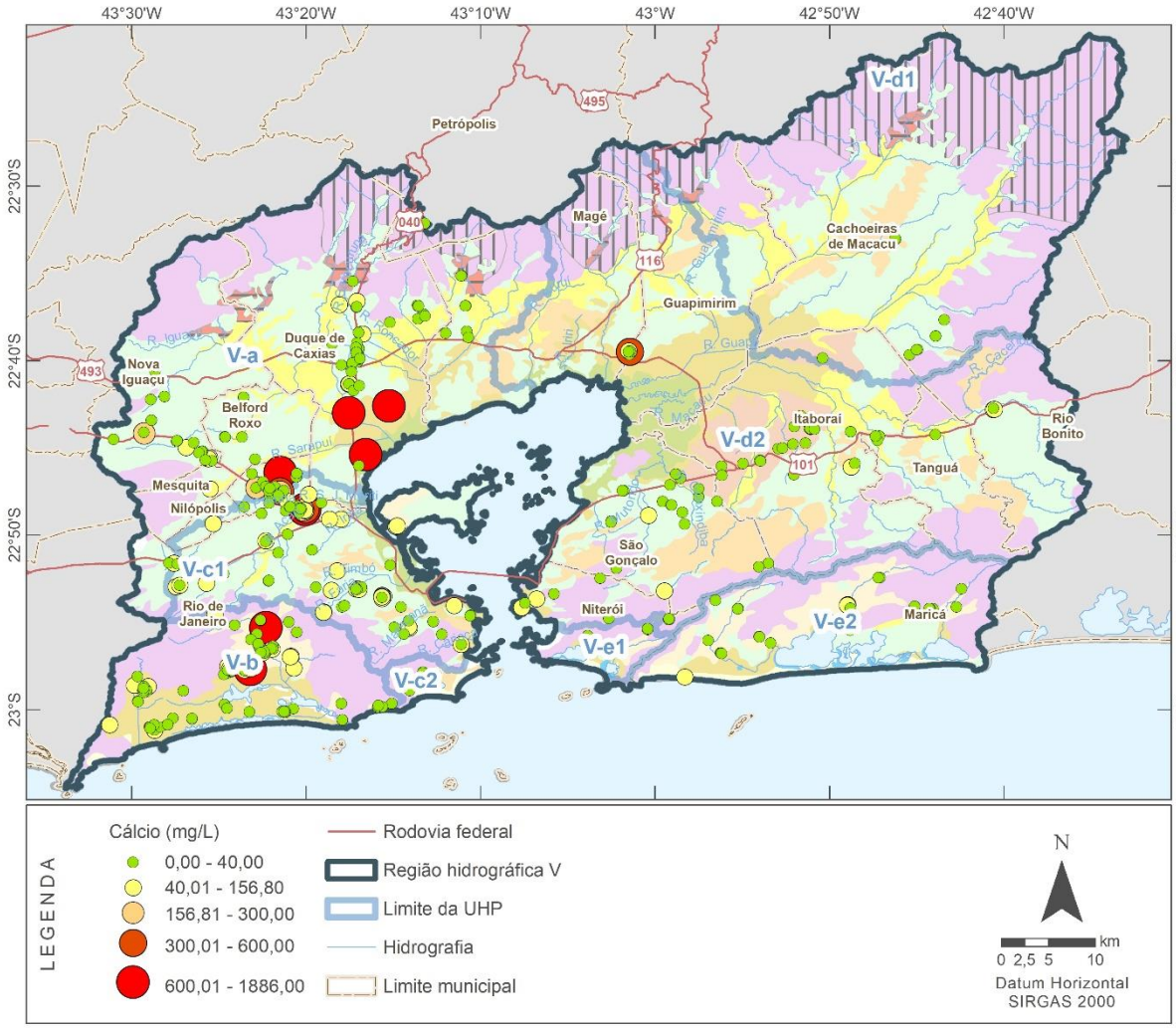
FIGURA 3.19 – CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

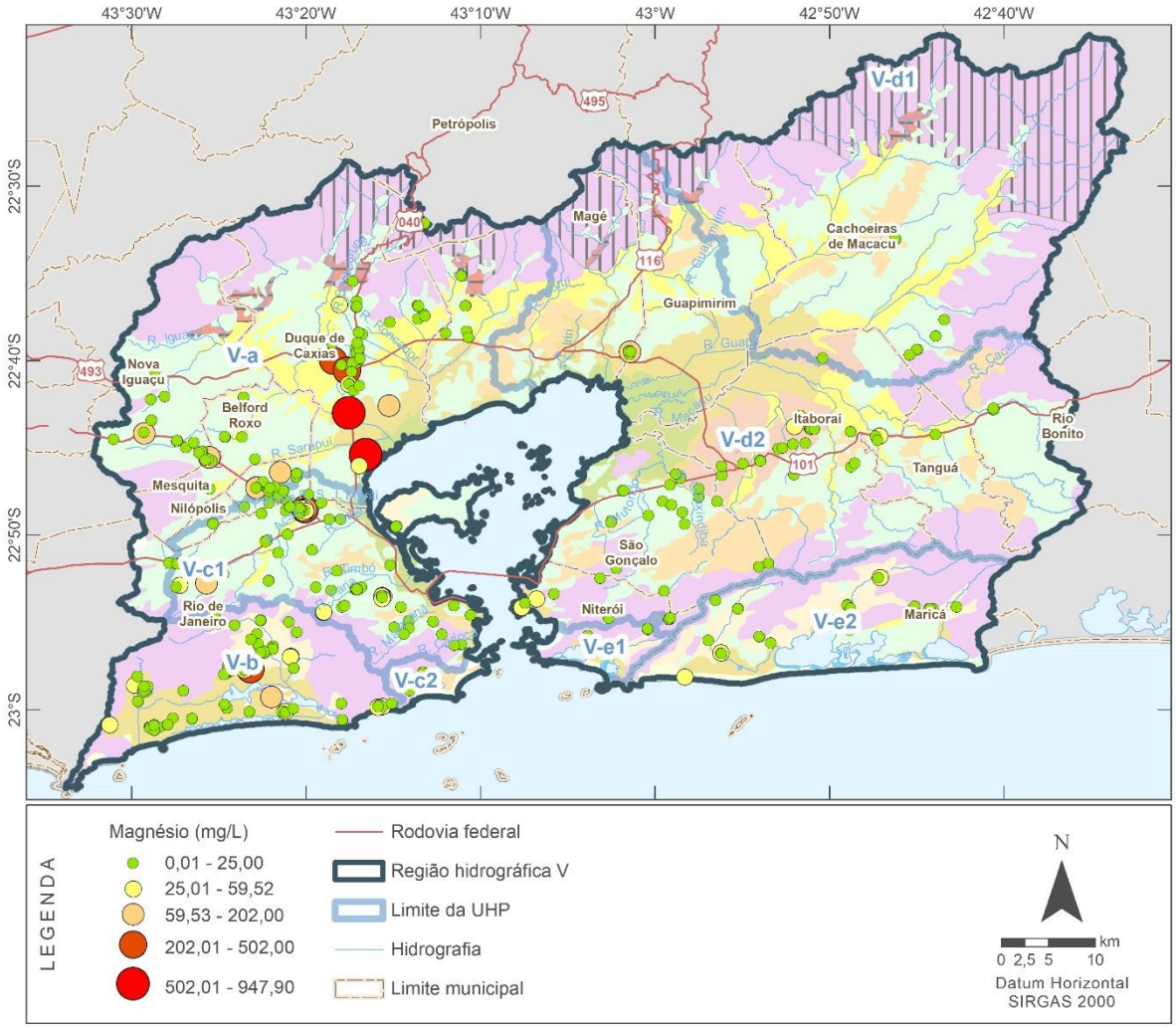
FIGURA 3.20 – CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.21 – CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Os componentes aniônicos bicarbonato, cloreto, nitrato e fluoreto têm a distribuição de suas concentrações na RH-V ilustrada nas Figura 3.22 a Figura 3.25. O bicarbonato, é o íon predominante em águas continentais interiores e não há restrições legais quanto a sua presença em solução. O cloreto tem um limite de aceitabilidade por águas potáveis, de 250 mg/L. As águas mais salina da região tem no cloreto um componente dominante. Observe-se que os valores mais elevados anotados, se situam na porção oeste da região, à exceção de um ponto em São Gonçalo. É interessante notar que apenas dois pontos em Maricá possuem registro de concentração de cloreto acima do limite de 250 mg/L.

O nitrato é um componente aniônico presente nas águas naturais, sendo a espécie química mais comum fruto da oxidação de outros componentes nitrogenados. Sua origem pode estar em depósitos orgânicos naturais, porém a fonte mais comum

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

em áreas urbanas são os efluentes domésticos. Em áreas rurais e peri-urbanas, fertilizantes nitrogenados contribuem significativamente para a presença do nitrato na água, tanto subterrânea como superficial (HEM, 1985; FETTER, 1995; BAIRD, 2002). O limite para o nitrato é 10 mg/L conforme a Resolução CONAMA nº 396/2008, quando este está expresso sob a forma de N (NO_3^-), o que corresponde a 44,27 mg/L de NO_3. O nitrato em si não causa muitos danos à saúde humana, mesmo em doses relativamente elevadas, a menos de crianças, sujeitas à metahemoglobinemia (BAIRD, C., 2002). O nitrato, é considerado, como consta em CERH/CTAS (2019), o contaminante mais comum em águas subterrâneas do Brasil e também do exterior. Mesmo sendo suportado pelo homem e outros animais em concentrações relativamente elevadas, sua detecção é um bom indicador de possível contaminação de águas. É um componente de alta mobilidade em meio líquido e suas fontes geralmente estão ligadas a algum tipo de poluição ou contaminação por atividades humanas tais como lançamento de efluentes urbanos industriais ou excedente de adubações agrícolas. A detecção de nitrato em aquíferos pode ser um guia para a localização de fontes de contaminação que podem acarretar danos pela presença de outros contaminantes químicos ou orgânicos não analisados rotineiramente.

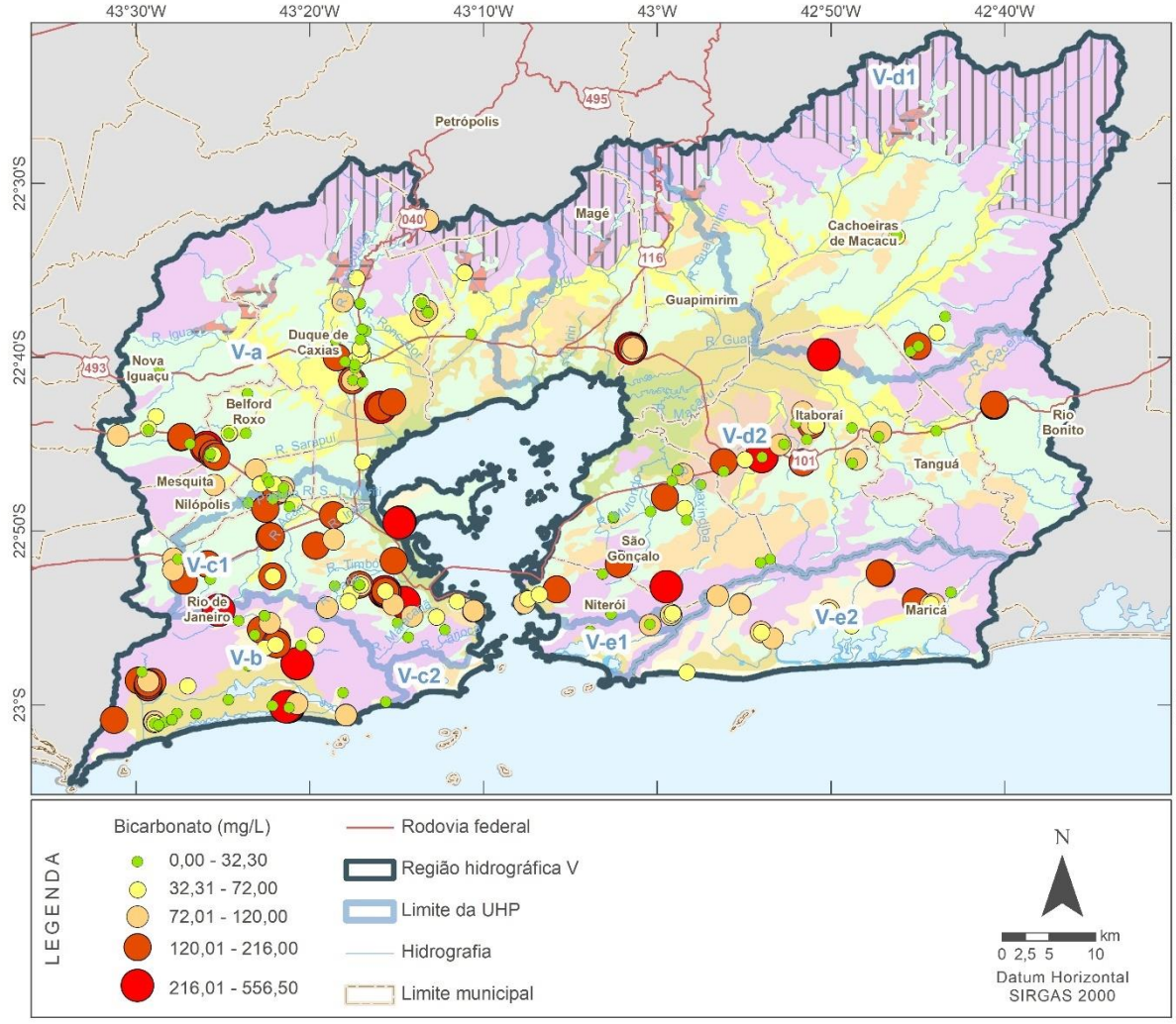
Um limite razoável para concluir que uma determinada água pode estar contaminada e requerer mais atenção é a constatação de concentrações de NO_3^- superiores a 10 mg/L. A CETESB, no estado de São Paulo, por precaução, adota o limite de 5 mg/L para orientar ações preventivas e controle por suspeita de influência antrópica sobre a qualidade das águas subterrâneas (CETESB, 2004 apud CERH/CTAS, 2019). Na rede de poços de monitoramento da CETESB em São Paulo, a citada publicação menciona que, entre 2013 e 2015, houve uma evolução na concentração de nitrato em águas subterrâneas apenas em áreas urbanas, sendo detectado em diversos sistemas aquíferos, inclusive no sistema aquífero pré-Cambriano, equivalente ao cristalino da RH-V.

O nitrato, por suas características químicas e pelos ambientes sedimentares onde se estabeleceram os aquíferos regionais, tem nos aquíferos formados em sedimentos de áreas pantanosas, sua origem natural mais evidente. Por outro lado, é um componente comum em efluentes urbanos e rurais, daí sua maior concentração em depósitos aluviais.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O flúor, cujo limite para a potabilidade de uma água é de 1,5 mg/L se encontra comumente sob a forma do íon fluoreto, apresenta valores mais elevados apenas no município do Rio de Janeiro, como indicado na Figura 3.22. Ao todo há o registro de 24 valores excedendo os limites preconizados pelo CONAMA. Sua origem natural mais comum é no mineral fluorita, frequente em rochas cristalizadas a temperaturas mais baixas, sendo encontrado em veios hidrotermais. Contribuições de atividades humanas também contribuem podem contribuir para o flúor encontrado nas águas. Sua presença pode requerer cuidados inclusive no uso de dentifrícios fluorados. Os valores extremos de flúor nos registros da RH-V, superiores a 30 mg/L ocorrem em poços na área urbana do Rio de Janeiro.

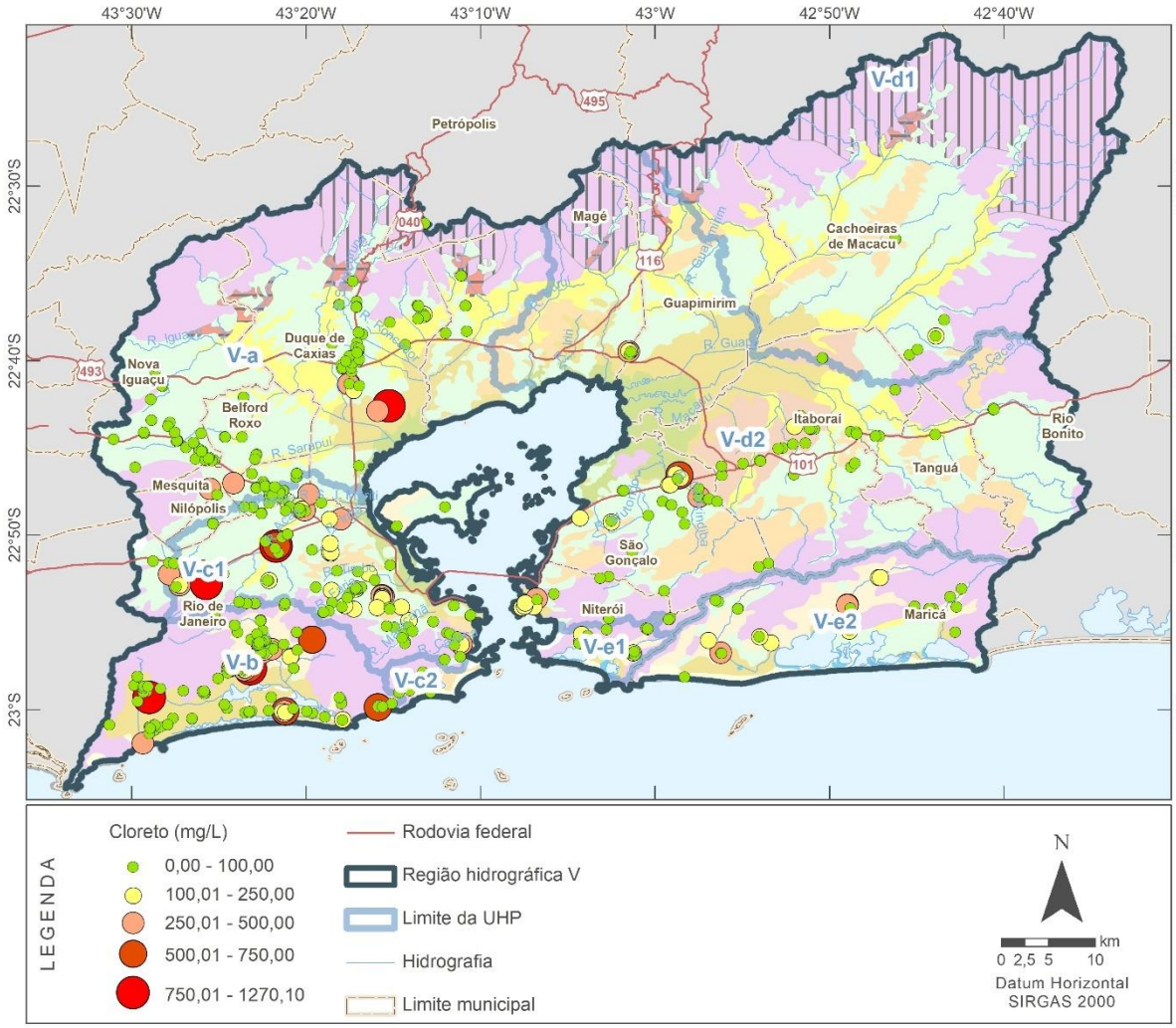
FIGURA 3.22 – CONCENTRAÇÃO DE BICARBONATO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

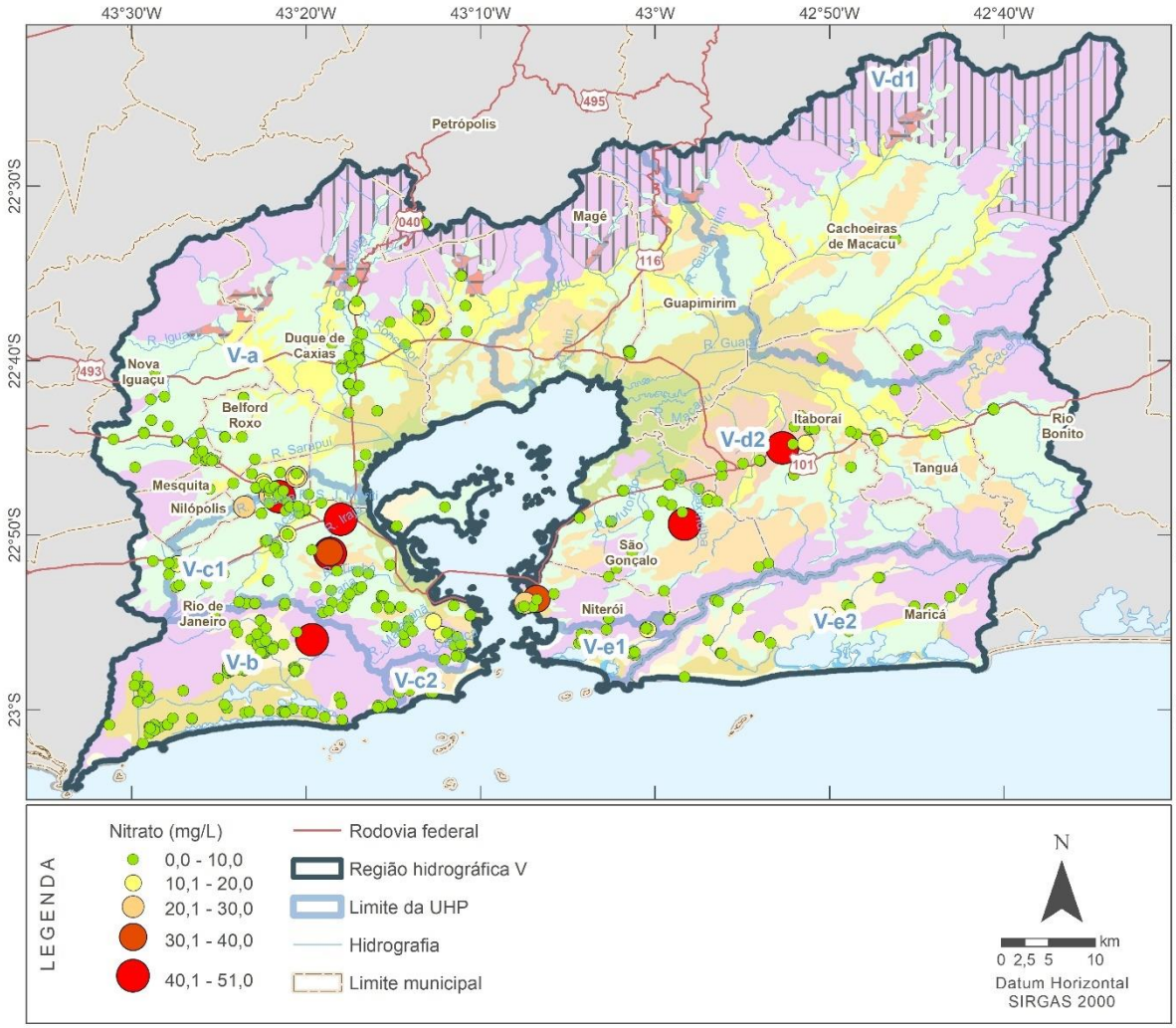
FIGURA 3.23 – CONCENTRAÇÃO DE CLORETO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

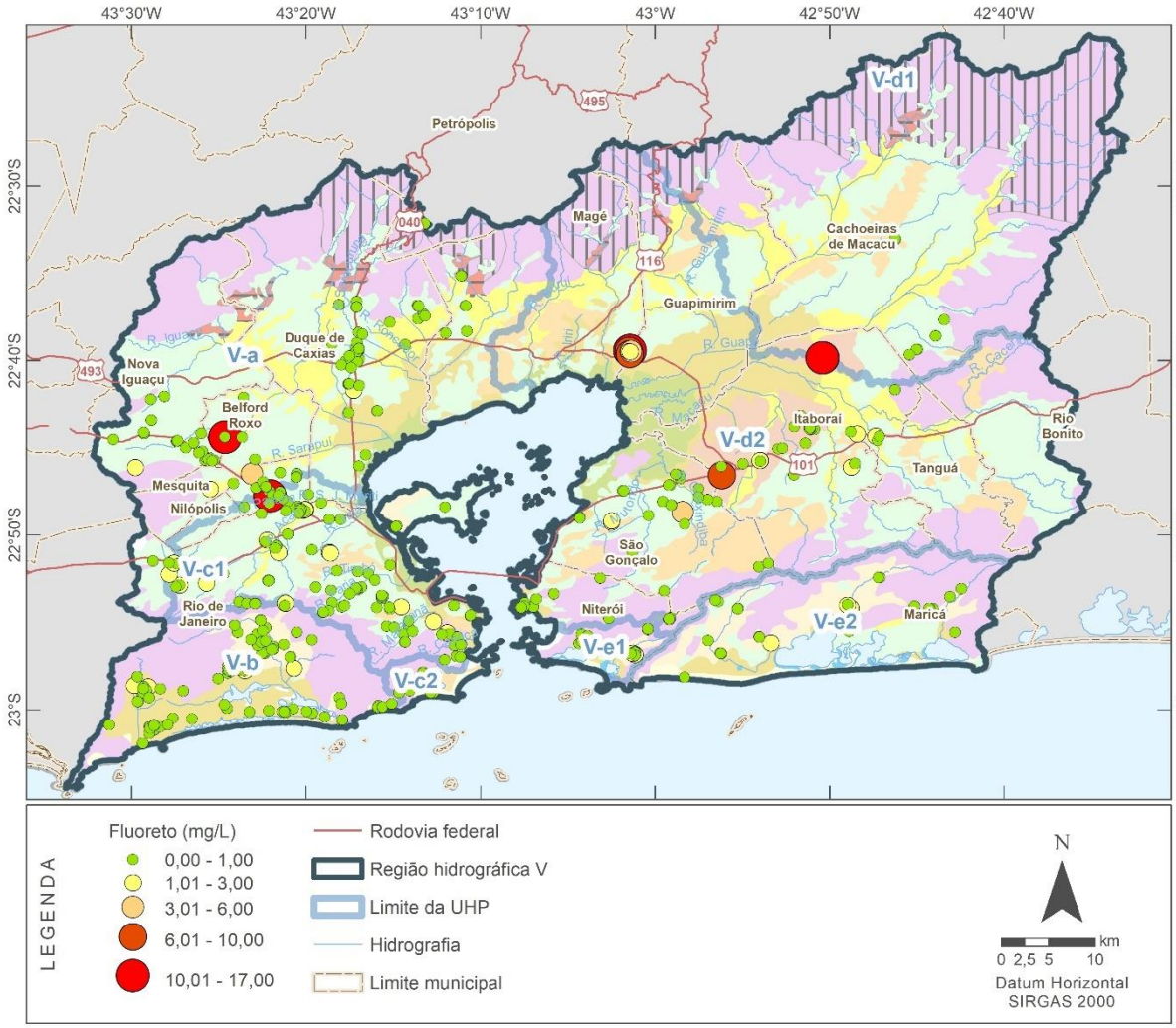
FIGURA 3.24 – CONCENTRAÇÃO DE NITRATO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.25 – CONCENTRAÇÃO DE FLUORETO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

3.6.4.2 Tipos hidroquímicos

A locação da composição da água subterrânea da RH-V em diagrama de Piper, conforme a Figura 3.26 e a Figura 3.27 possibilita uma percepção da composição hidroquímica dos aquíferos. Em ambas as bases de dados, cadastro de usuários do CNARH (2019) e registros no SIAGAS (2020), a concentração de pontos no campo sódico e misto é notável. Considerando as amostras de água que apresentam uma diferença entre cargas iônicas positivas e negativas inferior a 10%, o que corresponde a 1,5% do total de poços com processos de cadastro do CNARH (2019), nenhuma unidade indica composição com predomínio de magnésio e em apenas duas o cálcio predomina. Os registros do SIAGAS (2020) apresentam algumas águas com caráter cálcico, porém também sem águas magnesianas. A ausência de águas magnesianas seria uma consequência da pouca expressão de rochas máficas e calcárias na

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

litologia que abriga os aquíferos representados. Apesar de anfibolitos do grupo São Fidelis serem rochas magmáticas que abrigam aquíferos fissurais na bacia, sua composição não leva as águas a uma composição mais cálcica ou magnesiana. Assim sendo, o caráter hidroquímico das águas naturais da RH-V é predominantemente cloretado sódico e misto. Poucas amostras se situam no campo sulfatado sódico e bicarbonatado cálcico. Esta característica reflete a composição do substrato aonde predominam rochas cristalinas de composição granítica e rochas sedimentares clásticas formadas sob influência direta do ambiente marinho, estuarino ou em suas proximidades.

Há uma notável coincidência nos resultados apresentados pelo conjunto dos dois bancos de dados analisados. A convergência é maior no caso dos cátions, onde fica evidente o predomínio do sódio sobre o cálcio. Quanto aos ânions o predomínio do cloreto sobre o bicarbonato é maior considerando o banco do CNARH (2019), sendo que no SIAGAS a proporção destes íons é muito semelhante. Há que ser considerado que a análise dos cátions é mais precisa do que no caso dos ânions, devido às metodologias normalmente empregadas (HEM, 1970). Para os ânions os limites de detecção são mais elevados, como é o caso do sulfato e o bicarbonato é mais sensível a dificuldades maiores na preservação das amostras. Além disso, as análises, principalmente do SIAGAS, foram geradas em laboratórios diferentes. Outro fator influente é que, como as variáveis majoritárias dificilmente excedem os valores máximos permissíveis pela norma para potabilidade, não há uma preocupação maior com a precisão dos resultados, haja à vista o grande número de análises que apresentam balanço iônico precário.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.26 – ANÁLISES DE ÁGUAS DO BANCO DE DADOS DE CADASTRO DE USUÁRIOS DO CNARH (2019), COM DIFERENÇA DE BALANÇO IÔNICO INFERIOR A 10%, LOCADAS EM UM DIAGRAMA DE PIPER

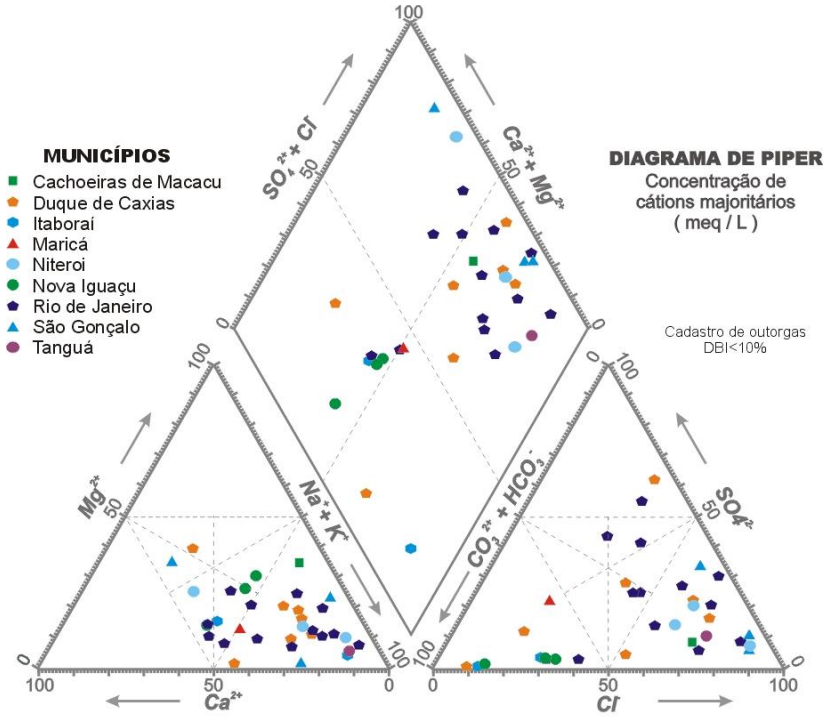
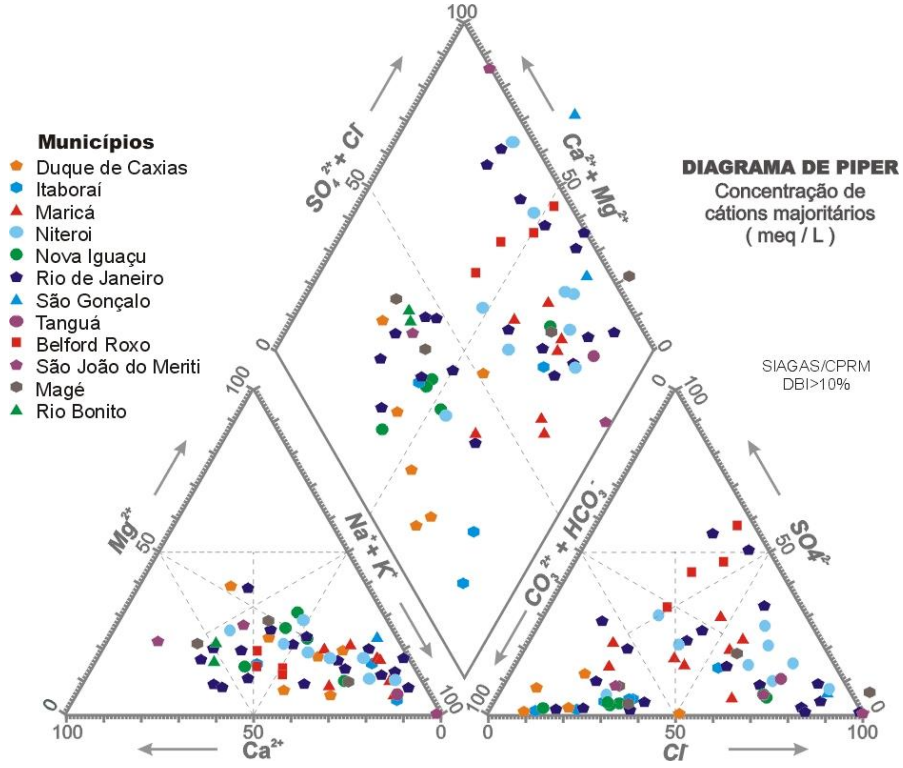


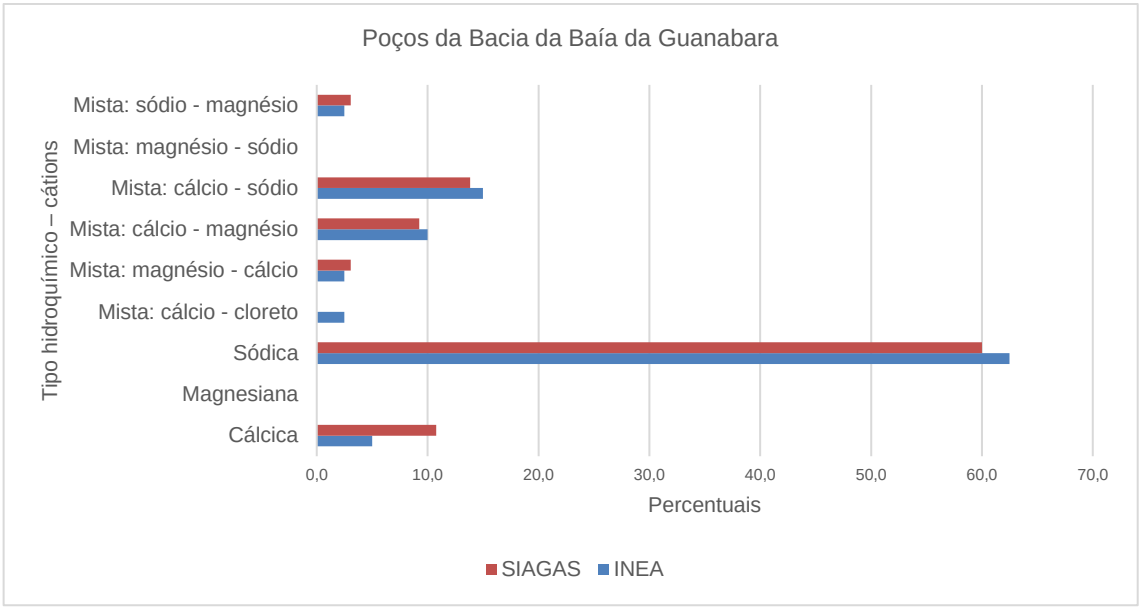
FIGURA 3.27 – ANÁLISES DE ÁGUAS DO BANCO DE DADOS DO SIAGAS, COM DIFERENÇA DE BALANÇO IÔNICO INFERIOR A 10%, LOCADAS EM UM DIAGRAMA DE PIPER



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

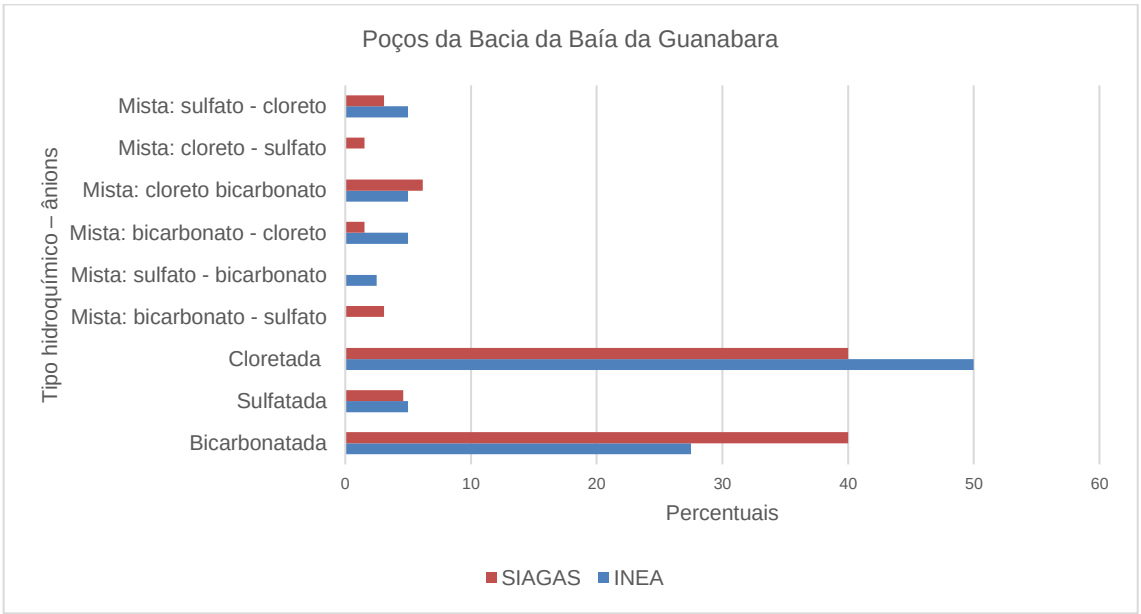
Os percentuais de poços com água de diferentes tipologias hidroquímicas estão apresentados na Figura 3.28 e na Figura 3.29.

FIGURA 3.28 – TIPOLOGIA QUÍMICA QUANTO AOS CÁTIONS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA RH-V, CONFORME REGISTROS DO CADASTRO DE USUÁRIOS



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020).

FIGURA 3.29 – TIPOLOGIA QUÍMICA QUANTO AOS ÂNIONS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA RH-V, CONFORME REGISTROS DO CADASTRO DE USUÁRIOS



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020).

Trabalhos concernentes à qualidade de água na região, indicam a prevalência de água cloretada sódica em amostras coletadas no Rio de Janeiro, com uma concentração de material dissolvido média de 94 mg/L, entre extremos de 256 mg/L e

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

24 mg/L (PINTO *et al*., 2006). Estes autores mencionam que os valores de maior salinidade na região estão em Maricá. No presente diagnóstico, considerando apenas as amostras do banco de cadastro de usuários do CNARH (2019) cuja análise apresentou DBI<10%, foi anotado um mínimo de 82,4 mg/L e um máximo de 549 mg/L. Em Guapimirim e Cachoeiras do Macacu, os referidos autores mencionam concentrações médias de SDT de 43 mg/L e 53 mg/L, respectivamente. O caráter predominante cloretado e bicarbonatado sódico também se repete em aquíferos costeiros do Paraná (ROSA FILHO *et al.,*2011) e de São Paulo (CETESB, 2016), apenas para citar regiões similares próximas.

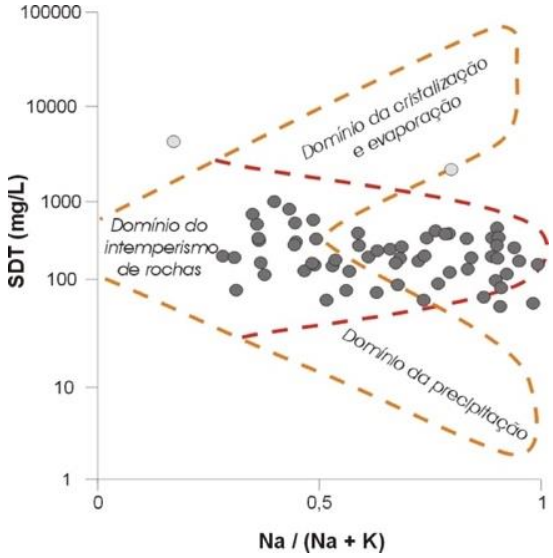
O controle da composição da água subterrânea na região estudada, se dá principalmente por processo de intemperismo das rochas do substrato, sendo relativamente pequeno o papel de processos de evaporação e cristalização, mais característicos de climas secos, ou também de processos de precipitação.

Na Figura 3.30 está apresentada a situação das amostras de água subterrânea da RH-V quanto ao tipo de gênese de seus solutos. Praticamente todas as amostras registradas no SIAGAS (2020) com DBI>10% se situam no domínio do intemperismo de rochas. Este fato sugere que o volume de água subterrânea proveniente das áreas continentais tem sua composição estabelecida principalmente pelos solutos liberados pelo intemperismo das rochas cristalinas da bacia. Quando ocorre grande incidência de evaporação na bacia, a concentração de sólidos dissolvidos necessariamente aumenta.

Em aquíferos muito próximos ao oceano, há grande probabilidade de captação por poços, de água salina ou salobra da cunha salina. Este é o caso da orla marítima onde ocorrem pacotes de sedimentos praiais recentes, e são comuns poços do tipo ponteira de baixa profundidade para atendimento a demandas individuais de pequenos volumes. A facilidade e baixo custo da implantação destes poços, leva a que sua construção e implantação sejam feitos sem muito controle, extraindo um volume maior de água do que a capacidade local.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.30 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA RH-V LOCADAS EM UM DIAGRAMA DE GIBBS [SDT X NA/(NA+K)]



Fonte: SIAGAS (2020)

3.7 CADASTRO DE ÁGUAS CONTAMINADAS

3.7.1 Referências para avaliar a contaminação

As referências nacionais de qualidade para água subterrânea são a Resolução CONAMA n° 396/2008 e a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde. As referidas normas apresentam valores limites tanto para componentes elementares, como compostos orgânicos ou não.

Uma dificuldade para a avaliação da conformidade das águas subterrâneas com respeito às normas, é a exiguidade de dados de qualidade de água envolvendo a maioria dos parâmetros constantes da legislação. Isto é um real problema, pois comumente as águas captadas não passam por processos de tratamento, indo direto para o consumo, a menos quando a demanda é por parte de órgãos de saneamento, indústrias e algumas outras exceções.

3.7.2 Concentrações de elementos e de substâncias potencialmente tóxicas

Elementos minoritários e substâncias potencialmente tóxicas (EPTs) não estão presentes nos cadastros de usuários à exceção do nitrato, porém constam de alguns registros no SIAGAS (2020), como consta do Quadro 3.19. O pequeno número de registros e estes não sistemáticos, dos EPTs nos bancos de dados, impossibilita uma avaliação do estado geral da água da região estudada. Apesar dos aspectos

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

mencionados, chama a atenção as ocorrências de chumbo e de cadmio, elementos que ocorrem com relativa frequência em aquíferos não confinados de áreas urbanas.

Várias amostras foram eliminadas das avaliações de concentrações de EPTs, devido a registros de valores visivelmente anômalos de alguns analitos, com grande possibilidade de não estarem corretos (Quadro 3.18). Amostras com evidências de salinização extrema também foram desconsideradas nas avaliações dos EPTs.

QUADRO 3.18 – DADOS DESCONSIDERADOS NAS AVALIAÇÕES

Registro no SIAGAS	Local	Motivo da não consideração
3100023015	Duque de Caxias	Al 11,1 mg/L; Cl^- 14700 mg/L; F^- 323 mg/L
3100023006	Duque de Caxias	NO_2^- > NO_3^- ; Na^+ 2698,8 e Cl^- 6,8 mg/L
3100023257	Rio de Janeiro	Cu 113,9 mg/L
3100023260	Rio de Janeiro	Al 83,3 mg/L
3100023269	Rio de Janeiro	F^- 96,18 mg/L; SDT 29836,0 mg/L; Mn 47445,0 mg/L
3100023270	Rio de Janeiro	F^- 3986, mg/L
3100023271	Rio de Janeiro	SO_4^{2-} 227 mg/L
3100023272	Rio de Janeiro	Al 1221, mg/L; Cl^- 13129,3 mg/L

A litologia da RH-V não é notória por anomalias positivas em elementos potencialmente tóxicos, todavia, a ocupação da área por densa urbanização e unidades industriais, a torna susceptível a contaminações da água subterrânea por componentes químicos com potencial deletério à saúde. O PERHI-RJ (INEA, 2014) menciona casos de detecções esporádicas acima dos limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 396/2008 de nitrato, flúor, alumínio, amônia, arsênio, cromo, bário, cádmio, chumbo e selênio. A presença de nitrato, contaminações bacteriológicas, e de compostos orgânicos, não é detectada com maior frequência por não serem feitas as devidas análises, mesmo sendo estes componentes comuns em efluentes urbanos. A deficiência técnica na construção de poços rasos também é fator que aumenta a possibilidade de contaminação, notadamente em zonas onde o sistema de coleta de esgotos é precário.

O banco de dados do SIAGAS (2020) contém registros dos EPTs constantes do Quadro 3.19. Estes valores não foram submetidos a testes de consistência, sendo apresentados por serem registros indicadores da presença dos referidos analitos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.19 – REGISTROS DE ANÁLISES DE EPTS E NITRATO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE POÇOS DA RH-V

	Be (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	F (mg/L)	Pb (mg/L)
Nº	24	245	265	274	235	368	255
Média	8,96	0,0069	0,02511	0,49757	0,00079	17,00	0,01952
Máximo	215	1,0	2,71	113,9	0,100	3986	1,510
Mínimo	0,001	0	0	0	0	0	0
CONAMA 396	0,004	0,005	0,05	2	0,001	1,5	0,01
Violações	3	21	7	2	5	24	33
	Se (mg/L)	**Zn (mg/L)**	**Ba (mg/L)**	**V (mg/L)**	**Mo (mg/L)**	**Sb (mg/L)**	**As (mg/L)**
Nº	71	372	83	26	42	47	72
Média	0,74930	0,54698	0,21977	0,00638	0,01088	0,00146	0,0066
Máximo	53	54	0,50	0,10	0,359	0,01	0,1
Mínimo	0,00010	0	0	0,00100	0,00010	0,00010	0
CONAMA 396	0,01	5	0,7	0,05	0,07	0,005	0,01
Violações	4	7	0	1	1	1	4

Fonte: SIAGAS (2020).

A presença de diversos componentes químicos, dentre eles alguns com características de potencial toxicidade, dependendo da concentração, varia dependendo das características químicas e mineralógicas dos aquíferos. Os poços captam água nem sempre do aquífero cuja área exposta à superfície que está ilustrada com base em mapas geológicos. Muitos poços se abastecem em aquíferos sobre os quais as unidades que afloram se soto-põem. Visto isso, o Quadro 3.20 e o Quadro 3.21 apresentam valores médios, máximos, mínimos e o número de análises realizadas em cada grupo de compartimentos aquíferos da RH-V. Independentemente de possíveis incorreções de análises, um panorama geral da composição das águas pode ser percebido nas referidas tabelas. Em se tratando de uma região com grandes zonas urbanizadas e populosas, a origem de muitas concentrações anômalas de certos elementos pode estar relacionada a atividades humanas.

O alumínio (Figura 3.32), com 350 registros no total, possui cadastro no SIAGAS de um máximo de 1121 mg/L, valor seguramente equivocado, assim como o valor de 350 mg/L anotado para uma água do aquífero cristalino. O alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. Este elemento, a menos de em ambientes aquosos de pH muito ácido ou extremamente alcalino, se encontra dissolvido em águas naturais em pequenas concentrações, raramente excedendo 1

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

mg/L. Os valores mais elevados estão anotados em poços de Maricá, Duque de Caxias e Rio de Janeiro. Há que ser considerado que, muitas vezes o Al se encontra sob a forma de micelas de argilominerais ou hidróxido, que passam por filtros de 0,45 µm, tomados como limite para caracterizar material solubilizado. Atualmente é crescente o uso de filtros 0,2 µm, o que tende a que sejam constatados menos casos de Al em solução.

O mercúrio (Figura 3.40), apresenta registro máximo em um poço de Duque de Caxias, mas também possui registros em valores elevados em Tanguá e no Rio de Janeiro, perfazendo 5 casos de inconformidades em relação às normas da Resolução CONAMA n° 396/2008, que preconiza o limite de 1 µg/L. Este elemento, por sua alta volatilidade está disperso em muitos ambientes podendo ter sido transportado inclusive por via aérea. Sua origem é difícil de ser estabelecida sem que as concentrações do metal na água sejam monitoradas.

A concentração de sulfato é mais elevada na água dos depósitos de pântanos, o que se explica pela presença de compostos sulfurosos estabelecidos naqueles ambientes, por suas características geoquímicas.

O ferro (Figura 3.31) é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, todavia sua presença nas águas subterrâneas normalmente é minoritária, pois o Fe_3^+ comumente forma compostos minerais de baixa solubilidade. Ao ser submetida ao contato com o oxigênio do ar, o Fe_2^+ em solução se oxida em Fe_3^+ que reage com a água formando um precipitado que pode se manter por um tempo suspenso na água. Os dados da concentração de ferro na água, constantes dos bancos de dados se referem ao ferro total, englobando tanto a fase dissolvida como a parte em suspensão. Em ambientes ácidos e redutores, no entanto, pode assumir concentrações mais significativas. A concentração máxima de ferro (Quadro 3.20) foi encontrada na área de aquíferos de depósitos aluviais, porém estes valores elevados se devem dados isolados, sendo que em segundo lugar estão os aquíferos de áreas pantanosas, estes mais coerentes com o que seria esperado.

O arsênio (Quadro 3.20 e Figura 3.33), possui registros em Niterói, Maricá e Itaboraí em uma maior proporção do que no Rio de Janeiro. Os valores máximos foram encontrados no Rio de Janeiro e Itaboraí. Este elemento na natureza ocorre comumente em rochas sulfetadas, sejam elas magmáticas metamórficas ou

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

sedimentares. Está presente em sedimentos contendo matéria orgânica, sendo sequestrado por minerais ferruginosos hidratados como a ferrihidrita ($Fe(OH)_3$). As condições de oxidação do meio subterrâneo regulam a forma sob a qual o As ocorre. As concentrações médias de arsênio se situam entre 0,003 mg/L e 0,008 mg/L, sendo mais elevada a concentração média foi registrada para os depósitos aluviais e mistos. Quanto ao cádmio, as concentrações máximas variam entre 0,01 mg/L nos depósitos aluviais e mistos e 0,001 mg/L nos depósitos litorâneos.

O chumbo foi detectado em valores superiores ao limite de 0,01 mg/L em 33 casos, de um total de 255 análises. Sua presença é comum em áreas urbanizadas, mesmo porque até poucas décadas era muito usado com antidetonante da gasolina. Com o passar do tempo, em diversas regiões do mundo a concentração de chumbo na água subterrânea tem decrescido devido à abolição de seu uso nos combustíveis. Por outro lado, o elemento ainda tem emprego em materiais tais como baterias. A distribuição dos valores de concentração registrados na base de dados do SIAGAS, está ilustrada na Figura 3.35.São notáveis as concentrações mais elevadas anotadas no Rio de Janeiro, São João do Meriti, Itaboraí. Em Maricá, valores elevados seriam até certo ponto inesperados, se bem que existem muitas possibilidades de fontes pontuais, tais como oficinas mecânicas, por exemplo. O chumbo tem sua maior concentração média de 0,016 mg/L nos depósitos aluviais e mistos e as menores médias no aquífero Macacu com 0,001 mg/L (Quadro 3.19).

O cromo (Figura 3.38), com 265 registros no banco de dados, apresenta 7 casos em que o mínimo de 0,05 mg/L é superado. Trata-se de um elemento com valência variável, em que a espécie mais oxidada, o Cr hexavalente, é a mais deletéria à saúde. Naturalmente ocorre associado a rochas mais básicas, porém na região sua fonte para a água subterrânea provavelmente está em atividades industriais e humanas em geral. A maior concentração de cromo foi registrada nos aquíferos fissurais, com 2,71 mg/L.

No referente ao cobre (Figura 3.37), o máximo foi verificado foi de 0,8 mg/L nos aquíferos sobre os depósitos aluviais e mistos, o que também ocorreu com o mercúrio total com o máximo de 0,0015 mg/L. Lembrando que os limites preconizados pelo CONAMA nº 396 para o cobre em água potável é de 2,0 mg/L e para o mercúrio, 0,001 mg/L.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O cádmio (Figura 3.34) é um elemento bastante tóxico, daí seu limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 396/2008 ser de 0,005 mg/L. Sua presença na natureza está muitas vezes relacionada a rochas sulfetadas, ocorrendo com frequência em sedimentos ricos em matéria orgânica e tem comportamento semelhante ao zinco, este muito mais abundante.

O manganês (Figura 3.41) quando presente em rochas primárias, o está sob a valência reduzida, como Mn^{2+} e está disseminado em rochas máficas compartilhando minerais com o Fe^{2+} (RANKAMA e SAHAMA, 1962; MASON, 1971; APPELO e POSTMA, 2007) Em ambientes oxidantes próximos à superfície, ele com suas valências 3^{+} e 4^{+} tem comportamento diferente do ferro, por ser mais móvel do que este (HEM,1985). A concentração máxima de manganês foi registrada em poço da região dos aquíferos aluviais e mistos, com 271 mg/L, valor este aparentemente exagerado. Também nesta região o níquel apresenta a maior concentração, assim como o selênio, com 0,053 mg/L.

Com um limite máximo proposto de 0,7 mg/L pela Resolução CONAMA nº 396/2008, o bário (Figura 3.39), cuja distribuição de valores registrados se encontra no Quadro 3.19, não apresenta concentrações acima do recomendado. Em regiões de rochas magmáticas félsicas sua origem está comumente associada aos feldspatos potássicos, minerais nos quais se aloja na estrutura substituindo o potássio e também em micas. Em determinadas condições geológicas pode ser originado no mineral barita, pouco solúvel, mas que pode justificar determinadas concentrações do elemento. Cabe também mencionar que a barita é usada para adensar fluidos de perfuração e eventualmente pode contaminar a água de alguns poços.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 3.20 – CONCENTRAÇÕES FERRO TOTAL, ALUMÍNIO, ARSÊNIO, BERÍLIO, CÁDMIO, CHUMBO, CROMO, COBRE E MERCÚRIO, NAS ÁGUAS DE GRUPOS DE AQUÍFEROS NA RH-V

	Fe_{tot} (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Be (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)
Rochas cristalinas magmáticas e metamórficas (aquíferos fissurais)									
Nº	156	88	15	4	60	61	66	64	57
Média	0,91460	1,59173	0,00309	0,00120	0,00334	0,01186	0,05919	0,03205	0,00025
Máximo	27,3	130	0,01	0,0018	0,05	0,106	2,71	0,7727	0,0015
Mínimo	0	0	0,0001	0,001	0,00001	0,0002	0	0,00003	0,0000001
Formação Macacu (aquífero granular)									
Nº	27	14	3	1	13	13	12	14	10
Média	0,2146	0,1775	0,0038	0,0010	0,0026	0,0098	0,0074	0,0125	0,0003
Máximo	1,62	1,3	0,01	0,001	0,012	0,048	0,03	0,03	0,001
Mínimo	0,0033	0,001	0,0003	0,001	0,0001	0,0005	0,0001	0,001	0,0001
Depósitos aluviais com rochas cristalinas sotopostas (aquíferos mistos)									
Nº	329	229	49	15	138	148	151	156	136
Média	74,9865	0,6633	0,0078	0,0028	0,0101	0,0165	0,0160	0,7857	0,0011
Máximo	19900	83,3	0,1	0,01	1	1	1	113,9	0,1
Mínimo	0	0	0	0,001	0	0,0001	0,000062	0	0,00005
Depósitos litorâneos (aquíferos granulares)									
Nº	32	18	3	2	11	11	12	15	10
Média	0,5977	0,0900	0,0067	0,0010	0,0012	0,0045	0,0100	0,0452	0,0003
Máximo	3,8	0,564	0,01	0,001	0,005	0,012	0,05	0,296	0,001
Mínimo	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Depósitos de pântanos (aquíferos porosos)									
Nº	13	7	1	0	5	5	6	6	5
Média	3,2741	0,4903	0,0048	0	0,0014	0,0025	0,0029	0,0232	0,0001
Máximo	32,25	2,7	0,0048	0	0,0048	0,0067	0,0146	0,1241	0,0002
Mínimo	0,0038	0,0001	0,0048	0	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,00005

Fonte: CNARH (2019); SIAGAS (2020).

A sílica ou o silício em solução, é um componente que permite avaliar muitos aspectos da interação entre a água subterrânea e a litologia. Importantes para o conhecimento dos processos que estabelecem a composição das águas naturais. Como a sílica, por não ser comumente um componente que leva a consequências diretas deletérias à saúde, foram realizadas poucas análises e os resultados não são significativos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

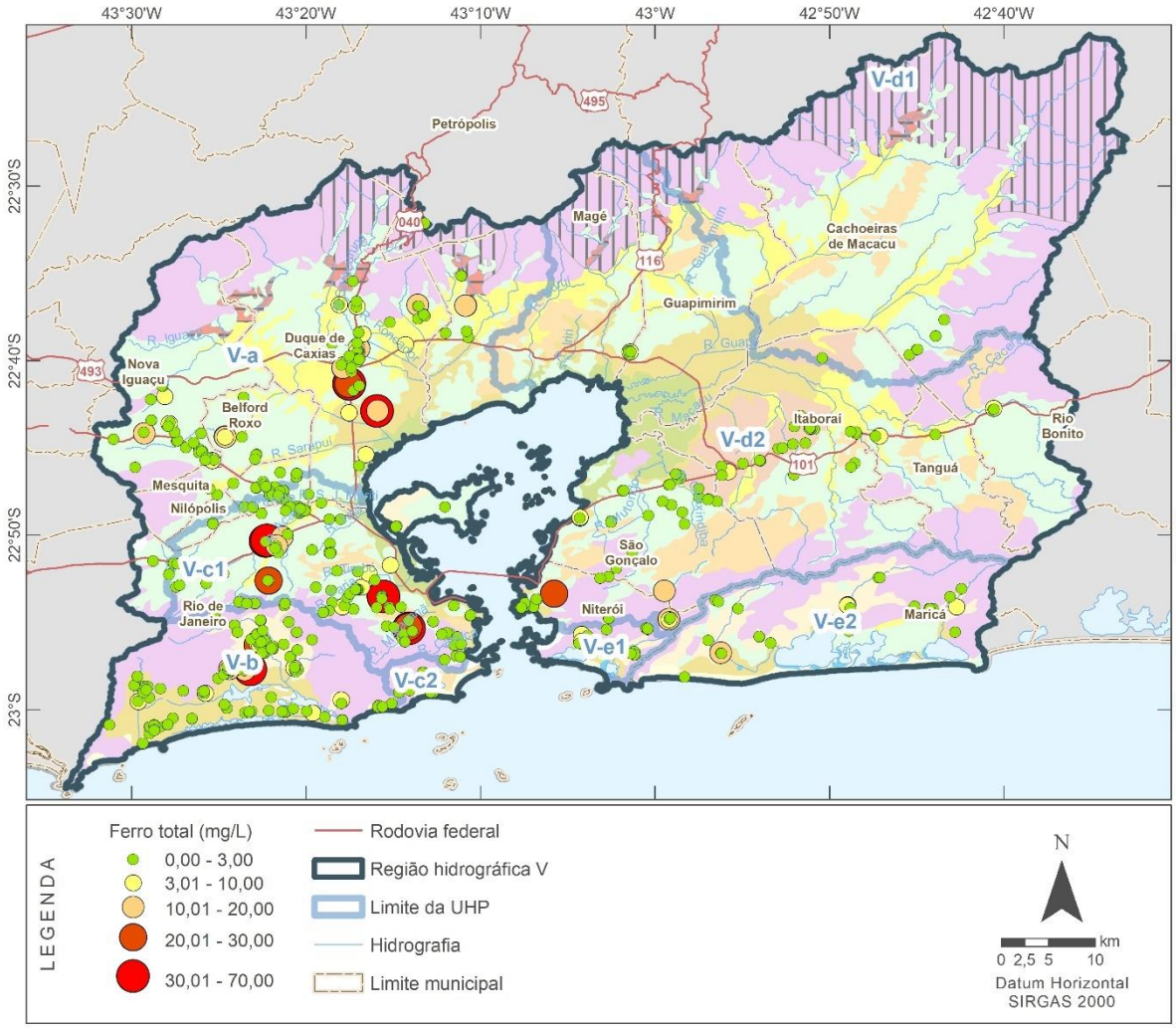
QUADRO 3.21 – CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS, NÍQUEL, SELÊNIO E SÍLICA, NAS ÁGUAS DE GRUPOS DE AQUÍFEROS NA RH-V

	Mn (mg/L)	Ni (mg/L)	Se (mg/L)	SiO2 (mg/L)
Rochas cristalinas magmáticas e metamórficas (aquíferos fissurais)				
Nº	103	4	13	7
Média	0,2367	0,0023	0,0034	15,3
Máximo	3,6	0,004	0,03	24,2
Mínimo	0	0,001	0,0005	1,2
Formação Macacu (aquífero granular)				
Nº	13	2	3	1
Média	0,0653	0,0010	0,0017	5,9
Máximo	0,1255	0,001	0,003	5,9
Mínimo	0,013	0,001	0,001	5,9
Depósitos aluviais com rochas cristalinas sotopostas (aquíferos mistos)				
Nº	235	28	51	45
Média	1,4466	0,0135	1,0419	18,6
Máximo	271	0,16	0,053	59,8
Mínimo	0	0,0002	0,0001	0,001
Depósitos litorâneos (aquíferos granulares)				
Nº	18	2	3	8
Média	0,0580	0,0010	0,0022	4,0363
Máximo	0,1829	0,001	0,003	8,3
Mínimo	0	0,0001	0,0001	0,001
Depósitos de pântanos (aquíferos porosos)				
Nº	8	-	-	-
Média	5930,72	-	-	-
Máximo	47445	-	-	-
Mínimo	0,0037	-	-	-

Fonte: CNARH (2019); SIAGAS (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

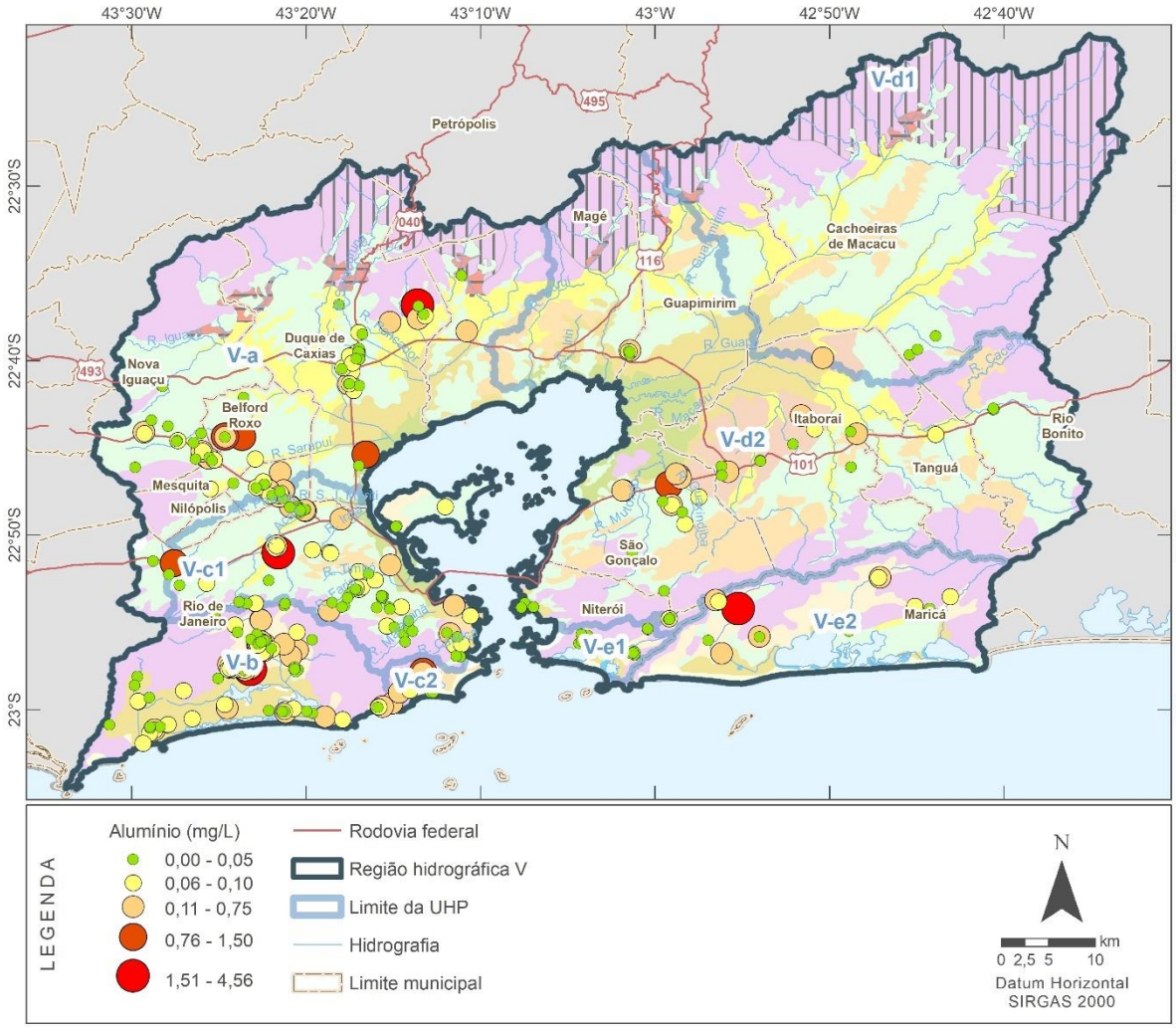
FIGURA 3.31 – CONCENTRAÇÃO DE FERRO TOTAL EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

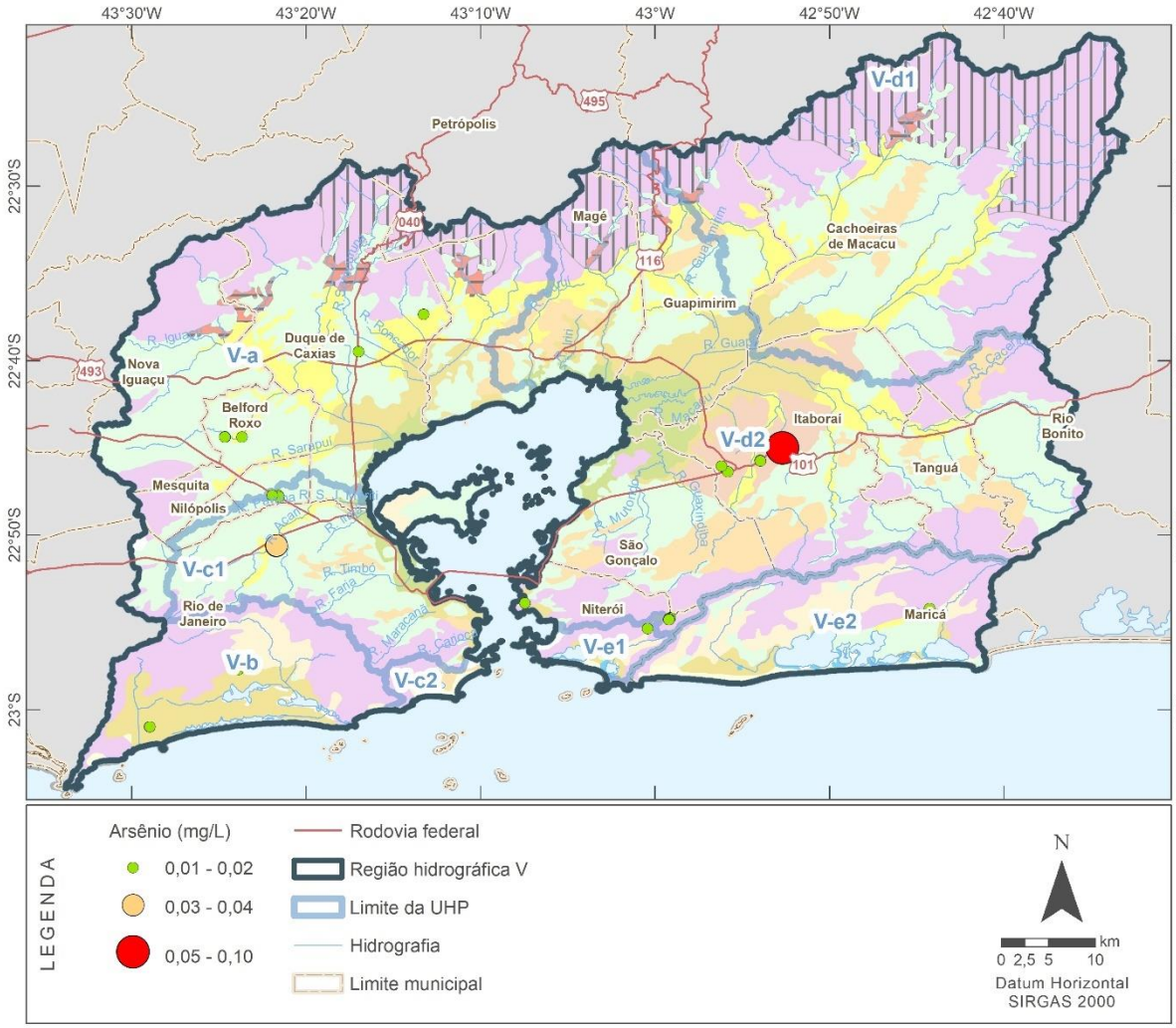
FIGURA 3.32 – CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

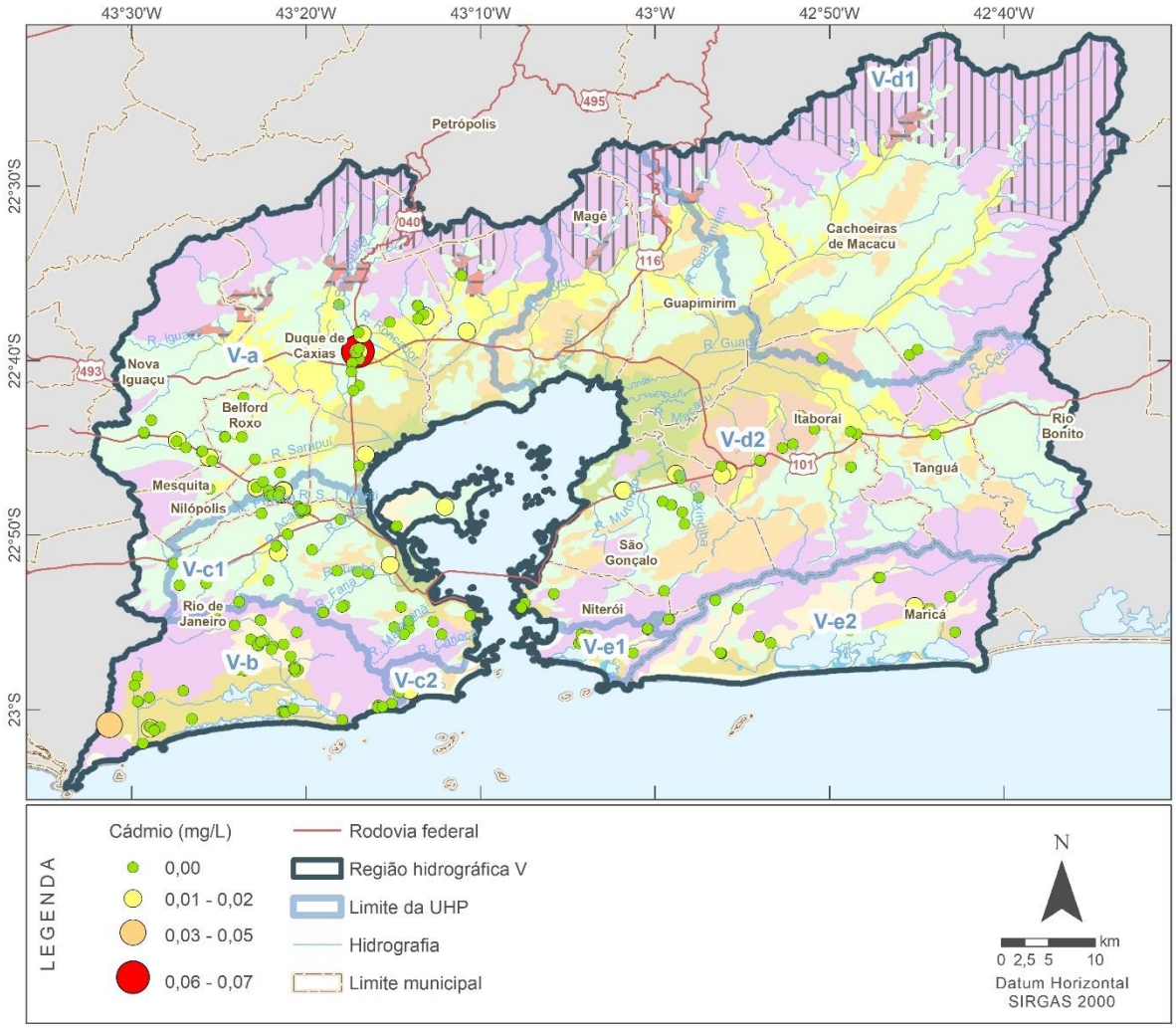
FIGURA 3.33 – CONCENTRAÇÃO DE ARSÊNIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

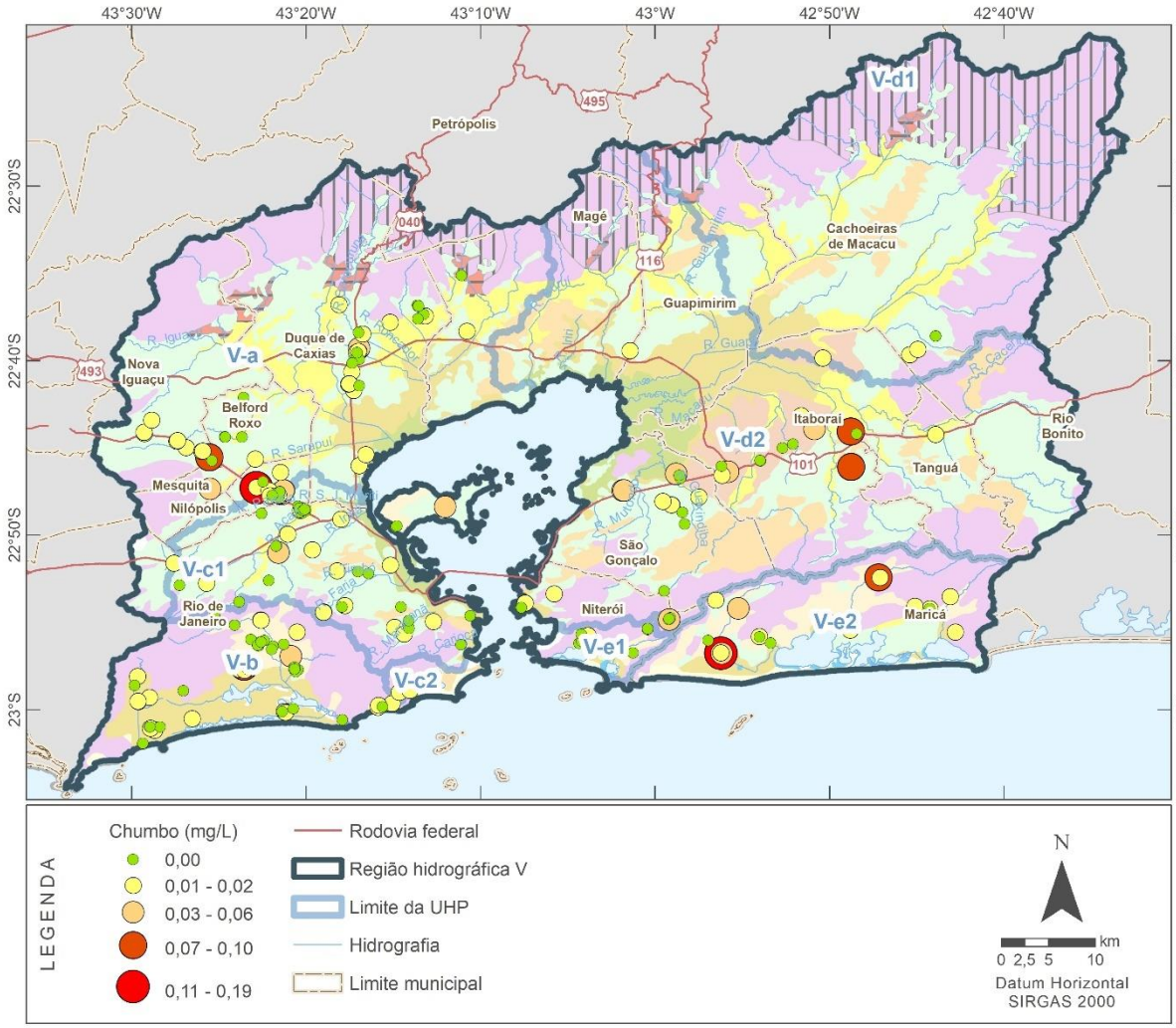
FIGURA 3.34 – CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

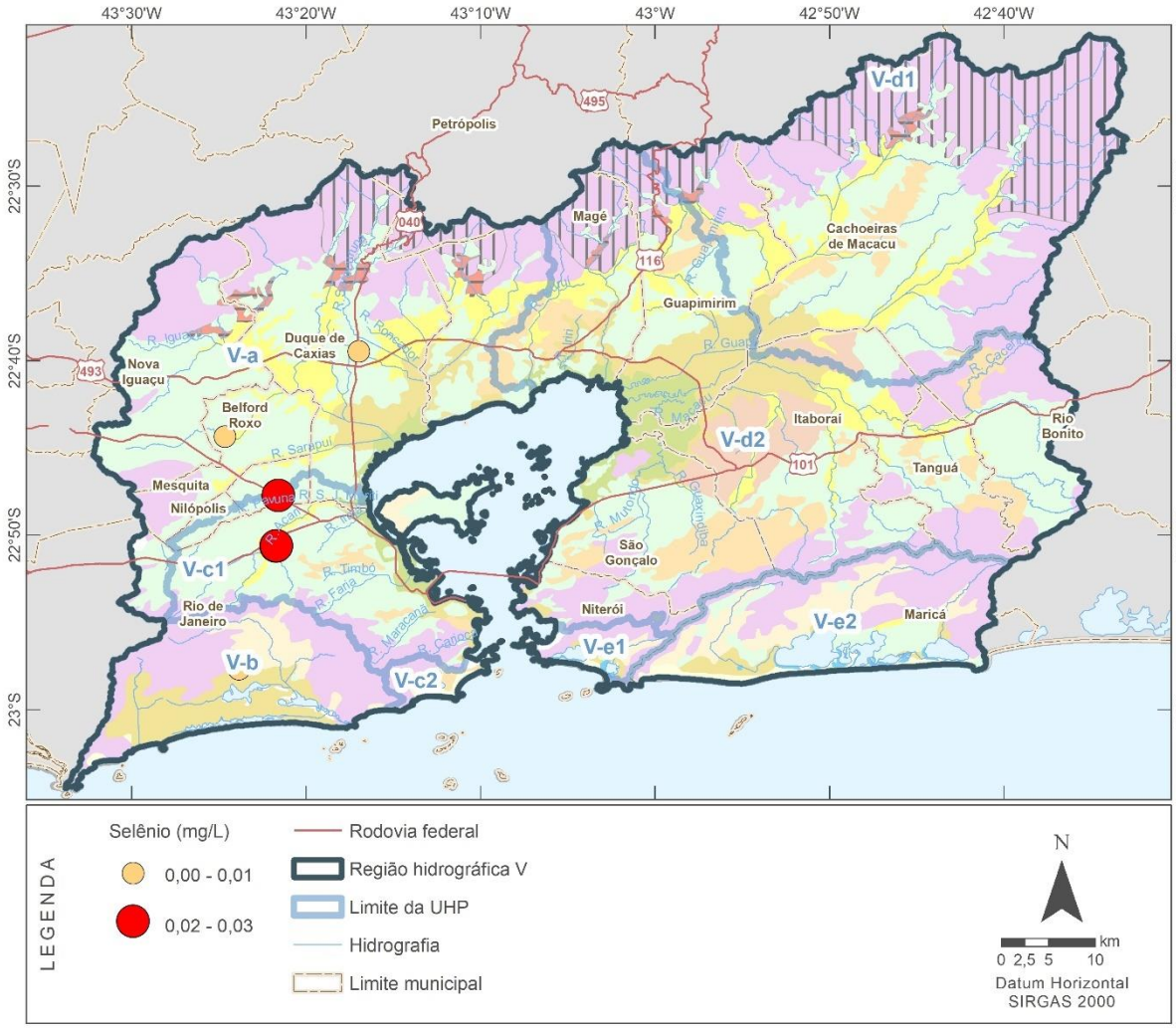
FIGURA 3.35 – CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

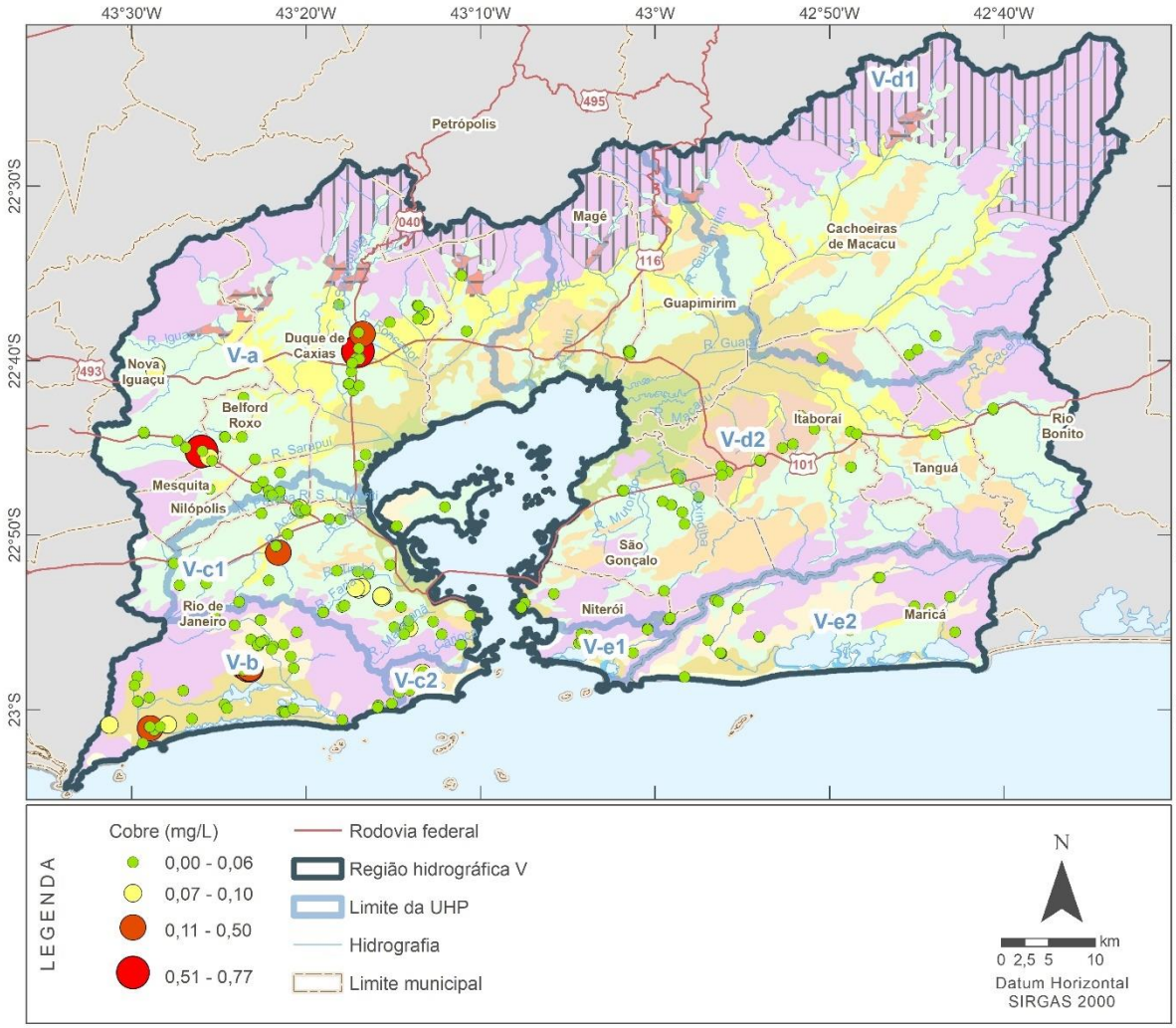
FIGURA 3.36 – CONCENTRAÇÃO DE SELÊNIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

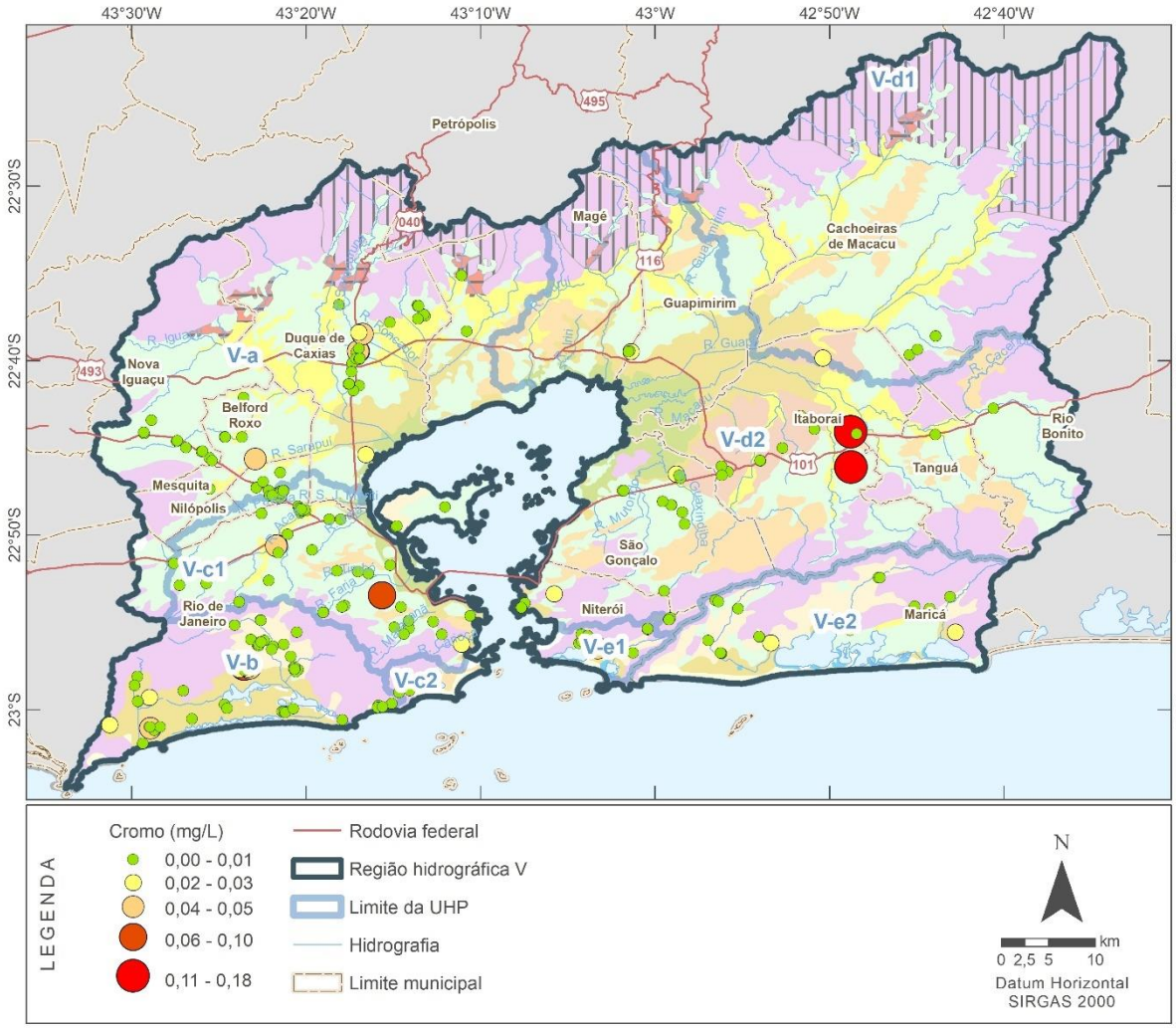
FIGURA 3.37 – CONCENTRAÇÃO DE COBRE EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

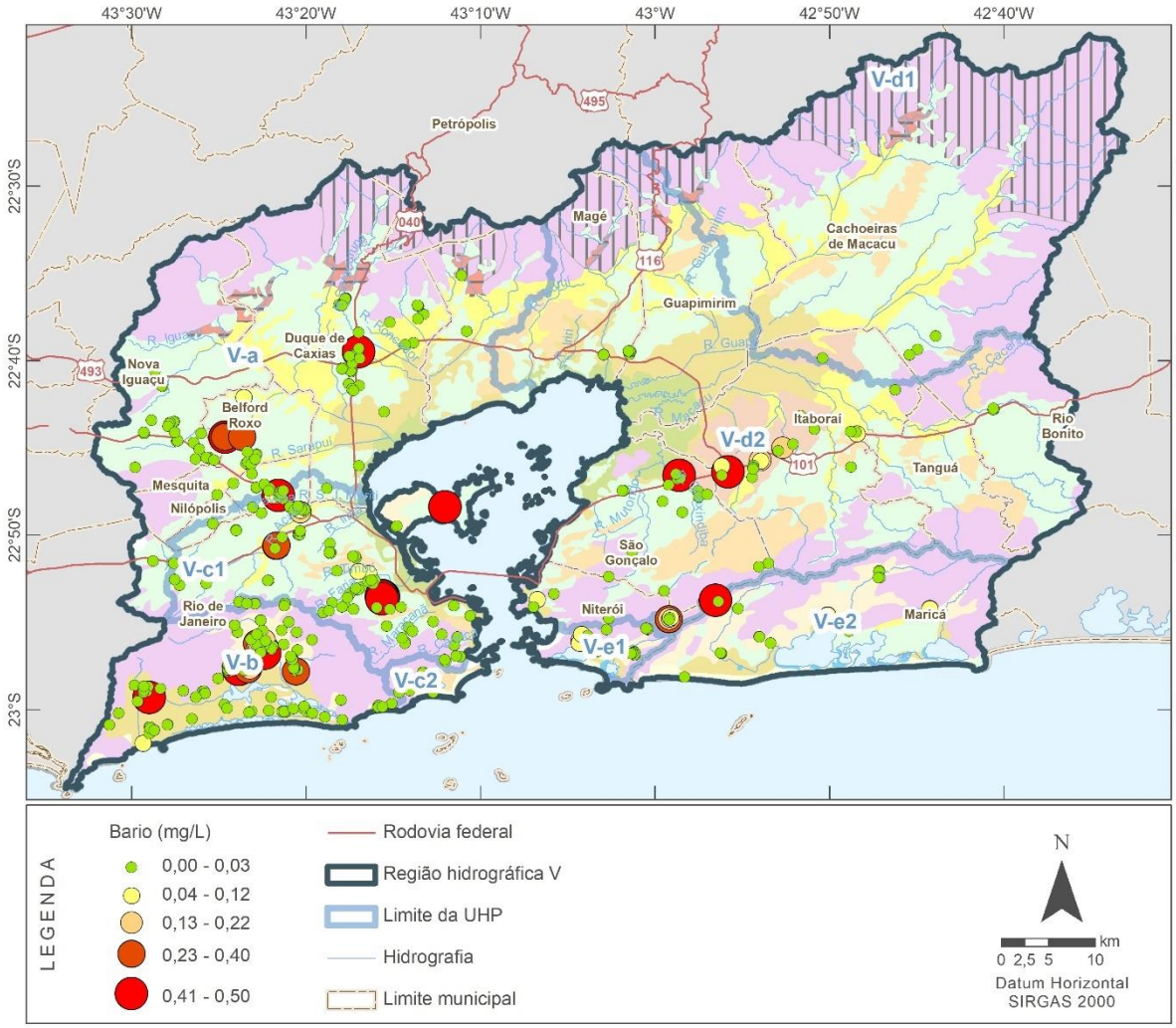
FIGURA 3.38 – CONCENTRAÇÃO DE CROMO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

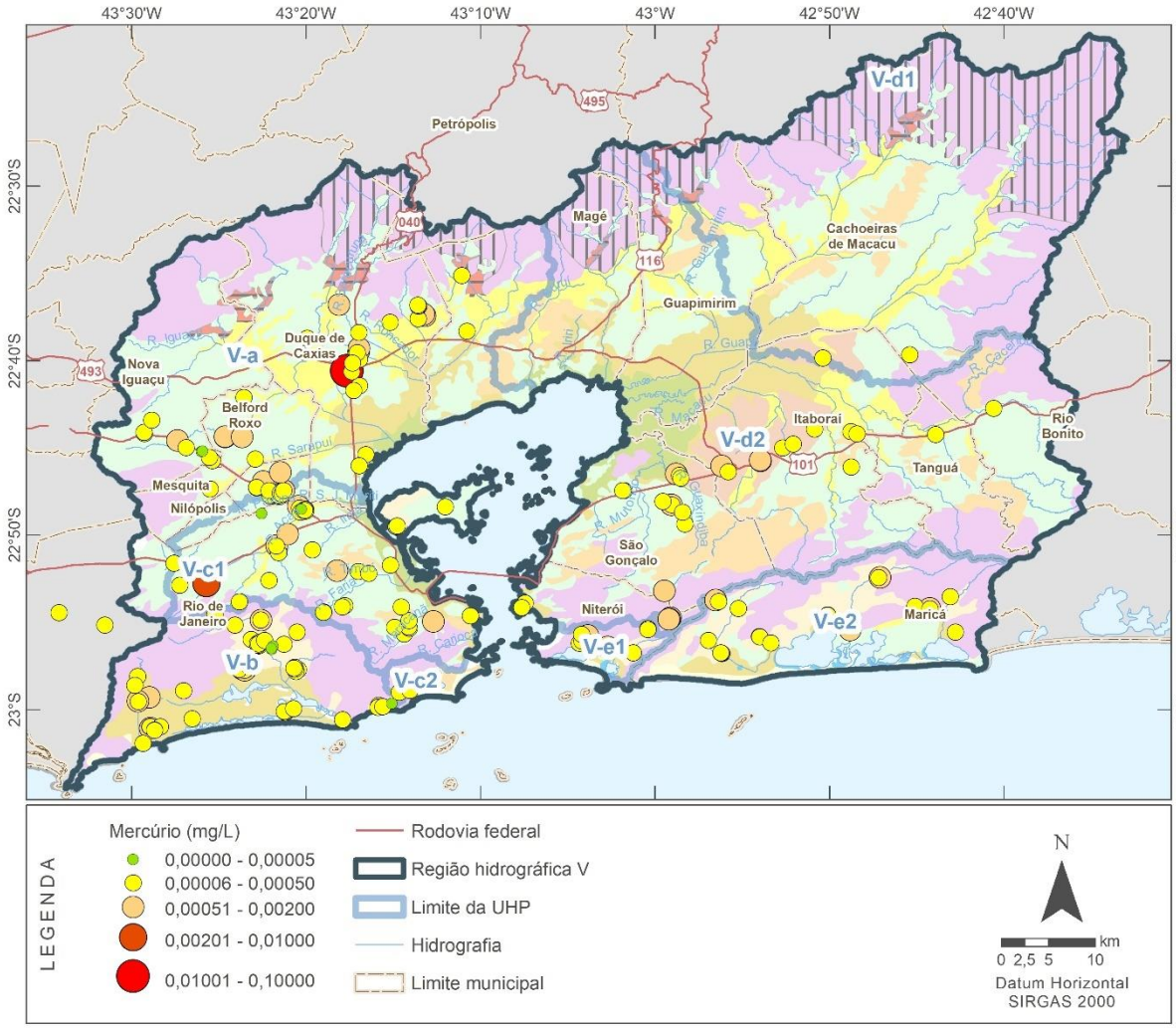
FIGURA 3.39 – CONCENTRAÇÃO DE BÁRIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

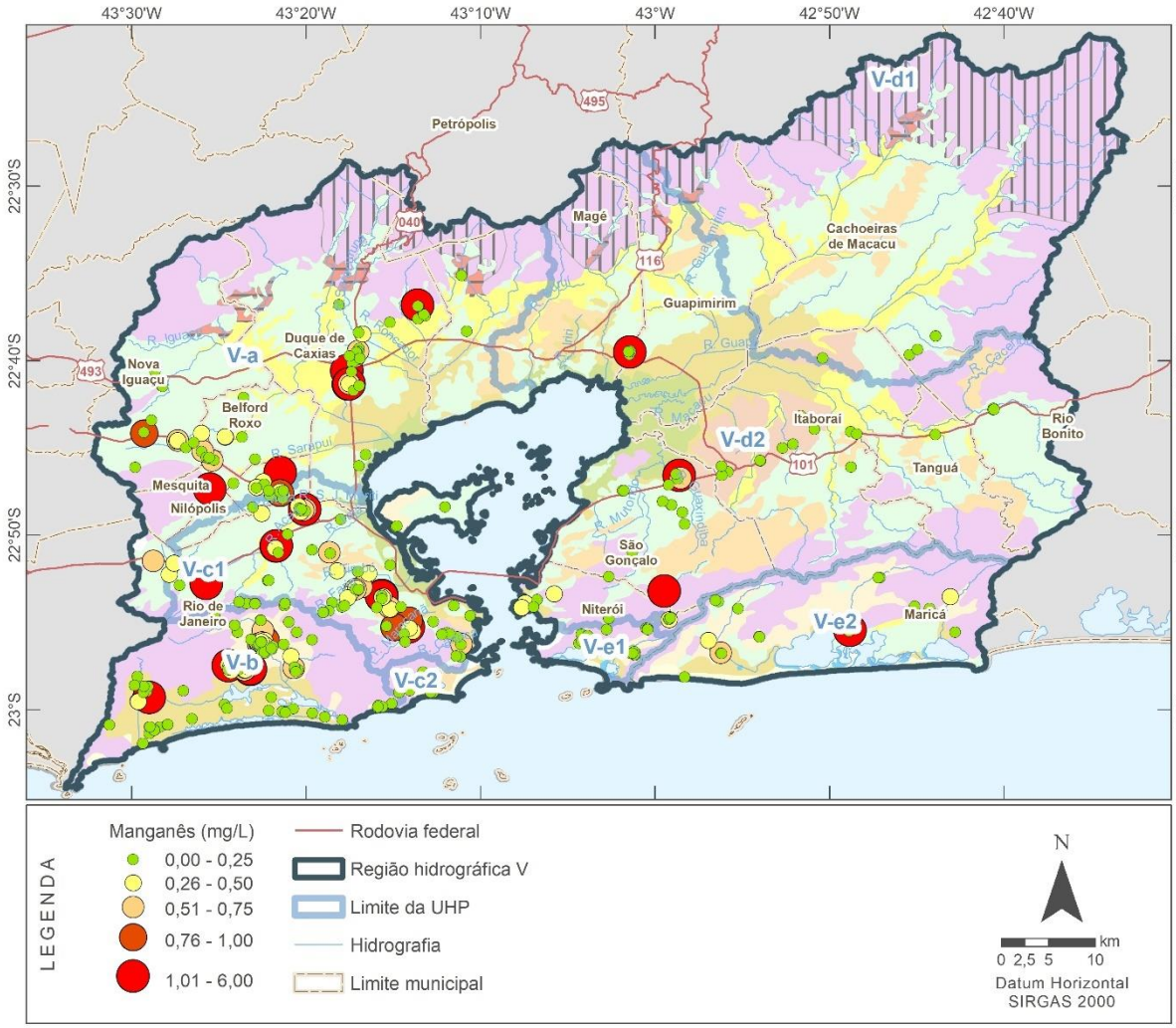
FIGURA 3.40 – CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

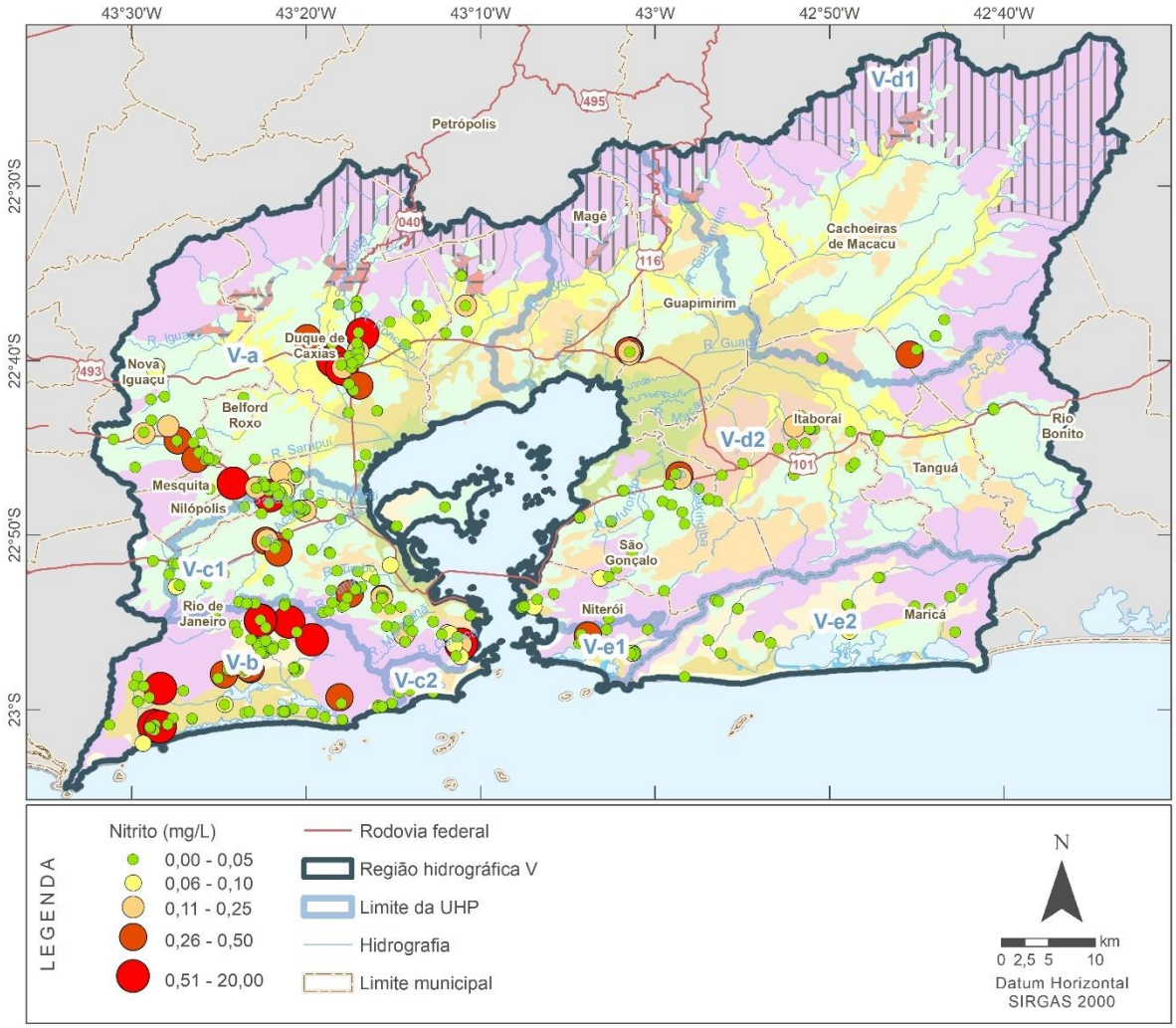
FIGURA 3.41 – CONCENTRAÇÃO DE MANGANÊS EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.42 – CONCENTRAÇÃO DE NITRITO EM POÇOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); PDRH BG (2005); CPRM (2000).

3.8 VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS

3.8.1 Vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos

3.8.1.1 Metodologia para avaliação da vulnerabilidade intrínseca

A qualidade de um aquífero depende além de sua potencialidade hídrica, da qualidade da água. A qualidade natural da água subterrânea é estabelecida por fatores naturais do aquífero e pela influência de processos aos quais a água é submetida desde sua condensação nas nuvens, e infiltração.

Se fatores naturais estabelecem a qualidade da água dos aquíferos, influências antropogênicas tem o potencial de comprometê-la fazendo chegar aos corpos de água subterrânea contaminantes infiltrados desde a superfície.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Foster *et al*. (1988) menciona que a sensibilidade de um aquífero ao ser submetido a uma carga contaminante é função de suas características intrínsecas e pode ser caracterizada como a vulnerabilidade intrínseca deste aquífero.

A identificação desta vulnerabilidade depende do nível do conhecimento disponível dos fatores que a influenciam. Quanto mais refinado é o conhecimento da distribuição espacial de tais fatores, mais refinada vai ser a definição dos níveis de vulnerabilidade. A escolha do método mais adequado para a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos de uma região depende diretamente dos dados disponíveis e das características da região (LOBO,1995).

O método DRASTIC (ALLER *et al*. 1985) utiliza as seguintes variáveis: profundidade do nível potenciométrico da água subterrânea (Depht); recarga do aquífero (Recharge); litologia do aquífero (Aquifer); tipo de solo (Soil); topografia (Topograph); impacto da zona vadosa (Impact) e; condutividade hidráulica (conductivity). Um índice é estabelecido por uma equação construída após atribuição de peso de 1 a 5 a cada fator e uma nota de 1 a 10 a cada unidade de cada fator. Os fatores compõem o Índice Drastic por meio da seguinte equação:

ÍNDICE DRASTIC = DpDc + RPRc + APAc + SPSc +TPTc +IPIc + CPCc

Onde DP, RP, AP, SP, TP, IP, CP são os pesos dos fatores DRASTIC e Dc, Rc, Ac, Sc, Tc, Ic, Cc S.

Os métodos utilizados na avaliação da vulnerabilidade são mais fáceis de se empregar em regiões de aquíferos do domínio poroso do que no domínio fissural, pela maior homogeneidade das unidades relacionadas aos primeiros. Daí serem mais empregados em ambientes com rochas e sedimentos porosos.

Apesar da dificuldade inerente à anisotropia dos ambientes com aquíferos do domínio fissural, alguns trabalhos na avaliação da vulnerabilidade de aquíferos com estas características, foram bem-sucedidos.

Os métodos de avaliação da vulnerabilidade, comumente são desenvolvidos para aquíferos do domínio poroso, normalmente mais isotrópicos do que no domínio fissural. A adaptação do método para o domínio fissural tem sido um desafio em face de sua anisotropia, todavia tem sido utilizado com relativo sucesso para a avaliação

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

comparativa entre segmentos territoriais auxiliando o planejamento para uso do solo e proteção de mananciais subterrâneos.

Para o presente diagnóstico, os procedimentos metodológicos escolhidos para a avaliação da vulnerabilidade da água subterrânea foi aquele desenvolvido por Lima (2009). A pesquisadora realizou uma adaptação do método DRASTIC, que aplicou em uma bacia hidrográfica na região noroeste do estado de São Paulo sobre uma litologia composta por gnaisses, anfibolitos, migmatitos. O método, apesar de não levara um mapeamento detalhado, permite que se chegue a um panorama geral da vulnerabilidade intrínseca regional, podendo servir como subsídio para o planejamento da ocupação do território pretendido.

As variáveis empregadas neste diagnóstico são: densidade de lineamentos estruturais; profundidade do aquífero, declividade; espessura do manto de alteração; tipo de solo; potenciometria; litologia do aquífero e; recarga.

Cada variável foi ponderada em uma análise multicritério conforme sua incidência na vulnerabilidade, formando um banco de dados geográficos trabalhado em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas).

As ponderações atribuídas aos atributos para avaliação das classes de recarga constam do Quadro 3.22.

QUADRO 3.22 – PONDERAÇÃO ATRIBUÍDA A CADA VARIÁVEL EMPREGADA NA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE INTRÍNSECA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA RH-V

Densidade de lineamentos		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
Inexpressiva	1	Pontuação aumenta de acordo com o aumento da densidade. Lineamentos desenhados com base em relevos sombreados da baía de Guanabara, obtidos a partir dos relevos sombreados: 23S435RS, 22S45_RS, 22435RS e 23S45_RS, obtidos de INPE (2011).
Pouco expressiva	3	
Moderada	4	
Intensa	6	
Muito intensa	7	
Topo do aquífero		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
0 – 10 m	5	Profundidades mais rasas receberam notas mais altas devido à proximidade com a potenciais fontes de contaminação. Obtido através da interpolação de dados de nível estático do SIAGAS (2020) e CNARH (2019).
10 – 20 m	4	
20 - 30 m	3	
> 30 m	2	

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Declividade		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
0 – 10º	6	Declividades menores receberam notas mais altas por favorecerem a infiltração em relação ao escoamento superficial. Produzido a partir das camadas de declividade denominadas:22S45_SN, 23S435SN, 22S435SN, 23S45_SN, obtidas de INPE (2011).
10 – 20º	5	
20 – 30º	4	
> 30º	3	
Litologia		
Tipo	**Nota**	**Descrição e fonte**
Rochas plutônicas	1	Rochas mais porosas receberam notas mais altas devido à sua maior permeabilidade.
Rochas metamórficas e vulcânicas	1	
Rochas sedimentares clásticas	4	
Sedimentos inconsolidados	4	
Recarga		
Tipo	**Nota**	**Descrição e fonte**
Muito baixa	1	Mapa composto considerando a geomorfologia, a potenciometria, a espessura e tipo de solo.
Baixa	3	
Moderada	5	
Alta	6	
Muito Alta	7	
Geomorfologia		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
Planícies costeiras, flúvio-lagunares e flúvio marinhas, lagoas	4	Classificação feita considerando a declividade de cada classe geomorfológica e sua posição relativa às áreas de recarga. (CPRM, 2000).
Planícies colúvio-aluvio-marinhas, planícies aluviais	3	
Morrotes e morros isolados, colinas isoladas, domínio suave colinoso, tabuleiro	2	
Maciços, escarpas serranas e degraus em borda de planalto, alinhamentos serranos, pães-de-acúcar, domínios montanhosos, de colinas dissecadas e colinoso	1	
Espessura do manto de alteração		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
Ausência de cobertura ou cobertura muito fina	6	Os pesos aumentam conforme diminui a espessura do manto de alteração, pois solos menos espessos são uma barreira menor para infiltração e vice-versa. Embrapa (2000).
Predominância de cobertura arenosa e pouco espessa	5	
Cobertura com material areno-argiloso e modera-damente espessa	4	
Cobertura espessa com teores moderados de argila	3	

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Cobertura argilosa e espessa, área urbana	2	
Tipo de solo		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
Cambissolo álico, solos aluviais, área de intervenção antrópica, solos orgânicos	6	As classes de solo mais argilosas receberam pesos mais baixos, de acordo com o teor de argila, pois a argila diminui a permeabilidade do solo e aumenta a barreira de infiltração. Embrapa (2000).
Solos de mangue, glei húmico tiomórfico, álico, distrôfico e salino solódico, brunizem avermelhado, latossolo vermelho-amarelo álico	5	
Podzólico amarelo álico e vermelho-amarelo distrófico e eutrófico	4	
Planossolo álico e solódico	2	
Solos litólicos rasos, área urbana e afloramento de rocha	1	
Potenciometria		
Classe	**Nota**	**Descrição e fonte**
214 – 255 m	6	Níveis potenciométricos mais altos receberam maiores ponderações devido à carga hidráulica, que impulsiona a infiltração. SIAGAS (2020), INPE (2011).
152 – 214 m	5	
99 – 152 m	4	
54 – 99 m	3	
20 – 54 m	2	
0 – 20 m	1	

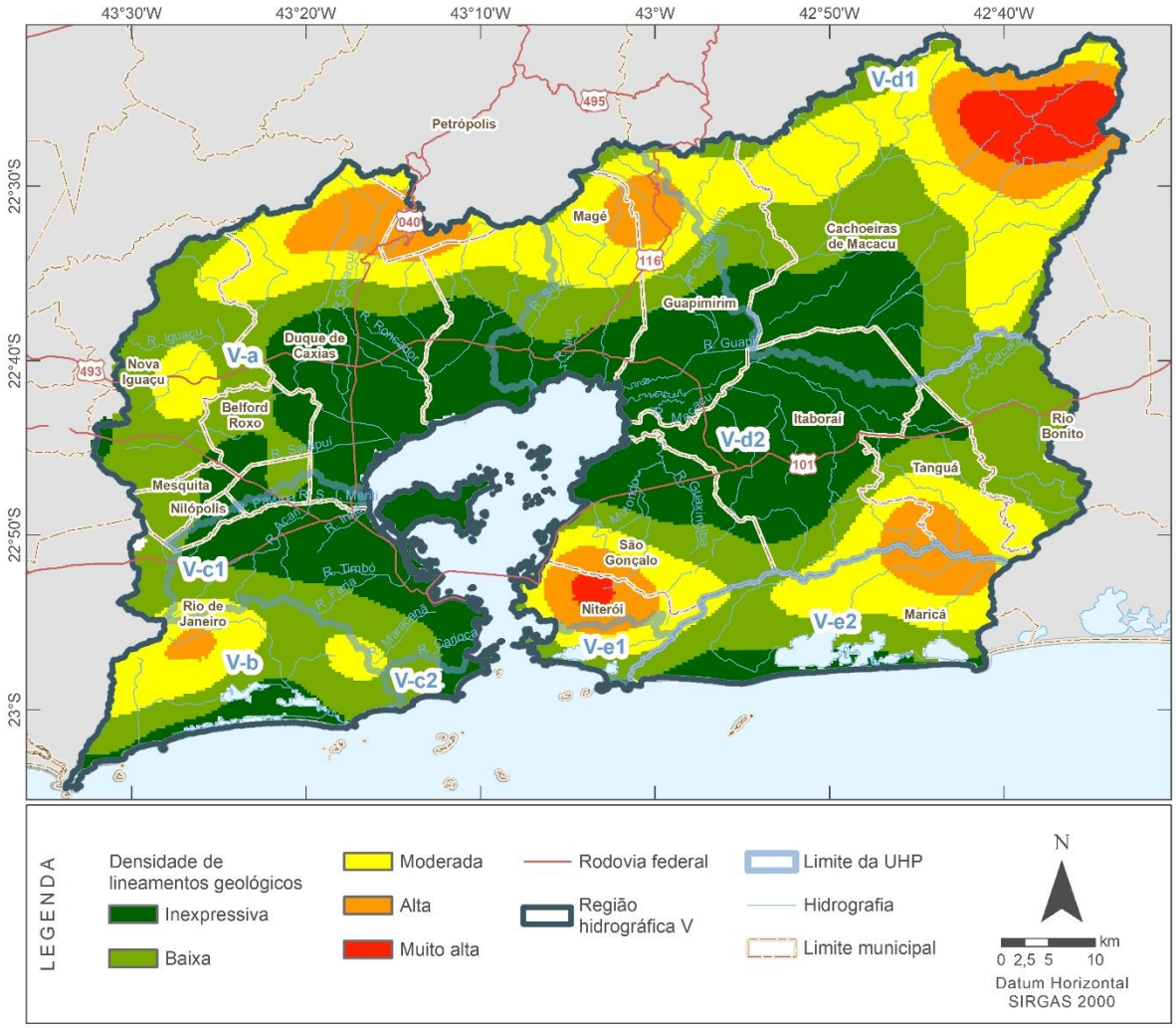
3.8.1.2 Variáveis utilizadas para avaliação da vulnerabilidade intrínseca

3.8.1.2.1 Densidade de lineamentos geológicos

A quantidade e concentração de fraturas geológicas é fator de notória relevância na porosidade secundária de aquíferos, e é refletida na densidade de lineamentos geológicos. Com o auxílio de SIG foi elaborado o mapa de densidade de lineamentos, onde são indicadas as zonas mais susceptíveis a deformações rúpteis na região (Figura 3.43). A pontuação aumenta de acordo com o aumento da densidade. Os lineamentos foram desenhados com base em relevos da baía de Guanabara, obtidos a partir dos relevos sombreados: 23S435RS, 22S45_RS, 22435RS e 23S45_RS, obtidos de INPE (2011).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.43 – DENSIDADE DE LINEAMENTOS GEOLÓGICOS DA REGIÃO DA RH-V



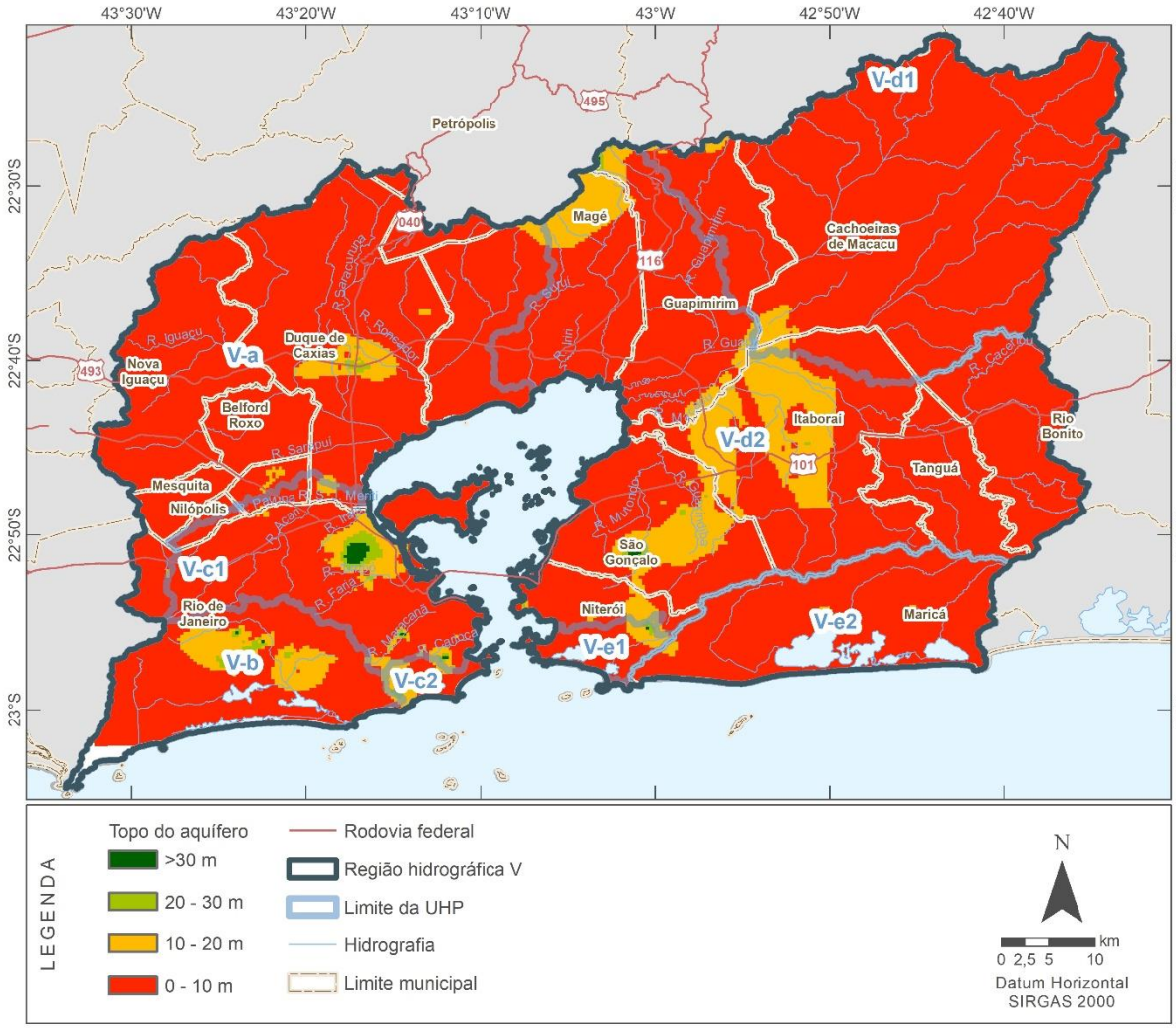
Fonte: Adaptado de INPE (2011).

3.8.1.2.2 Classes de topo de aquífero

O topo do aquífero é o parâmetro aqui empregado para avaliar a distância que um contaminante percorre desde a superfície do terreno até o corpo de água subterrânea. O mapa das classes desta variável (Figura 3.44) foi estabelecido basicamente para os aquíferos fraturados. Estes aquíferos são muito anisotrópicos, portanto, o estabelecimento destas classes é pouco preciso na escala de bacia, no entanto a profundidade do nível estático dos poços da região é a variável que dá indicações da profundidade do freático. As profundidades mais rasas receberam notas mais altas devido à proximidade com a potenciais fontes de contaminação. Os valores foram obtidos pela da interpolação de dados de nível estático dos poços dos bancos de dados do SIAGAS (2020) e do CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 3.44 – TOPO DE AQUÍFERO DA RH-V



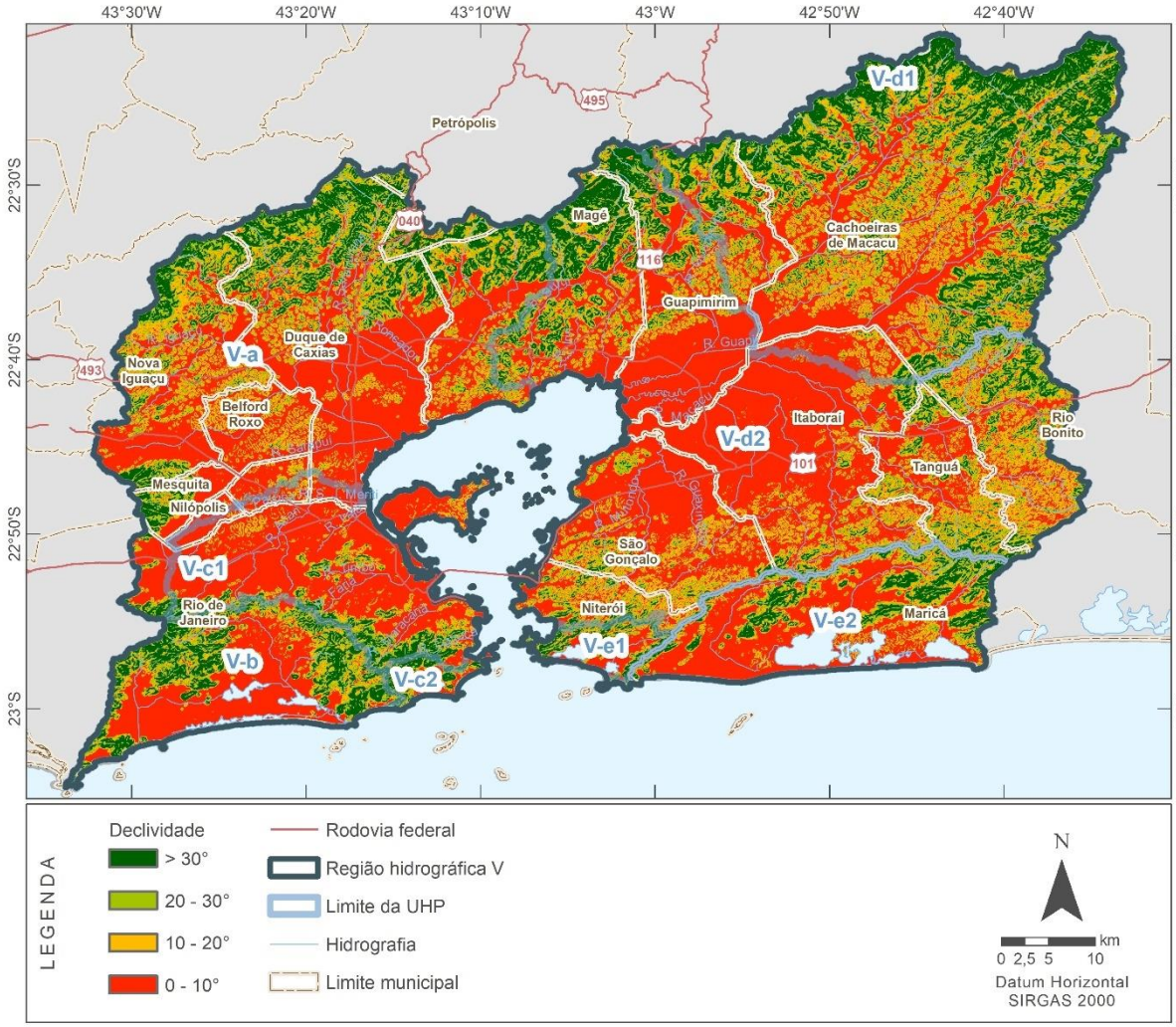
Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.8.1.2.3 Declividade

A declividade influencia a capacidade de infiltração da água no solo, alterando a partição entre o fluxo superficial, fluxo infiltrado. As declividades menores receberam notas mais altas por favorecerem a infiltração em relação ao escoamento superficial. Produzido a partir das camadas de declividade denominadas:22S45_SN, 23S435SN, 22S435SN, 23S45_SN, obtidas de INPE (2011). As declividades constam na Figura 3.45.

FIGURA 3.45 – DECLIVIDADES DA RH-V



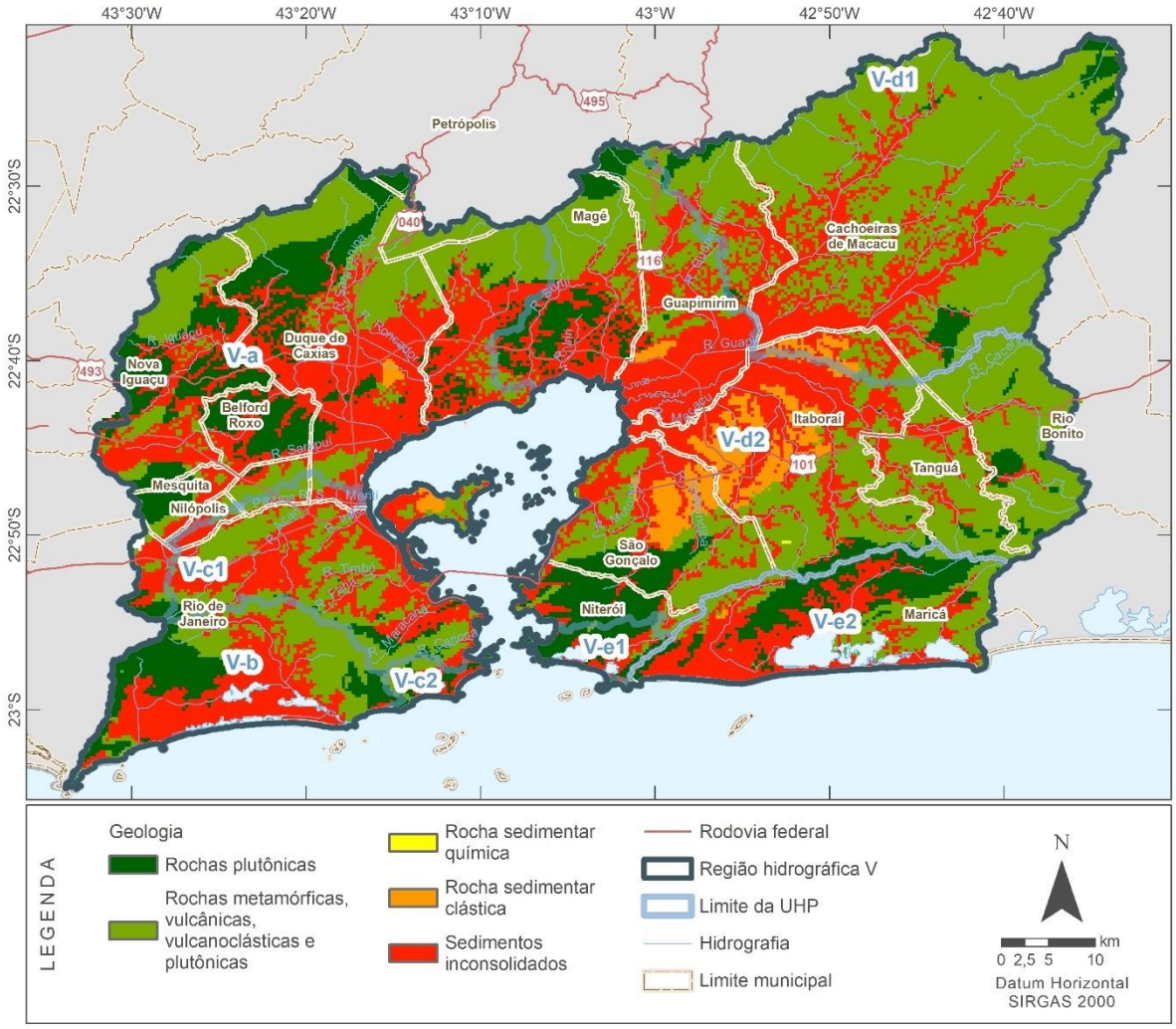
Fonte: Adaptado de INPE (2011).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.8.1.2.4 Geologia

Para a geologia (Figura 3.46), foram enfatizados os aspectos da litologia, onde os pesos maiores influentes na vulnerabilidade correspondem às áreas de sedimentos inconsolidados. As rochas plutônicas ocupam a classe de menor vulnerabilidade, vindo em seguida as metamórficas e vulcânicas, depois as sedimentares clásticas e por último os sedimentos inconsolidados.

FIGURA 3.46 – GEOLOGIA/LITOLOGIA SIMPLIFICADA DA RH-V



Fonte: Adaptado de CPRM (2018).

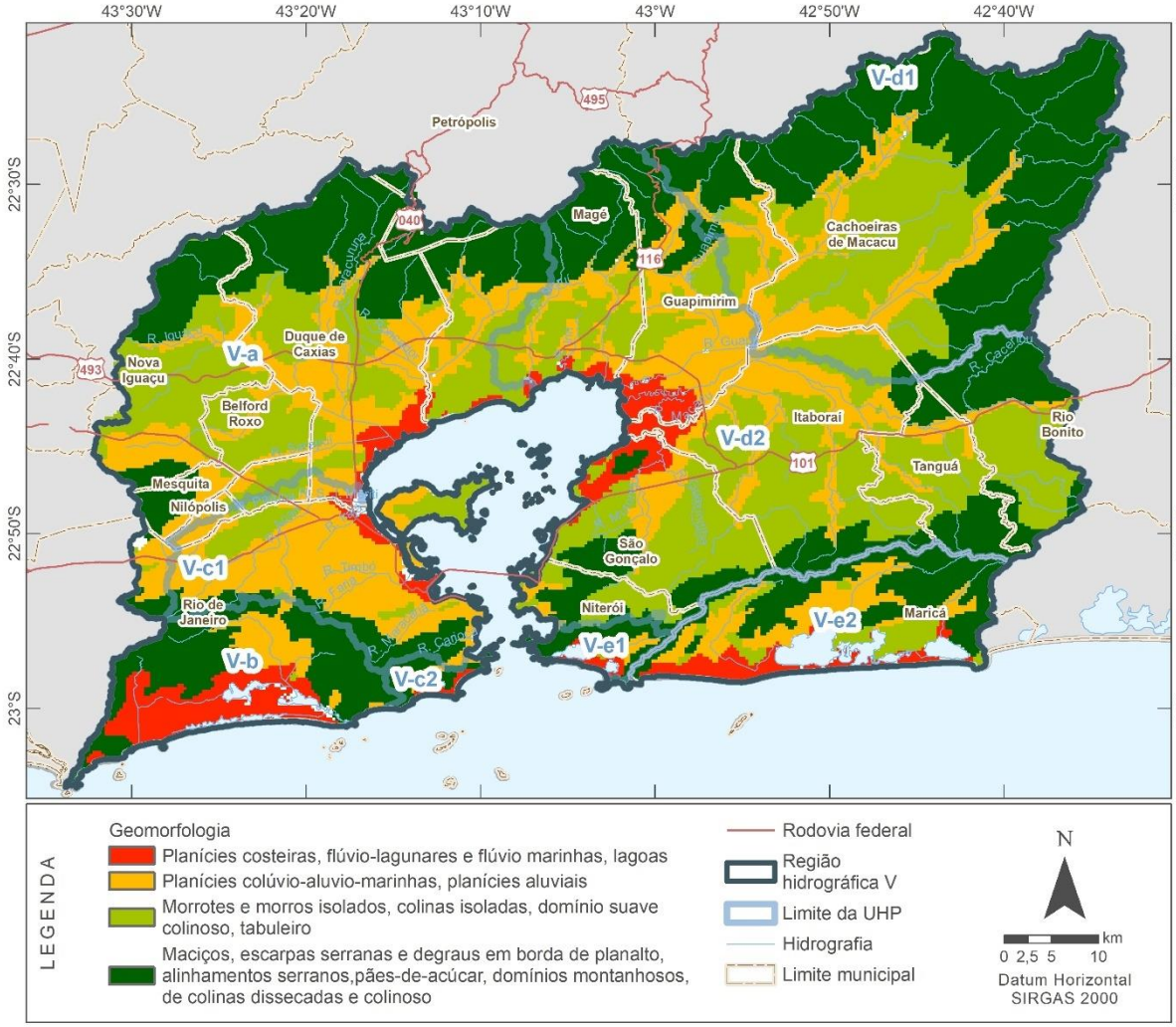
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.8.1.2.5 Geomorfologia

A classificação foi elaborada considerando a declividade de cada classe geomorfológica e sua posição relativa à área de recarga, conforme critérios propostos por CPRM (2000).

As planícies costeiras, flúvio-lagunares e flúvio marinhas, lagoas foram consideradas mais vulneráveis, vindo na sequência as planícies colúvio-aluvio-marinhas, planícies aluviais, as áreas de morrotes e morros isolados, colinas isoladas, domínio suave colinoso, tabuleiro e por fim os maciços, escarpas serranas e degraus em borda de planalto, alinhamentos serranos, os pães-de-acúcar, domínios montanhosos, de colinas dissecadas e colinoso. O resultado consta na Figura 3.47.

FIGURA 3.47 – COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de CPRM (2000).

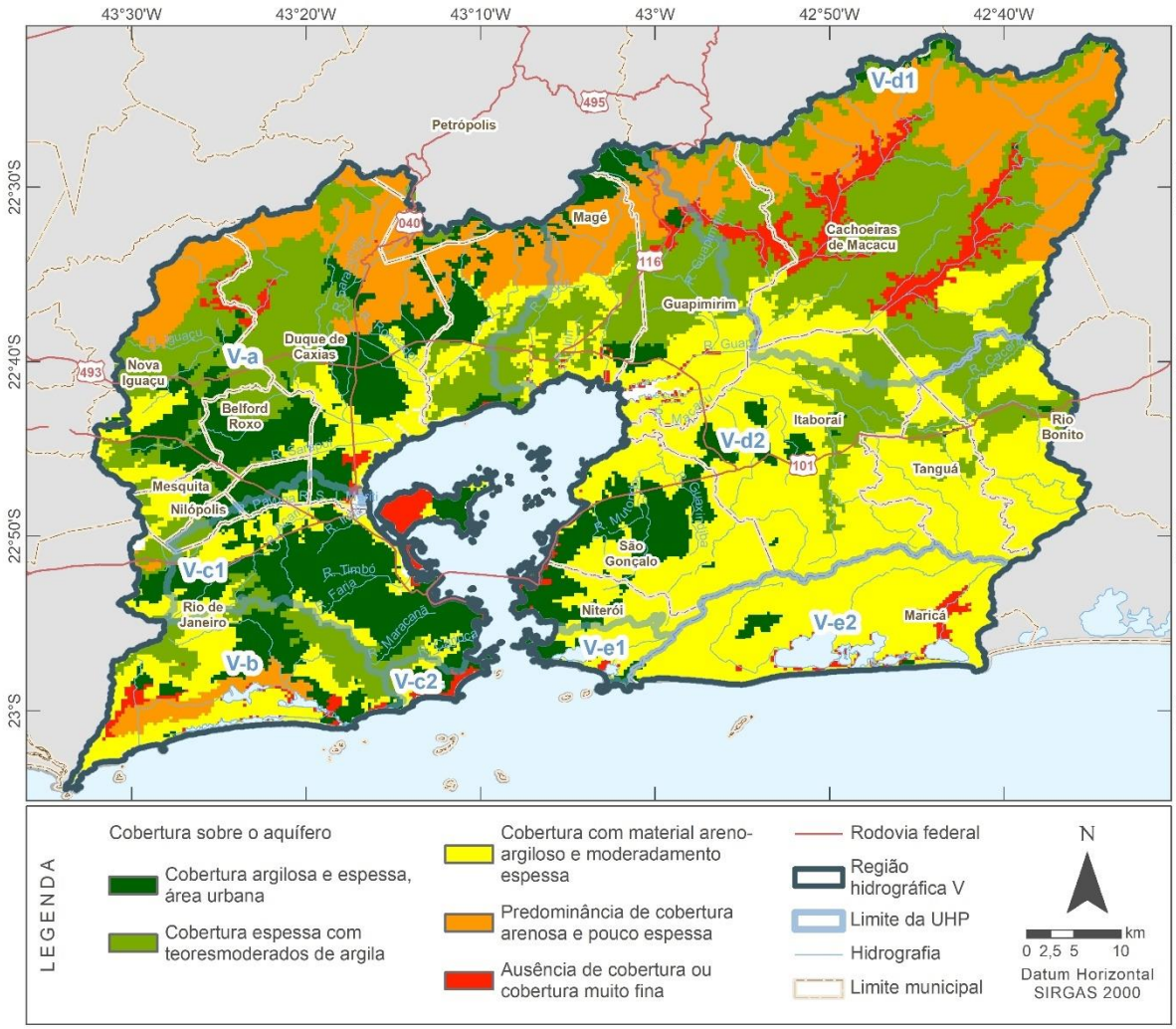
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.8.1.2.6 Cobertura sobre o aquífero

Neste item os pesos aumentam conforme diminui a espessura do manto de alteração, pois solos menos espessos são uma barreira menor para infiltração e vice-versa. Embrapa (2000).

A maior vulnerabilidade corresponde às áreas com ausência de cobertura, ou cobertura muito fina, vindo na sequência áreas onde há predominância de cobertura arenosa e pouco espessa. Em seguida foram consideradas as áreas cobertas por material areno-argiloso moderadamente espessa, as coberturas espessas com teores moderados de argila e por fim os segmentos com cobertura argilosa e espessa. A distribuição das coberturas consta na Figura 3.48.

FIGURA 3.48 – DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE COBERTURA SOBRE OS AQUÍFEROS NA RH-V



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2000).

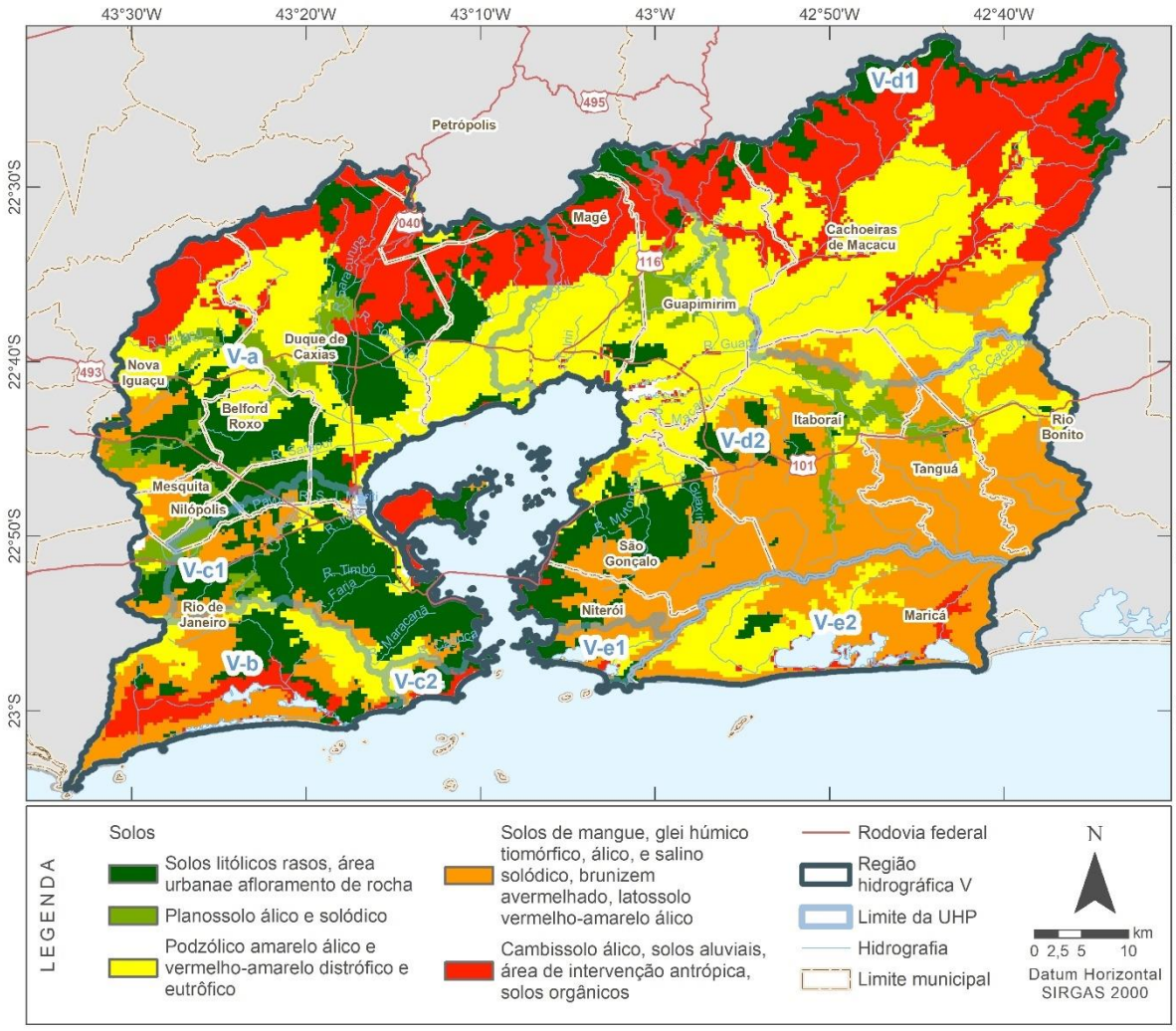
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.8.1.2.7 Solos

As classes de solo mais argilosas receberam pesos mais baixos, de acordo com o teor de argila, pois a argila diminui a permeabilidade do solo e aumenta a barreira de infiltração. Embrapa (2000).

Os solos considerados mais vulneráveis foram Cambissolo álico, solos aluviais, área de intervenção antrópica, solos orgânicos, na sequência os solos de mangue, glei húmico tiomórfico, álico, distrôfico e salino solódico, brunizem avermelhado, latossolo vermelho-amarelo álico. Em seguida os solos podzólico amarelo álico e vermelho-amarelo distrófico e eutrófico. Em penúltimo lugar os solos do tipo planossolo álico e solódico e em último lugar os solos litólicos rasos, áreas urbanas e afloramentos de rocha. A Figura 3.49 apresenta a distribuição dos solos na RH-V.

FIGURA 3.49 – GRANDES GRUPOS DE SOLOS DA RH-V



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2000).

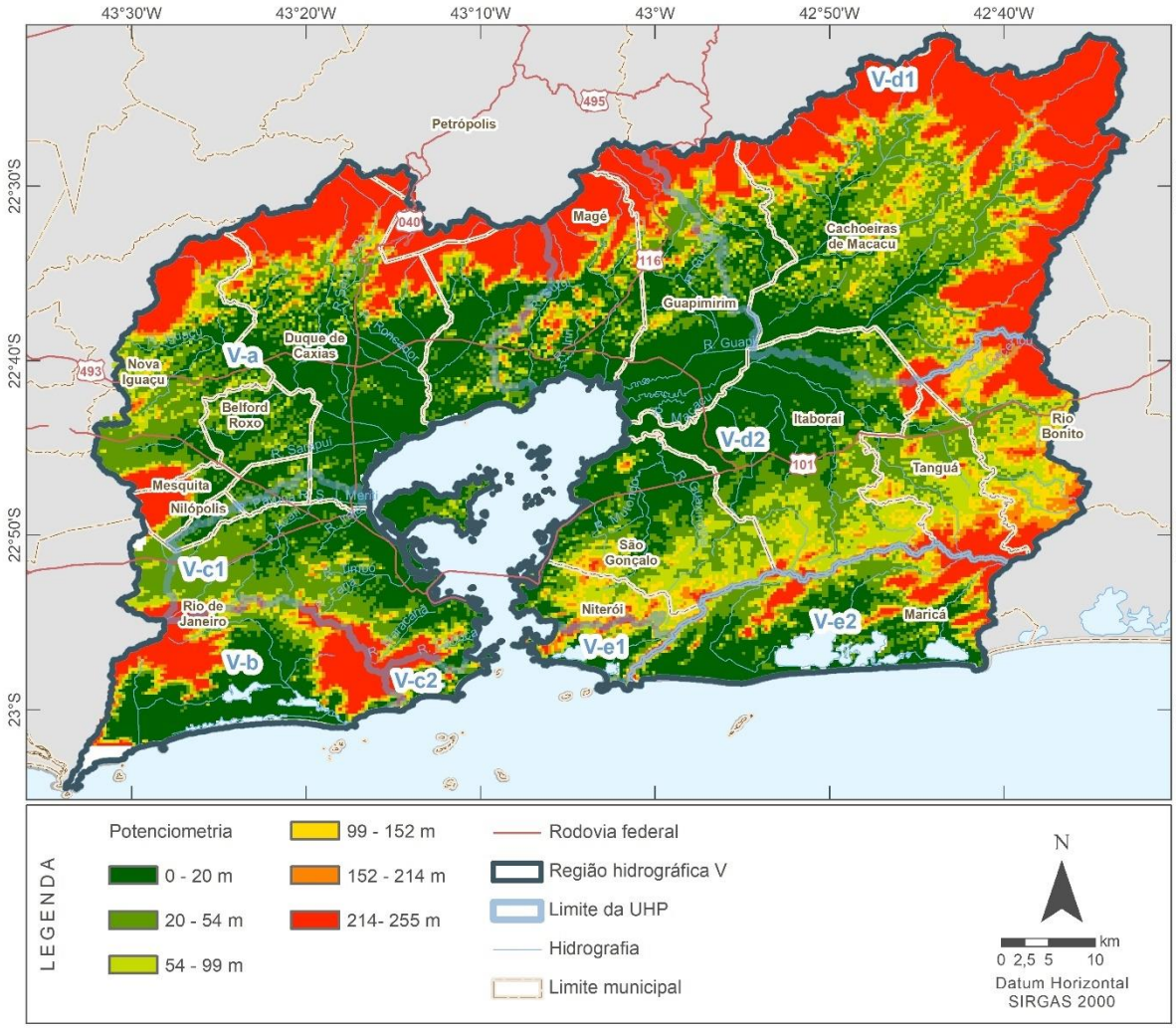
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.8.1.2.8 Potenciometria

No que se refere aos níveis potenciométrico, os mais altos receberam maiores ponderações devido à carga hidráulica, que impulsiona a infiltração. SIAGAS (2020), INPE (2011).

Os níveis potenciométricos foram compartimentados em seis classes, a saber: 214 – 255 m; 152 – 214 m; 99 – 152 m; 54 – 99 m; 20 – 54 m e; 0 – 20 m. A Figura 3.50 ilustra a distribuição dos níveis potenciométrico.

FIGURA 3.50 – LOCALIZAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS POTENCIOMÉTRICOS NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019); SIAGAS (2020); INPE (2011).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

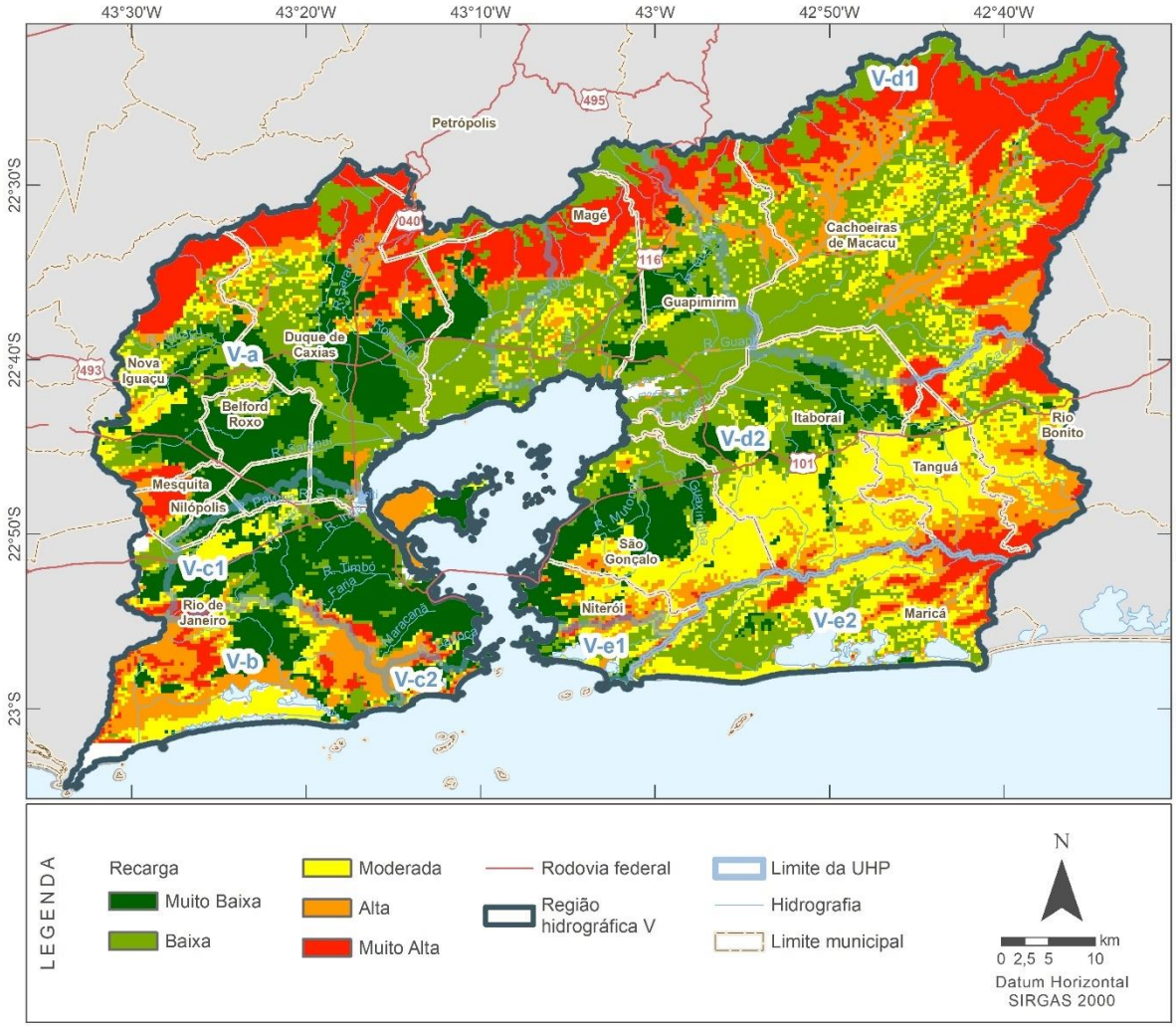
3.8.1.2.9 Recarga

As classes de recarga foram avaliadas, sendo formado um mapa composto considerando a geomorfologia, espessura, tipo de solo, espessura do manto de alteração e potenciometria. O mapa de recarga segue o método proposto por Lima (2009), gerado por uma composição de mapas conforme a equação seguinte:

$$\text{Recarga final} = G \times 3 + EMA \times 4 + S = P \times 6$$

Sendo G a geomorfologia, EMA a espessura do manto de alteração, S o tipo de solo e P a potenciometria do aquífero. As classes de recarga estão representadas na Figura 3.51.

FIGURA 3.51 – CLASSES DE RECARGA NA RH-V



Fonte: Adaptado de CPRM (2000), EMBRAPA (2000), INPE (2011).

Cabe ressaltar que o mapa de recarga gerado a partir do método proposto por Lima (2009), apresentado na Figura 3.51, possui um nível de detalhamento maior do

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

que a análise realizada no âmbito do item “5.3 Áreas prioritárias para conservação e restauração ecológica” do Tomo 1, as quais foram definidas, previamente, a partir de estudos precedentes. Contudo, pode-se observar que, de modo geral, as informações são consistentes, na medida em que, por exemplo, a maior parte do município do Rio de Janeiro apresenta áreas de recarga com baixo ou muito baixo potencial, não tendo sido, portanto, considerado área prioritária em termos de potencial de recarda de aquífero. Por outro lado, o município de Cachoeiras de Macacu destacou-se como área prioritária no Tomo 1 e, de fato, possui grandes extensões de alto e muito alto potencial de recarga.

3.8.1.3 Vulnerabilidade regional intrínseca à contaminação de aquíferos

A composição dos mapas dos atributos levantados possibilitou uma estimativa da distribuição de níveis de vulnerabilidade natural na RH-V.

A avaliação das diferentes classes de vulnerabilidade foi avaliada conforme a equação apresentada na sequência.

Vulnerabilidade final = T x 4 + D x 5 + L x 2 + R x 8 + De x 6

Onde “D” representa a densidade de lineamentos, “T” o topo de aquífero, “L” a litologia, “D” a declividade e “R”, a recarga.

O Mapa 6 apresenta a o resultado da vulnerabilidade regional intrínseca à contaminação de aquíferos. Aspecto importante a ser considerado na análise é que ele se presta mais ao planejamento regional, não sendo suficiente para interpretações específicas em pequena escala.

A acurácia deste tipo de abordagem depende basicamente da qualidade dos dados sobre os temas que compõem o mapa de vulnerabilidade. Uma fragilidade do método é sua aplicação em áreas intensamente urbanizadas, onde as características naturais foram muito afetadas. É o caso dos solos, onde a impermeabilização do terreno descaracteriza as condições naturais. A presença significativa de áreas afetadas por cortes e aterros pode levar a um aumento da vulnerabilidade de áreas originalmente pouco vulneráveis. Para mitigar este fator há que se promover avaliações das interferências das alterações promovidas pela atividade humana nas condições naturais.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Regiões fisiográfica e geologicamente diferentes demandam de ajustes na ponderação das variáveis constantes da equação da vulnerabilidade, que deve representar o mais fielmente possível o que se observa na prática. Na representação do Mapa 6, as áreas urbanas estão salientadas por um contorno na cor preta.

Regiões intensamente urbanizadas, como é caso do município do Rio de Janeiro, notadamente nas regiões hidrográficas V-b e V-c1, apesar de comportarem áreas consideradas como de baixa vulnerabilidade natural, como apontado no Tomo I deste relatório, estão submetidas a um afluxo de soluções com alto potencial poluente. Deste modo, mesmo que atenuados por condições do ambiente natural, afluxos concentrados de contaminantes podem acessar os aquíferos, seja em locais onde os níveis do solo que naturalmente reteriam poluentes foram retirados, ou em espaços abertos de poços de captação mal construídos ou operados. A gravidade deste processo é potencializada em locais onde o sistema de saneamento instalado apresenta deficiências.

As cores mais quentes ao norte e nordeste da RH-V correspondem a zonas onde aquíferos se recarregam de água, estando em condições propícias a adquirirem eventuais poluentes. São, portanto, não adequadas a uma ocupação que libere contaminantes.

As zonas de coloração verde têm uma vulnerabilidade natural menor, principalmente por serem zonas onde os aquíferos descarregam água para os rios.

Em áreas já urbanizadas ou com ocupação superficial consolidada, geralmente modificar o tipo de ocupação é muito difícil, sendo a melhoria no sistema do saneamento e uma fiscalização eficiente de obras de captação de água, medidas capazes de mitigar a contaminação de mananciais, sejam eles subterrâneos ou superficiais.

O mapa de vulnerabilidade intrínseca, quanto a contaminantes provenientes de infiltrações desde a superfície, indica na região de Niterói a ocorrência de uma vasta gama de situações com vulnerabilidade variando entre muito baixa e muito alta, em umas áreas restritas em relação à escala do mapa. Nestes casos, caberia um levantamento com base em cartas temáticas com nível de detalhe compatível com a área. Muitas classes de vulnerabilidade se restringem a apenas um pixel de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

informação, o que indica a necessidade de que sejam elaboradas cartas mais detalhadas, em uma escala inferior a 1:25.000.

O município de Niterói está estabelecido em sua maior parte sobre um embasamento de rochas cristalinas, onde os aquíferos são fissurais. Este aspecto leva a que a densidade de fraturas tenha um peso significativo, o que confere à região norte do município um nível de vulnerabilidade elevado. Na região oceânica, devido à incidência de sedimentos que comportam aquíferos granulares, a suave inclinação da superfície do terreno passa a uma incidência maior na vulnerabilidade, assim como o tipo de cobertura do aquífero.

Os aquíferos arenosos da planície litorânea, além de possuírem uma elevada vulnerabilidade intrínseca, são em sua faixa que contata o oceano também vulneráveis a intrusões da cunha salina, por conta de eventuais extrações de água subterrânea superiores aos volumes naturais de recarga.

Como já foi mencionado, as áreas ocupadas por agrupamentos urbanos na orla marítima, carecem de um controle das condições dos aquíferos granulares. É o caso de Piratininga, Camboinhas e Itacoatiara em Niterói, além de Itaipuaçu em Maricá e Jacarepaguá no Rio de Janeiro. Para tal, é recomendável um levantamento dos poços de captação existentes e o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, além de um sistema eficiente de captação de esgotos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Tema:
RECURSOS HÍDRICOS

VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

MAPA
06

43°30'W 43°25'W 43°20'W 43°15'W 43°10'W 43°5'W 43°W 42°55'W 42°50'W 42°45'W 42°40'W 42°35'W

22°25'S 22°30'S 22°35'S 22°40'S 22°45'S 22°50'S 22°55'S 23°S 23°5'S

Paraíba do Sul
Paty do Alferes
Vassouras
Petrópolis
Teresópolis
Nova Friburgo
Engenheiro Paulo de Frontin
Miguel Pereira
Cachoeiras de Macacu
Silva Jardim
Guapimirim
Nova Iguaçu
Duque de Caxias
Magé
Japeri
Queimados
Belford Roxo
São João de Meriti
Mesquita
Nilópolis
Rio de Janeiro
São Gonçalo
Itaboraí
Tanguá
Rio Bonito
Niterói
Maricá
Saquarema

V-a
V-b
V-c1
V-c2
V-d1
V-d2
V-e1
V-e2

Rio Macacu
Rio Guapi
Rio Guaraí
Rio Guaxindiba
Rio Caceribu
Rio Imboaçu
Rio Roncador
Rio Estrela
Rio Saracuruna
Rio Iguaçu
Rio Sarapuí
Rio Meriti
Rio Pavuna
Rio Guandu
Rio Guandu do Sul
Rio Ribeirão das Lajes
Rio Piraí
Rio Paraíba do Sul
Rio Paraíbuna
Rio Preto
Rio Bonito
Rio Negro
Rio Santo Antônio
Rio Macaé
Rio Maricá
Rio Guapiaçu
Rio Aldeia Velha
Rio Guaratiba
Rio Cação
Rio Piabanha
Rio Paquequer
Rio Fagundes
Rio Bengalas
Rio Grande
Rio Preto
Rio Soberbo
Rio Santo Antônio
Rio Negro
Rio Bonito
Rio Macaé
Rio Maricá
Rio Guapiaçu
Rio Aldeia Velha
Rio Guaratiba
Rio Cação
Rio Piabanha
Rio Paquequer
Rio Fagundes
Rio Bengalas
Rio Grande
Rio Preto
Rio Soberbo

Canal de Sarapuí
Canal de Magé
Canal de Cunha
Canal de Imboaçu
Canal de Roncador
Canal de Estrela
Canal de Saracuruna
Canal de Iguaçu
Canal de Sarapuí
Canal de Meriti
Canal de Pavuna
Canal de Guandu
Canal de Guandu do Sul
Canal de Ribeirão das Lajes
Canal de Piraí
Canal de Paraíba do Sul
Canal de Paraíbuna
Canal de Preto
Canal de Bonito
Canal de Negro
Canal de Santo Antônio
Canal de Macaé
Canal de Maricá
Canal de Guapiaçu
Canal de Aldeia Velha
Canal de Guaratiba
Canal de Cação
Canal de Piabanha
Canal de Paquequer
Canal de Fagundes
Canal de Bengalas
Canal de Grande
Canal de Preto
Canal de Soberbo
Canal de Santo Antônio
Canal de Negro
Canal de Bonito
Canal de Macaé
Canal de Maricá
Canal de Guapiaçu
Canal de Aldeia Velha
Canal de Guaratiba
Canal de Cação
Canal de Piabanha
Canal de Paquequer
Canal de Fagundes
Canal de Bengalas
Canal de Grande
Canal de Preto
Canal de Soberbo

Baía da Guanabara
Lagoa de Piratininga
Lagoa de Itaipu
Lagoa de Maricá
Lagoa da Barra
Lagoa de Guarapina
Lagoa de Jacarepaguá
Lagoa da Tijuca
Oceano Atlântico

LEGENDA

Vulnerabilidade à contaminação (escala relativa)
- Muito baixa
- Baixa
- Moderada
- Alta
- Muito

- Rodovia federal
- Rodovia estadual
- Ferrovia
- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

N W E S

ESCALA
1:320.000
0 2,5 5 10 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Vulnerabilidade à contaminação: RHA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
Limite municipal: CEPERJ, 2018
UF e áreas edificadas: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA E CONSULTORIA

3.8.2 Vulnerabilidade dos aquíferos à intrusão salina

A água do mar, com uma densidade maior do que a água doce, por conta de sua carga de solutos, se coloca em posição inferior à massa de água que vem do continente, como ilustrado na Figura 3.52. Por conta da densidade da água do mar, no entorno de 1,025, no contato com o oceano em um aquífero livre, a água continental flui por cima da água salgada, que vai se difundindo em direção à área emersa. Neste processo a água salina se dispõe na forma de uma cunha, a chamada cunha salina.

Uma equação formulada por Joseph DuCommun (1828) ficou conhecida como princípio de Ghyben-Herzberg (FETTER,1995) onde:

$$Z_{(x,y)} = \frac{d_w}{d_s - d_w} h_{(x,y)}$$

Onde $z_{(x,y)}$ é a profundidade da interface abaixo do nível do mar na locação (x,y)

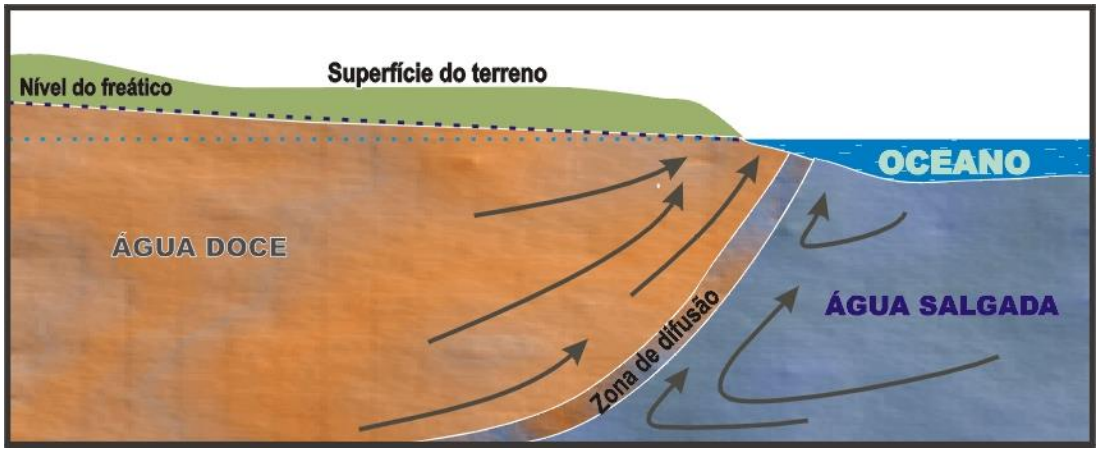
$h_{(x,y)}$ é a elevação do nível do freático sobre o nível do mar no ponto (x,y)

d_w é a densidade da água doce

d_s. é a densidade da água salgada

O princípio é limitado a situações onde tanto a água salgada como a água doce estão estáticas, porém dão a indicação prática de que em aquíferos costeiros não confinados, a profundidade até onde ocorre o corpo de água doce é aproximadamente 40 vezes a altura do nível do freático sobre o nível do mar (FETTER, 1995).

FIGURA 3.52 – ILUSTRAÇÃO DA CIRCULAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DOCE E SALINA NA ZONA DE DIFUSÃO DE UM AQUÍFERO COSTEIRO



Fonte: COOPER JR (1964 *apud* FETTER, 1994).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Em áreas costeiras, a interferência da água do mar em aquíferos é um fator que influencia diretamente o potencial de aproveitamento dos mananciais subterrâneos. O planejamento do abastecimento urbano de água em áreas com elevado nível de ocupação próximas ao oceano, deve necessariamente levar em consideração os riscos de salinização da água subterrâneas.

A movimentação eólica de aerossóis marinhos pode influenciar a condutividade de determinados sítios, mas no caso de uma região de pluviosidade relativamente elevada como é o caso da RH-V, o fator diluição age no sentido contrário, suprindo os aquíferos livres de água com baixa salinidade, onde os sais marinhos são compensados pelo volume maior de água.

O aumento significativo da concentração de material dissolvido na água subterrânea, conhecido como salinização, pode se dar por diferentes processos, tais como: incorporação de componentes solúveis presentes no arcabouço dos aquíferos; mistura com água de salinidade mais elevada; infiltração de contaminantes.

Na RH-V podem ocorrer os três processos citados. Pelo contato direto de aquíferos costeiros com o oceano, as águas continentais doces são suscetíveis de interferência da água do mar aumentando sua salinidade. Por outro lado, ocorrem também em aquíferos que tem por arcabouço sedimentos que se formaram em ambiente marinho, contendo naturalmente água com maior salinidade. Em se tratando de uma região com setores de alta concentração de atividades antrópicas, a contaminação pontual por efluentes urbanos, industriais ou agrícolas deve também ser considerada.

As áreas de planícies costeiras no Município de Maricá, em Niterói e na faixa praial do Rio de Janeiro, em Jacarepaguá, indicadas no mapa dos sistemas aquíferos apresentado na Figura 3.1, em princípio, são as mais suscetíveis à salinização por contado direto com o oceano. É alta a possibilidade de poços locados muito próximo ao mar ou a lagoas salgadas, passarem a captar água com salinidade incompatível com o abastecimento.

Muitas pesquisas em todo o mundo têm se ocupado do fenômeno da salinização de aquíferos, visto que áreas sujeitas ao fenômeno, vem sofrendo pressão para ocupação, nem sempre acompanhada por um planejamento adequado do

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

suprimento hídrico para consumo humano (BISWAS, 1996; FREEZE; CHERRY, 2017).

Modelagens matemáticas têm sido utilizadas na avaliação da evolução da cunha salina em tempos diferentes, incluindo vazões reais anotadas em poços bem como simulações com base em projeções e vazões cadastradas. Oliveira (2016) empregou o código computacional SEAWAT para avaliar a evolução da cunha salina em um sistema aquífero costeiro na região Metropolitana de Maceió, utilizando também alguns indicadores de contaminações marinhas sugeridos na literatura. A autora fez uso de dados analíticos primários para as avaliações. Algumas tendências de avanço de água salina foram identificadas em trechos da costa.

Na região de interesse direto deste diagnóstico, Almeida e Silva Jr. (2007) desenvolveram um “Estudo da Intrusão Salina em Aquíferos Costeiros da Região Litorânea do Município de Maricá – RJ”. Os autores desenvolveram o trabalho com base em dados químicos e físico-químicos obtidos em poços tubulares pouco profundos, em 2000 e em 2006, procurando indicações sobre o avanço da cunha salina neste período. A determinação do tipo hidroquímico das águas, as caracterizou como sendo cloretadas sódicas, com o cloreto variando de 11 a 2000 mg/L e a condutividade entre 120 e 1120 µS/cm. O referido trabalho também indica que a porção sudeste da área é a mais afetada pela salinidade. O monitoramento do nível da água em um curto período levou aos autores concluírem que a alta vulnerabilidade apresentada pelos aquíferos sedimentares da planície costeira de Maricá é acompanhada por rápida recarga e consequente capacidade de diluição. Foi apontado também para a necessidade de uma efetiva intervenção do poder público para o disciplinamento das captações de água subterrânea na região.

TUBBS (2011) menciona para a região de Piratininga, em Niterói, a condutividade elétrica de 6.008 µS/cm e concentração de Cl^- de 4.376 mg/L em um poço de 7,26 m de profundidade, enquanto para um poço de 8,14m, em Itaipuaçu, Maricá a condutividade medida foi de 3.517 µS/cm e a concentração de cloro chegou a 1.030 mg/L, com pH de, 6,61em Niterói e 6,07 em Maricá.

O uso de modelos ou códigos computacionais para avaliar a variação da qualidade da água e consequentemente sua concentração de solutos em uma determinada área em tempos diferentes, vai gerar resultados coerentes com a

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

qualidade dos dados de entrada e das condições de contorno adotadas. Com dados de qualidade duvidosa e uma distribuição de poços muito heterogênea os resultados obtidos se limitam a fornecer indicações muito pouco detalhadas e, até certo ponto óbvias, ou, quando muito concluir que a concentração de cloro aumenta com a proximidade do oceano. Visto isso o emprego de dados secundários de cadastros de heterogêneos não dá a segurança necessária para usar os resultados em planejamentos com as minúcias necessárias.

Um fator de grande relevância que dificulta a implementação de logiciais de modelagem de fluxo subterrâneo é o predomínio de aquíferos fissurais, por vezes muito próximos à orla marítima, onde as modelagens de fluxo subterrâneo ficam muito mais difíceis, pela heterogeneidade e anisotropia do meio.

O mapa das condutividade elétrica do conjunto de poços do cadastro de usuários do CNARH (2019) e do SIAGAS (2020), apresentado na Figura 3.16, indica valores elevados de condutividade elétrica, relativamente afastados da linha de contato com o mar, com a Baía da Guanabara ou com as lagoas. Nestes casos não se pode atribuir os valores elevados à presença de uma cunha salina propriamente dita. A salinidade elevada pode ter outras fontes alternativas, como é o caso de aquíferos estabelecidos em camadas sedimentares confinadas, acessadas pelos poços de captação. Registros incompletos nos bancos de dados, também impedem uma avaliação mais precisa dos casos em que ocorrem valores aparentemente anômalos.

Em áreas costeiras nas quais ocorre ou se projeta taxas de ocupação adensadas é necessário um monitoramento contínuo por uma rede bem distribuída de pontos de medições e amostragens, além de um apoio analítico de qualidade. Nestas condições, seria adequado a implementação de um acompanhamento eficiente do comportamento dinâmico dos aquíferos costeiros, de modo a permitir seu gerenciamento seguro.

Considerando as unidades aquíferas presentes na orla litorânea da RH-V, com suas características de permeabilidade e acessibilidade à água armazenada, é prudente atribuir um alto grau de vulnerabilidade quanto a processos de salinização às Planícies Costeiras (Figura 3.1) nos Município de Maricá, Niterói e Jacarepaguá no Rio de Janeiro. Devido à pressão imobiliária para dar sequência à ocupação destas

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

áreas, é necessário elaborar e implantar, em curto prazo, um plano de aquisição de informações sobre o comportamento local dos aquíferos, para poder gerir adequadamente os recursos hídricos disponíveis.

3.9 REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A gestão de um recurso natural indispensável para o homem, como é o caso da água, depende do acompanhamento tanto de sua quantidade como da qualidade. Estes atributos variam durante o tempo, por uma série de fatores naturais ou por influência humana. Em assim sendo, não precisa de maiores justificativas a necessidade do conhecimento contínuo de sua evolução temporal, ou seja, de um monitoramento sistemático. Este fato é apontado por diversos autores, tais como Fetter (1995), Custodio (1983), Freeeze e Cherry (2018), dentre muito outros.

O monitoramento da água subterrânea pode ser feito por meio de poços de captação, construídos e ou operados de modo a se obter dados hidráulicos dos aquíferos acessados e parâmetros de qualidade de água. As dimensões e características da área e dos aquíferos a serem monitorados, bem como dos interesses específicos e recursos disponíveis irão estabelecer o número de pontos de controle, sua distribuição e variáveis a serem levantadas ao longo do tempo.

Os resultados obtidos, seja de variáveis hidráulicas ou de variáveis da composição química, físico-química e biológica da água serão úteis para todos os usuários da água captada na área monitorada. É um instrumento essencial para a gestão dos recursos hídricos, principalmente para garantir aos usuários uma água com qualidade adequada ao tipo de consumo pretendido.

Normalmente é executada por instituição de natureza pública. No âmbito nacional, a CPRM projetou e opera a denominada Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS). A pretensão é cobrir todo o território brasileiro, sendo priorizados os grandes aquíferos sedimentares estabelecidos em áreas estratégicas. Atualmente conta com 408 poços não estando nenhum no Rio de Janeiro.

Na impossibilidade, de se implantar, em curto prazo, uma rede de poços de monitoramento específica para este fim, podem ser utilizados poços já operantes na região, selecionados segundo critério a serem estabelecidos. Em vistas das

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

dimensões da RH-V, poderia ser estabelecida uma rede de 150 poços distribuídos por toda a região. Seriam priorizados os aquíferos de maior potencial produtivo e aqueles mais ameaçados.

O estabelecimento e operação de uma rede emergencial de poços que permita um conhecimento das condições da água subterrânea em toda a RH-V poderá ser feito observando os seguintes passos:

- Identificação prévia, em escritório, dos poços em operação em condições de cobrir da melhor maneira possível a RH-V;

- Procurar conseguir a ficha de perfuração do poço, contendo testes de vazão, perfil e análises químicas, sempre que possível

- Em cada setor da RH priorizar os poços operados, em condições adequadas por entidades públicas;

- Realizar uma visita técnica em pontos previamente selecionados para vistoriar em cada um dos poços as condições de campo de cada local, seja para coleta de amostras como para medição do nível da água;

- Garantir o livre acesso da equipe que realizará as coletas e medições em campo;

- Selecionar laboratórios confiáveis, preferencialmente acreditados por entidade especializada, em condições de realizar os ensaios químicos necessários;

- Programar e realizar uma primeira campanha de reconhecimento envolvendo um número de pontos 50% superior ao pretendido para sediarem a rede permanente;

- Testar a logística necessária à coleta, medições de campo, envio de amostras diariamente ao laboratório que realizará os ensaios de componentes aniônicos, biológicos e preparo de amostras para análises multielementares por ICP-MS;

- Com os resultados obtidos na primeira campanha, realizar um diagnóstico geral das condições da água subterrânea na região e redimensionar a rede previamente estabelecida, bem como programar a sequência do monitoramento.

- Selecionar locais para a instalação de piezômetros dotados de medidores contínuos com armazenamento de dados de nível de água, condutividade elétrica, e temperatura, que serão visitados trimestralmente pela equipe de hidrometria, que extrairá os dados armazenados e programará a sequência das medições.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

A RH-V comporta aquíferos fissurados, estabelecidos nas rochas magmáticas e metamórficas que dominam o substrato e alguns aquíferos granulares formados em pacote sedimentares e outras formações superficiais mais delgadas, distribuídas na área. Os aquíferos fissurados ocorrem e estão disponíveis em praticamente toda a RH-V. Sua produtividade é baixa, porém a qualidade da água contida é naturalmente boa. Os aquíferos granulares se distribuem heterogeneamente na área. Eles ocorrem sobre os aquíferos fissurais, sendo mais espessos em depressões de maior porte como o aquífero Macacu ou mais delgados, relacionados drenagens ou a orla oceânica.

A densidade de poços obedece, em linhas gerais, a concentração populacional que é maior na porção oeste da RH-V nas UHPs V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) e V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna).

A vazão obtida nos poços operantes no total da RH-V é de 5 m^3/h, variando entre menos de 0,2 m^3/h a pouco mais de 30 m^3/h, com uma mediana de 3,4 m^3/h. Os valores são relativamente baixos, porém a presença de unidades produtoras com vazões superiores a 20 m^3/h indica que mais poços com boa produção podem ser instalados após um estudo locacional adequado. A baixa produção da maioria dos poços perfurados nos aquíferos fissurais, não se deve apenas a feições intrínsecas das unidades aquíferas, porém às limitações para a locação da unidade produtora, que deve geralmente se restringir a determinado espaço territorial pré-estabelecido. Este fato indica que boas produções poderiam ser obtidas em poços perfurados em locais ideais, após bons estudos locacionais. Para isto uma solução seria a construção e gestão das unidades produtoras levadas a termo diretamente por grupos de usuários, pelo poder público ou por sua concessão. Deste modo a distribuição também ficaria sob única responsabilidade, que teria condições de operar em conjunto grupo de poços e distribuir aos usuários água com qualidade constantemente monitorada.

A qualidade natural das águas subterrâneas disponíveis na região hidrográfica é geralmente boa. As desconformidades mais significativas da qualidade da água com relação ao preconizado pelas normas brasileiras estão relacionadas a contaminações por efluentes, como é o caso do íon nitrato. Este componente, em aquíferos livres de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

áreas muito urbanizadas, se deve geralmente a deficiências no sistema de saneamento, sendo indicador de possíveis contaminações biológicas. Eventuais registros de concentrações de alguns analitos superando os valores de referência, deverão ser confirmados, em avaliações sistemáticas pautadas por protocolos de coleta e analíticos adequados.

É sabido que a água subterrânea dos aquíferos livres, em qualquer área urbanizada onde o sistema sanitário de disposição de efluentes não é eficiente, está em más condições de uso, devido a contaminações, sobretudo biológicas. Há também que se considerar que o crescente conhecimento sobre contaminações de fármacos e agrotóxicos aponta para um perigo atual e com indicação de crescimento. Ações visando a avaliação destes aspectos são de urgente implementação. A academia e outros centros de pesquisa, deverão ter participação ativa desenvolvendo pesquisas científicas e aplicadas que suportem ações de médio e longo prazos.

A delimitação de espaços territoriais por divisores de bacias hidrográficas facilita o gerenciamento dos recursos hídricos tanto superficiais como subterrâneos. Notadamente os mananciais subterrâneos mais rasos, correspondentes aos aquíferos livres, têm seus limites muito próximos aos divisores de bacias. Isto facilitará o balanço hídrico nas diversas sub-bacias, desde que sejam obtidos dados hidrogeológicos suficientes e significativos em cada uma delas.

Uma importante característica da água subterrânea é permitir a implantação de unidades produtoras próximas aos pontos de demanda, reduzindo a necessidade de adução a longas distancias, por outro lado isto dificulta o controle das características tanto químicas como de produção de cada unidade. Visto que é rápido e relativamente fácil a perfuração e colocação em operação de um poço, é comum presença de unidades produtoras implantadas à margem da legalidade. Para a gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos de uma região hidrográfica qualquer, é imprescindível o conhecimento permanentemente atualizado dos volumes extraídos e de suas características qualitativas, deste modo, cada unidade produtora deve ser devidamente outorgada e monitorada.

Uma reiterada preocupação em regiões litorâneas é a presença de águas com elevada salinidade. Águas salgadas ou salobras ocorrem tanto pela presença de aquíferos formados em ambientes salinos com a manutenção de sais facilmente

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

solúveis, que conferem alta salinidade às águas, ou pela intrusão de água do mar. O processo de intrusão salina ocorre em locais submetidos a uma extração de água subterrânea em taxas superiores ao afluxo de água continental de baixa salinidade. Especial atenção quanto a este processo deve haver nas áreas próximas a corpos de água salgada, seja o próprio oceano ou lagoas salgadas como é o caso da orla marítima de Maricá, Niterói e Rio de Janeiro. A implantação de uma malha de pontos de monitoramento da salinidade das águas subterrâneas possibilitará o acompanhamento do comportamento da interface água doce e água salgada em toda a orla. Outro procedimento passível de adoção para o conhecimento e controle do comportamento da cunha salina são levantamentos geofísicos utilizando perfis de eletro-resistividade do substrato, distribuídos na orla litorânea, com maior concentração nas áreas de maior ocupação.

Considerando o que se sabe sobre a disponibilidade de água subterrânea para abastecimento das demandas na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara, é prioritária a implantação em curto prazo de um sistema de regularização das captações existentes e de levantamento das características quantitativas de cada unidade produtora.

Uma ação com grande potencial de facilitação para o monitoramento e controle das captações de água subterrânea na Guanabara, é a implementação nos procedimentos para a outorga exigindo que os poços de captação contem com dispositivos que permitam um fácil acesso ao manancial. Este acesso deverá permitir tanto coletas diretas rápidas de amostras de água para análise como medições do nível da água. Em poços já instalados, tais dispositivos normalmente poderiam ser instalados a um custo muito baixo.

A implantação e operacionalização de sistemas de gestão da demanda-oferta de água nos diferentes núcleos de demandas, atuais e potenciais, passa por:

- Identificação das regiões prioritárias com deficiências no abastecimento;
- Urgente desenvolvimento de um processo de comunicação social junto aos usuários, sobre a importância do uso racional da água subterrânea, incluindo a manutenção ou implementação de boas condições sanitárias do entorno dos sítios de captação;

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- Implementação de ações rigorosas para eliminação ou mitigação de vazamentos das redes de coleta de efluentes;
- Implementação de um programa sistemático permanente de fiscalização visando a eliminação ou mitigação de infiltrações de efluentes sanitários no solo e subsolo, contaminando os aquíferos, sobretudo os rasos;
- Identificação das captações existentes na área, dos volumes produzidos e da qualidade da água, com base nos dados existentes;
- Avaliação das possibilidades de abastecimento com os aquíferos da área, levando em consideração tanto a disponibilidade hídrica volumétrica como a qualidade da água e a vulnerabilidade dos mananciais subterrâneos;
- Realização de estudo técnico sobre as técnicas mais adequadas para a captação em cada área alvo, levando em consideração a necessidade de proteção das áreas de recarga dos aquíferos;
- Sempre que possível, implementar a proteção das áreas de recarga dos aquíferos, considerando e potencializando os serviços ambientais de áreas naturais ou ambientalmente recuperadas;
- Estudo hidrogeológico detalhado para a locação das unidades produtoras;
- Rigor e agilidade na avaliação e outorga de captações subterrâneas;
- Estudo de viabilidade econômica da captação e distribuição integrada de água subterrânea consorciada ou não com água superficial;
- Manutenção de um programa permanente de monitoramento da qualidade da água integrado com controle das vazões produzidas, com a máxima participação possível da comunidade.
- Análise do desempenho de cada sítio onde for implantado o programa, para correção de aspectos julgados deficientes e replicação dos modelos bem sucedidos para sítios análogos.

Quaisquer planejamentos para ocupação de áreas por núcleos urbanos ou industriais, necessariamente deve ser precedido por avaliações criteriosas dos recursos hídricos subterrâneos, seu estado, sua vulnerabilidade e sua capacidade produtiva. Todo este processo deve ser acompanhado por esclarecimento de sua importância para a comunidade usuária e incentivar sua participação, de um modo ou de outro.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4 DEMANDAS HÍDRICAS

Este capítulo apresenta o diagnóstico dos usos da água e lançamento de efluentes da RH-V com o objetivo principal de gerar insumos para o cálculo do balanço hídrico, quantitativo e qualitativo. O capítulo é formado por quatro grandes itens.

O primeiro item apresenta o método e os resultados da estimativa dos usos consuntivos, aqueles usos setoriais que consomem água. Foram apresentadas as demandas hídricas dos setores de abastecimento humano urbano, rural, consumo humano, irrigação, dessedentação animal, indústria, termelétricas, mineração, aquicultura em tanque de rede, evaporação líquida dos espelhos de água artificiais e outros usos. Também, apresenta-se uma breve caracterização do acesso à água nos aglomerados subnormais da RH-V, assim como a estimativa da demanda de água nessas regiões.

O segundo item é relativo à avaliação do lançamento de efluentes na RH-V, na qual são analisados os cadastros de usuários e, para o setor do esgotamento sanitário, realizada uma estimativa indireta da carga de DBO bruta e remanescente.

O terceiro item realiza uma compilação dos itens anteriores, apresentando os resultados de maneira conjunta, encaminhando-os como insumos para o cálculo do balanço hídrico quantitativo e qualitativo.

O quarto e último item apresenta os usos não consuntivos da água, na RH-V.

Para a elaboração deste tópico foram consideradas as informações do cadastro de usuários obtidas junto ao INEA, do cadastro de usuários da cobrança pelo uso das águas, obtida junto à AGEVAP, de estudos, bem como coeficientes técnicos e bases de dados secundárias obtidas da ANA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), dentre outros.

4.1 USOS CONSUNTIVOS DA ÁGUA

Este item tem como objetivo apresentar os usos consuntivos da água na RH-V. Para tanto, é realizada a descrição dos dados utilizados e são apresentadas as metodologias utilizadas e os resultados obtidos. Além dos resultados globais dos usos da água, para os diferentes setores usuários, são apresentados os usos consuntivos em cada uma das UHPs.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Dentre os diversos métodos para estimar os usos consuntivos da água, destacam-se os métodos indiretos e as estimativas baseadas nos cadastros de usuários. Os métodos indiretos utilizam coeficientes técnicos associando variáveis inventariadas, tais como população, área plantada, dentre outras, à uma necessidade média de água. Os cadastros de usuários apresentam os registros dos usuários de recursos hídricos, que captam água, lançam efluentes ou realizam outras interferências diretas em corpos hídricos. Estes usuários são passíveis ou não de outorga, sendo o instrumento de gestão com o objetivo assegurar o controle, quantitativo e qualitativo, da água, bem como o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos. Estes registros podem ser vistos como demandas potenciais, uma vez que os usuários tendem a solicitar outorgas com vazões de projeto, ou seja, com valores superiores ao efetivamente utilizado no presente.

O estado do Rio de Janeiro, por meio do INEA, utiliza o CNARH, desenvolvido pela ANA, como o cadastro único usuários do estado. O CNARH apresenta como vantagens a unificação dos usuários da bacia. Entretanto, a utilização desta base de dados para a estimativa da demanda hídrica apresenta limitações que precisam ser destacadas, sendo elas:

- As vazões médias efetivamente captadas tendem a ser inferiores às vazões registradas pelos usuários para os setores cujo planejamento é realizado a longo prazo, tais como industrial e abastecimento público;
- Os usos cadastrados não necessariamente representam o universo de usuários de recursos hídricos da bacia;
- Os registros dos usuários para o abastecimento público podem não refletir efetivamente as necessidades da população. Também, os sistemas de captação podem fornecer água tratada para municípios localizados dentro e fora da bacia de interesse, tornando a sua estimativa mais complexa, tal como ocorre no sistema integrado Guandu.
- A base de dados pode apresentar erros de transcrição dos dados.

Em relação aos métodos indiretos, o estudo recente realizado pela ANA, culminando com a apresentação do “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil” (ANA, 2019a), contemplou a definição de métodos, construção de bases de dados, produção, armazenamento e disponibilização de resultados de estimativas de usos consuntivos da água, por setor, para todos os municípios brasileiros. Neste estudo

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

foram investigados coeficientes técnicos disponíveis na literatura, e, no caso da indústria – abastecimento urbano e irrigação, foram propostos novos coeficientes com elevado grau de detalhamento. Esse estudo resultou na base oficial de usos consuntivos e subsidiou os mais recentes relatórios, como o “Conjuntura de Recursos Hídricos”, da ANA.

A estimativa das demandas hídricas através de métodos indiretos apresenta vantagens, em relação ao cadastro de usuários, para os setores onde existem maior número de usuários irregulares, tais como o da irrigação e criação animal. No setor industrial, incluindo mineração e termoelétrica, é esperada maior dificuldade nas estimativas de volumes captados, a partir de métodos indiretos, devido a não identificação de uma variável inventariada que explique, adequadamente, os usos da água.

Uma vez que a integração do cadastro de usuários do estado do Rio de Janeiro ocorreu somente em 2008, o primeiro Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara, publicado em 2005, utilizou métodos indiretos para a estimativa da demanda hídrica de todos os setores usuários. Por sua vez, o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, publicado em 2014, utilizou métodos indiretos para a estimativa de demandas dos setores de abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação, e o próprio CNARH para o setor industrial, incluindo a mineração.

Considerando as vantagens e as desvantagens de cada um dos métodos, a estimativa das demandas hídricas, da RH-V, foi realizada através das duas abordagens para os setores do abastecimento urbano e rural, irrigação e criação animal. Assim, definiu-se como **demanda potencial** àquela obtida através do cadastro de usuários (CNARH) e **demanda estimada** aquela obtida através do método indireto, estabelecido no “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil” (ANA, 2019a).

Abaixo apresentam-se os procedimentos realizados para obtenção dos resultados gerados em cada método.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.1.1 Procedimentos metodológicos

4.1.1.1 Demandas estimadas – “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil”

A ANA disponibiliza nos seus metadados[13] as estimativas setoriais de usos consuntivos da água, para todos os municípios brasileiros, no período de 1931 a 2017 (diagnóstico) e projetados até 2030. Para o presente estudo, definiu-se o ano de 2019 como referência, dada a data de elaboração deste estudo e para padronizar com os dados recebidos do cadastro de usuários de recursos hídricos.

O método utilizado está sintetizado abaixo, por setores usuários, conforme descrito em ANA (2019a). No APÊNDICE 3 constam fluxogramas ilustrativos dos processos e das bases de dados.

a. Abastecimento humano urbano e rural

O método para estimativa do abastecimento urbano e rural baseia-se na aplicação de coeficientes técnicos às contagens e estimativas populacionais. Para as estimativas populacionais, utilizou-se as informações censitárias do IBGE e as respectivas projeções. Para a definição dos coeficientes técnicos de consumo per capita, são considerados dois indicadores: o uso per capita, que é a quantidade de água que potencialmente chega aos usuários, e as perdas na rede de distribuição. O uso per capita corresponde aos volumes distribuídos efetivamente aos habitantes, sendo estimado através da soma entre os volumes hidrometrados nas unidades de consumo e o volume estimado para habitantes sem medições. As perdas correspondem às parcelas de água não convertidas em uso, devido às falhas (vazamentos) na rede de distribuição. Assim, para a obtenção dos indicadores municipais, o estudo definiu alguns critérios para avaliar a representatividade das amostras, concluindo que foram obtidos indicadores dos próprios municípios que abarcam 95% da população urbana do país.

Os coeficientes obtidos são representativos das populações atendidas pela rede pública de distribuição de água, entretanto, para a estimativa da demanda, o método considera a população urbana total, assumindo que a demanda e as perdas, per capita, das populações não atendidas pela rede são similares às da população atendida.

[13] https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Conforme dados do censo do IBGE, mais de 90% dos domicílios, localizados nos aglomerados subnormais dos municípios da RH-V, apresentam abastecimento de água a partir da rede de distribuição (IBGE, 2010). Portanto, nesta estimativa está contida a demanda hídrica urbana destas regiões. Ademais, um aprofundamento teórico, sobre o consumo da água nos aglomerados subnormais da RH-V, está apresentado no item 4.1.12. “Usos da água nos aglomerados subnormais”.

Para a população rural, o método utiliza coeficientes de retirada padronizados por estado, baseados nos coeficientes de uso médio *per capita* (L/Hab.dia) para a população rural, proposto pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2005).

b. Dessedentação animal

Foi utilizada a contagem de rebanhos da Pesquisa da Pecuária Municipal do IBGE, como variável explicativa, para a estimativa da demanda hídrica do setor animal, com base na metodologia BEDA (Bovinos Equivalentes para a Demanda de Água) e em uma matriz de coeficientes técnicos. A metodologia BEDA considera o consumo de dessedentação de bovinos (50 L/dia) e faz a conversão direta do número de animais de outros rebanhos em bovinos-equivalentes. A matriz de coeficientes técnicos foi obtida de literaturas de referência, nacional e internacional.

c. Irrigação

Foi realizada a estimativa mensal das áreas irrigadas para as diversas culturas, com base no Censo Agropecuário, associando as necessidades de irrigação de cada cultura às condições climáticas mensais. Dessa forma, o método baseia-se no balanço hídrico nas áreas irrigadas, atribuindo à irrigação a fração de água necessária às culturas e não suprida por fontes naturais (chuva e solo). O volume de retorno da irrigação, no município, foi obtido considerando a eficiência de uso da água e as perdas por evaporação e arraste durante a aplicação nos sistemas por aspersão.

Uma vez que estes dados estão na escala municipal, é necessário desagregá-los para estimar adequadamente as demandas hídricas em cada escala de interesse. Assim, foram estabelecidos fatores de espacialização para cada um dos setores usuários, apresentados no Quadro 4.1.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.1 – FATORES DE ESPACIALIZAÇÃO ADOTADOS PARA DESAGREGAÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS PELO MÉTODO INDIRETO

Setores usuários	Fatores de espacialização
Abastecimento público urbano	População urbana (IBGE 2010)
Abastecimento público rural	População rural (IBGE 2010)
Irrigação	Área ocupada com agricultura (INEA, 2015)
Dessedentação animal	Área ocupada com pastagem (INEA, 2015)

Tendo em vista que os cadastros de usuários não contemplam as vazões devidas à evaporação líquida nos reservatórios, a incorporação dessas vazões às demandas hídricas totais, também foi realizada por meio do método indireto de estimativa do no “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil” (ANA, 2019a). A estimativa da altura de evaporação líquida para espelhos de água artificiais, com área acima de 20 ha, foi realizada a partir da relação de complementaridade (MORTON, 1983 apud ANA, 2019) e com a aplicação dos modelos CRAE (*Complementary Relationship Areal* Evapotranspiration) e CRLE (Complementary Relationship Lake Evaporation), para a obtenção da evapotranspiração real de área e evaporação real de lago, respectivamente. Assim, a evaporação líquida é obtida pela diferença entre evapotranspiração real que ocorreria na área, atualmente alagada, e a evaporação real de lago nesta mesma área.

A partir dos fatores espaciais estabelecidos, foram estimadas as demandas hídricas por setor, para toda a RH-V, para as Unidades de Gestão e por UHP.

4.1.1.2 Demanda potencial – Cadastro de usuários de recursos hídricos

O Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos apresenta o registro dos usuários, realizado de forma auto declaratória. Nesta base de dados contém tanto os usuários outorgados, quanto aqueles em situação de análise, usos insignificantes, indeferidos, inválidos, não outorgáveis, dentre outros. A base de dados do CNARH recebida data de dezembro de 2019. Portanto, definiu-se este ano de referência para as estimativas das demandas hídricas.

Para a consistência da base de dados, foram aplicados os procedimentos apresentados no Quadro 4.2, com o objetivo de desconsiderar registros vencidos, inativos, inválidos, duplicados, etc. Os procedimentos foram validados através da Nota Técnica 001 – Dúvidas Técnicas e demais discussões junto à AGEVAP e ao INEA.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.2 – PROCEDIMENTOS PARA A CONSISTÊNCIA DA BASE DE DADOS DO CNARH

Etapas	Procedimentos	Quantidade de registros restantes
1	Extração dos registros contidos na RH-V	3.332
2	Exclusão dos registros com situação DESATIVADA (coluna INT_TSI_DS)	3.304
3	Exclusão dos registros com situação INDEFERIDO, INVÁLIDO e NÃO OUTORGÁVEL (coluna OUT_TP_SITUACAOOUTORGA)	3.290
4	Exclusão dos registros com volumes mensais e anuais zerados (colunas DAD_QT_VAZAODIAMES e INT_QT_VOLUMEANUAL) [1]	3.001
5	Exclusão dos registros com data de vencimento anterior a 31/12/2014 (OUT_DT_OUTORGAFINAL)	2.859
6	Exclusão dos registros duplicados (CPF/CNPJ, coordenadas geográficas)	2.802
7	Exclusão dos “Pontos de referência”, mantendo-se somente as captações de lançamentos	2.745

[1] Calculou-se a vazão anual demanda com base nas vazões mensais, para os registros que apresentavam este campo zerado.

Observou-se a existência de um registro, destinado à aquicultura em tanque escavado, cuja vazão requerida apresenta valor bastante expressivo, em comparação com os demais registros da bacia. Considerando-a no estudo, este registro seria responsável por cerca de 60% da demanda total potencial de toda a RH-V. Assim, sendo este um registro em situação de análise pelo órgão gestor, optou-se pela sua exclusão.

A exceção da situação supracitada, conforme recomendações, foram mantidos os demais registros que apresentavam situação “*em análise”*, considerando que o processo está pendente e pode ser concedido. Foram mantidos também os usos de pouca expressão por, potencialmente, apresentarem vazões significativas, quando em conjunto.

Após a aplicação dos filtros, restaram um total de 2.745 registros no CNARH, sendo 2.503, para captação, e 242, para lançamentos. Ainda em relação ao total de registros, cerca de 43% (1.181 registros) apresentavam situação da outorga em análise, 30% (813 registros) outorgados/autorizados, e 27% (750 registros) de usos insignificantes e 1 registro cuja situação é definida como “outra”.

Em relação aos registros para captação, 92,5% (2316 registros) é realizado através de poços, 7,1% (179 registros) em rios ou cursos d’água e 0,4% (8 registros) em espelhos de água.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Além da análise global e setorial, os registros de usuários foram agrupados conforme o manancial utilizado (subterrâneo ou superficial), o tipo de interferência (captação ou lançamento), a Unidade de Gestão e a UHP. Foram analisados os seguintes setores usuários:

- Abastecimento público
- Consumo humano
- Irrigação
- Dessedentação animal
- Indústria
- Termelétrica
- Mineração e outros processos extrativos
- Aquicultura em tanque escavado
- Outras
- Esgotamento sanitário

Abaixo são apresentadas as demandas hídricas potenciais e estimadas por setores usuários.

4.1.2 Abastecimento humano

a. Demanda estimada

O Quadro 4.3 e a Figura 4.1 apresentam as demandas estimadas (métodos indiretos), para abastecimento humano urbano e rural por UHP.

Conforme apresentado no item 4.1.1.1 Demandas estimadas – “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil”, os dados de demanda por munícipio apresentados na publicação da ANA utiliza dados diagnosticados até o ano de 2017 e projeções a partir de então. Uma vez que para o presente estudo adotou-se os valores de 2019, as demandas apresentadas no manual foram calculadas com base em projeções populacionais do IBGE e nos coeficientes técnicos calculados com base em dados de 2018 do SNIS.

Considerando os valores fornecidos pelo método utilizado, define-se que a demanda total, para abastecimento humano, seja de 40.165 L/s em toda a RH-V, sendo 40.113 L/s destinadas ao abastecimento urbano e somente 52 L/s ao abastecimento rural.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.3 – DEMANDAS HÍDRICAS ESTIMADAS PARA O ABASTECIMENTO HUMANO URBANO E RURAL DA POPULAÇÃO INTERNA À RH-V, POR UHP

UHP		Demanda estimada (L/s)		
		Abastecimento urbano	Abastecimento rural	Total
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	12.543,4	21,7	12.565,1
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	3.654,8	0,0	3.654,8
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	15.583,0	0,0	15.583,0
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	1.353,9	0,0	1.353,9
V-d1	Rio Macacu	133,7	11,1	144,9
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	6.206,1	18,6	6.224,7
V-e1	Lagoas de Niterói	276,5	0,0	276,5
V-e2	Lagoa de Maricá	361,9	0,2	362,2
TOTAL RH-V		**40.113,3**	**51,7**	**40.165**

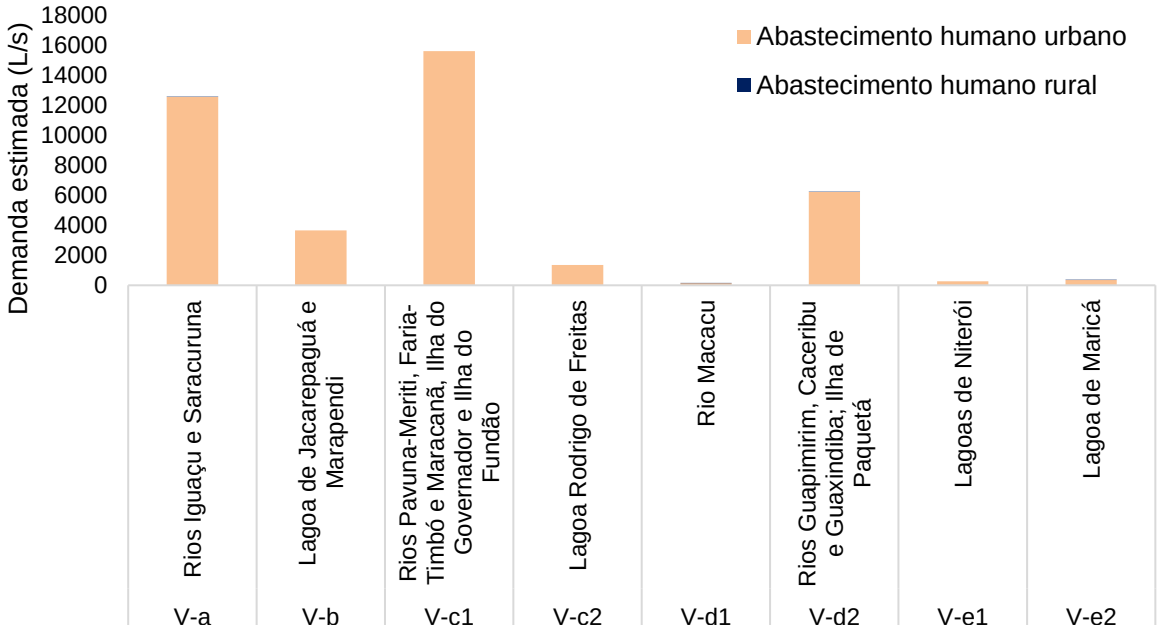
Fonte: Adaptado de ANA (2019a).

As maiores demandas rurais estão alocadas, respectivamente, nas UHPs dos rios Iguaçu e Saracuruna (V-a) com demandas de 22 L/s, Rios Guapimirim, Caceribu Guaxindiba e da Ilha de Paquetá (V-d2) com 18 L/s e Rio Macacu (V-d1), com 11 L/s.

A estimativa da demanda, para abastecimento urbano, utiliza a classificação do IBGE das populações urbana e rural. Esta classificação define para alguns municípios, tais como Rio de Janeiro, que a população rural é nula, sendo, consequentemente, nula a demanda. Assim, nestas regiões a demanda da população rural está estimada juntamente com a população urbana.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

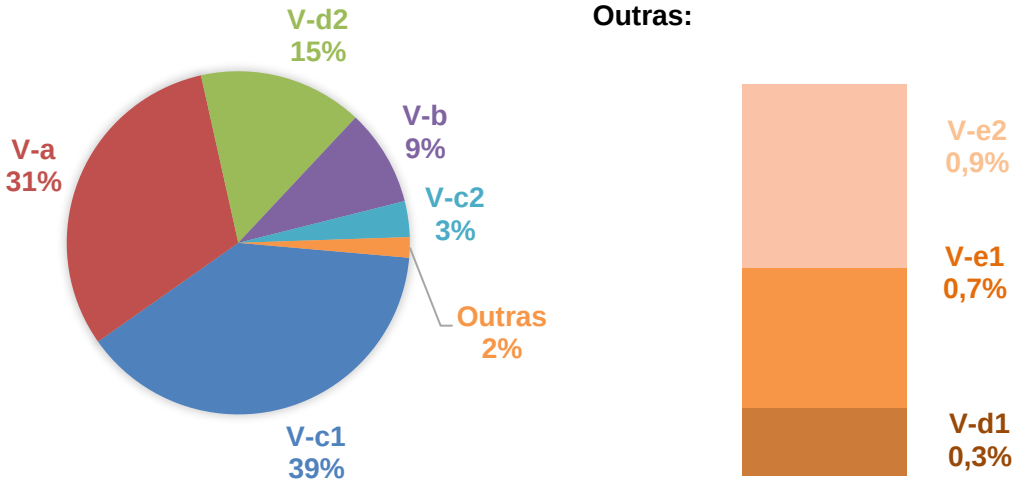
FIGURA 4.1 – DEMANDA HÍDRICA ESTIMADA PARA ABASTECIMENTO HUMANO URBANO E RURAL POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de ANA (2019a).

A Figura 4.2 apresenta a distribuição da demanda estimada especificamente para o abastecimento urbano em cada UHP.

FIGURA 4.2 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA ESTIMADA PARA ABASTECIMENTO URBANO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de ANA (2019a).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As UHPs dos rios Iguaçu e Saracuruna (V-a) e dos rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão (V-c1) são responsáveis por mais de 65% da demanda para abastecimento total estimada na bacia. Estas UHPs abrangem regiões com alta densidade populacional dos municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Nova Iguaçu, que apresentam as maiores demandas para este setor (ANA, 2019a). As UHPs do rio Macacu (V-d1), das Lagoas de Niterói (V-e1) e Lagoa de Maricá (V-e2) são responsáveis, em conjunto, por menos de 2% da demanda total.

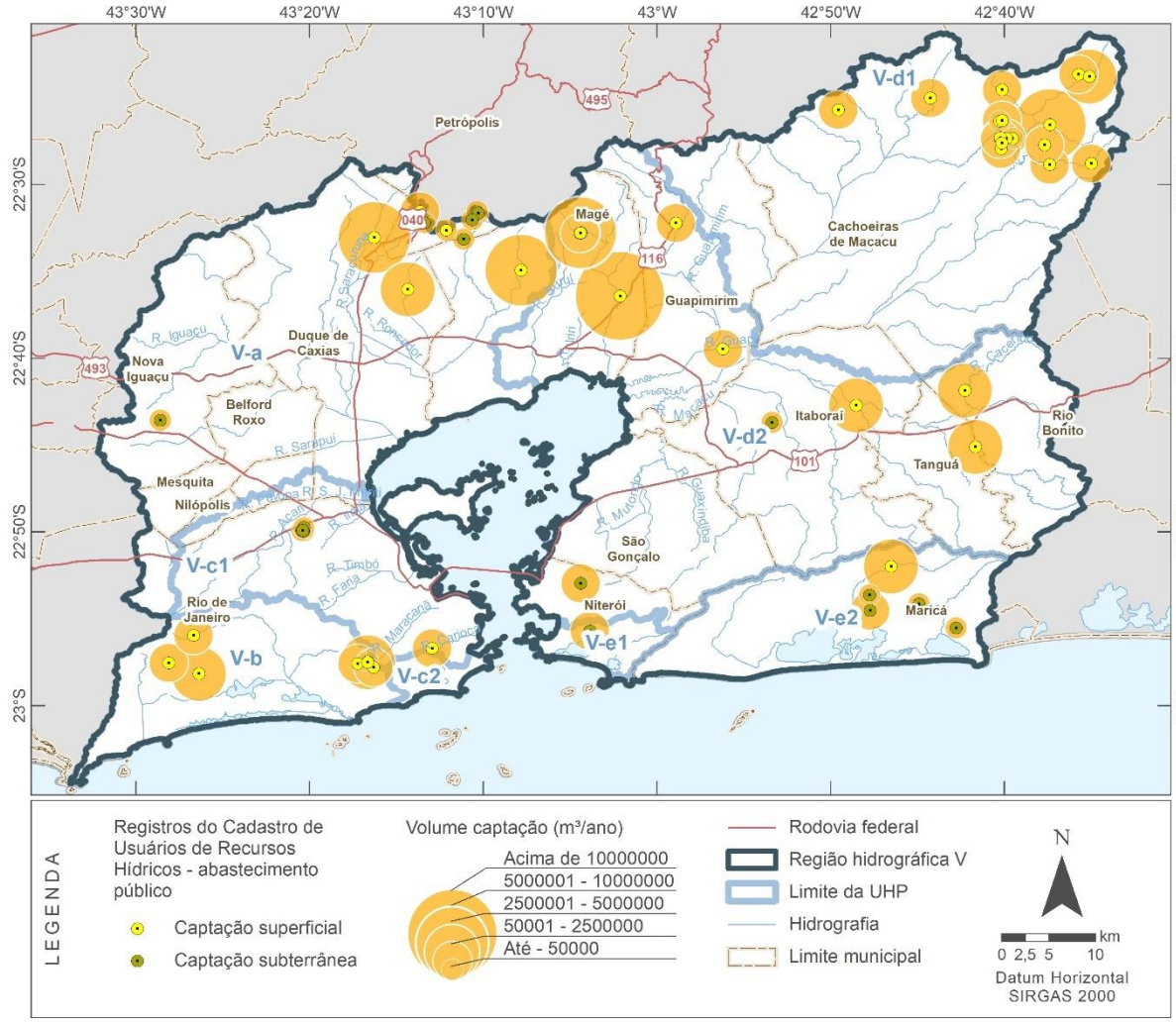
Possivelmente, o método indireto superestima os valores das demandas para o abastecimento público, devido aos coeficientes de consumo, per capita na escala municipal, não diferenciar regiões distintas, tais como, os aglomerados subnormais, onde o consumo de água, normalmente, é inferior ao valor médio. Adicionalmente, sendo o consumo per capita da população urbana superior ao da população rural, para aqueles municípios, onde o IBGE classifica a área rural como nula, a demanda total fica superestimada.

b. Demanda potencial

A demanda potencial do setor de abastecimento considera os pontos de captação, registrados no cadastro de usuários das concessionárias de saneamento como mananciais, poços, espelhos da água, represas, entre outros, contidas na área de estudo. Há um total de 59 registros, apresentados espacialmente na Figura 4.3, sendo 49 em situação de análise.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.3 – REGISTROS DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Para cada uma das UHPs, a demanda potencial para o abastecimento público está apresentada no Quadro 4.4 e na Figura 4.4.

Estima-se que a demanda potencial total para o abastecimento público, na RH-V, seja de aproximadamente 2.950 L/s. Deste total, a UHP V-d2 (rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) é responsável por aproximadamente de 46%, seguido da UHP V-d1 (Rio Macacu), responsável por 19% das captações e da UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), também responsável por 19%. As UHPs V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), V-e2 (Lagoa de Maricá), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) e V-e1 (Lagoas de Niterói) são responsáveis, respectivamente, por aproximadamente de 12%, 4%, 1% e

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

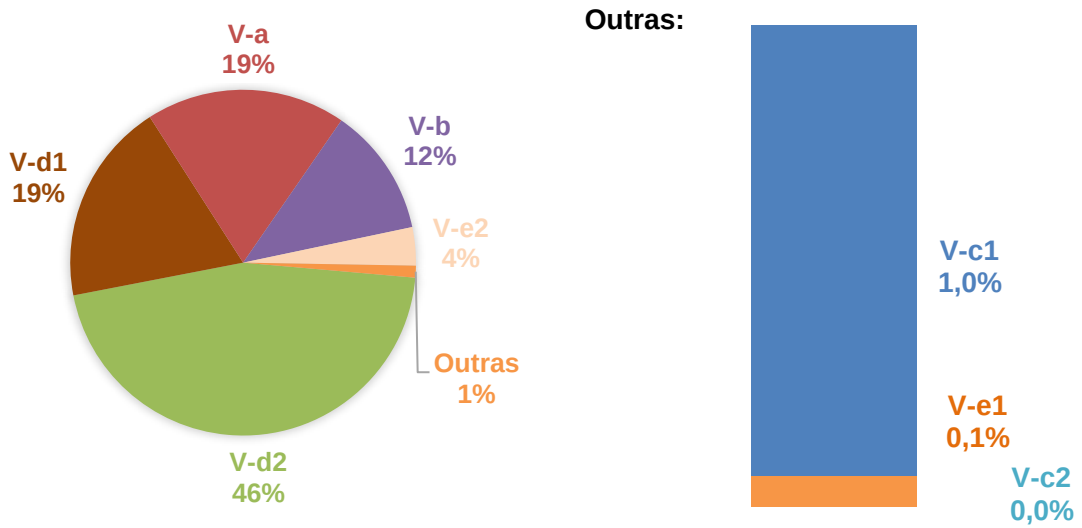
0,1%. Na UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) não há registros no cadastro de usuários para este setor.

QUADRO 4.4 – DEMANDAS HÍDRICAS POTENCIAIS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO DA POPULAÇÃO INTERNA À RH-V, POR UHP

UHP		Demanda potencial (L/s) - Abastecimento público		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	548,3	3,0	551,3
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	356,0	0,0	356,0
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	29,6	1,1	30,7
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0,0	0,0	0,0
V-d1	Rio Macacu	559,3	0,0	559,3
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	1.338,3	5,5	1.343,8
V-e1	Lagoas de Niterói	0,0	2,1	2,1
V-e2	Lagoa de Maricá	100,0	5,5	105,5
TOTAL RH-V		**2.931,5**	**17,3**	**2.948,8**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

FIGURA 4.4 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA ABASTECIMENTO URBANO POR UHP NA RH-V

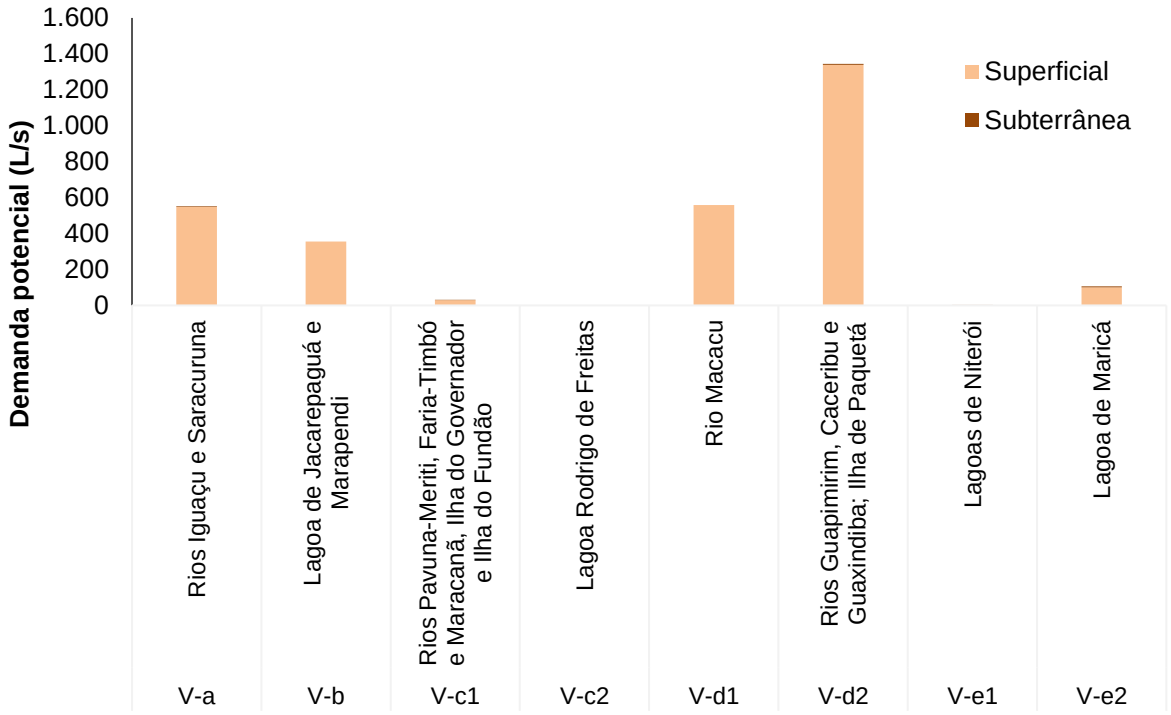


Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

A Figura 4.5 apresenta os volumes do cadastro de usuários de recursos hídricos para captação superficial e subterrânea, em cada UHP. Observa-se que a maioria das captações é realizada em mananciais superficiais (mais de 99% do total), em todas as UHPs.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.5 – DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO URBANO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

As UHPs com baixas demandas potenciais são majoritariamente abastecidas por sistemas integrados, cujas captações ocorrem em pontos fora da unidade e, logo, não estão contabilizadas nas demandas potenciais. Enquanto isso, na UHP V-d2, que apresenta a maior demanda potencial, ocorrem captações para três sistemas isolados e para o sistema integrado Imunana/Laranjal, o qual é responsável pelo abastecimento de parte de três outras UHPs.

Ressalta-se que cerca de 93% do volume de captação potencial, para este setor, provém de usuários cuja situação encontra-se “em análise”, acarretando possíveis incertezas sobre esta estimativa.

c. Comparação entre demanda estimada e demanda potencial para abastecimento urbano

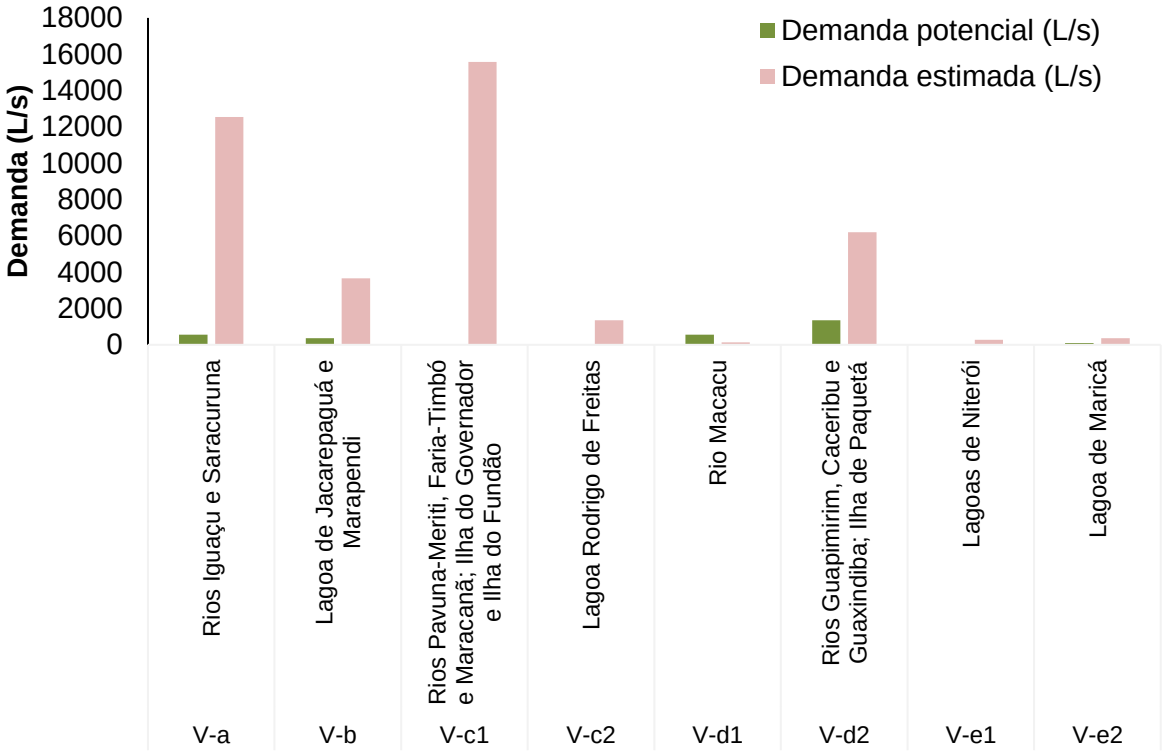
Para o abastecimento urbano, enquanto a demanda potencial é de 2.950 L/s, a demanda estimada resultou em cerca de 40.100 L/s, indicando que somente cerca de 7,3% da população urbana, da RH-V, é abastecida por mananciais localizados na bacia. O restante da população é abastecido, principalmente, pelo Sistema Integrado

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Guandu, cujo manancial de captação (rio Guandu) situa-se na bacia hidrográfica do rio Guandu (RH-II).

A Figura 4.6 apresenta a comparação entre os valores obtidos, para a demanda estimada e potencial, para o setor de abastecimento público nas UHPs da RH-V. À exceção da UHP V-d1, as demandas estimadas são significativamente superiores às demandas potenciais em todas as UHPs.

FIGURA 4.6 – COMPARAÇÃO ENTRE A DEMANDA HÍDRICA ESTIMADA E POTENCIAL PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019) e ANA (2019a).

A disparidade das demandas potenciais e estimadas entre as UHPs é justificada pela dinâmica dos sistemas de abastecimento presentes na bacia. Para os principais sistemas de abastecimento de água da RH-V, o Quadro 4.5 apresenta a UHP de localização e as UHPs atendidas pelo sistema, percebendo-se a existência de transferência de águas entre as regiões.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.5 – PRINCIPAIS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DA RH-V, SUA LOCALIZAÇÃO E UHPS ATENDIDAS

Sistemas de abastecimento de água	UHP de localização do ponto de captação	UHPs abastecidas
Integrado Guandu	Fora da RH-V	V-a, V-b, V-c1, V-c2
Integrado Imunana/Laranjal	V-d2	V-d1, V-d2, V-e1, V-e2
Acari	V-a	V-a, V-c1
Isolado Macacu	V-d1	V-d1
Isolado Guapimirim	V-d2	V-d1 e Vd-2
Isolado Rio Bonito	V-d2 e fora da RH-V	V-d2
Isolado Tanguá	V-d2	V-d2
Isolado Maricá	V-e2	V-e2
Isolado Rio Paraíso	V-d1	V-a e V-d1

Fonte: ANA (2019b).

A população na UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna) é abastecida, em sua maioria, pela água proveniente do Sistema Guandu, cujas captações não são realizadas na RH-V. Há registros para a empresa Águas do Imperador S/A, com pequenas vazões, e outros mais expressivas, em análise, para sistemas de abastecimentos dos municípios de Duque de Caxias e Magé, todas da CEDAE.

Todos os municípios da UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) são abastecidos pelo Sistema Guandu, segundo dados de ANA (2019b). Entretanto, no CNARH constam usuários em análise para captação subterrânea, e um usuário superficial, também em análise, destinada à CEDAE, para abastecimento do município do Rio de Janeiro.

As UHPs V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) e V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) abrangem somente o município do RJ, o qual é majoritariamente abastecido pelo Sistema Guandu. Na UHP V-b há registros da CEDAE em análise para sistemas de abastecimento do município do Rio de Janeiro, enquanto na V-c2 não há registros de captação para abastecimento público.

A UHP V-d1 (Rio Macacu) é a única na qual a demanda potencial é superior a estimada. Nesta unidade está localizado o município de Cachoeiras de Macacu, que é abastecido por sistemas isolados, cujas captações ocorrem na própria UHP. Além da existência de transferências de águas, na qual as captações realizadas nesta unidade são consumidas em outras unidades, salienta-se que a vazão registrada no cadastro de usuários pode estar relacionada à vazão de projeto, estimada à longo prazo (demanda potencial), e não a efetivamente captada no presente. Além disso, os

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

registros deste setor estão em situação de análise, o que apresenta incertezas quanto a sua efetivação. As porções dos municípios de Itaboraí e Guapimirim, nesta UHP, são abastecidas por captações realizadas na UHP V-d2.

Grande parte da população na UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) é abastecida pelo sistema Integrado Imunana/Laranjal, cuja captação é realizada no Rio Macacu, na própria UHP. Essa captação abastece municípios em quatro outras UHPs, resultando em uma demanda potencial considerável. Além disso, há municípios abastecidos por sistemas isolados, cujas captações são na própria UHP.

A UHP V-e1 (Lagoas de Niterói) abrange somente uma porção do município de Niterói, o qual é abastecido por águas do sistema Imunana/Laranjal. No CNARH, há a indicação de um usuário de captação subterrânea, da empresa privada Águas de Niterói, constando que o empreendimento de referência é o tamponamento de um poço. A UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) engloba a outra porção de Niterói e o município de Maricá, o qual é abastecido por sistema isolado cuja captação acontece na própria bacia e também pelo sistema Imunama/Laranjal.

Segundo o Plano estratégico de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim – RH-II (PERH Guandu, 2017), estima-se que cerca de 80% da água captada para o abastecimento público da RH-II é transferida para a RH-V. Estima-se, portanto, que cerca de 43 m³/s são distribuídos para a população de Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro e São João do Meriti, sendo que, aproximadamente, 31 m³/s, deste total, são distribuídos somente para a população do Rio de Janeiro, residente fora dos limites da RH-II (PERH Guandu, 2017).

As vazões totais transferidas da ETA Guandu, na RH-II, para a RH-V, estimadas no PERH Guandu, foram alocadas em cada uma das UHPs onde são consumidas, considerando como fator de desagregação as informações da população por setor censitário do IBGE (2010). O objetivo desta análise é verificar a compatibilidade das vazões do cadastro de usuários com as vazões estimadas de consumo.

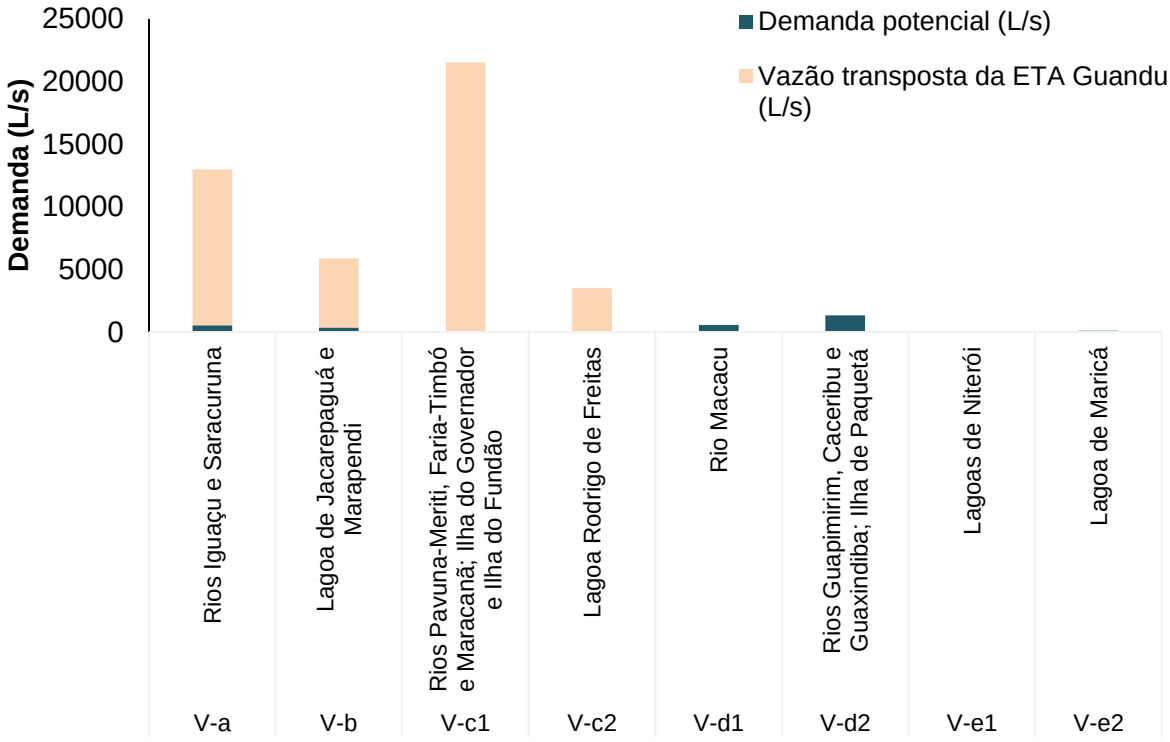
Desta maneira, dos quase 31 m³/s transferidos para o município do Rio de Janeiro, estima-se que: 5% é destinado à V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna); 18% é

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

destinado à V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), 70% é destinado à V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão); e 7% é destinado à V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas). Em relação aos 12 m³/s restantes, estima-se que 89% é destinado à V-a e 11% é destinado à V-c2.

A Figura 4.7 apresenta a demanda potencial (cadastro de usuários) e a vazão transposta da RH-II para cada UHP. Verifica-se a grande dependência das UHPs V-a, V-b, V-c1 e V-c2, que abrangem a região metropolitana do Rio de Janeiro, no abastecimento proveniente do Sistema Integrado do rio Guandu.

FIGURA 4.7 – DEMANDA POTENCIAL E VAZÃO TRANSPOSTA DA RH-II PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DA RH-V

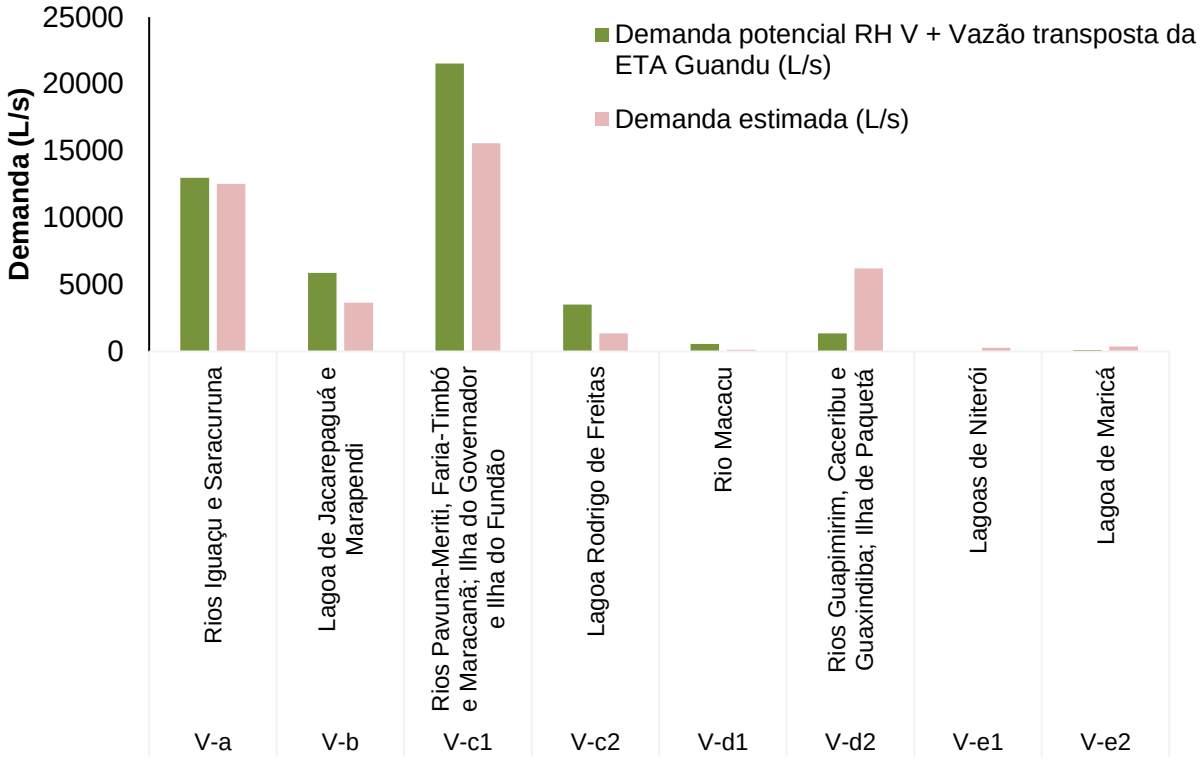


Fonte: Adaptado de PERH Guandu (2017); ANA (2019a).

A Figura 4.8 apresenta a comparação entre a demanda hídrica estimada e potencial, esta última considerando além do cadastro de usuários nas próprias UHPs, a vazão transposta da ETA Guandu para o abastecimento público da população da RH-V.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.8 – COMPARAÇÃO ENTRE A DEMANDA HÍDRICA ESTIMADA E A POTENCIAL CONSIDERANDO A VAZÃO TRANSPOSTA DO RIO GUANDU PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de PERH Guandu (2017); ANA (2019a); CNARH (2019).

Para a maioria das UHPs (V-a, V-b, V-c1, V-c2 e V-d1) a demanda potencial é superior à demanda estimada. Uma vez que a demanda potencial considera as vazões do cadastro de usuários, este resultado era esperado. Isto porque, especialmente para o abastecimento público, estas vazões costumam ser vazões projetadas a longo prazo, dada a necessidade de planejamento deste setor. Assim, dificilmente as vazões registradas são efetivamente captadas. Além disso, estes valores são os máximos legais para captação pelas concessionárias, logicamente não considerando os índices de perdas inerentes às redes de distribuição.

Para as UHPs V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá), V-e1 (Lagoas de Niterói) e V-e2 (Lagoa de Maricá) a demanda estimada é superior à demanda potencial. Além das transferências de águas que ocorrem entre as UHPs, estes resultados podem estar relacionados às possíveis superestimativas de demanda fornecidas pelo método de indireto, conforme abordado anteriormente.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Embora a análise realizada tenha tratado somente das vazões transpostas da ETA Guandu para a RH-V, o município de Petrópolis, com cerca de 15% da sua população urbana na bacia (UHP V-a), e o município de Rio Bonito, com aproximadamente 87% da população urbana na bacia (UHP Vd-2), também são abastecido por sistemas isolados, cujas captações estão localizadas em pontos fora da bacia. Especificamente para o município de Rio Bonito, o maior ponto de captação (100 L/s) localiza-se no rio Bacaxá, localizado fora da bacia. Isso justifica, também, a diferença entre as demandas potenciais e estimadas na UHP V-d2, cujo município está parcialmente inserido.

Para o balanço hídrico quantitativo serão elaborados dois cenários de demandas para o abastecimento humano. Em um destes cenários será considerada a demanda potencial, que é aquela que as autarquias de saneamento têm concessão para captar, e o outro cenário irá considerar a demanda total estimada para a população da RH-V. Este último cenário tem o objetivo de demonstrar, hipoteticamente, o déficit hídrico potencial caso o abastecimento público, da RH-V, dependesse apenas de mananciais contidos na bacia.

4.1.3 Consumo humano

O CNARH apresenta como finalidade de uso o consumo humano, para a qual também foi estimada a demanda potencial. No geral, enquadram-se nesta finalidade de uso aqueles estabelecimentos que, por algum motivo, não são abastecidos por rede de distribuição de água, tais como: aeroportos, pousadas, banheiros públicos, bares/restaurantes, canteiros de obras, condomínios/loteamentos/pequenos núcleos populacionais, escolas, estabelecimentos comerciais, unidades residenciais não atendidas por rede de água, dentre outros (ANA, 2019c).

O Quadro 4.6 apresenta as demandas hídricas potenciais para o consumo humano na RH-V, por UHP. Percebe-se que há captações para essa finalidade em regiões atendidas pela rede pública de distribuição de água. Esses registros devem obedecer aos critérios estabelecidos no Decreto Estadual nº 40.156/2006. Destaca-se o item IV do Art. 11º, apresentado abaixo:

> Art. 11 - A eficácia das outorgas para abastecimento residencial e comercial em áreas que contem com serviço de abastecimento público, ficará condicionada ao atendimento das seguintes exigências:
>
> (...)

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

> IV - proibição de utilização da água provida pelo sistema alternativo para consumo e higiene humana;
>
> (...)

A finalidade Consumo humano é bastante abrangente, visto a definição apresentada acima, de forma que não é possível estabelecer o nível de contato humano com a água.

A demanda potencial total é de aproximadamente 1.200 L/s, sendo que as captações na UHP Vd-2, que engloba os rios Guapimirim, Caceribu, Guaxindiba e a Ilha de Paquetá, são responsáveis por cerca de 66% deste total (~790 L/s). A Figura 4.9 apresenta os registros do cadastro de usuários espacializados, contabilizando um total de 864, das quais 251 encontram-se em situação de análise.

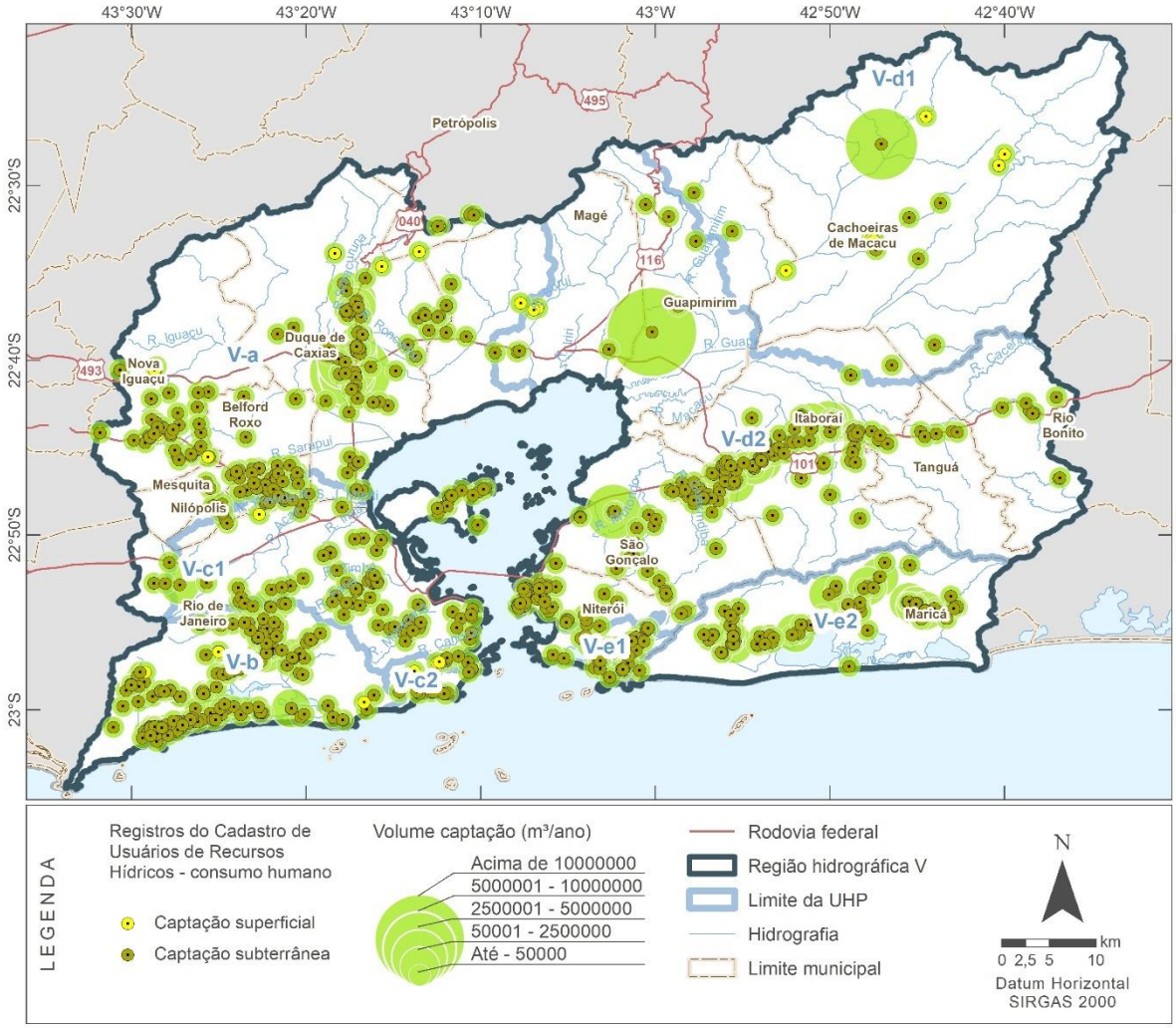
QUADRO 4.6 – DEMANDAS HÍDRICAS POTENCIAIS PARA O CONSUMO HUMANO POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda potencial (L/s) - Consumo humano		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	3,2	227,5	230,7
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0,8	47,5	48,3
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	0,1	23,7	23,8
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0,1	1,3	1,4
V-d1	Rio Macacu	5,6	25,3	30,9
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	0,0	793,2	793,2
V-e1	Lagoas de Niterói	0,0	3,7	3,7
V-e2	Lagoa de Maricá	0,0	66,4	66,4
TOTAL RH-V		**9,9**	**1.188,5**	**1.198,4**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.9 – REGISTROS DO CADASTRO DE USUÁRIOS DE CAPTAÇÃO PARA CONSUMO HUMANO NA RH-V

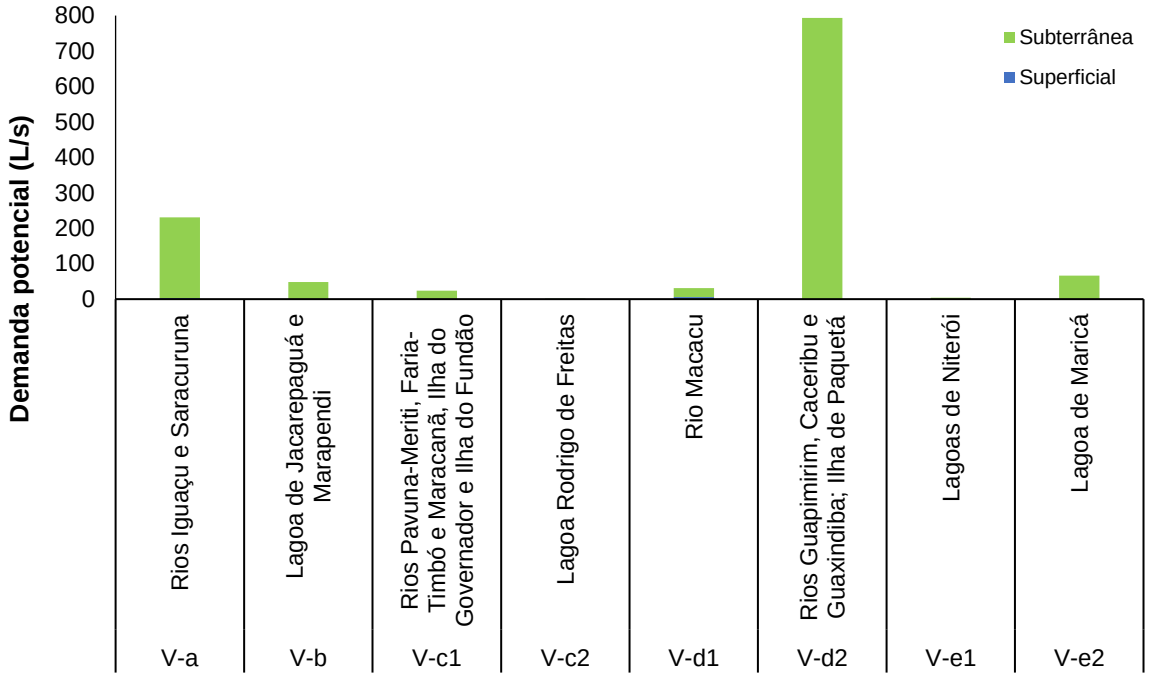


Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A proporção entre as captações superficiais e subterrâneas, para o consumo humano, por UHP está apresentada na Figura 4.10, sendo possível observar que a maior parte das captações (>99%) é realizada a partir de fontes subterrâneas.

FIGURA 4.10 – DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO HUMANO POR UHP NA RH-V

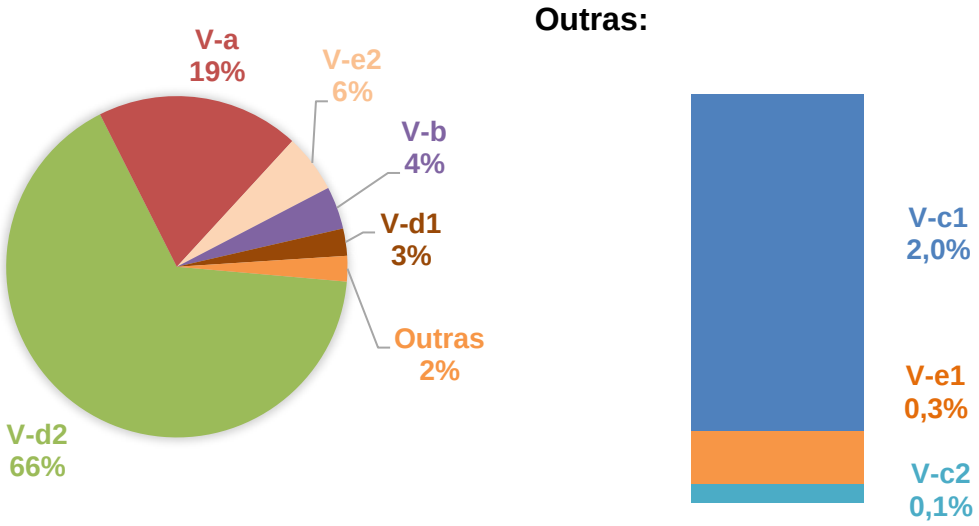


Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Na Figura 4.11 estão apresentados os percentis da demanda por UHP. A UHP dos rios Guapimirim, Caceribu, Guaxindiba e Ilha de Paquetá (V-d2) e a UHP dos rios Iguaçu e Saracuruna (V-a), são responsáveis por mais de 85% da demanda deste setor.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.11 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA CONSUMO HUMANO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

4.1.4 Irrigação

O Quadro 4.7 apresenta as demandas hídricas potenciais para a irrigação, em cada UHP. A demanda potencial foi obtida a partir da análise do cadastro de usuários, conforme descrito no item 4.1.1.2 Demanda potencial – Cadastro de usuários.

QUADRO 4.7 – DEMANDAS HÍDRICAS POTENCIAIS PARA A IRRIGAÇÃO POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda potencial (L/s) - Irrigação		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	0,0	3,4	3,4
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0,5	3,6	4,1
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	0,0	8,4	8,4
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0,0	0,0	0
V-d1	Rio Macacu	10,6	0,0	10,6
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	0,0	0,0	0,03
V-e1	Lagoas de Niterói	0,0	0,1	0,09
V-e2	Lagoa de Maricá	0,0	0,0	0
TOTAL RH-V		**11,1**	**15,5**	**26,6**

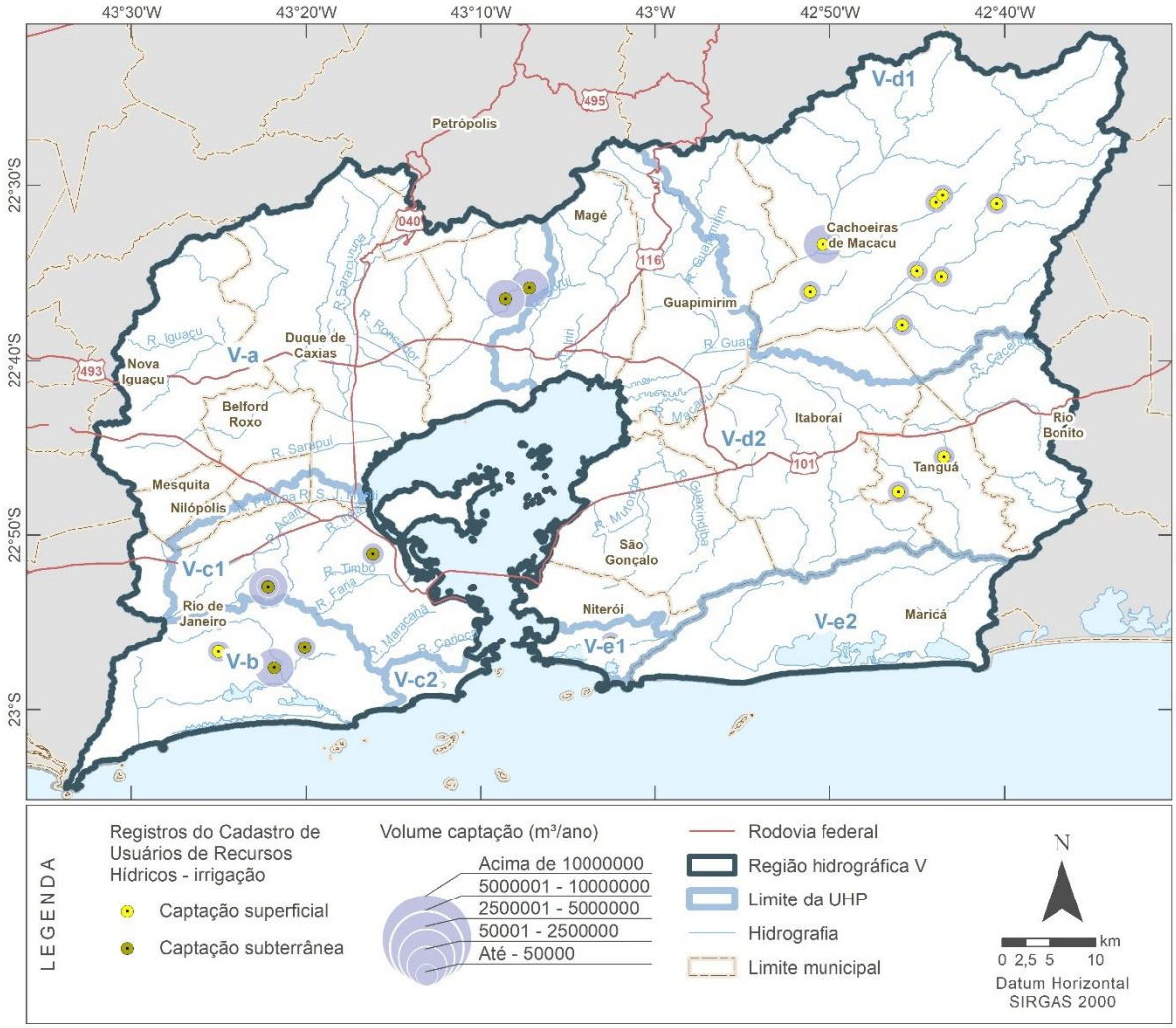
Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

A demanda potencial total na RH-V é da ordem de 27 L/s, sendo atendida em ordem decrescente de necessidade, principalmente, as UHPs V-d1 (Rio Macacu), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Fundão), V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) e V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna). Os registros apontados no quadro anterior correspondem a um total de 24, sendo 19 em situação de análise, com a localização apresentada na Figura 4.12.

FIGURA 4.12 – REGISTROS DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA IRRIGAÇÃO NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

O Quadro 4.8 apresenta as demandas estimadas pelo método indireto para a irrigação na RH-V.

Conforme apresentado no item 4.1.1.1 Demandas estimadas – “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil”, os dados de demanda para agricultura irrigada por munícipio foram retirados do estudo realizado pela ANA.

Os dados apresentados na publicação da ANA foram calculados com base em dados das culturas e sistemas de irrigação do Censo Agropecuário do IBGE de 2006,

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

bem como de dados climatológicos do INMET e dados de precipitação do Banco de Dados de Informações Hidrológicas – Hidro da ANA (ANA, 2019a).

QUADRO 4.8 – DEMANDAS HÍDRICAS ESTIMADAS PARA A IRRIGAÇÃO POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda estimada (L/s) – Irrigação
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	6,8
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão	1,4
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0
V-d1	Rio Macacu	43,5
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	10,6
V-e1	Lagoas de Niterói	0
V-e2	Lagoa de Maricá	1
TOTAL RH-V		**63,3**

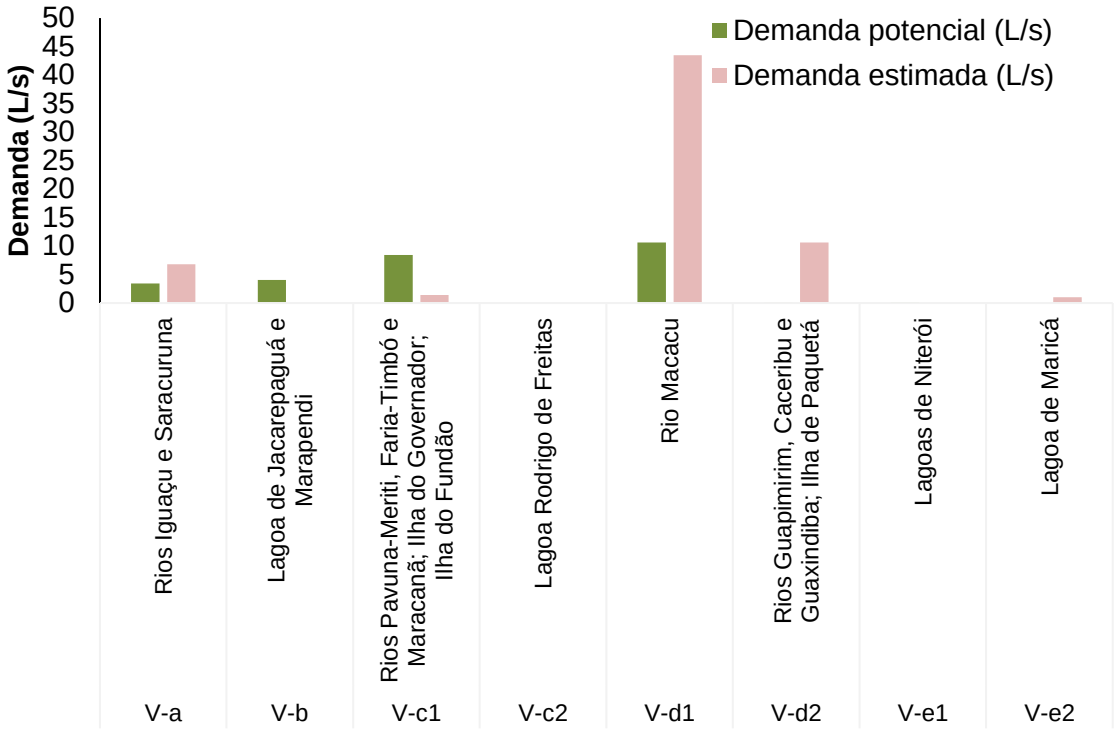
Fonte: Adaptado de ANA (2019a).

A demanda estimada total para irrigação é da ordem de 65 L/s, correspondendo a mais do dobro das demandas potenciais. A UHP V-d1 (Rio Macacu) é responsável por quase 70% dessa demanda (~44 L/s), o que é justificado devido a predominância de área de uso do solo para agricultura da bacia (FONTE: INEA, 2015). Em seguida, a UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) apresenta as maiores demandas estimadas, sendo responsável por aproximadamente 17 % do total (~11 L/s).

A Figura 4.13 apresenta a comparação entre as demandas potenciais e estimadas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.13 – COMPARAÇÃO ENTRE A DEMANDA HÍDRICA ESTIMADA E POTENCIAL PARA IRRIGAÇÃO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de ANA (2019a) e CNARH (2019).

Considerando toda a RH-V, as demandas estimadas são superiores às demandas potenciais. Este resultado é esperado posto que, no meio rural, grande parte dos usuários não realiza o cadastro de suas captações. Entretanto, especificamente para as UHPs V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) e V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão), a demanda potencial é superior a estimada.

Na V-c1, verificou-se que há um usuário, cuja situação está em análise, responsável por cerca de 99% da demanda total potencial. Na V-b verificou-se que dos quatro registros, somente um está outorgado e o restante em análise, indicando possíveis incertezas quanto as demandas potenciais nestas UHPs. Além disso, dentre os municípios contidos integral ou parcialmente nas UHPs V-b e V-c1, o Rio de Janeiro é o que possui a maior demanda estimada para irrigação, com cerca de 200 L/s (ANA, 2019a). Entretanto, menos de 1% da sua área, com uso do solo para agricultura, está contido na RH-V, justificando os baixos valores de demanda estimada.

Considerando que muitos usuários do meio rural não realizam a regularização, referente aos usos da água, comprometendo a representação real do cadastro de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

usuários com relação as demandas hídricas para este setor, adotou-se, para o balanço hídrico quantitativo, as demandas estimadas para a irrigação.

4.1.5 Dessedentação animal

O Quadro 4.9 e o Quadro 4.10 apresentam as demandas hídricas potenciais e estimadas, respectivamente, para a dessedentação animal em cada UHP.

Conforme apresentado no item 4.1.1.1 Demandas estimadas – “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil”, a metodologia para obtenção dos dados é descrita em ANA (2019a). Foi utilizada a contagem de rebanhos da Pesquisa da Pecuária Municipal do IBGE, de 2017, como variável explicativa, para a estimativa da demanda hídrica do setor animal, com base na metodologia BEDA. O presente estudo utilizou os valores projetados para o ano de 2019. Segundo ANA (2019a), a demanda foi projetada considerando as taxas médias de crescimento dos rebanhos, analisadas em consulta a série histórica de 2000 a 2014 da Pesquisa da Pecuária Municipal do IBGE.

QUADRO 4.9 – DEMANDAS HÍDRICAS POTENCIAIS PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda potencial (L/s) - Criação animal		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	0	0	0
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0	0	0
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	0	0	0
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0	0	0
V-d1	Rio Macacu	0,2	0,3	0,5
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	0	42,9	42,9
V-e1	Lagoas de Niterói	0	0,03	0
V-e2	Lagoa de Maricá	0	0	0
TOTAL RH-V		**0,2**	**43,2**	**43,4**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.10 – DEMANDAS HÍDRICAS ESTIMADAS PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda estimada (L/s) – Dessedentação animal
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	11,6
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	1
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão	1,6
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0
V-d1	Rio Macacu	25,9
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	43,3
V-e1	Lagoas de Niterói	0
V-e2	Lagoa de Maricá	5
TOTAL RH-V		**87,9**

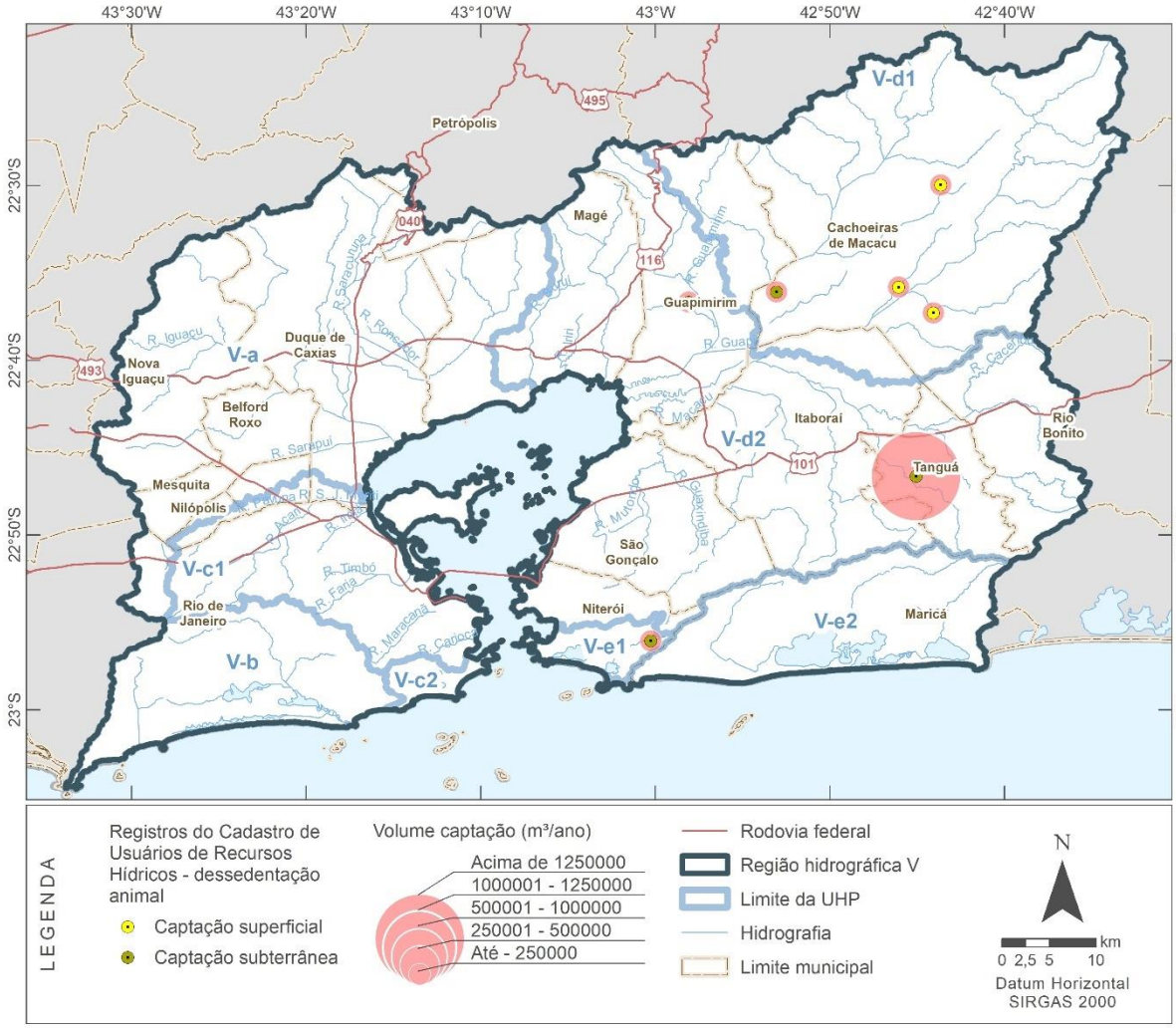
Fonte: Adaptado de ANA (2019a).

A demanda potencial total na RH-V é da ordem de 45 L/s, sendo ela concentrada majoritariamente na UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba, Ilha de Paquetá). Essa concentração deve-se a um registro subterrâneo do CNARH, que representa mais de 98% da demanda potencial para este setor na bacia.

Os registros apresentados correspondem a sete e estão locadas na Figura 4.14. Destaca-se que todos os registros possuem situação cadastral “em análise”.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.14 – REGISTROS DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA DESSEDENTACAÇÃO ANIMAL NA RH-V



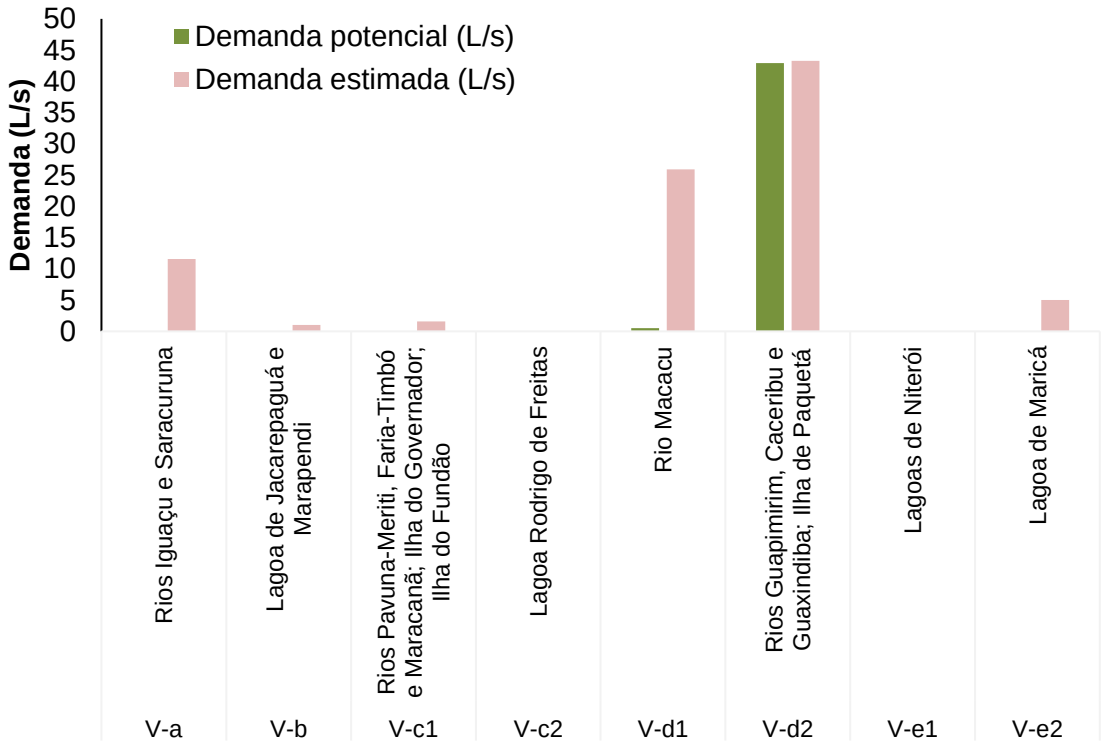
Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A demanda estimada para este setor, na RH-V, é de quase 90 L/s, sendo praticamente o dobro das demandas potenciais. As UHP V-d1 (Rio Macacu) e V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba, Ilha de Paquetá) são as regiões com maior demanda estimada, concentrando cerca de 30% (~26 L/s) e 50% (~45 L/s) da demanda estimada total, respectivamente, o que é justificado devido a predominância de área de uso do solo para Campo/Pastagem da bacia (INEA, 2015).

A Figura 4.15 apresenta uma comparação entre as demandas potenciais e estimadas para este setor.

FIGURA 4.15 – COMPARAÇÃO ENTRE A DEMANDA HÍDRICA ESTIMADA E POTENCIAL PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019) e ANA (2019a).

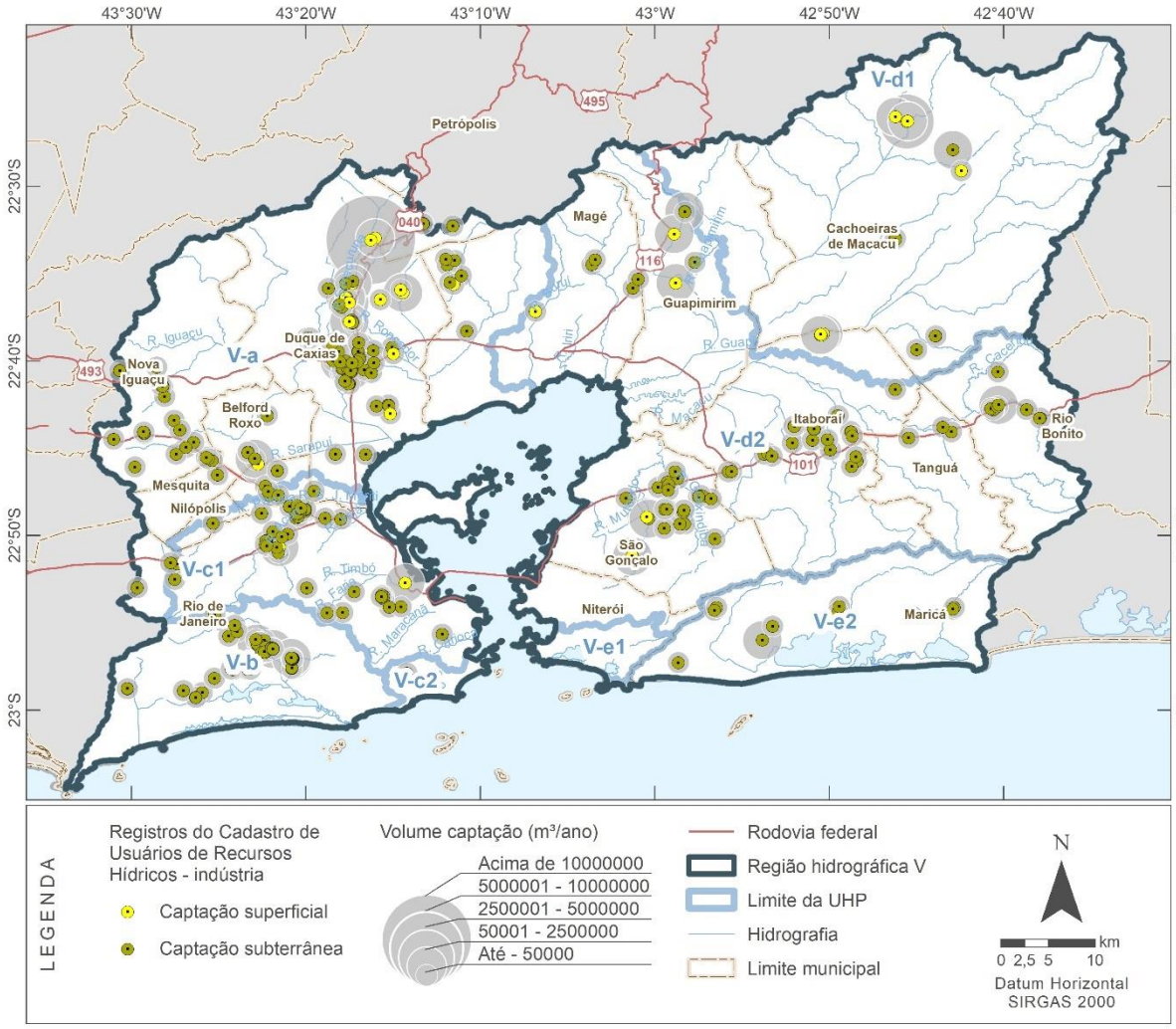
Considerando a RH-V, de forma integral, as demandas estimadas são superiores às demandas potenciais. Este resultado é esperado posto que, no meio rural, grande parte dos usuários não realiza o cadastro de suas captações. Além disso, o fato de todos os registros encontrarem-se em análise reforça a incerteza da estimativa das demandas potenciais para este setor. Devido à estas divergências, para o balanço hídrico foram consideradas as demandas estimadas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.1.6 Indústria

O cadastro de usuários da RH-V, para o setor industrial, apresenta um total de 368 registros, sendo que destes, 130 estão em situação de análise. Do total de registros de captação de água, 31 são de fontes superficiais e 337 de fontes subterrâneas. Estes pontos estão apresentados espacialmente na Figura 4.16.

FIGURA 4.16 – REGISTRO DE CAPTAÇÃO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA A INDÚTRIA NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O Quadro 4.11 e a Figura 4.17 apresentam as demandas potenciais do setor industrial, por UHP. A demanda potencial total na RH-V é de aproximadamente 1.120 L/s, sendo cerca de 870 L/s (~78%) proveniente de fontes superficiais e 250 L/s (22%) de fontes subterrâneas. Convém relembrar que a demanda potencial foi obtida a partir da análise do cadastro de usuários, conforme descrito no item 4.1.1.2. DEMANDA POTENCIAL – Cadastro de Usuários.

A UHP que apresenta maior demanda é a V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), responsável por 60% do total, seguido da UHP V-d1 (Rio Macacu), com cerca de 15%, V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão), responsável por 10%; V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) responsável por 9% e V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) com 6%. As UHPs V-e2 e V-c2 são responsáveis, em conjunto, por menos de 1% destas captações. Na UHP V-e1 (Lagoas de Niterói) não há registro de usuários para o setor industrial.

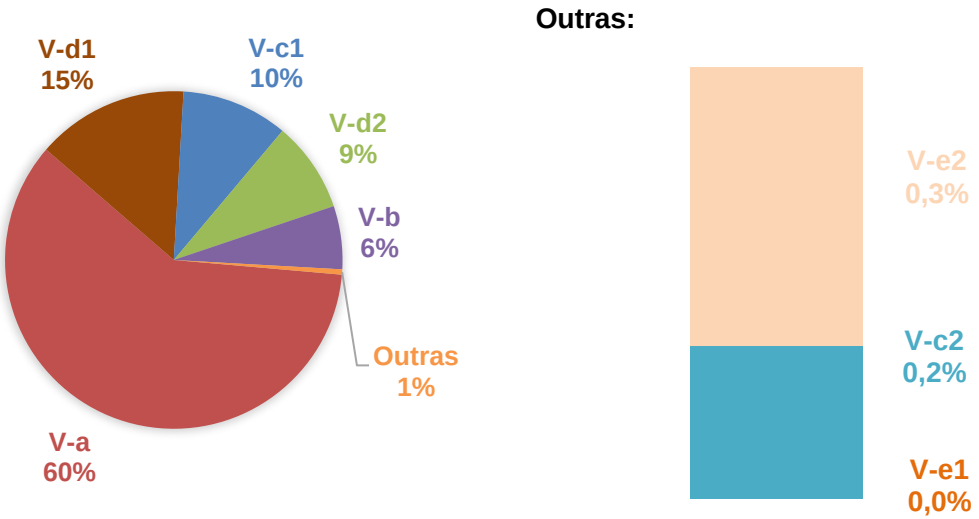
QUADRO 4.11 – DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA A INDÚSTRIA POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda potencial (L/s) - Indústria		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	562,5	105,5	668
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0,0	67,4	67,4
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	86,1	27,6	113,7
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	2,0	0,0	2,0
V-d1	Rio Macacu	150,8	11,6	162,3
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	66,4	30,5	96,9
V-e1	Lagoas de Niterói	0,0	0,0	0
V-e2	Lagoa de Maricá	0,0	3,6	3,6
TOTAL RH-V		**867,8**	**246,2**	**1.114**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

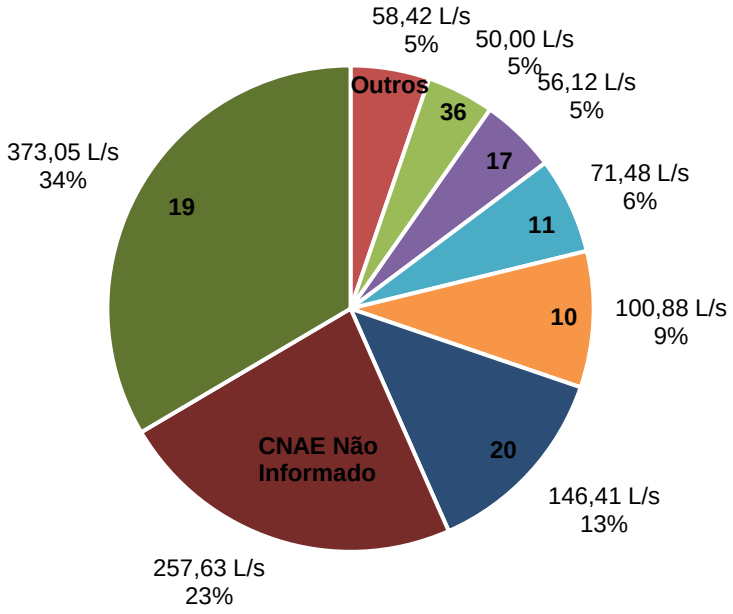
FIGURA 4.17 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA INDÚSTRIA POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Com o objetivo de identificar as principais tipologias industriais no cadastro de usuários da RH-V, a Figura 4.18 apresenta a vazão demandada para captação, para cada divisão CNAE 2.0 (Classificação Nacional de Atividades Econômicas). O Quadro 4.12 apresenta a relação da vazão demandada para cada tipologia industrial em relação ao total demandado em cada UHP, conforme consta na base do CNARH.

FIGURA 4.18 – VAZÕES CAPTADAS PARA INDÚSTRIA POR DIVISÃO CNAE NA RH-V



Nota:
CNAE 10 – Fabricação de Produtos Alimentícios; CNAE 11 – Fabricação de Bebidas; CNAE 17 – Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel; CNAE 19 – Fabricação de Coque, de Produtos Derivados do Petróleo e de Biocombustíveis; CNAE 20 – Fabricação de Produtos Químicos; CNAE 36 – Captação, Tratamento e Distribuição de Água.

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.12 – PORCENTAGEM DA VAZÃO CAPTADA PELA INDÚSTRIA PARA CADA DIVISÃO CNAE EM RELAÇÃO AO TOTAL POR UHP

Divisão CNAE	Percentual da vazão por UHP							
	V-a	V-b	V-c1	V-c2	V-d1	V-d2	V-e1	V-e2
2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%
10	8,9%	50,5%	0,2%	0,0%	0,8%	5,1%	0,0%	16,7%
11	7,7%	20,9%	1,3%	0,0%	1,1%	2,4%	0,0%	0,1%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%
17	0,1%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	56,5%	0,0%	0,0%
19	55,8%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	5,4%	16,6%	80,9%	0,0%	0,0%	7,4%	0,0%	0,0%
21	0,0%	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
22	1,4%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%
23	0,2%	1,1%	0,0%	0,0%	0,4%	3,1%	0,0%	50,0%
24	0,2%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
25	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%
26	0,0%	0,5%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
27	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
28	0,3%	0,0%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
32	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%
33	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%
36	7,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
38	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
43	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
58	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
96	0,0%	0,0%	0,0%	69,4%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%
Não Informado	11,8%	3,4%	7,5%	30,6%	97,7%	8,0%	0,0%	32,3%

Nota: CNAE 02 – Produção Florestal; CNAE 10 – Fabricação de Produtos Alimentícios; CNAE 11 – Fabricação de Bebidas; CNAE 14 – Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios; CNAE 17 – Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel; CNAE 19 – Fabricação de Coque, de Produtos Derivados do Petróleo e de Biocombustíveis; CNAE 20 – Fabricação de Produtos Químicos; CNAE 21 – Fabricação de Produtos Farmoquímicos e Farmacêuticos; CNAE 22 – Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico; CNAE 23 – Fabricação de Produtos de Minerais Não-Metálicos; CNAE 24 – Metalurgia; CNAE 25 – Fabricação de Produtos de Metal, Exceto Máquinas e Equipamentos; CNAE 26 – Fabricação de Equipamento de Informática, Produtos Eletrônicos e Ópticos; CNAE 27 – Fabricação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos; CNAE 28 – Fabricação de Máquinas e Equipamentos; CNAE 32 – Fabricação de Produtos Diversos; CNAE 33 – Manutenção, Reparação e Instalação de Máquinas e Equipamentos; CNAE 36 – Captação, Tratamento e Distribuição de Água; CNAE 38 – Coleta, Tratamento e Disposição de Resíduos, Recuperação de Materiais; CNAE 43 – Serviços Especializados para Construção; CNAE 58 – Edição e Edição Integrada à Impressão; CNAE 96 – Outras Atividades de Serviços Pessoais.

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

As três principais tipologias industriais na bacia são as correspondentes ao CNAE 19 (Indústrias de Fabricação de Coque, de Produtos Derivados do Petróleo e de Biocombustíveis), CNAE 20 (Fabricação de Produtos Químicos) e CNAE 10 (Fabricação de Produtos Alimentícios), responsáveis, respectivamente, por cerca de 34%, 13% e 9% do total na bacia.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Na UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), que apresenta a maior demanda hídrica potencial industrial na bacia, destaca-se a divisão 19 do CNAE 2.0 (fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis). Nesta UHP há um usuário que representa cerca de 34% de toda a demanda potencial industrial da RH-V (Petrobrás) e o ponto de captação é na barragem Saracuruna, no município de Duque de Caxias.

Na UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), a principal atividade industrial é a fabricação de produtos alimentícios (CNAE 10), a qual representa mais da metade da demanda hídrica.

Na UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão), as indústrias do setor de fabricação de produtos químicos (CNAE 20) representam mais de 80% da demanda, de forma que a o registro da GPC Química S/A representa cerca de 60% da demanda na região.

Na UHP V-d1 (Rio Macacu), os principais registros não possuem o código CNAE informado, sendo as empresas AMBEV S/A, Petrobrás S/A e Mineradora Costa d'Água S/A.

Na UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) o setor de fabricação de celulose, papel e produtos de papel (CNAE 17) destaca-se ao representar cerca de quase 60% da demanda na região.

As regiões das UHPs V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), V-e1 (Lagoas de Niterói) e V-e2 (Lagoa de Maricá) apresentam baixa concentração de indústrias, com apenas 11 usuários de captação, com baixa representatividade no total captado na bacia.

Salienta-se que foram consideradas somente as indústrias que captam água bruta para os seus processos produtivos, ou seja, as indústrias que consomem água tratada da rede pública de abastecimento não foram abrangidas neste item. Assim, embora não seja possível identificá-las, considera-se que a sua demanda hídrica está contabilizada juntamente com a demanda potencial do setor de abastecimento público.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.1.7 Termelétrica

O setor de termoelétricas não apresenta registros no cadastro de usuários de captação de água na RH-V. Para averiguar esta informação, foram consultadas as demandas, deste setor, estimadas pelo método indireto.

A metodologia para estimativa indireta das demandas por termelétricas consistiu na aplicação de coeficientes técnicos, agrupados em categorias associadas com a tecnologia de conversão do calor em energia elétrica e o sistema de resfriamento de cada usina, às séries de geração (energia efetivamente gerada) ou, na ausência dessa informação, ao potencial de geração.

Através do método indireto, somente os municípios do Rio de Janeiro, Itaboraí e Duque de Caxias apresentam valores não nulos para termelétricas. As demandas do Rio de Janeiro, possivelmente, são devido às UTEs Santa Cruz e ThyssenKrupp – Companhia Siderúrgica do Atlântico, localizadas na RH-II (PIRH-Guandu). Em Itaboraí não foi identificada nenhuma termelétrica e, logo, a demanda estimada possivelmente está relacionada ao potencial energético.

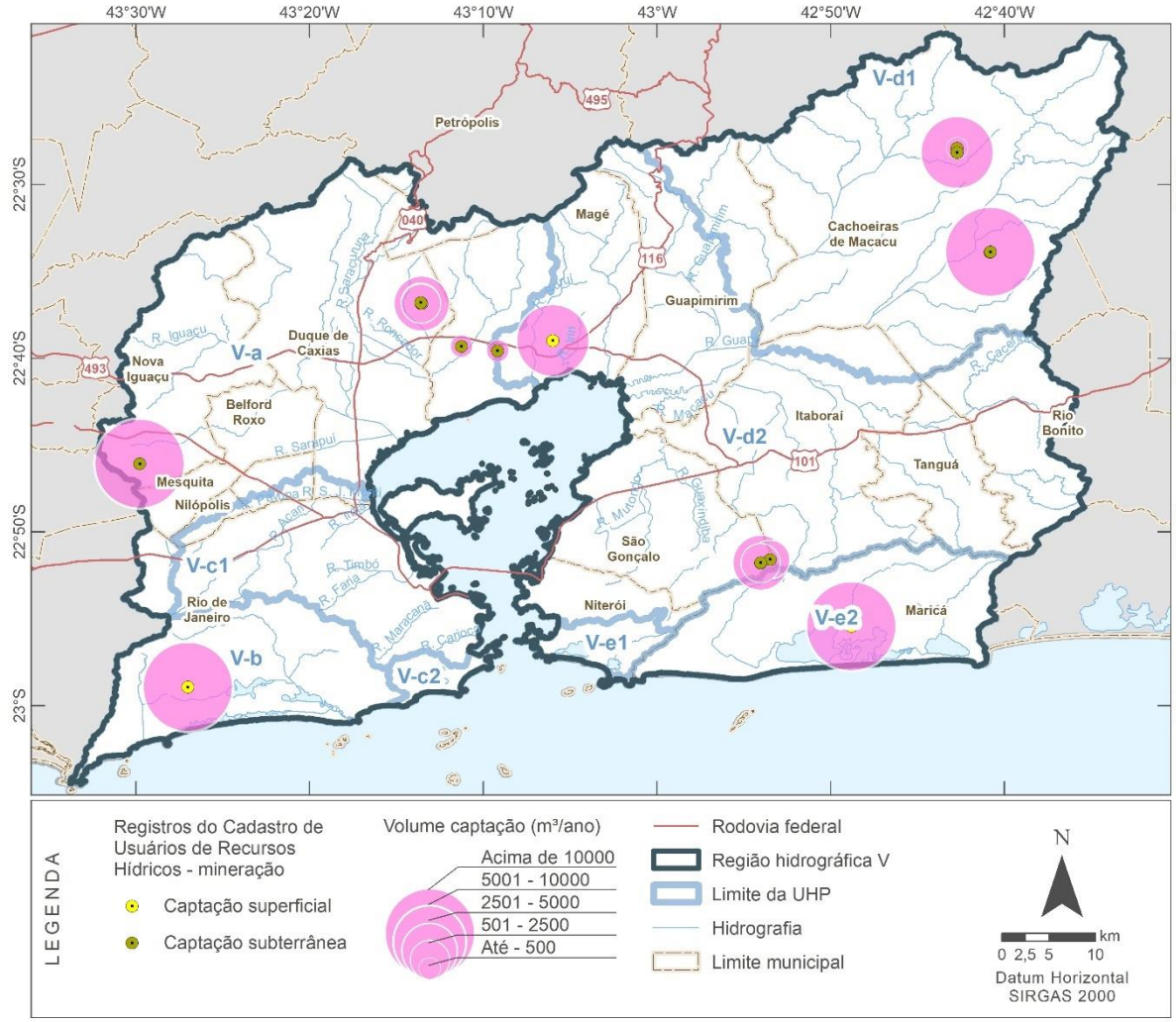
A demanda estimada, pelo método indireto, para Duque de Caxias está relacionada à UTE Governador Leonel Brizola, localizada na UHP V-a (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi). Assim, uma vez que não há registro de usuários para este empreendimento, a demanda estimada pelo método indireto para termoelétricas do município de Duque de Caxias foi alocada integralmente na UHP V-a. Portanto, estima-se que a demanda total para termelétricas, na RH-V, é da ordem de 110 L/s.

4.1.8 Mineração

O cadastro de usuários da RH-V para o setor de mineração apresenta um total de 16 registros de captação de água (6 em situação de análise), sendo 3 de fontes superficiais e 13 de fontes subterrâneas. Estes pontos estão apresentados espacialmente na Figura 4.19.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.19 – REGISTRO DE CAPTAÇÃO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA MINERAÇÃO E OUTROS PROCESSOS EXTRATIVOS NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

O Quadro 4.13 e a Figura 4.20 apresentam as demandas potenciais do setor de mineração por UHP. A demanda potencial total na RH-V é de mais de 3 L/s, sendo cerca de 1,0 L/s (30%) proveniente de fontes superficiais e mais de 2 L/s (70%) de fontes subterrâneas. Embora ocorra na bacia uma diversidade de minerais de interesse econômico, a expansão desta atividade é limitada pela ocupação urbana e pelas Unidades de conservação e, assim, as demandas são pouco significativas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

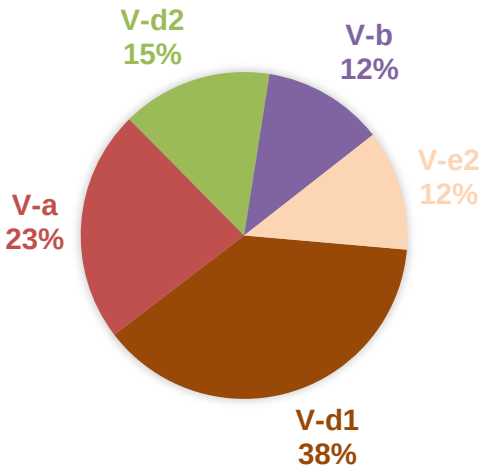
QUADRO 4.13 – DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA MINERAÇÃO POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda potencial (L/s) - Mineração		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	0,0	0,8	0,8
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0,4	0,0	0,4
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	0,0	0,0	0,0
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0,0	0,0	0,0
V-d1	Rio Macacu	0,0	1,3	1,3
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	0,2	0,3	0,5
V-e1	Lagoas de Niterói	0,0	0,0	0,0
V-e2	Lagoa de Maricá	0,4	0,0	0,4
TOTAL RH-V		**1,0**	**2,3**	**3,3**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Cerca de 38% da demanda potencial para a mineração e outros processos extrativos é captada na UHP V-d1 (Rio Macacu), 23% na UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), 15% na Vd-2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) e 12% nas UHPs V-b e V-e2 (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi e Lagoa de Maricá, respectivamente).

FIGURA 4.20 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA MINERAÇÃO POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A empresa Água Mineral Vitória Top Ltda EPP, no município de Cachoeiras de Macacu, apresenta a maior vazão, com cerca de 0,7 L/s, seguido da Empresa Santo Antônio de Mineração Ltda, localizada no município de Nova Iguaçu, com cerca de 0,5 L/s, sendo ambas as captações provenientes de fontes subterrâneas.

4.1.9 Aquicultura em tanque de rede

Para a aquicultura foi analisada somente a demanda potencial, ou seja, aquela obtida através dos cadastros de usuários. Há somente 3 registros para esta finalidade de uso na RH-V, sendo dois localizados na UHP V-a e um na V-d1. Além de todos os registros apresentarem-se em situação de análise, um deles é responsável por praticamente todo o valor estimado para a demanda potencial (>99%), o que desperta incertezas quanto aos valores apresentados no cadastro. Devido às incertezas, estes dados não foram utilizados no balanço hídrico.

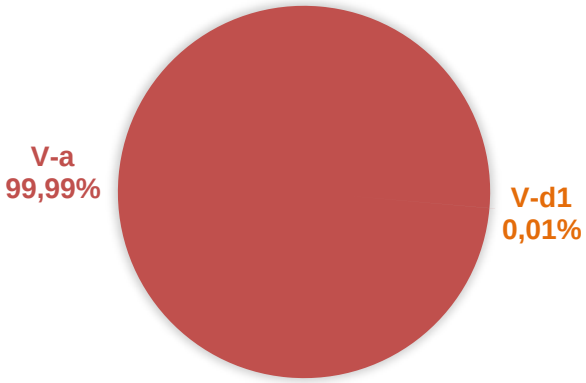
QUADRO 4.14 – DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA AQUICULTURA EM TANQUE DE REDE POR UHP NA RH-V

UHP		Demanda potencial (L/s) - Aquicultura em tanque de rede		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	0,4	817,4	817,7
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0,0	0,0	0
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	0,0	0,0	0
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0,0	0,0	0
V-d1	Rio Macacu	0,1	0,0	0,06
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	0,0	0,0	0
V-e1	Lagoas de Niterói	0,0	0,0	0
V-e2	Lagoa de Maricá	0,0	0,0	0
TOTAL RH-V		**0,4**	**817,4**	**817,8**

Fonte: Adaptado de CNARH (2020).

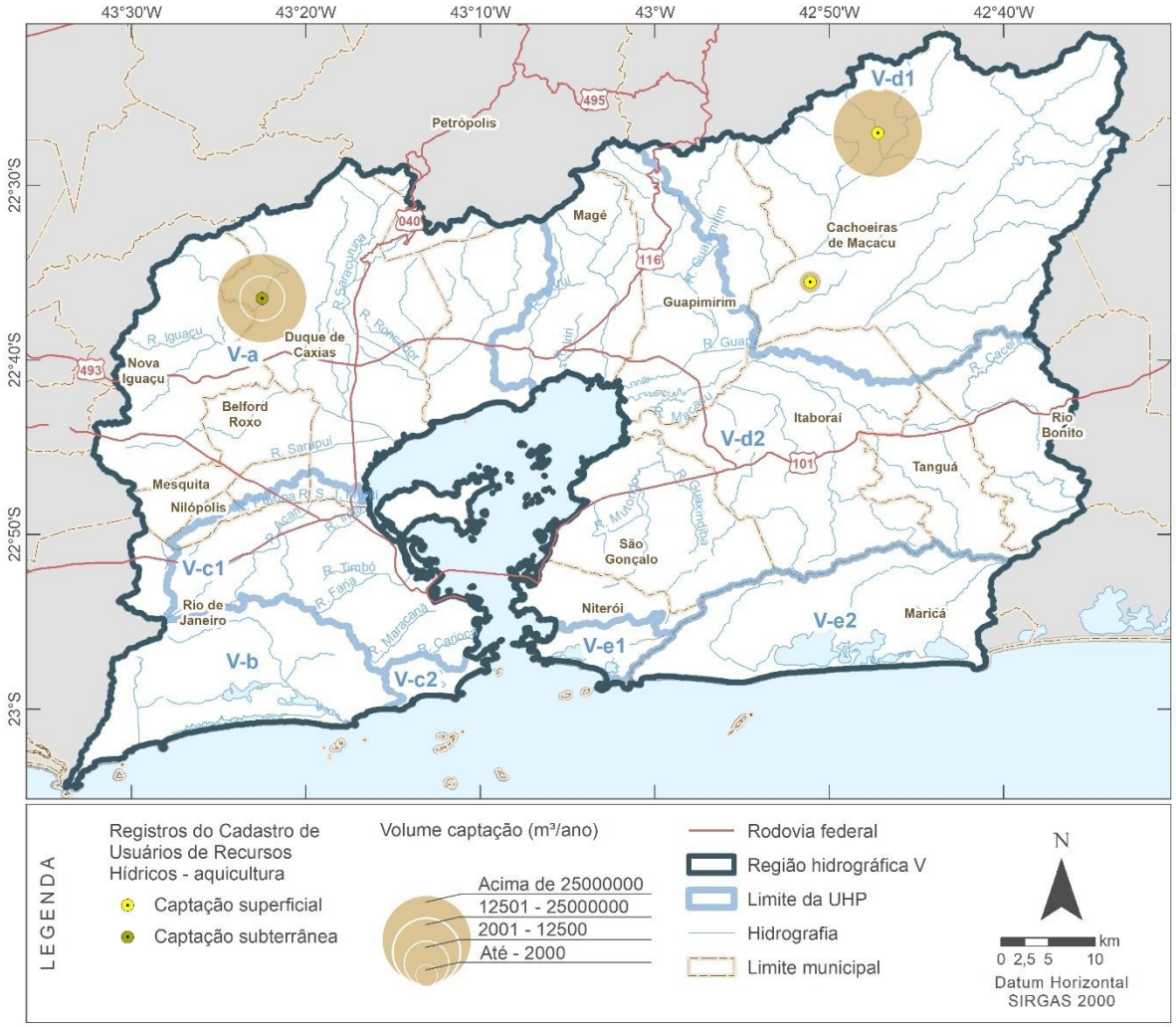
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.21 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA AQUICULTURA EM TANQUE DE REDE POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

FIGURA 4.22 - REGISTRO DE CAPTAÇÃO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA AQUICULTURA NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.1.10 Outros usos

No CNARH há um total de 1.162 registros denominadas como “outras”, cuja finalidade não se enquadra nas demais pré-estabelecidas. Destes registros, 1.098 são provenientes de fontes subterrâneas e 64 de fontes superficiais. Do total, 577 apresentam-se em situação de análise. Estes pontos de captação, espacializados, estão apresentados na Figura 4.25.

Os usos enquadrados como “outros” totalizam em uma demanda potencial de quase 4.200 L/s, sendo cerca de 70% superficial e 30% subterrâneo. O Quadro 4.15 e a Figura 4.23 apresentam estes resultados, por UHP.

QUADRO 4.15 – DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA OUTROS USOS POR UHP NA RH-V

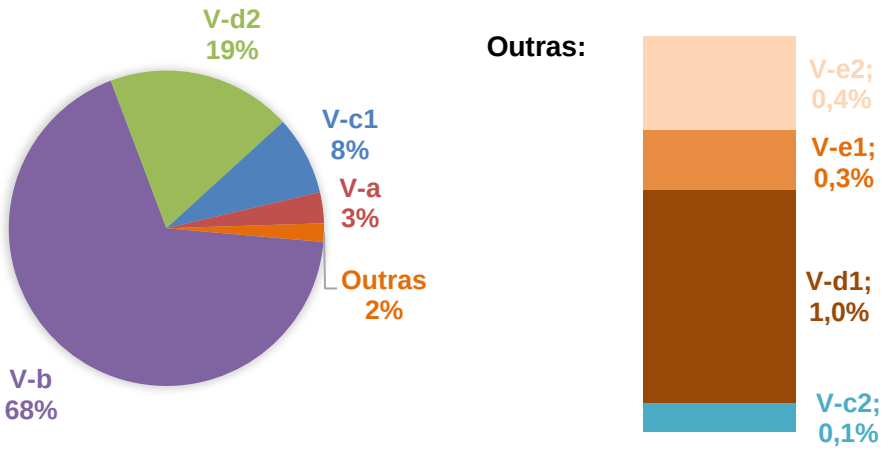
UHP		Demanda potencial (L/s) - outros usos		
		Superficial	Subterrânea	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	30,3	102,8	133,1
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	2.603,7	244,6	2.848,3
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	0,6	339,4	339,9
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	4,4	1,6	6,0
V-d1	Rio Macacu	30,8	11,8	42,6
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	267,4	528,9	796,4
V-e1	Lagoas de Niterói	3,2	8,8	12,0
V-e2	Lagoa de Maricá	0,0	18,7	18,7
TOTAL RH-V		**2.940,4**	**1.256,6**	**4.197,0**

Fonte: Adaptado de CNARH (2020).

A maioria das demandas são captadas na UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), responsável por cerca de 70% (~2850 L/s), seguido da UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá), responsável por quase 20% (~800 L/s).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.23 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL PARA OUTROS USOS POR UHP NA RH-V

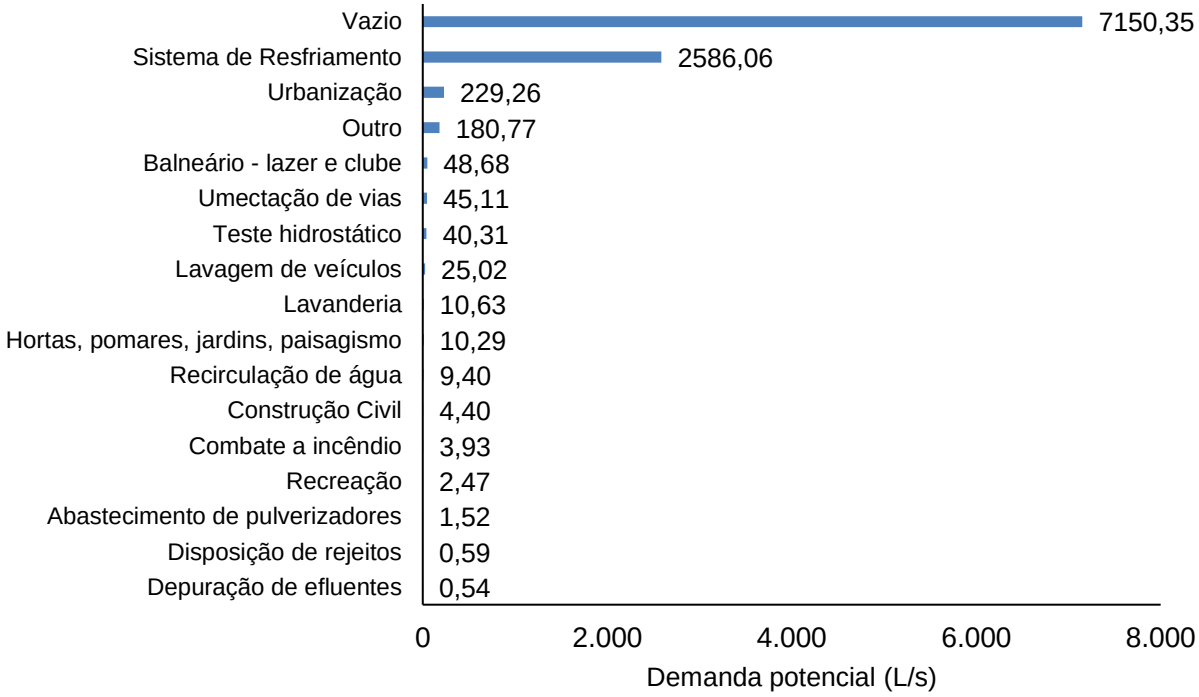


Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

A Figura 4.24 apresenta a demanda potencial, por descrição de uso, conforme o CNARH.

A maioria das captações, cuja atividade está descrita, é destinada aos Sistemas de Resfriamento (~2.600 L/s, ~25%). As demais atividades são responsáveis por percentuais bastante inferiores, como a urbanização (~230 L/s, ~2,2%), balneários de lazer (~50 L/s, ~0,5%), dentre outros.

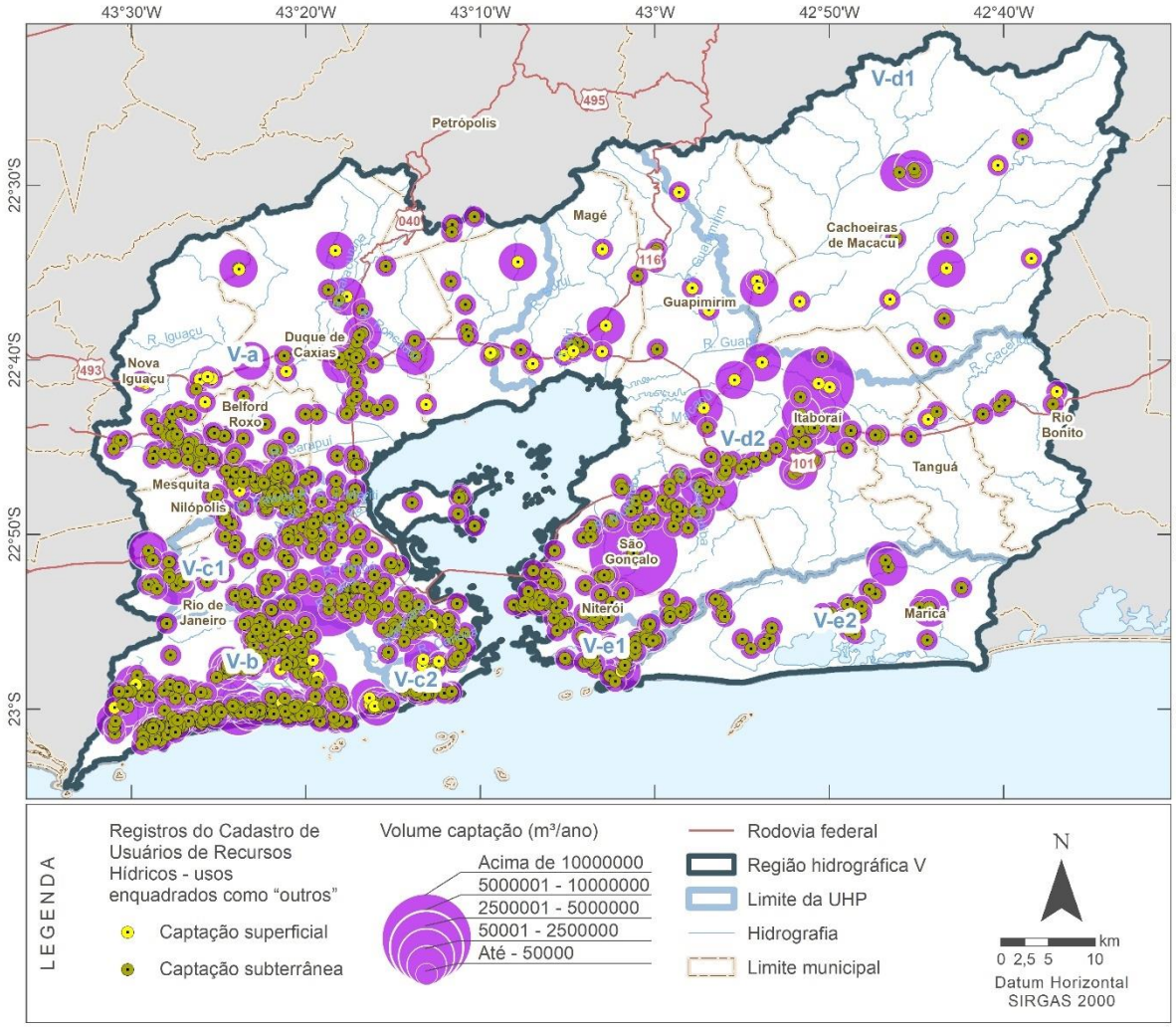
FIGURA 4.24 – DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA POTENCIAL POR DESCRIÇÃO DE USO PARA A FINALIDADE ENQUADRADA COMO "OUTROS"



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.25 – REGISTRO DE CAPTAÇÃO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA OS USOS ENQUADRADOS COMO "OUTROS" NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

4.1.11 Evaporação líquida de reservatórios

Com base no *shapefile* de massas de água, disponibilizado nos metadados da ANA, há somente um espelho de água artificial contido na RH-V. Este espelho de água é formado pela Barragem de Saracuruna, localizada no município de Duque de Caxias, na UHP V-a.

O espelho de água da Barragem de Saracuruna (código de identificação 3623) possui uma área superficial de quase 440.000 m² (~0,44 km²). Estima-se que a evaporação líquida média, nesta superfície alagada, ao longo do ano de 2017 foi da ordem de 5,90 L/s, ou seja, quase 510 m³/dia.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.1.12 Usos da água nos aglomerados subnormais

Segundo IBGE (2009), o Manual de Delimitação dos Setores do Censo 2010 classifica como aglomerado subnormal:

> "cada conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais carentes, em sua maioria, de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa."

Essa identificação atende aos seguintes critérios:

a) Ocupação ilegal da terra, ou seja, construção em terrenos de propriedade alheia (pública ou particular) agora ou em período recente (obtenção do título de propriedade do terreno há dez anos ou menos); e

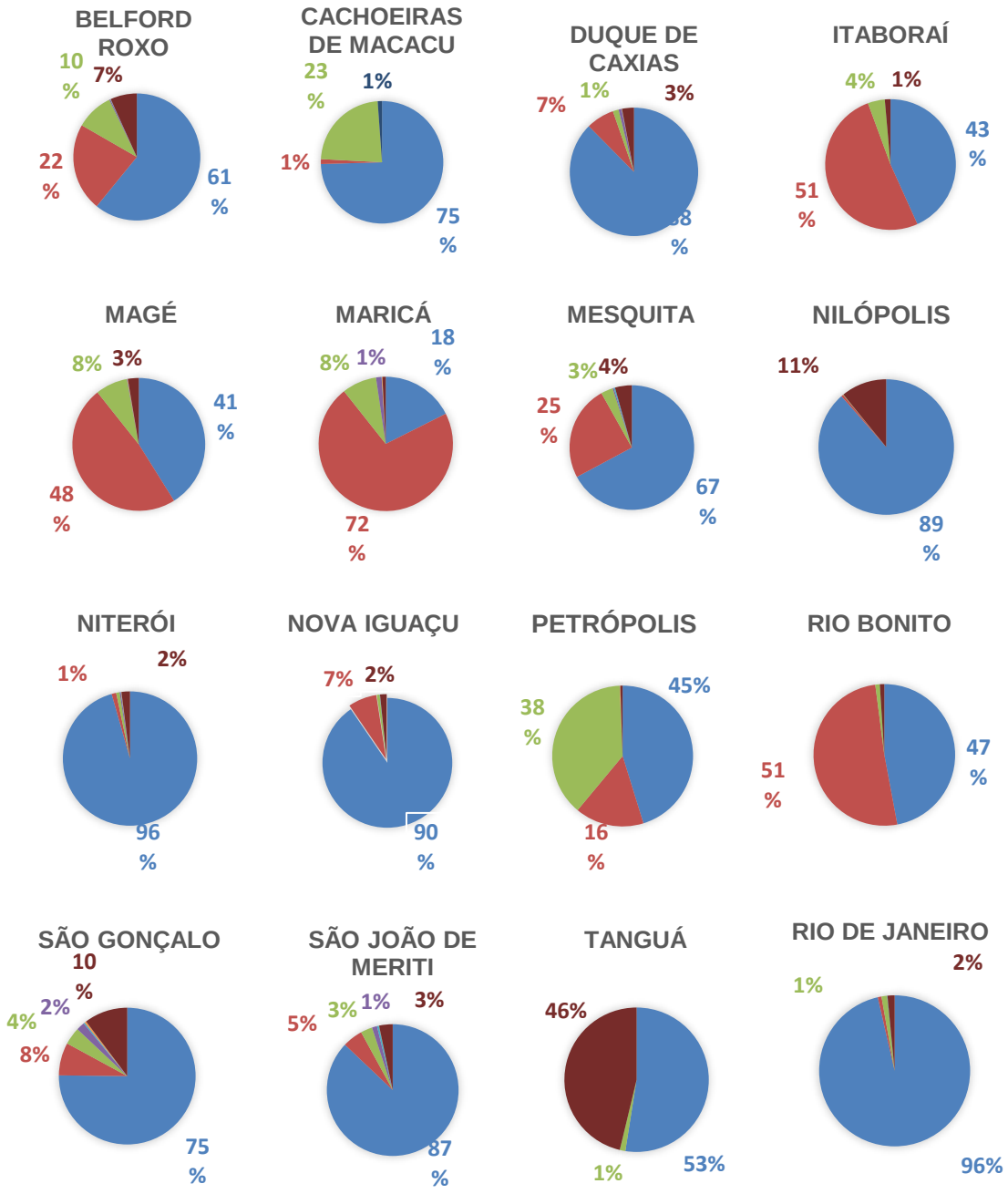
b) Possuírem urbanização fora dos padrões vigentes (refletido por vias de circulação estreitas e de alinhamento irregular, lotes de tamanhos e formas desiguais e construções não regularizadas por órgãos públicos) ou precariedade na oferta de serviços públicos essenciais (abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e fornecimento de energia elétrica).

A Tabela 3382 SIDRA/IBGE apresenta o número de domicílios particulares permanentes, em Aglomerados Subnormais, atendidos por diferentes formas de abastecimento de água. Dos 17 municípios da RH-V, apenas Guapimirim não se encontra listado nesta tabela, visto que o Censo Demográfico 2010 não identificou aglomerados subnormais neste município.

A Figura 4.26 apresenta as formas de abastecimento preponderantes dos domicílios em aglomerados subnormais nos municípios da bacia.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.26 – FORMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA OS AGLOMERADOS SUBNORMAIS NOS MUNICÍPIOS DA RH-V



Nota: As formas de abastecimento que representam menos de 1% dos domicílios em cada município foram omitidas para facilitar a visualização das formas preponderantes.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Observa-se que a forma preponderante, na maioria dos municípios, é o abastecimento através da rede geral de distribuição, seguida da captação em poços ou nascentes.

Posto que para a estimativa do coeficiente de consumo, per capita, do método indireto, descrito anteriormente, são consideradas as informações disponibilizadas no SNIS, abastecido por informações das autarquias encarregadas da gestão da rede pública de distribuição de água, pode ser inferido que as características do abastecimento de água nos aglomerados subnormais estão parcialmente abrangidas na estimativa realizada.

Entretanto, apesar dos dados do Censo 2010 indicarem que a maioria dos domicílios, em aglomerados subnormais, são abastecidos pela rede geral de distribuição, em situações de crise, sejam elas hídricas, econômicas ou até mesmo de saúde pública, o acesso à água pelas comunidades torna-se destaque nos noticiários.

Em 2015, em meio a grave escassez hídrica no sudeste brasileiro, discutia-se o rodízio no fornecimento de água como forma de racionamento. Porém, mesmo em situações normais, segundo matéria do *website RioOnWatch*[14] em 2015:

> Nas favelas, muitas vezes, a água é fornecida por alguns dias da semana e não outros, seja isso em favelas grandes e centrais, como já ocorre há muitos anos em Roupa Suja, na Rocinha na Zona Sul, ou seja em pequenas comunidades como a Vila Paciência na Zona Oeste, onde o aparente racionamento teve início com a seca deste verão.

Mais recentemente, em meio à pandemia do vírus COVID-19, a necessidade de higienização regular urge como principal forma de combate à disseminação da doença. Entretanto, segundo noticiário do UOL[15], em 2020, a dificuldade de acesso a água potável deixa os moradores de favela "para trás" na corrida contra o vírus.

Há dificuldades em compreender-se como ocorre o acesso à água, nos aglomerados subnormais, e o real consumo quantitativo de água, nessas

[14]https://rioonwatch.org.br/?p=13760
[15]https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2020/03/17/somos-excluidos-prevencao-ao-corona-esquece-favelas-sem-saneamento.htm?utm_source=facebook&utm_medium=social-media&utm_campaign=uol&utm_content=geral

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

comunidades. Foram encontrados poucos estudos abordando o assunto ou realizando estimativas indiretas desse consumo.

O estudo de Trata Brasil (2016) buscou identificar a situação da prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos assentamentos precários, dos 100 maiores municípios do país. A partir de dados coletados dos prestadores dos serviços de saneamento e de consultas à bibliografia, estimou-se residir, nas áreas irregulares, de 89 dos 100 maiores municípios do país cerca de 10.200.000 habitantes, responsáveis por um consumo total de água de cerca de 670.00.000 m³/ano, sendo que mais de 210.000.000 m³/ano são faturados (~32%) e outros, aproximadamente, 450.000.000 m³/ano não são faturados (~68%) (TRATA BRASIL, 2016).

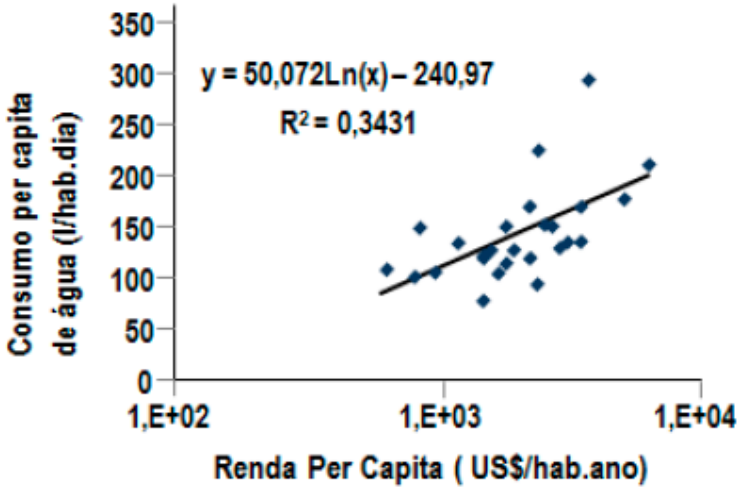
Entretanto, o estudo obteve informações de áreas irregulares em apenas 55 dos 89 maiores municípios consultados, sendo apenas três deles localizados no estado do Rio de Janeiro e somente um, localizado na RH-V, o município de Petrópolis. Portanto, os resultados do estudo podem não refletir a realidade dos aglomerados subnormais na bacia.

O estudo de Beux (2014) buscou calcular a pegada hídrica (indicador do volume de água utilizado) no bairro da Rocinha, no município do Rio de Janeiro, em função das componentes industrial, doméstico e alimentar da população do bairro. Para se estimar o consumo doméstico de água no aglomerado, a autora comparou dois métodos.

O primeiro método foi baseado no estudo desenvolvido por Von Sperling et al. (2002), o qual associou o consumo per capita de água à renda per capita da população, com base em dados do SNIS. Essa relação é demonstrada graficamente na Figura 4.27. Neste estudo, foram analisados dados de consumo de água e renda per capita de 26 estados brasileiros e 45 municípios de Minas Gerais. A equação de regressão apresentada pode ser entendida como uma média em escala nacional.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.27 – RELAÇÃO RENDA PER CAPITA X CONSUMO PER CAPITA SEGUNDO VON SPERLING (2002)



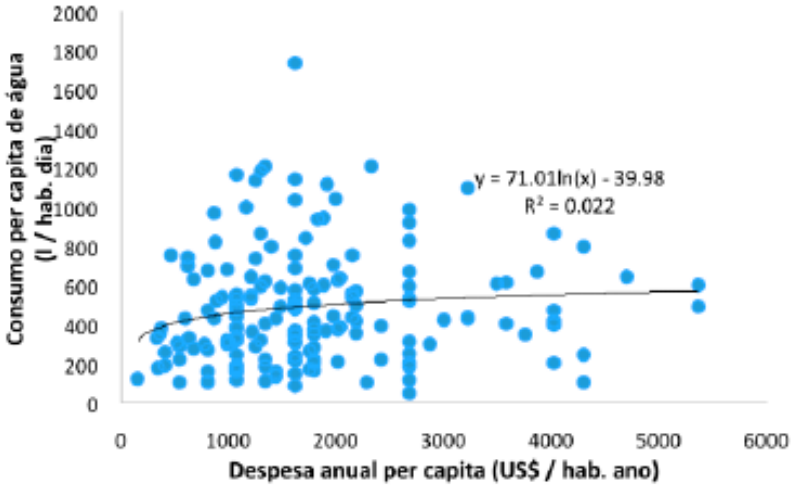
Fonte: Von Sperling *et al*. (2002) *apud* Beux (2014).

Utilizando-se de dados de renda média per capita na Rocinha, obtidos do Censo Domiciliar do Complexo da Rocinha, e com a aplicação da equação acima apresentada, foi estimado um consumo médio diário de cerca de 135 litros por habitante, nesta comunidade (BEUX, 2014).

O segundo método para a estimativa do consumo foi embasado na obtenção de dados dos moradores, através da aplicação de questionários, em uma amostra da população, no aglomerado subnormal. A variável relacionada ao consumo, nesse caso, foi a despesa anual per capita, no lugar da renda per capita utilizada no estudo de Von Sperling et al. (2002). A Figura 4.28 apresenta a equação da relação obtida. Utilizando o mesmo censo domiciliar do Complexo da Rocinha, estimou-se um consumo médio diário em cerca de 490 L/habitante.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.28 – RELAÇÃO DESPESA ANUAL PER CAPITA X CONSUMO PER CAPITA SEGUNDO BEUX (2014)



Fonte: BEUX (2014).

Cabe ressaltar que a qualidade do ajuste dos dois modelos citados é relativamente baixa (valores baixos de R^2), e, logo, há incertezas quanto a utilização da variável despesa anual per capita ou renda anual per capita, na explicação da variação do consumo de água per capita. De qualquer maneira, dada a escassez de outros modelos existentes, os estudos de Von Sperling et al. (2002) e Beux (2014) foram utilizados para estimar o consumo de água nos aglomerados subnormais dos municípios da RH-V.

Para isso, foram utilizados os dois modelos, resultantes dos estudos citados, e os dados de valor do rendimento nominal médio mensal de todos os trabalhos de pessoas de 10 anos ou mais de idade, com rendimento (R$), proveniente da Tabela 4004 do SIDRA.

O Quadro 4.16 apresenta o valor do rendimento nominal médio dos habitantes nos aglomerados subnormais, por município, segundo o Censo Demográfico 2010, e a população projetada para 2019.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.16 – POPULAÇÃO E RENDIMENTO NOMINAL MÉDIO MENSAL DOS AGLOMERADOS SUBNORMAIS NOS MUNICÍPIOS DA RH-V

Município	Valor do rendimento nominal médio mensal de todos os trabalhos das pessoas de 10 anos ou mais de idade, com rendimento (R$)	População nos aglomerados subnormais
Belford Roxo	737,39	38.632
Cachoeiras de Macacu	716,97	5.043
Duque de Caxias	748,99	65.922
Itaboraí	515,71	1.329
Magé	747,38	19.930
Marica	754,42	12.331
Mesquita	388,28	1.109
Nilópolis	687,58	3.671
Niterói	784,97	83.883
Nova Iguaçu	734,68	8.890
Petrópolis	735,36	10.464
Rio Bonito	532,88	612
Rio de Janeiro	820,41	1.300.889
São Gonçalo	764,46	13.589
São João de Meriti	802,85	48.739
Tanguá	752,27	320

Nota: Não foram identificados aglomerados subnormais no município de Guapimirim.
Fonte: IBGE (2010).

A partir dos valores médios do rendimento nominal mensal (Quadro 4.16), calculou-se o rendimento anual em reais e dólares. Para conversão das moedas utilizou-se o valor médio anual de compra, no ano de 2010, segundo dados do Banco Central do Brasil[16], com valor de R$ 1,76/1U$.

O Quadro 4.17 e a Figura 4.29 apresentam os valores do consumo per capita de água nos aglomerados subnormais de cada um dos municípios da RH-V, estimados segundo as duas equações de regressão apresentadas anteriormente.

QUADRO 4.17 – CONSUMO DE ÁGUA DIÁRIO PER CAPITA ESTIMADO NOS AGLOMERADOS SUBNORMAIS NOS MUNICÍPIOS DA RH-V

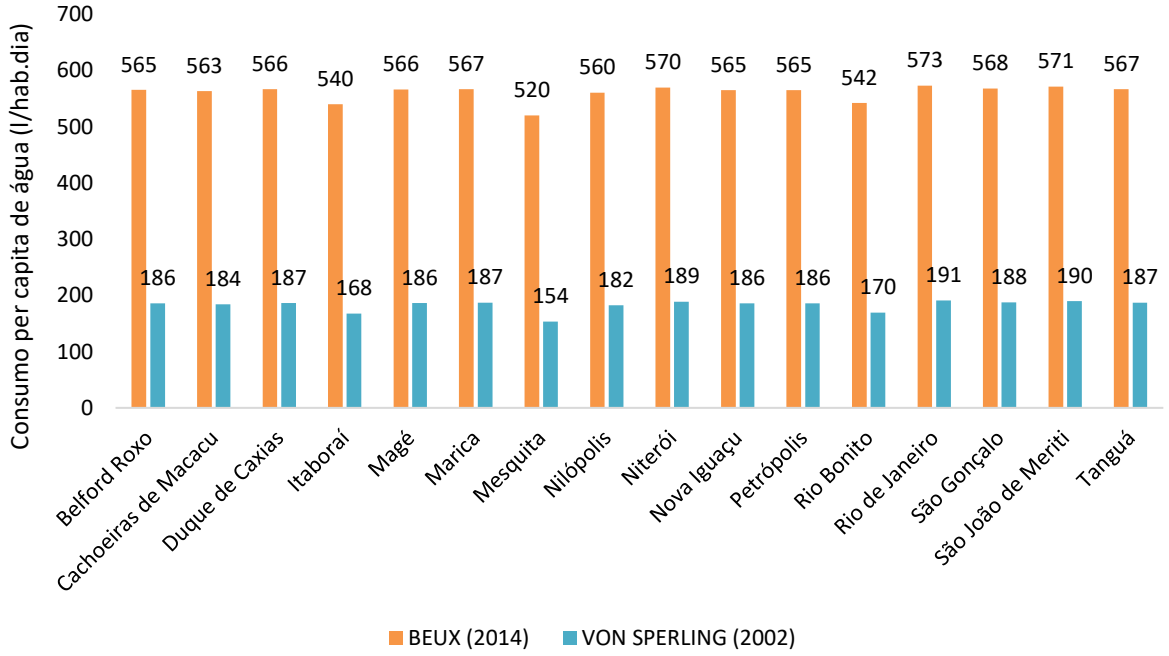
Município	Consumo per capita de água (L/hab.dia)	
	Beux (2014)	Von Sperling (2002)
Belford Roxo	565,28	185,82
Cachoeiras de Macacu	563,28	184,42
Duque de Caxias	566,39	186,60
Itaboraí	539,89	167,92
Magé	566,23	186,50
Marica	566,90	186,96
Mesquita	519,73	153,71

[16] Fonte: website do Banco Central do Brasil: https://www4.bcb.gov.br

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Município	Consumo per capita de água (L/hab.dia)	
	Beux (2014)	Von Sperling (2002)
Nilópolis	560,31	182,32
Niterói	569,72	188,95
Nova Iguaçu	565,02	185,64
Petrópolis	565,08	185,68
Rio Bonito	542,21	169,56
Rio de Janeiro	572,85	191,16
São Gonçalo	567,84	187,63
São João de Meriti	571,32	190,08
Tanguá	566,70	186,82

FIGURA 4.29 – CONSUMO DE ÁGUA DIÁRIO PER CAPITA ESTIMADO NOS AGLOMERADOS SUBNORMAIS DOS MUNICÍPIOS DA RH-V



Utilizando-se a equação de regressão de Beux (2014), o consumo diário de água per capita nos aglomerados subnormais da RH-V é de, em média, 560 L/hab. Considerando o modelo proposto por Von Sperling (2002), foi estimado um coeficiente de 182 L/hab.

O método de Beux (2014), que consistiu na aplicação de questionários para a estimativa do consumo per capita, com base em dados fornecidos pelos próprios moradores, resultou em valores muito superiores ao método indireto utilizado por Von Sperling (2002) e a outros valores de coeficientes padrões utilizados na literatura. Por exemplo, em ANA (2019a), os coeficientes de uso per capita estabelecidos variaram

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

entre 87 e 191 L/hab.dia. Assim, dentre os dois modelos avaliados verifica-se que o proposto por Von Sperling (2002) apresenta valores mais coerentes.

O Quadro 4.18 apresenta o consumo de água médio diário da população localizada nos aglomerados subnormais, considerando as estimativas populacionais projetadas para o ano de 2019 e o modelo de Von Sperling (2002).

QUADRO 4.18 – CONSUMO DE ÁGUA DIÁRIO ESTIMADO CONSIDERANDO A POPULAÇÃO DOS AGLOMERADOS SUBNORMAIS NOS MUNICÍPIOS DA RH-V

Município	Consumo médio de água (L/dia) Von Sperling (2002)
Belford Roxo	7.178.783
Cachoeiras de Macacu	930.029
Duque de Caxias	12.301.226
Itaboraí	223.117
Magé	3.716.940
Marica	2.305.570
Mesquita	170.566
Nilópolis	669.356
Niterói	15.850.048
Nova Iguaçu	1.650.367
Petrópolis	1.943.010
Rio Bonito	103.766
Rio de Janeiro	248.682.783
São Gonçalo	2.549.819
São João de Meriti	9.264.304
Tanguá	59.860

A grande disparidade nos valores obtidos, pelos dois métodos, reforça a dificuldade em ter uma estimativa mais precisa sobre o consumo de água nos aglomerados subnormais, devido principalmente à falta de informações. Assim, tem-se a necessidade de estudos regionais para o aperfeiçoamento dos modelos de uso da água nestas regiões.

O estudo de Trata Brasil (2016) estimou que cerca de 68% da água que atende às áreas irregulares não são faturadas, o que prejudica o conhecimento das autarquias de saneamento, e consequentemente, os dados disponíveis no SNIS. Essa inadimplência dos usuários é possivelmente um reflexo dos baixos rendimentos dos habitantes nessas áreas, associado aos altos valores das tarifas. Nestes casos, programas sociais de tarifas podem contribuir para redução das perdas de faturamento na bacia.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.1.13 Análise dos usuários pagantes

Com vistas à integração dos usos consuntivos para o balanço hídrico, foram levantados os usuários pagantes da base da cobrança pelo uso das águas.

A partir do número CNARH, verificou-se que um total de 129 usuários estavam na base da cobrança e não estavam registrados no cadastro de usuários. Para cada usuário cobrado, a base apresenta os volumes de captação e de lançamento que foram cobrados, no ano de referência. Assim, considerou-se que estes valores são as vazões efetivamente captadas e lançadas. Considerou-se também que as captações são todas superficiais.

Os usuários filtrados foram agrupados com base no setor usuário e no município onde ocorre a captação ou o lançamento, e suas vazões estão apresentadas no Quadro 4.19. Os setores da indústria, saneamento, mineração e outros apresentam vazões de captação a ser adicionada na base de dados dos usos consuntivos. Em relação aos lançamentos, somente os setores da indústria e outros.

QUADRO 4.19 – SÍNTESE DAS VAZÕES DE CAPTAÇÃO E LANÇAMENTO ADICIONADOS AOS USOS CONSUNTIVOS, POR SETOR USUÁRIOS E MUNICIPIO

Município	Registros	Vazão de captação (L/s)				Vazão de lançamento (L/s)	
		Outras	Indústria	Saneam.	Mineração	Outras	Indústria
Belford Roxo	1	0	1	0	0	0	0
Cachoeiras de Macacu	5	0,8	127,6	466,1	0	0	59,2
Duque de Caxias	6	9,8	8,1	0	0	0	8
Guapimirim	2	4,3	0	130	0	0	0
Itaboraí	5	1,9	0	0	0	0,1	0
Magé	5	4	0,6	0	0	0	0,1
Maricá	4	9,5	0	0	0	0	0
Niterói	4	1,1	0	0	0	0	0
Nova Iguaçu	12	2,7	2,2	0	0	0,7	0
Rio Bonito	3	0	0,2	137,2	0	0	0
Rio de Janeiro	73	242,8	51,4	0	0	18,2	44,3
São Gonçalo	4	2,6	0	0	0	0	0
São João de Meriti	4	4	0	0	0	0	0
Tanguá	1	0	0	0	0,6	0	0
TOTAL	**129**	**283,5**	**191,1**	**733,3**	**0,6**	**19**	**111,6**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019) e Cadastro dos usuários cobrados.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Posto que a base da cobrança não apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de captação, estas vazões municipais foram distribuídas nas UHPs, com base nas proporções das áreas. O Quadro 4.20 apresenta as vazões de captação e lançamento, por setor usuário e UHP, adicionadas à base de dados das demandas hídricas potenciais.

QUADRO 4.20 – SÍNTESE DAS VAZÕES DE CAPTAÇÃO E LANÇAMENTO ADICIONADOS AOS USOS CONSUNTIVOS, POR SETOR USUÁRIOS E UHP

UHP		Vazão de captação (L/s)			Vazão de lançamento (L/s)		
		Outras	Indústria	Saneam.	Mineração	Outras	Indústria
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	27,5	13,7	0,0	0,0	1,5	9,9
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	104,7	22,2	0,0	0,0	7,9	19,1
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	117,7	24,8	0,0	0,0	8,7	21,4
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	11,2	2,4	0,0	0,0	0,8	2,0
V-d1	Rio Macacu	2,5	127,6	509,0	0,0	0,0	59,2
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	10,0	0,6	224,2	0,6	0,1	0,1
V-e1	Lagoas de Niterói	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
V-e2	Lagoa de Maricá	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL		**283,5**	**191,3**	**733,2**	**0,6**	**19**	**111,7**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019), Cadastro dos usuários cobrados.

4.2 LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Neste item são avaliados os registros de do cadastro de usuários para lançamentos de efluentes dos setores de esgotamento sanitário, consumo humano, indústria, termoelétricas e dos usos enquadrados como “outros”.

Com o intuito de avaliar a produção de cargas orgânicas provenientes dos efluentes domésticos da água, transposta do rio Guandu para a RH-V, para o esgotamento sanitário foram estimadas as cargas de DBO lançadas, por UHP, através de métodos indiretos.

O Quadro 4.21 apresenta as vazões para lançamento de efluentes e o Quadro 4.22 as cargas de DBO na RH-V, por UHP e setor usuário. Estes mesmos resultados estão apresentados na Figura 4.30 e na Figura 4.31. Salienta-se que foi excluído um

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

registro do setor industrial, cuja situação estava em análise, por apresentar vazão e cargas dissonantes com o restante. Foi realizada uma pesquisa sobre o tal empreendimento não sendo possível confirmar a sua existência.

A Figura 4.33 à Figura 4.37 apresentam os registros espacializados do cadastro de usuários para os setores de esgotamento sanitário, consumo humano, indústrias, outros e termelétricas, respectivamente.

A vazão de lançamento, na RH-V, é de, aproximadamente, 9.200 L/s, sendo o esgotamento sanitário e as indústrias responsáveis pela maior porção dos volumes, com cerca de 78% e 17%, respectivamente. Em relação as cargas, estima-se que são lançadas diariamente cerca de 30.000 kg de DBO na RH-V, sendo os setores do saneamento e da indústria os responsáveis pelos maiores percentuais (46% e 45% respectivamente). As UHPs V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão) são responsáveis pelos maiores volumes de lançamentos e cargas de DBO.

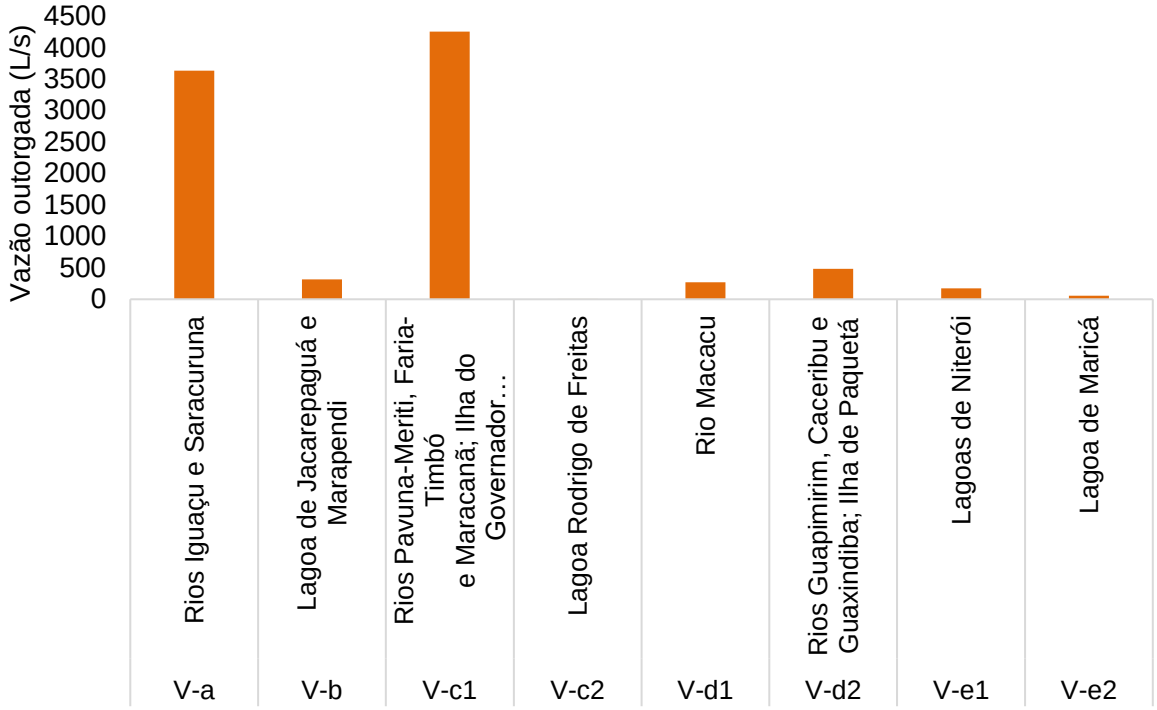
QUADRO 4.21 – VAZÕES DE LANÇAMENTO NA RH-V, POR SETOR USUÁRIO

UHP		Vazão para lançamentos (L/s)				
		Esgotamento sanitário	Consumo humano	Termelétrica	Indús-tria	Outros
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	2.168	23	52	1.359	32
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	197	14	0	33	72
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão	4.200	1	0	51	4
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0	0	0	0	4
V-d1	Rio Macacu	129	2	0	73	65
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	288	25	0	79	91
V-e1	Lagoas de Niterói	175	0	0	0	0
V-e2	Lagoa de Maricá	8	44	0	0	3
TOTAL RH-V		**7.165**	**109**	**52**	**1.595**	**271**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.30 – VAZÕES DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES POR UHP NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

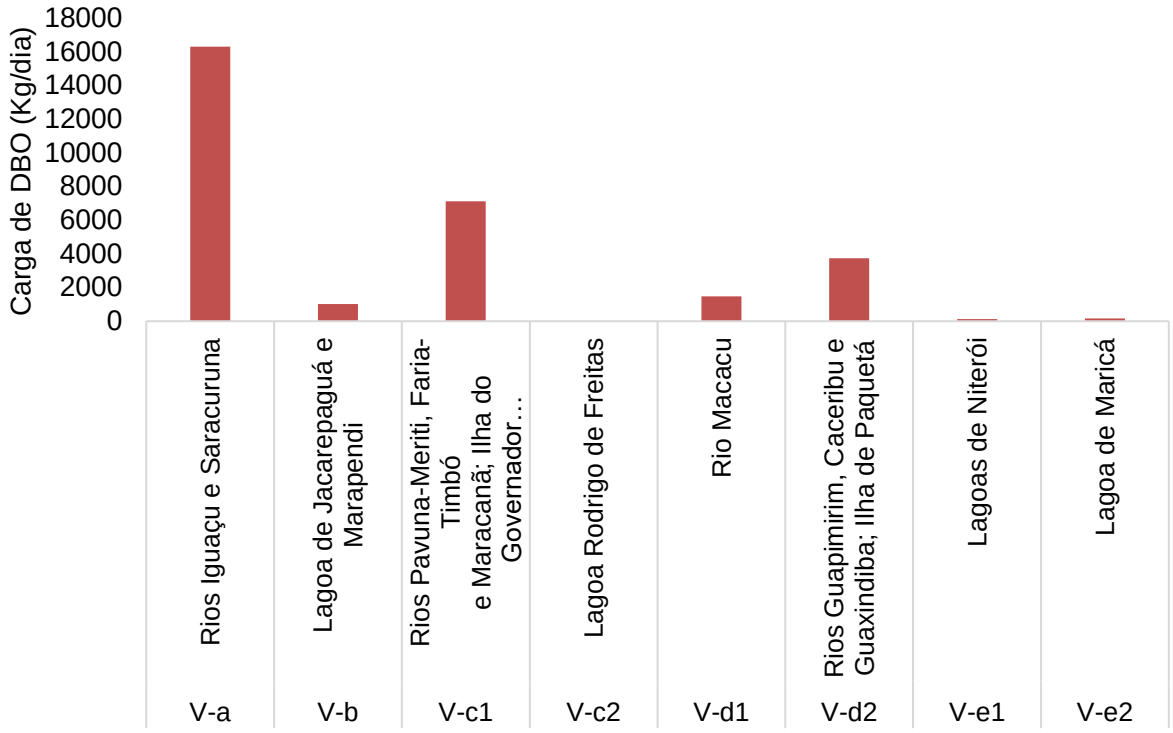
QUADRO 4.22 – CARGAS DE DBO NA RH-V, POR SETOR USUÁRIO

UHP		Carga de DBO (kg/dia)				
		Esgotamento sanitário	Consumo humano	Termelétrica	Indús-tria	Outros
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	9.715	417	1.337	4.727	127
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	785	20	0	79	129
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador; Ilha do Fundão	7.077	1	0	36	4
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0	0	0	0	1
V-d1	Rio Macacu	111	20	0	259	1.082
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	2.250	442	0	357	687
V-e1	Lagoas de Niterói	121	0	0	0	0
V-e2	Lagoa de Maricá	77	84	0	7	0
TOTAL RH-V		**20.138**	**982**	**1.337**	**5.465**	**2.030**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.31 – CARGA DE DBO PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES POR UHP NA RH-V



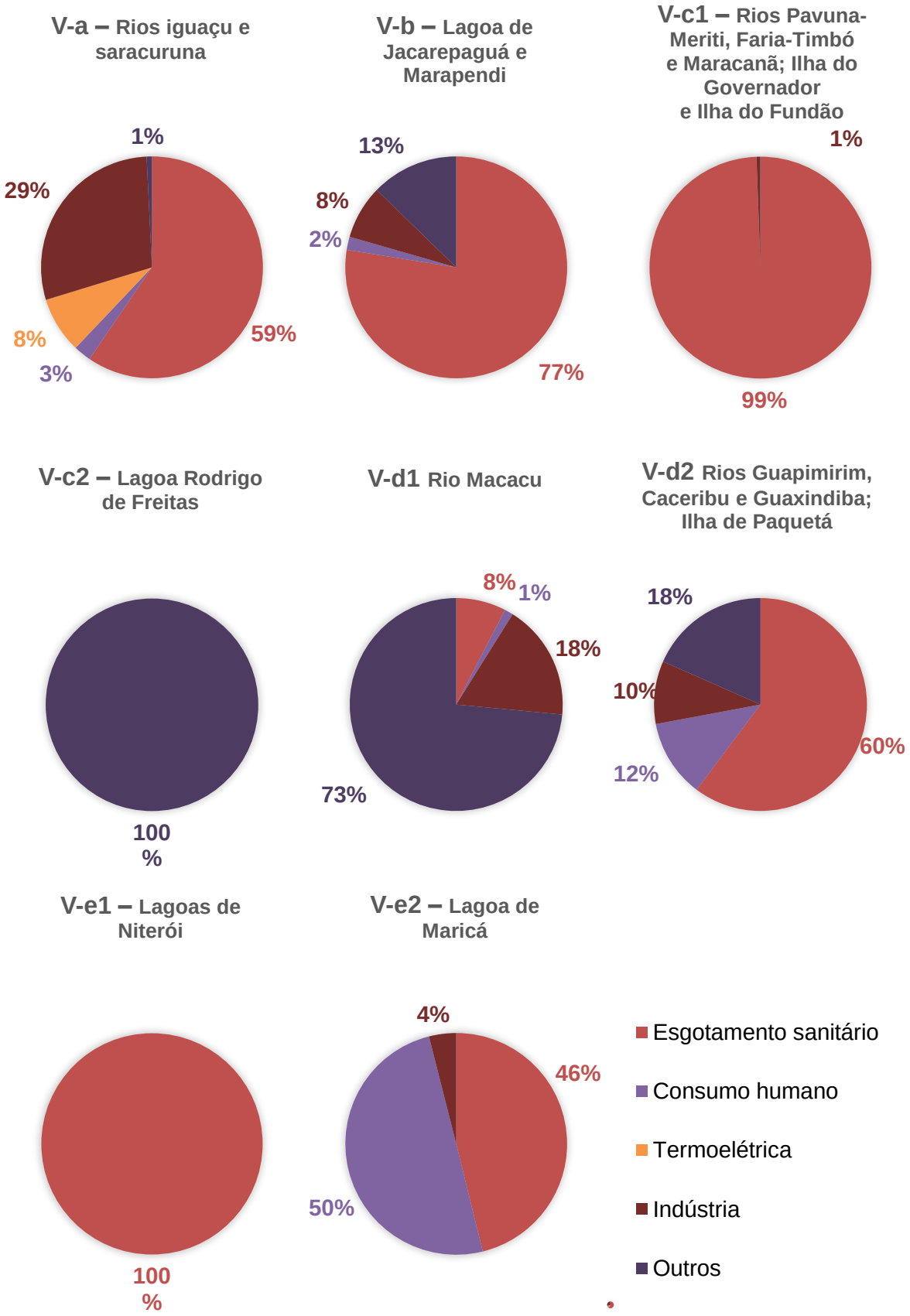
Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

A Figura 4.32 apresenta a distribuição das cargas de DBO, por setor usuário, nas UHPs. O esgotamento sanitário é o maior responsável pelo lançamento de cargas nas UHPs V-a, V-b, V-c1, V-d2 e V-e1. Os usos enquadrados como “outros” são preponderantes no lançamento de cargas nas UHPs V-c2 e V-d1. Em relação a V-e2, o consumo humano é o setor que mais lanças cargas de DBO.

Para o balanço hídrico qualitativo foram consideradas as cargas orgânicas provenientes do cadastro de usuários para os setores da indústria, consumo humano, outros e termoelétricas. Para o esgotamento sanitário foi realizada a estimativa indireta, através de coeficientes padrões, da produção e alocação de cargas de DBO, apresentado no próximo item.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

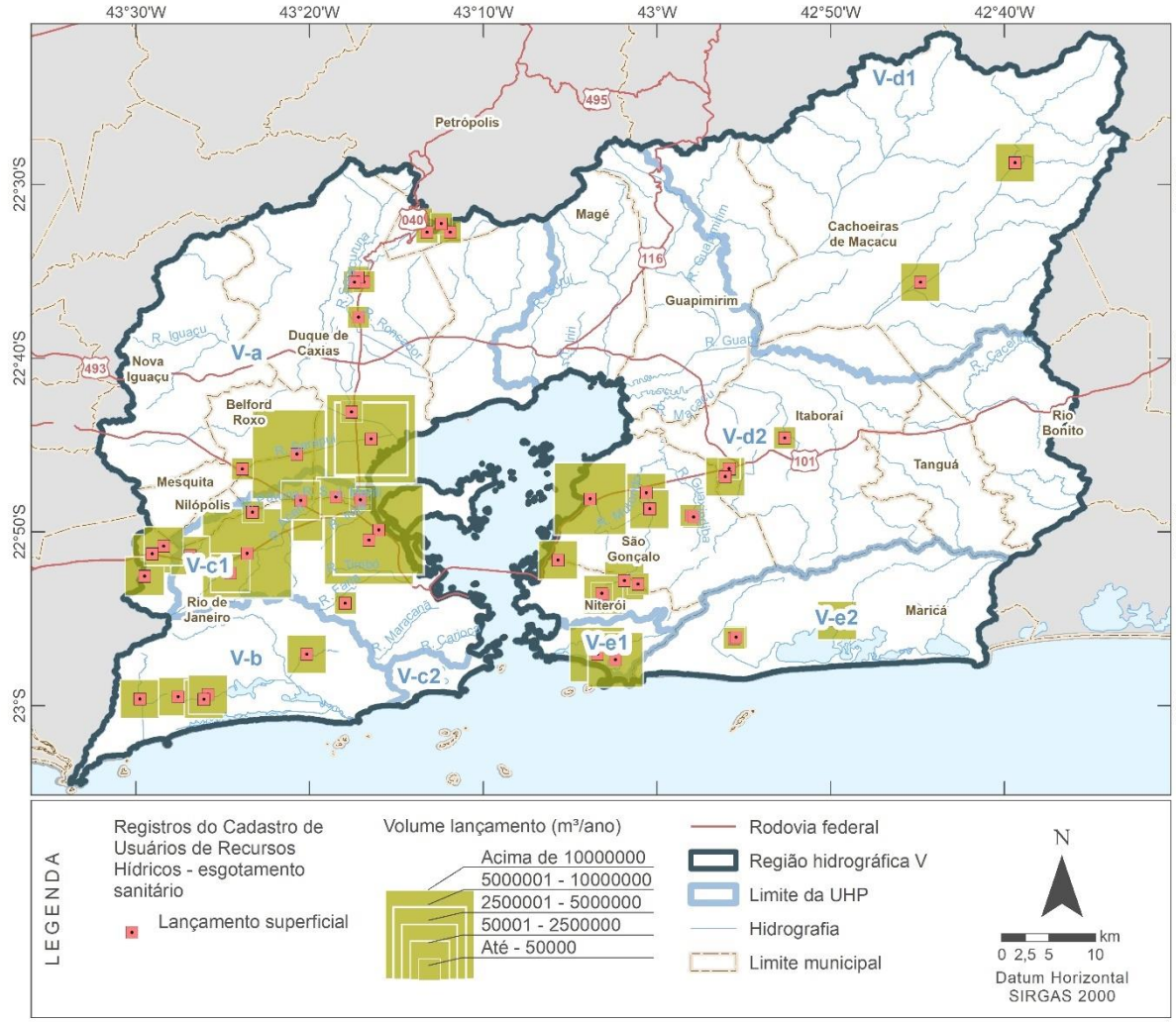
FIGURA 4.32 – DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS DE DBO POR SETOR USUÁRIO NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

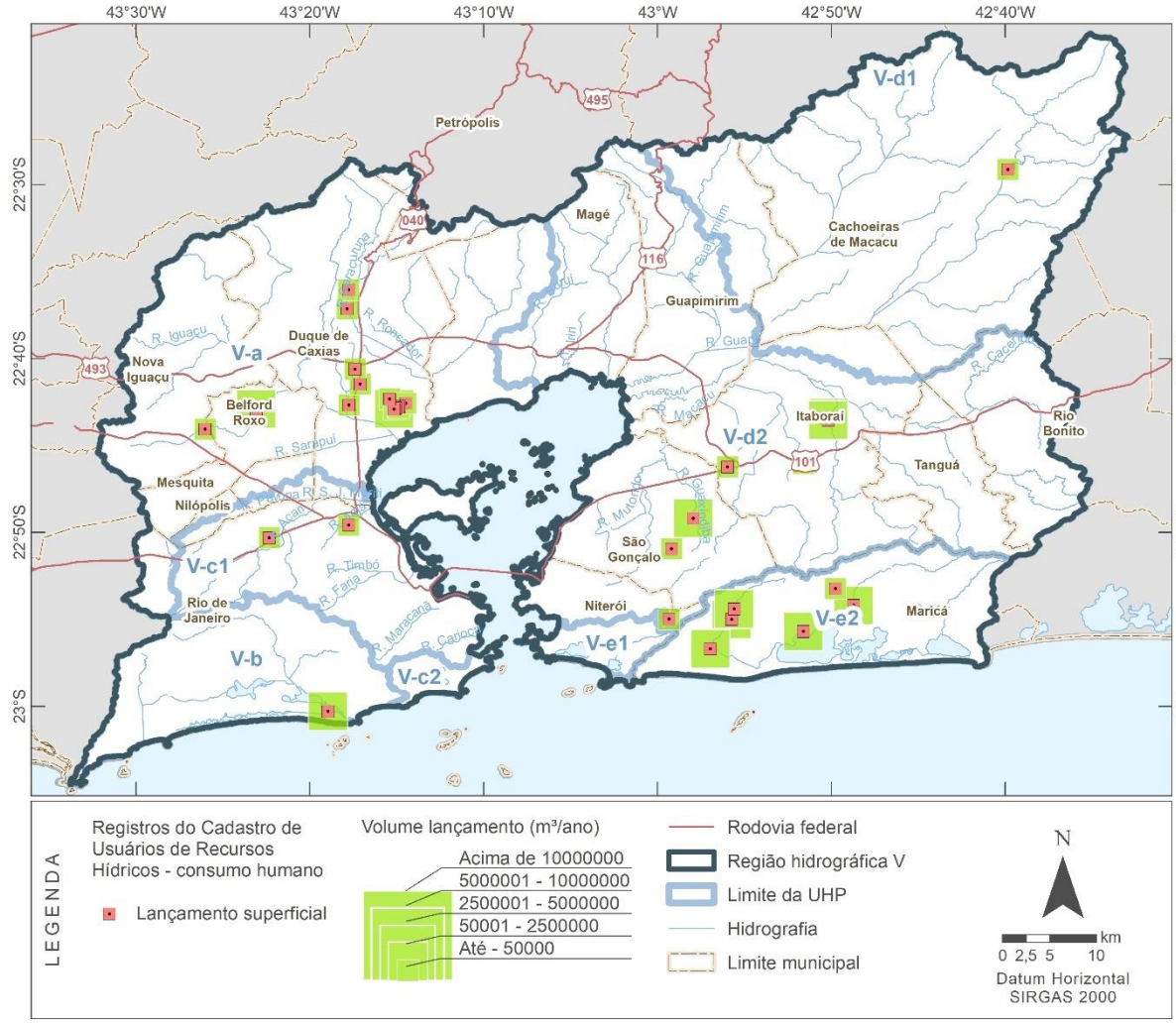
FIGURA 4.33 – RESGITRO DE LANÇAMENTO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

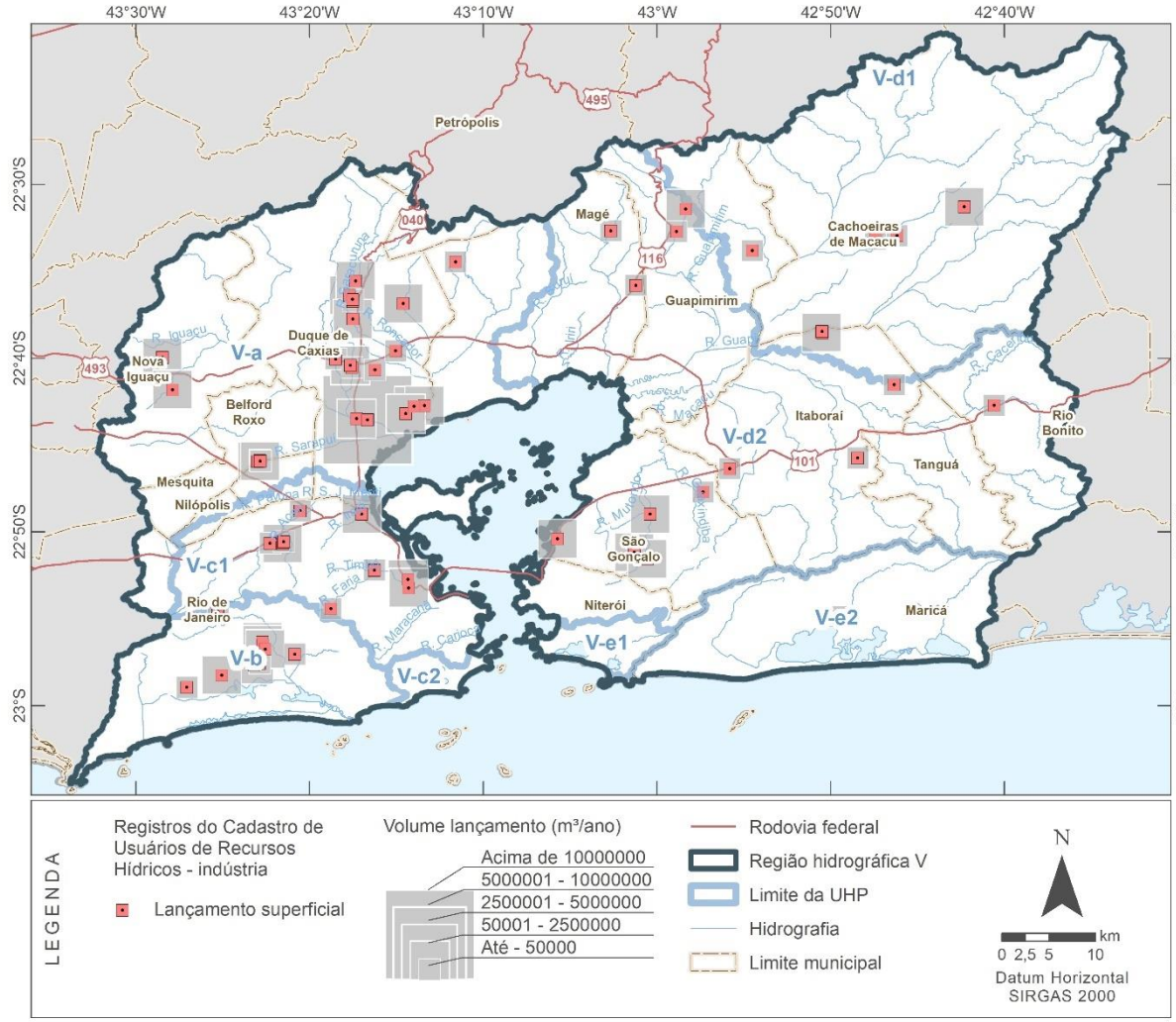
FIGURA 4.34 – RESGITRO DE LANÇAMENTO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA CONSUMO HUMANO NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

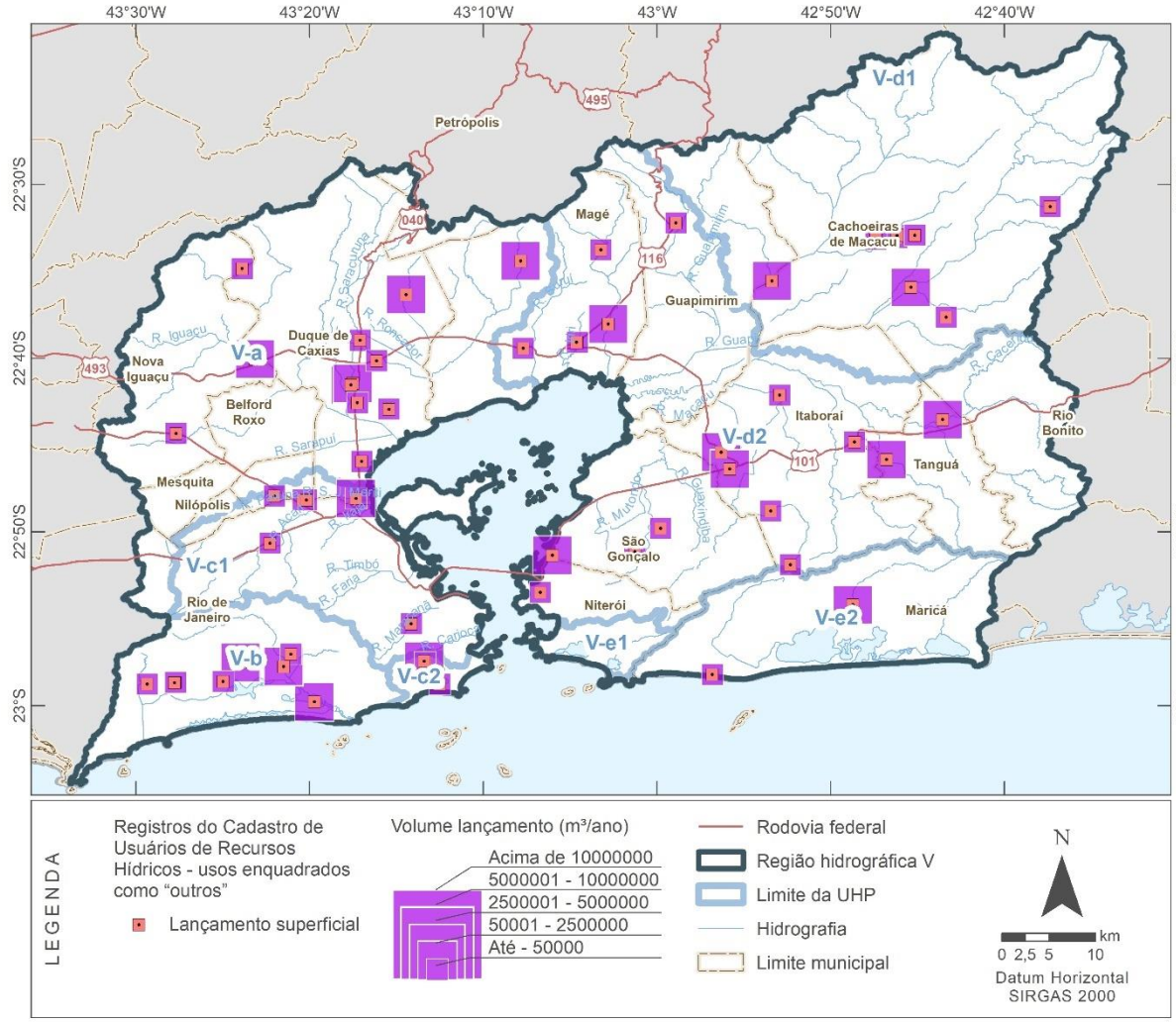
FIGURA 4.35 – RESGITRO DE LANÇAMENTO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA INDÚSTRIA NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

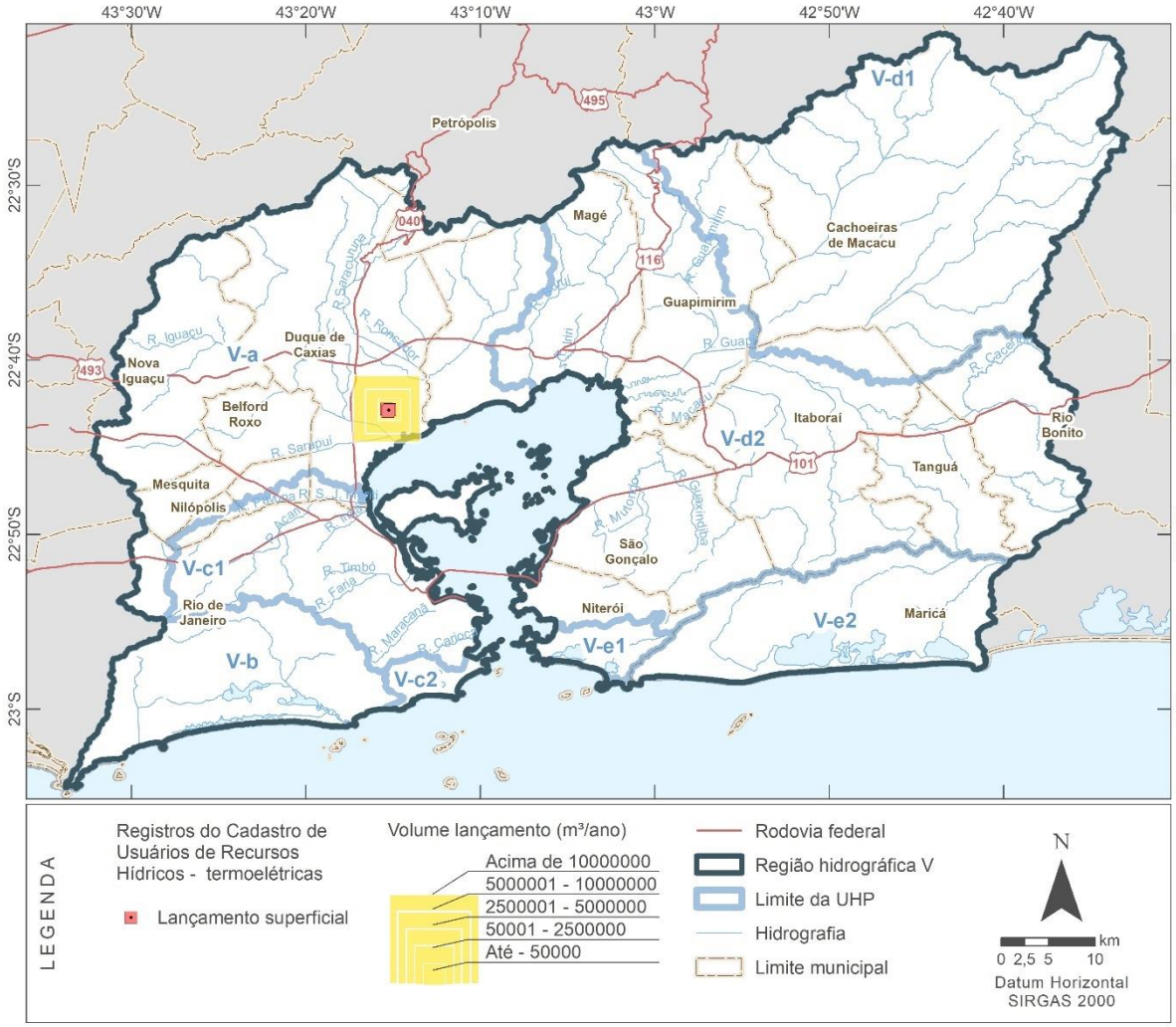
FIGURA 4.36 – RESGITRO DE LANÇAMENTO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA OS USOS ENQUADRADOS COMO OUTROS NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.37 – RESGITRO DE LANÇAMENTO DO CADASTRO DE USUÁRIOS PARA TERMELÉTRICAS NA RH-V



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

4.2.1 Método indireto de estimativa de cargas orgânicas nos efluentes domésticos

Este item apresenta a avaliação das cargas orgânicas, potenciais e remanescentes, provenientes dos efluentes domésticos da população urbana e rural da RH-V. São apresentados os métodos e os resultados da estimativa das cargas de cada município e, posteriormente, a alocação das cargas municipais em cada UHP, sendo esta última informação um insumo para o cálculo do balanço hídrico qualitativo.

4.2.1.1 Estimativa das cargas de DBO brutas e remanescentes

Para a estimativa da carga de DBO bruta, adotou-se o coeficiente de carga, per capita, de 54 g/dia.hab, conforme Von Sperling (2017) e recomendações da ABNT NBR 9649/1986. Este coeficiente foi aplicado à população urbana e rural, estimadas

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

para o cenário atual (2019) de cada município contido integral ou parcialmente na RH-V.

Para o cálculo da carga remanescente, após tratamento, a carga de DBO bruta urbana, de cada município, foi distribuída em quatro situações distintas, conforme abaixo:

Situação i: Carga de DBO remanescente após tratamento através de sistemas coletivos

Os sistemas coletivos são as Estações de Tratamento de Esgotos. Embora o Atlas Esgoto (ANA, 2017) apresente o índice municipal de atendimento, com sistemas coletivos para 2013, não é adequado utilizá-lo diretamente, uma vez que houve aumento da população e, logo, das cargas geradas, sem necessariamente aumentar a capacidade das ETEs. O SNIS também apresenta índices de atendimento, por sistemas coletivos e por município, para o ano de 2018, entretanto somente com valores referentes à população atendida pelas autarquias de saneamento, ou seja, sem considerar a população total do município. Além disso, diferentemente dos dados do Atlas Esgoto (ANA, 2017), não há informações quanto aos índices de soluções individuais.

O ATLAS apresenta, para cada município, a população que é atendida com coleta e tratamento de esgotos para o ano de 2013, estimados através da capacidade das ETEs. A favor de estimativas mais conservadoras, considerou-se que essa capacidade máxima das ETEs permanece para o cenário atual (2019). Assim, através da relação entre a população atendida em 2013 e a população projetada para 2019, para cada município, estabeleceu-se um índice de atendimento, com coleta e tratamento de esgotos, adaptado para o cenário atual. Ainda a favor de estimativas mais conservadores e pela ausência de informações, desconsideraram-se as ETEs inativas, em ampliação e em construção.

Os valores de eficiência de remoção de cargas foram definidos, com base em Von Sperling (2017), conforme o tipo de tratamento predominante nas ETEs de cada município, sendo esta última informação também apresentada no Atlas de Esgoto da ANA (ANA, 2017).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Situação ii.: Carga de DBO remanescente após tratamento através de sistemas individuais

Aplicou-se o índice de atendimento, por solução individual, do Atlas de Esgoto da ANA (ANA, 2017) à carga de DBO bruta urbana, de cada município, assumindo-se a hipótese que os tratamentos individuais aumentaram proporcionalmente à população. Enquadrou-se todos os sistemas individuais de tratamento como fossas sépticas, cujos valores de eficiência de tratamento de DBO são de, aproximadamente, 30% (VON SPERLING, 2017).

Situação iii.: Carga de DBO bruta lançada sem tratamento

Esta situação é referente à carga lançada diretamente na rede pluvial de drenagem ou nos rios, com ou sem coleta, sendo a carga que não se enquadra em nenhuma das situações anteriores.

Situação iv.: População rural

Para a população rural, considerou-se que toda a carga bruta produzida é tratada a partir de sistemas individuais, adotando-se o valor de eficiência de tratamento de DBO de 30% (VON SPERLING, 2017).

O Quadro 4.23 apresenta a população e os índices de atendimento do esgotamento sanitário, de cada município, utilizados na estimativa da carga de DBO produzida em cada uma das situações supracitadas. Conforme descrito anteriormente, as *situações i*, *ii* e *iii* indicam o percentual dos efluentes domésticos produzidors que são direcionadas para cada uma das soluções. O Quadro 4.24 apresenta as eficiências de remoção das cargas poluidoras conforme o tratamento.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.23 – POPULAÇÃO TOTAL DOS MUNICÍPIOS E SÍNTESE DOS ÍNDICES UTILIZADOS PARA ESTIMATIVA DAS CARGAS DE DBO REMANESCENTES

Município	População[3]			Índices de atendimento			
				Urbano			Rural
	Total	Urbana	Rural	Solução coletiva[1] (situação i)	Solução Individual[2] (situação ii)	Sem tratamento (situação iii)	Solução Individual (situação iv)
Belford Roxo	510.906	510.906	0	57,8%	9,8%	32,4%	100%
Cachoeiras de Macacu	58.937	50.978	7.959	0,0%	13,8%	86,2%	100%
Duque de Caxias	919.596	916.467	3.130	14,6%	9,2%	76,2%	100%
Guapimirim	60.517	58.475	2.042	0,0%	22,1%	77,9%	100%
Itaboraí	240.592	237.727	2.865	6,1%	25,4%	68,5%	100%
Magé	245.071	232.042	13.030	0,0%	15,9%	84,1%	100%
Maricá	161.207	158.716	2.492	1,5%	52,1%	46,4%	100%
Mesquita	176.103	176.103	0	18,1%	6,4%	75,5%	100%
Nilópolis	162.485	162.485	0	0,0%	2,8%	97,2%	100%
Niterói	513.584	513.584	0	82,5%	5,4%	12,1%	100%
Nova Iguaçu	821.128	812.163	8.966	3,9%	6,0%	90,1%	100%
Petrópolis	306.191	291.052	15.139	71,9%	7,0%	21,1%	100%
Rio Bonito	60.201	44.713	15.488	0,0%	21,1%	78,9%	100%
Rio de Janeiro	6.718.903	6.718.903	0	63,4%	4,2%	32,4%	100%
São Gonçalo	1.084.839	1.084.048	791	9,2%	13,9%	76,9%	100%
São João de Meriti	472.406	472.406	0	2,4%	4,2%	93,4%	100%
Tanguá	34.309	30.621	3.689	4,1%	3,2%	92,7%	100%

Fonte: [1] Adaptado de ANA (2013); [2] ANA (2013); [3]IBGE.

QUADRO 4.24 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DBO POR TIPO DE TRATAMENTO NA SOLUÇÃO

Sistema de tratamento	Eficiência de remoção de DBO (%)
Tanque séptico	30
Fossa/Filtro+ filtro aeróbio	80
Lagoa aerada de mistura completa-decantação	75
Lodo ativado convencional	85
Lodo ativado aeração prolongada	90
Primário	30
Primário + filtro aeróbio	45
UASB	60
UASB +filtro aeróbio	83
UASB +filtro anaeróbio	75
UASB + Lodo ativado	83
Sem informação	60

Fonte: Von Sperling (2017).

4.2.1.2 Alocação das cargas de DBO

Para subsidiar o balanço hídrico qualitativo, foi necessário realizar a alocação das cargas de DBO remanescentes municipais, por UHP.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As cargas remanescentes, provenientes de solução individual (situação ii), a carga bruta sem tratamento (situação iii) e provenientes da população rural (situação iv), foram alocadas conforme a proporção da população urbana e rural contida em cada UHP, obtida através dos setores censitários do IBGE.

A carga remanescente proveniente de sistema de tratamento coletivo (situação i) foi alocada conforme a localização de cada ETE e conforme o corpo receptor. Estas informações estão disponíveis no Atlas Esgoto referente ao ano de 2013 (ANA, 2017). Salienta-se que o Atlas esgoto com ano de referência de 2019 não apresenta as informações da capacidade máxima das ETEs e, logo, não foi possível atualizar esta informação.

O Quadro 4.25 apresenta as ETEs, UHP de localização, municípios atendidos, nome dos corpos receptores dos efluentes, carga de DBO atendida, e eficiência de remoção de DBO, conforme Von Sperling (Quadro 4.24).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.25 – ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOS MUNICÍPIOS CONTIDOS NA RH-V

Nome da ETE[1]	UHP de localização	Município atendido[1]	Nome do corpo receptor[1]	Carga de DBO atendida em 2013 (kg/dia) [1]	Eficiência de remoção de DBO[2]
ETE VILAR CARIOCA	Fora da RH-V	Rio de Janeiro	Não disponível na base hidrográfica utilizada	201	90%
ETE VILA KENEDDY	V-a	Rio de Janeiro	Rio Sarapuí e Rio das Tintas	170	90%
ETE VILA DO CÉU	Fora da RH-V	Rio de Janeiro	Não disponível na base hidrográfica utilizada	410	90%
ETE VILA CATIRI	V-a	Rio de Janeiro	Rio Sarapuí e Rio das Tintas	46	90%
ETE VARGEM PEQUENA	V-b	Rio de Janeiro	Rio Portela	511	85%
ETE VARGEM GRANDE	V-b	Rio de Janeiro	Canal de Sernambetiba	1.022	85%
ETE VALO DA PAVUNA	V-c1	Rio de Janeiro	Rio Pavuna	32	85%
ETE UNIMED	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	20	83%
ETE TOQUE-TOQUE	V-d2	Niterói	Baía de Guanabara – mar	3.851	85%
ETE TERMINAL RODOVIÁRIO	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	40	60%
ETE SISTEMA PIABANHA	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	2.383	85%
ETE SEPETIBA	Fora da RH-V	Rio de Janeiro	Canal Urbano/Praia de Sepetiba	929	85%
ETE SARAPUÍ	V-a	Mesquita	Rio Sarapuí	1.718	85%
ETE SARAPUÍ	V-a	Nova Iguaçu	Rio Sarapuí	8	85%
ETE SARAPUÍ	V-a	São João de Meriti	Rio Sarapuí	303	85%
ETE SARAPUÍ	V-a	Belford Roxo	Rio Sarapuí	15.950	85%
ETE SARAPUÍ	V-a	Duque de Caxias	Rio Sarapuí	3.395	85%
ETE SÃO FRANCISCO DE PAULA II	Fora da RH-V	Nova Iguaçu	Rio dos Cachorros	271	90%
ETE SANTA MARIA	V-b	Rio de Janeiro	Arroio Fundo	8	85%
ETE RECREIO – RIO DE JANEIRO	V-b	Rio de Janeiro	Canal de Marapendi	464	85%
ETE RANCHO FUNDO	V-a	Nova Iguaçu	Canal do Paiol	113	90%
ETE QUITANDINHA – PETRÓPOLIS	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio da Quitandinha	4.965	83%
ETE PINHÃO – TANGUÁ	V-d2	Tanguá	Rio Ipitangas	68	85%
ETE PENHA	V-c1	Rio de Janeiro	Canal da Marinha/Baía da Guanabara	18.579	85%
ETE PEDRA DE GUARATIBA	Fora da RH-V	Rio de Janeiro	Rio Piraquê	619	75%
ETE PAVUNA	V-c1	Duque de Caxias	Rio São João de Meriti	3.395	85%
ETE PAVUNA	V-c1	Rio de Janeiro	Rio São João de Meriti	23.223	85%
ETE PAVUNA	V-c1	São João de Meriti	Rio São João de Meriti	303	85%
ETE PALHADA	V-a	Nova Iguaçu	Rio da Bota	271	90%
ETE PALATINATO	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Palatinado	3.178	85%

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Nome da ETE[1]	UHP de localização	Município atendido[1]	Nome do corpo receptor[1]	Carga de DBO atendida em 2013 (kg/dia) [1]	Eficiência de remoção de DBO[2]
ETE NOVO HORIZONTE 2	V-b	Rio de Janeiro	Rio Portela	232	85%
ETE NOVO HORIZONTE 1	V-b	Rio de Janeiro	Rio Portela	77	85%
ETE NOVO HORIZONTE – ITABORAÍ	V-d2	Itaboraí	Rio Vargem	260	60%
ETE MOCANGUÊ	V-d2	Niterói	Baia da Guanabara -mar	350	85%
ETE MARICÁ[5]	V-e2	Maricá	Rio Mombuca	124	83%
ETE JURUJUBA	V-d2	Niterói	Enseada de Jurujuba (Praia de São Francisco) /Baía de Guanabara	298	83%
ETE JARDIM PANORAMA	V-a	Nova Iguaçu	Rio das Velhas	123	90%
ETE JARDIM GUANDÚ	Fora da RH-V	Nova Iguaçu	Rio Capenga	181	90%
ETE JARDIM GRAMACHO	V-a	Duque de Caxias	Rio Sarapuí	453	85%
ETE JARDIM CATARINA	V-d2	São Gonçalo	Rio do Alcântara	4.007	60%
ETE JARDIM CANAÃ	V-a	Nova Iguaçu	Rio da Bota	187	90%
ETE ITAIPU	V-e1	Niterói	Lago de Itaipu	1.313	60%
ETE ILHA DO GOVERNADOR	V-c1	Rio de Janeiro	Baía da Guanabara	5.209	85%
ETE ICARAÍ – NITERÓI	V-d2	Niterói	Enseada de Jurujuba (Ponta de Icaraí)/Emissário submarino/Baía de Guanabara	14.880	45%
ETE GRANJA BRASIL	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	179	83%
ETE GRANDE RIO II	V-d2	Itaboraí	Rio Vargem	260	60%
ETE GRANDE RIO I	V-d2	Itaboraí	Rio Vargem	260	60%
ETE FOSSA FILTRO TAQUARA	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio da Quitandinha	20	80%
ETE FOSSA FILTRO ROSEIRAL	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	20	80%
ETE FOSSA FILTRO GETULIO VARGAS	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	20	80%
ETE FOSSA FILTRO COCADA	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	20	80%
ETE FOSSA FILTRO CEARÁ	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	20	80%
ETE DEODORO (CONSTANTINO A. PESSOA)[4]	V-c1	Rio de Janeiro	Rio Marangá e Rio Piraquara	3.251	90%
ETE CORREAS	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	298	83%
ETE CAMBOINHAS	V-e1	Niterói	Canal Camboatá (Lagoa de Itaipu)	1.400	83%
ETE CABUÇU E LARANJEIRAS	Fora da RH-V	Nova Iguaçu	Rio Cabuçu	543	90%
ETE BIOSSISTEMAS VILA IPANEMA	V-a	Petrópolis	Rio do Major Acher	20	75%
ETE BIOSSISTEMA VALE DO CARANGOLA	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio da Cidade	20	75%

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Nome da ETE[1]	UHP de localização	Município atendido[1]	Nome do corpo receptor[1]	Carga de DBO atendida em 2013 (kg/dia) [1]	Eficiência de remoção de DBO[2]
ETE BIOSSISTEMA QUARTEIRÃO BRASILEIRO	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	40	75%
ETE BIOSSISTEMA NOGUEIRA	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio Piabanha	40	75%
ETE BIOSSISTEMA BONFIM	Fora da RH-V	Petrópolis	Rio do Bonfim	20	75%
ETE BARRETO	V-d2	Niterói	Rio Bomba	788	83%
ETE BARRA BONITA[3]	V-b	Rio de Janeiro	Canal de Sernambetiba	1.022	85%
ETE APOLO	V-d2	São Gonçalo	Rio Goianã	1.402	85%
ETE ALEGRIA – RIO DE JANEIRO	V-c1	Rio de Janeiro	Rio Faria/Canal do Cunha – Baía da Guanabara	37.158	90%
EPC BARRA	V-b	Rio de Janeiro	Canal de Marapendi	43.350	30%
EPC – ESEI (EMISSÁRIO SUBMARINO DE IPANEMA)	V-c2	Rio de Janeiro	Praia Ipanema/Emissário	92.894	30%

Fonte: [1] ANA (2013); [2] Von Sperling (2017);[3] A ETE Barra Bonita consta no inventário da ANA, contudo foram recebidas informações diretas de que ela foi desativada e interligada ao emissário. Assim, esta ETE não foi considerada nas estimativas de carga por UHP;

[4]Segundo informações diretas, a ETE Deodoro (Constantino A. Pessoa) foi reformada e possivelmente seus valores de capacidade máxima atualizados, entretanto, dada a inexistência de informações oficiais, considerou-se os valores inventariados no Atlas de 2013 (ANA, 2017).

[5] Segundo informações diretas, a ETE Maricá não está operando, sendo realizada somente a coleta dos esgotos. Já a Sanemar está operando a ETE do novo Hospital Municipal Ernesto Che Guevara, mas como faz o lançamento em rede de águas pluviais, não consegue outorga de lançamento do INEA.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.2.2 Estimativa das cargas produzidas para o cenário atual

O Quadro 4.26 apresenta as estimativas das cargas de DBO, brutas e remanescentes, bem como urbanas e rurais, para cada um dos municípios contidos integral e parcialmente na bacia, conforme metodologia e fonte dos dados descritos no item anterior "4.2.1 Método indireto de estimativas de cargas orgânicas nos efluentes domésticos". A Figura 4.38 apresenta a carga de DBO remanescente nos municípios da RH-V.

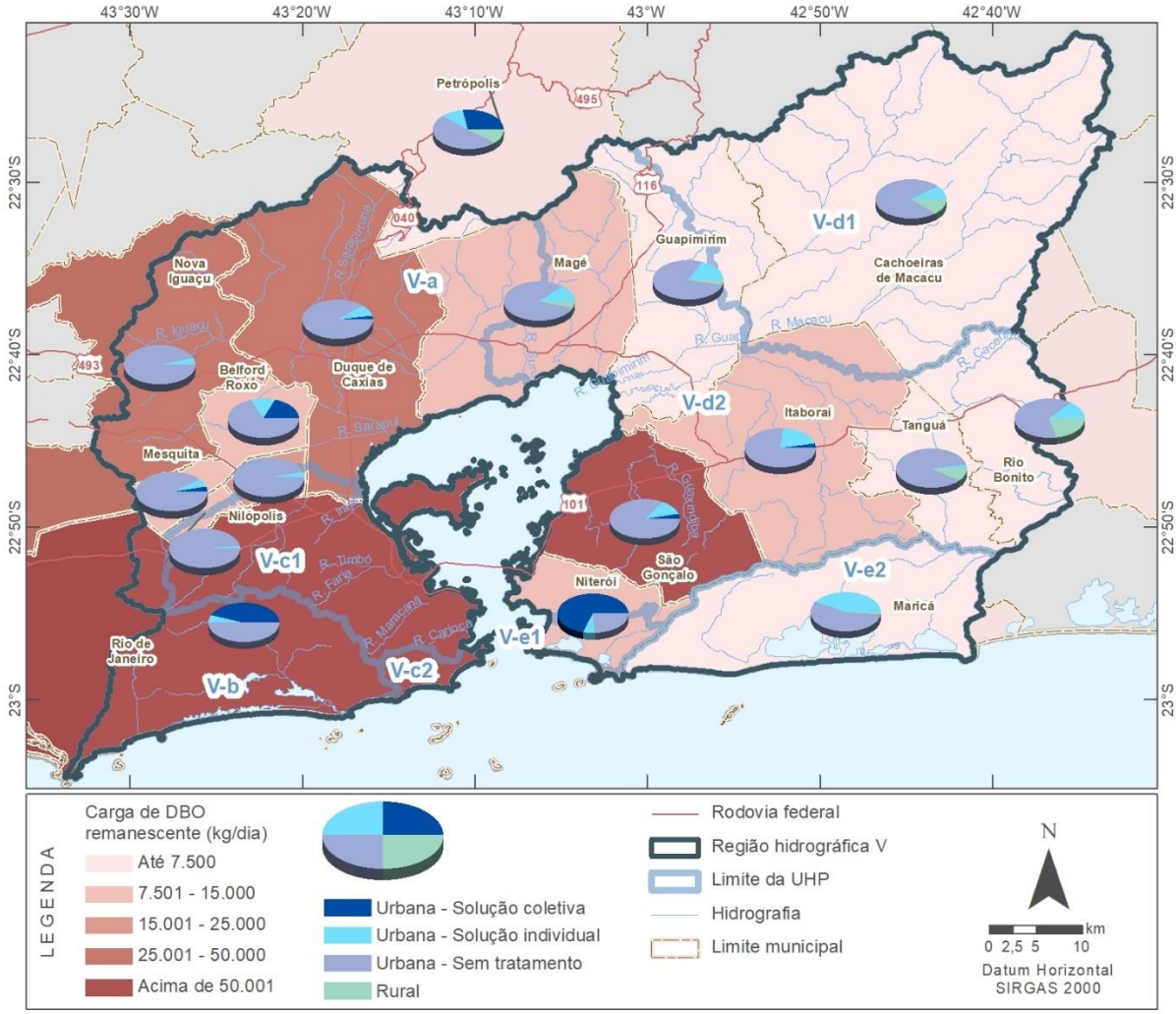
QUADRO 4.26 – CARGAS DE DBO BRUTAS E REMANESCENTES TOTAIS PRODUZIDOS POR MUNICÍPIO DA RH-V

Município	Carga de DBO bruta (kg/dia)[1]		Carga de DBO remanescente (kg/dia)[1]				Eficiência de remoção de DBO (%)
	Urbana	Rural	Urbana solução coletiva	Urbana solução individual	Urbana sem tratamento	Rural	
Belford Roxo	27.589	0	2.392	1.887	8.944	0	52%
Cachoeira do Macacu	2.753	430	0	266	2.373	301	8%
Duque de Caxias	49.489	169	1.087	3.180	37.702	118	15%
Guapimirim	3.158	110	0	489	2.459	77	7%
Itaboraí	12.837	155	313	2.283	8.794	108	11%
Magé	12.530	704	0	1.395	10.538	493	6%
Maricá	8.571	135	21	3.127	3.979	94	17%
Mesquita	9.510	0	258	423	7.187	0	17%
Nilópolis	8.774	0	0	170	8.531	0	1%
Niterói	27.734	0	9.762	1.052	3.350	0	49%
Nova Iguaçu	43.857	484	170	1.839	39.532	339	6%
Petrópolis	15.717	818	1.833	770	3.316	572	61%
Rio Bonito	2.414	836	0	356	1.905	585	12%
Rio de Janeiro	362.821	0	107.346	10.540	117.855	0	35%
São Gonçalo	58.539	43	1.813	5.675	45.021	30	10%
São João de Meriti	25.510	0	91	754	23.828	0	3%
Tanguá	1.654	199	10	38	1.532	139	7%
Total	**673.455**	**4.082**	**125.096**	**34.244**	**326.848**	**2.857**	**-**

[1] Cargas brutas e remanescentes considerando a população total de cada município.
Fonte: Elaborado pela RHA a partir de: ANA (2013) e Von Sperling (2017).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.38 – CARGA DE DBO REMANESCENTE NOS MUNICÍPIOS DA RH-V



Fonte: Elaborado pela RHA a partir de ANA (2013) e Von Sperling (2017).

O município do Rio de Janeiro é o mais populoso da RH-V e apresenta cerca de 82% da sua população urbana inserida na bacia. Embora seu índice de tratamento de esgotos, através de sistemas coletivos, seja alto em comparação com os demais municípios da bacia (~65%), ele é responsável por cerca de 48% das cargas de DBO remanescentes (~235.000 kg/dia)

Os municípios de São Gonçalo e Duque de Caxias, excetuando-se o Rio de Janeiro, são os mais populosos da RH-V e são responsáveis, individualmente, por cerca de 10% das cargas de DBO remanescentes. Os índices de tratamento de esgotos nesses municípios são baixos e, consequentemente, também são pequenas suas eficiências de remoção de DBO 10% e 15%, respectivamente, resultando em valores altos de cargas orgânica lançada.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O município de Petrópolis apresenta o melhor índice de remoção de DBO (~60%), contudo, a maior parcela da população urbana desse município está localizada fora dos limites da RH-V. Os municípios de Belford Roxo, Niterói e Rio de Janeiro apresentam eficiência de remoção de DBO de ~52%, ~49% e ~35%, respectivamente, enquanto os demais municípios da região apresentam índices inferiores a 20%.

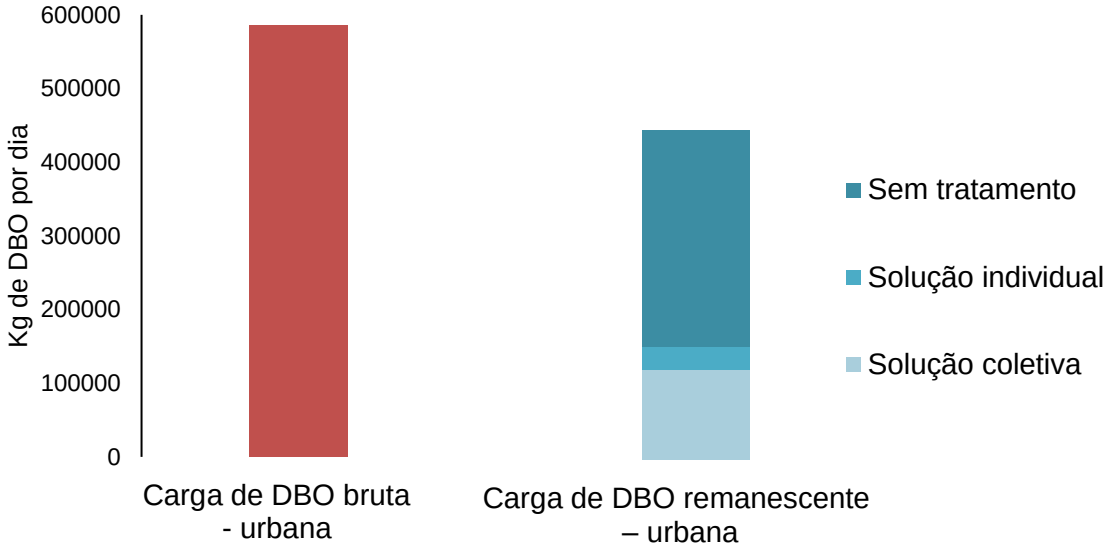
No total, estima-se que são geradas, diariamente, cerca de 590.000 kg de DBO bruto na RH-V. Deste total, aproximadamente, mais de 99% são produzidas pela população urbana, e somente algo inferior a 0,5% do total diário seria gerada pela população rural.

Após os tratamentos existentes, estima-se que ainda são lançados, diariamente, perto de 450.000 kg de DBO, proveniente da população urbana, significando que a eficiência de remoção de DBO urbana, na RH-V, é de, aproximadamente, 25%. Essa baixa eficiência de tratamento está vinculada aos altos índices de efluentes domésticos lançados *in natura*, ou seja, sem tratamento. Verificou-se também que um total de cerca de 10.500 kg/dia, de carga de DBO, são destinadas às ETEs, localizadas fora da RH-V.

A Figura 4.39 apresenta as cargas urbanas brutas e remanescentes, conforme o tipo de solução adotada. O maior percentual de carga orgânica urbana lançada na RH-V é proveniente da população urbana, que não é atendida pela coleta e tratamento de esgotos, totalizando em cerca de 65% do total, seguido das cargas remanescentes da solução coletiva (~27%) e da solução individual (~7%).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

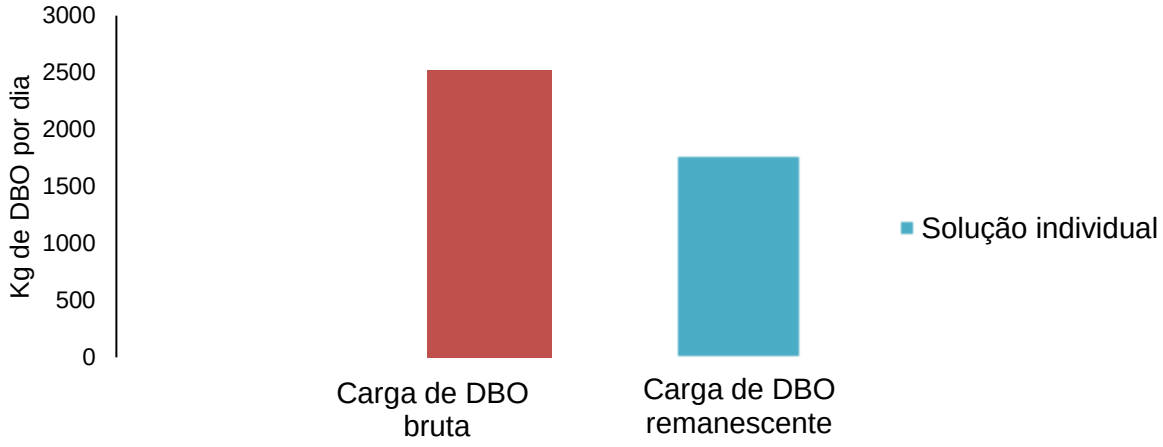
FIGURA 4.39 – CARGA DE DBO URBANA BRUTA E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS DE DBO REMANESCENTES CONFORME A SOLUÇÃO ADOTADA NA RH-V



Fonte: Elaborado pela RHA a partir de: ANA (2013) e Von Sperling (2017).

Em relação às cargas rurais, estima-se que, após os tratamentos através de soluções individuais, são lançadas quase 1.800 kg/dia de DBO, conforme demonstra a Figura 4.40.

FIGURA 4.40 – CARGA DE DBO RURAL BRUTA REMANESCENTES CONFORME NA RH-V



Fonte: Elaborado pela RHA a partir de: ANA (2013) e Von Sperling (2017).

Do total de carga urbana remanescente (≈ 50.000 kg/dia), verificou-se que, em torno de 12.50 kg/dia são lançadas diretamente na Baía de Guanabara e 65.000 kg/dia são lançados diretamente no mar, através de emissários submarino, sendo que ambas as cargas são provenientes de sistemas coletivos de tratamento. Assim, o restante da carga remanescente foi alocado nas UHPs em que são lançadas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

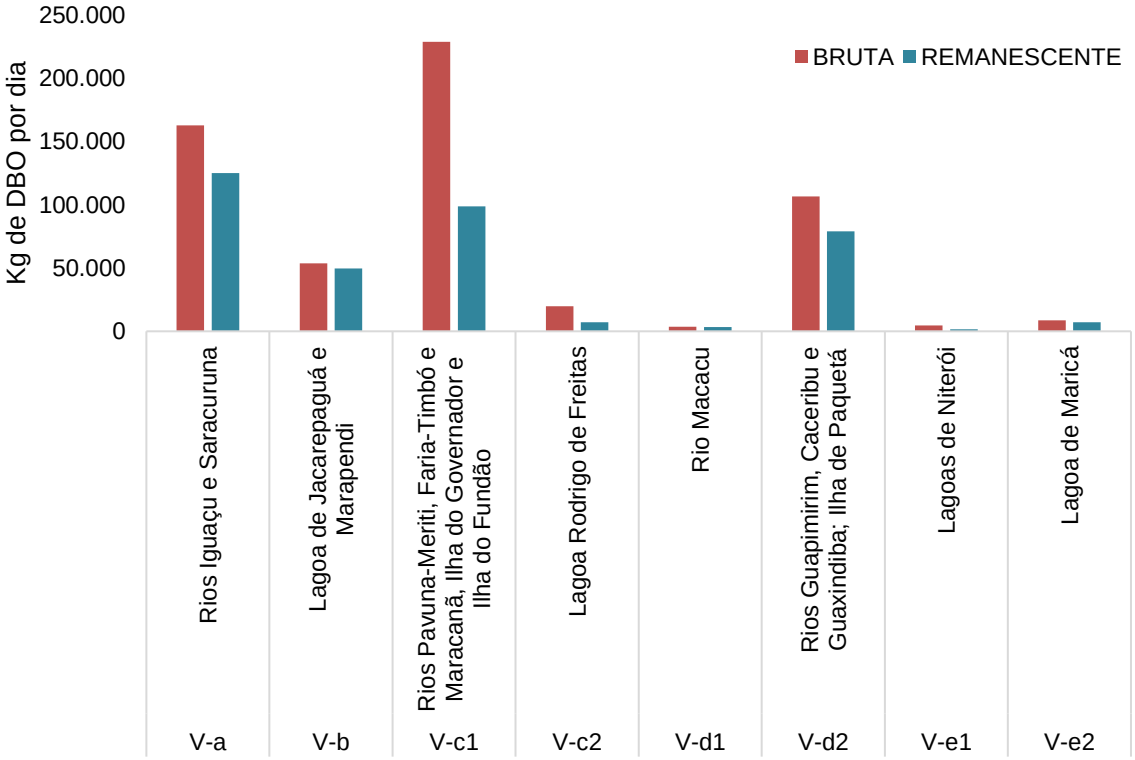
As cargas brutas e lançadas, por UHP, estão apresentadas no Quadro 4.27 e na Figura 4.41. A Figura 4.42 apresenta a distribuição das cargas remanescentes, por UHP, conforme tipo de solução adotada. Estes resultados estão especializados na Figura 4.43.

QUADRO 4.27 – CARGAS DE DBO BRUTAS E REMANESCENTES LANÇADAS POR UHP NA RH-V

UHP	Nome	Carga bruta (kg/dia)		Carga lançada (kg/dia)	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	161.763	877	124.485	614
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	53.646	0	49.659	0
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	228.797	0	98.772	0
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	19.866	0	7.023	0
V-d1	Rio Macacu	3.120	524	2.971	367
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	105.635	990	78.345	693
V-e1	Lagoas de Niterói	4.540	0	1.484	0
V-e2	Lagoa de Maricá	8.566	134	7.077	94
TOTAL RH-V		**585.933**	**2.525**	**369.817**	**1.768**

Fonte: Elaborado pela RHA a partir de: ANA (2013) e Von Sperling (2017).

FIGURA 4.41 –CARGAS DE DBO BRUTAS E REMANESCENTES LANÇADAS POR UHP



Fonte: Elaborado pela RHA a partir de: ANA (2013) e Von Sperling (2017).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As UHPs que apresentam maiores cargas brutas são UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão), seguido da V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna) e V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá), uma vez que são as UHPs mais populosas da bacia.

A UHP V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna) apresenta as maiores cargas de lançamento de DBO, totalizando, mais ou menos, 125.000 kg/dia. Deste total, cerca de 90% é proveniente de efluentes urbanos, sem tratamento. Os municípios que apresentam maior população, nesta UHP, são Duque de Caxias e Nova Iguaçu, que apresentam índices altos de efluentes, cuja destinação é realizada sem tratamento (cerca de 75% e 90%, respectivamente). Do restante da carga lançada, nesta UHP, 7% é proveniente de soluções individuais, no meio urbano, 2% de soluções coletivas e 1% do meio rural.

A UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) lança cerca de 50.000 kg/dia de DBO, sendo cerca de 62% proveniente de tratamentos coletivos, 35% sem tratamento e 3% de tratamento individual urbano. Nesta UHP são lançados efluentes de oito Estações de Tratamento de Efluentes, que atendem ao município do Rio de Janeiro, e apresentam as maiores cargas de DBO, sendo elas: ETE Vargem Pequena; ETE Vargem Grande; ETE Santa Maria; ETE Recreio – Rio de Janeiro; ETE Novo Horizonte 2; ETE Novo Horizonte 1; ETE Barra Bonita e; EPC Barra.

A UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) é a mais populosa da RH-V e, logo, apresenta as maiores cargas brutas de DBO (≈ 230.000 kg/dia). Contudo a carga de lançamento, nesta UHP, é inferior à carga da UHP V-a. A UHP V-c1 contém 58% da população urbana do município de Rio de Janeiro, cujo índice de tratamento de esgotos, por sistemas coletivos é de 63,4%. A ETE com maior capacidade, desse município, é a EPC – ESEI (Emissário Submarino de Ipanema), que coleta os efluentes domésticos e destina à região da praia de Ipanema, ou seja, para fora da UHP V-a. Do total da carga lançada, 85% é sem tratamento, 8% de soluções coletivas e 7% de soluções individuais.

A UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) apresenta carga de lançamento de, aproximadamente, 7.000 kg/dia, sendo 92% com ausência de tratamentos e 8% de sistemas individuais urbanos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

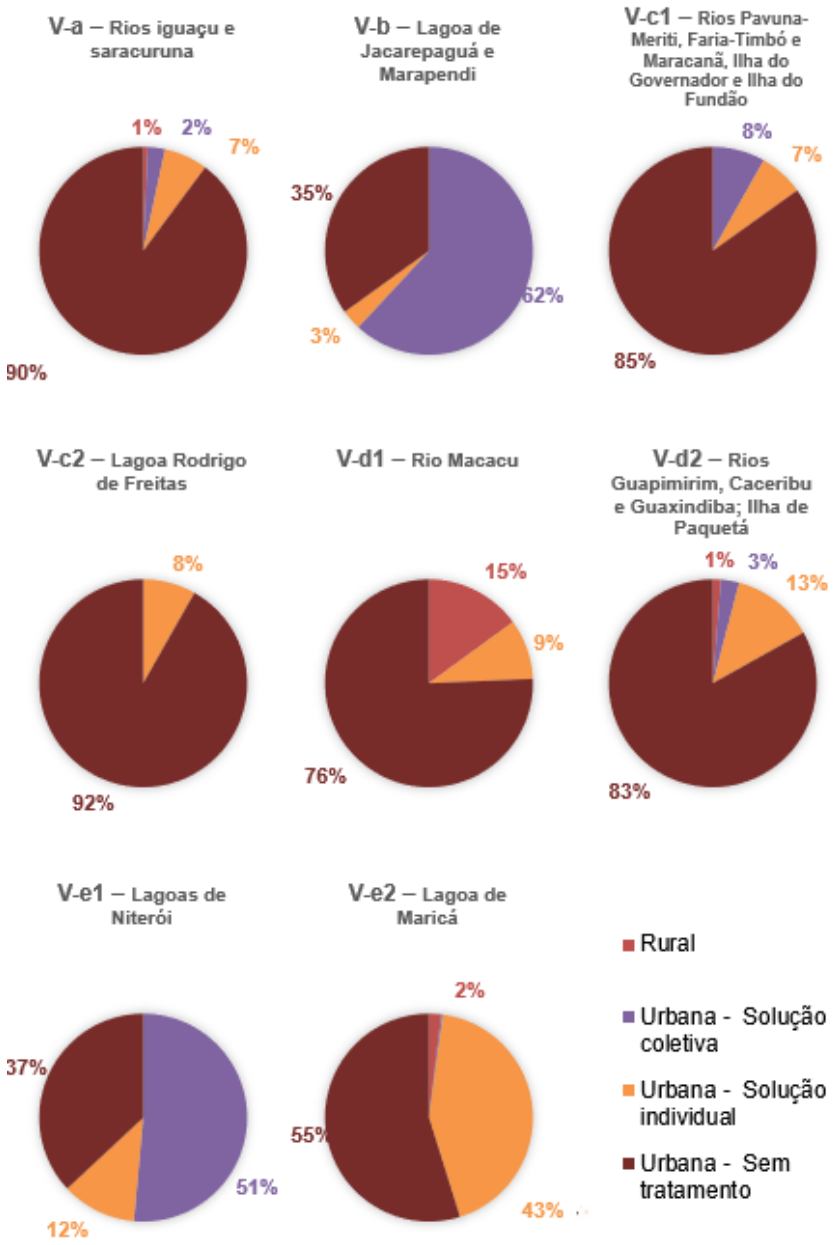
A UHP V-d1 (Rio Macacu) lança cerca de 3.300 kg/dia de DBO, sendo 76% devido à carga urbana sem tratamento, 15% de proveniente do meio rural e 9% de cargas urbanas com solução individual.

Na UHP V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) são lançados, mais ou menos, 79.000 kg/dia de DBO, sendo 83% sem tratamento, 13% proveniente do meio urbano com soluções individuais, 3% de soluções coletivas e 1% do meio rural.

Nas UHPs V-e1 (Lagoas de Niterói) e V-e2 (Lagoa de Maricá) são, aproximadamente, lançados, respectivamente, 1.500 kg/dia e 7.200 kg/dia de DBO. Nas Lagoas de Niterói 51% da carga lançada é remanescente de sistemas coletivos de tratamento de esgoto (ETEs), 37% de esgoto lançado *in natura* e 12% de soluções individuais (tais como fossas sépticas). Na UHP Lagoa de Maricá 55% é proveniente de efluente sem tratamento, 43% de solução individual e 2% da população rural.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

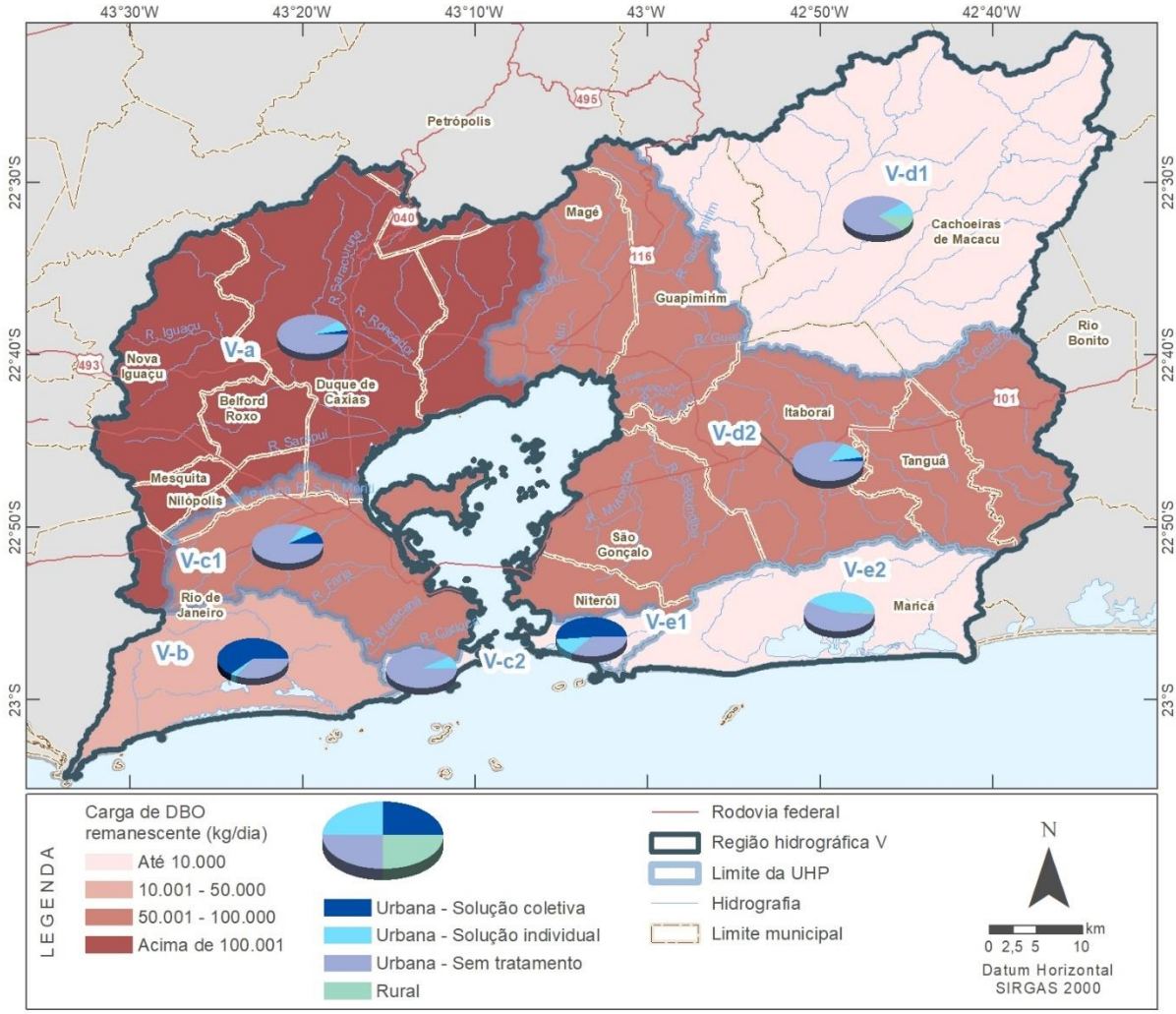
FIGURA 4.42 – DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS REMANESCENTES POR UHP CONFORME TIPO DE SOLUÇÃO ADOTADA



Fonte: Elaborado pela RHA a partir de: ANA (2013) e Von Sperling (2017).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.43 – CARGA DE DBO LANÇADA NOS CORPOS HÍDRICOS POR UHP



Fonte: Elaborado pela RHA a partir de ANA (2013) e Von Sperling (2017).

4.3 COMPILAÇÃO DOS USOS CONSUNTIVOS E LANÇAMENTO DE EFLUENTES PARA BALANÇO HÍDRICO

Apresenta-se neste item uma compilação dos usos consuntivos e do lançamento de efluentes na RH-V, conforme metodologias e resultados apresentados anteriormente, objetivando-se sintetizar as informações de entrada que subsidiarão o balanço hídrico superficial quantitativo e qualitativo, para o cenário atual.

O primeiro grande item deste capítulo, referente aos usos consuntivos da água, teve como objetivo avaliar as demandas hídricas dos diferentes setores usuários. Para os setores de abastecimento urbano, irrigação, dessedentação animal e termelétricas, devido as suas especificidades, foram avaliadas tanto as demandas potenciais, aquelas provenientes dos cadastros de usuários, quanto as demandas estimadas

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

através de métodos indiretos. Para os setores de consumo humano, indústria, mineração, aquicultura em tanque de rede e outros usos, as demandas hídricas foram avaliadas somente através do cadastro de usuários. Para a evaporação líquida dos espelhos de água, devido às características deste consumo, a demanda foi estabelecida somente pelo método indireto. As metodologias e os diferentes resultados obtidos foram apresentados anteriormente.

Também, com o objetivo de complementar a base de dados dos usos consuntivos, foram identificados os usuários da base da cobrança pelo uso das águas que não estavam registrados no cadastro de usuários. As vazões de captação destes usuários, conforme o setor e a UHP de localização, foram consideradas no estabelecimento das demandas hídricas superficiais totais na RH-V.

Para a indústria, mineração, consumo humano e outros usos foram consideradas as demandas potenciais, ou seja, aquelas estimadas através do cadastro de usuários, para caracterizar os usos consuntivos para o cenário atual.

Para os setores do meio rural, contemplando a irrigação, a dessedentação animal e o abastecimento rural, sendo que muitos usuários não realizam a regularização dos seus usos da água, resultando em diferenças significativas obtidas entre os métodos de estimativa das demandas, entende-se que o método indireto representa de forma mais fidedigna os usos consuntivos atuais, nestes setores. Para as termoelétricas, uma vez que o cadastro de usuários não apresentava registros de captações, também foi considerada a demanda obtida pelo método indireto. Com o intuito de realizar um balanço hídrico superficial mais conservador, considerou-se que as demandas obtidas pelo método indireto são captadas em corpos hídricos superficiais.

Devido às especificidades do abastecimento urbano da RH-V, para este setor, serão elaborados dois cenários de demandas para o balanço hídrico. O primeiro cenário considera a demanda potencial, ou seja, aquele onde as autarquias de saneamento têm concessão para captar dos rios localizados na bacia. Este cenário tem como objetivo, juntamente com as demandas dos demais setores, avaliar a saúde hídrica dos corpos hídricos da RH-V. O segundo cenário irá considerar a demanda total estimada através do método indireto, para a população urbana da RH-V, tendo

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

como objetivo demonstrar, hipoteticamente, o déficit hídrico potencial, caso o abastecimento público da RH-V dependa apenas de mananciais contidos na bacia.

Salienta-se que para o balanço hídrico não foi considerada a estimativa do uso da água nos aglomerados subnormais, devido às incertezas nos resultados obtidos. De qualquer maneira, a demanda da população localizada, nessas regiões, está contabilizada juntamente com a demanda estimada para o abastecimento público urbano.

O Quadro 4.28 e a Figura 4.44 apresentam a compilação das demandas hídricas superficiais para o cenário atual na RH-V, por UHP, e setor usuário. Estima-se que a demanda total captada nos corpos hídricos da RH-V (cenário 1) é de aproximadamente 8.300 L/s, sendo o uso preponderante o abastecimento urbano, com vazão de captação de aproximadamente 3.700 L/s.

Considerando a demanda total estimada para suprir o abastecimento urbano da população da RH-V, ou seja, não somente o que é captado na própria bacia (cenário 2), estima-se que a demanda hídrica é de aproximadamente 45.000 L/s, sendo superior a cinco vezes a demanda do cenário 1.

O Quadro 4.29 e a Figura 4.45 apresenta as demandas subterrâneas. A demanda subterrânea total na RH-V é de aproximadamente 2.700 L/s.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

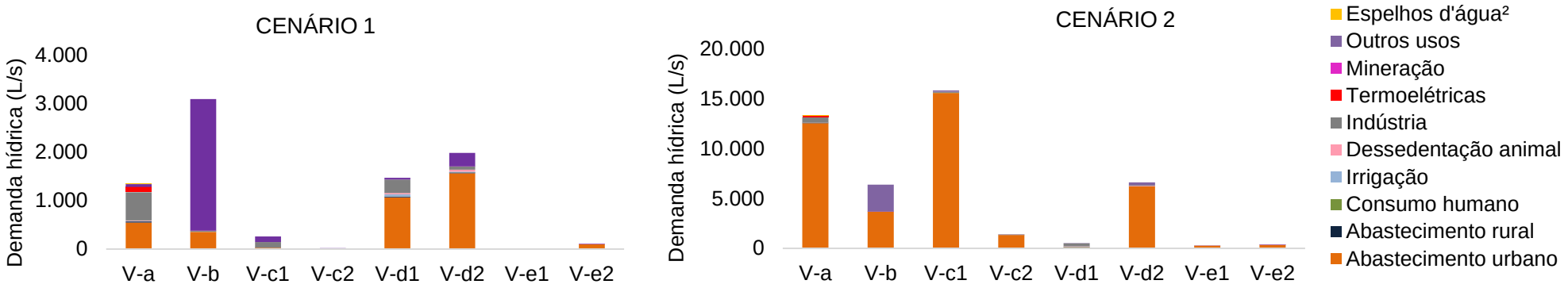
QUADRO 4.28 – DEMANDAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS PARA O CENÁRIO ATUAL NA RH-V

UHP		Demanda total superficial (L/s)												
		Abastecimento urbano		Abast. rural[2]	Consumo humano[1]	Irrigação[2]	Dessed. animal[2]	Indústria[1]	Termelétricas[2]	Mineração[1]	Outros[1]	Espelhos de água[2]	Total (L/s)	
		Vazão do CNARH[1]	Demanda estimada[2]										Cenário 1	Cenário 2
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	548,3	12.543,4	21,7	3,2	6,8	11,6	576,2	110,7	0	57,8	5,9	1.342,3	13.337,4
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	356	3.654,8	0	0,8	0	1	22,2	0	0,4	2.708,4	0	3.088,8	6.387,6
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	29,6	15.583	0	0,1	1,4	1	110,9	0	0	118,2	0	261,2	15.814,6
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0	1.353,9	0	0,1	0	0	4,4	0	0	15,5	0	20	1.373,9
V-d1	Rio Macacu	1.068,4	133,7	11,1	5,6	43,5	25,9	278,4	0	0	33,3	0	1.466,1	531,5
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	1.562,5	6.206,1	18,6	0	10,6	43,3	67	0	0,8	277,5	0	1.980,4	6.623,9
V-e1	Lagoas de Niterói	0	276,5	0	0	0	0	0	0	0	3,6	0	3,6	280,1
V-e2	Lagoa de Maricá	100	361,9	0,2	0	1	5	0	0	0,4	9,5	0	116,1	378
Total (L/s)		**3.664,8**	**40.113,3**	**51,6**	**9,8**	**63,3**	**87,8**	**1.059,1**	**110,7**	**1,6**	**3.223,8**	**5,9**	**8.278,5**	**44.727**

Fonte: [1] CNARH (2019) e Usuários pagantes; [2]Método indireto (ANA, 2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.44 – DEMANDAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS PARA O CENÁRIO ATUAL NA RH-V POR UHP



Fonte: CNARH (2019), Usuários pagantes, Método indireto (ANA, 2019a).

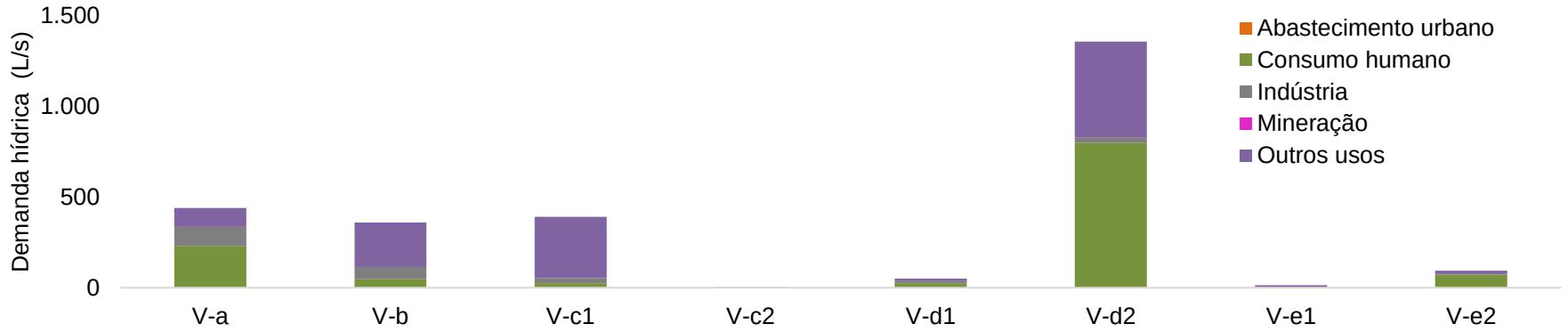
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.29 – DEMANDAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS PARA O CENÁRIO ATUAL NA RH-V

UHP		Demanda total subterrânea (L/s)					
		Abastecimento urbano	Consumo humano	Indústria	Mineração	Outros	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	3,0	227,5	105,5	0,8	102,8	439,5
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	0,0	47,5	67,4	0,0	244,6	359,5
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	1,1	23,7	27,6	0,0	339,4	391,9
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	0,0	1,3	0,0	0,0	1,6	2,8
V-d1	Rio Macacu	0,0	25,3	11,6	1,3	11,8	49,9
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	5,5	793,2	30,5	0,3	528,9	1.358,4
V-e1	Lagoas de Niterói	2,1	3,7	0,0	0,0	8,8	14,6
V-e2	Lagoa de Maricá	5,5	66,4	3,6	0,0	18,7	94,2
TOTAL (L/s)		**17,2**	**1188,6**	**246,2**	**2,4**	**1256,6**	**2.710,8**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

FIGURA 4.45 – DEMANDAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS PARA O CENÁRIO ATUAL NA RH-V POR UHP



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Foram aplicados coeficientes de retorno, apresentados no Quadro 4.30, às demandas hídricas totais (superficial e subterrânea), para estabelecer as vazões de lançamento na RH-V. Estes resultados estão apresentados no Quadro 4.31 e na Figura 4.46.

QUADRO 4.30 – COEFICIENTES DE RETORNO ESTABELECIDOS

Setor	Coeficientes de retorno
Abastecimento urbano[1]	80%
Abastecimento rural[2]	50%
Consumo humano[1]	80%
Irrigação[2]	20%
Dessedentação animal[2]	20%
Indústria[3]	Definido conforme a tipologia industrial
Termoelétricas	80%
Mineração[4]	80%
Outros usos	80%

Fonte: [1]Projeto de redes coletoras de esgoto: Referências NBR 9649/1986 (ABNT, 1986); [2]Estimativa das vazões para atividades de Uso consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Nacional – SIN (NOS, 2003) – Consultadas bacias próximas à Baía de Guanabara; [3]Água na indústria: usos e coeficientes técnicos (ANA, 2017); [4]Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industrial e Agricultura Irrigada (MMA, 2011).

Estima-se que a vazão de lançamento na RH-V é de aproximadamente 37.600 L/s, sendo o abastecimento urbano responsável por aproximadamente 85% deste total (32.100 L/s).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

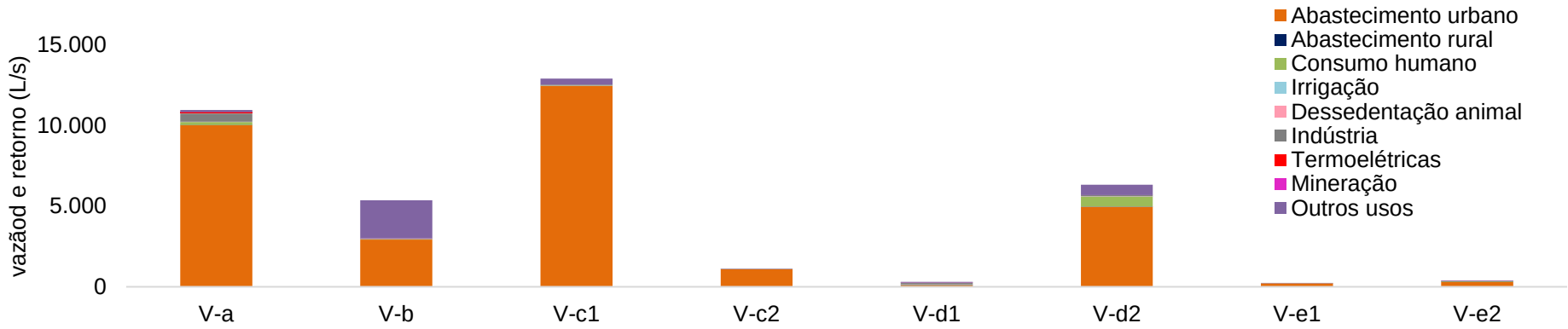
QUADRO 4.31 – VAZÕES DE RETORNO PARA O CENÁRIO ATUAL NA RH-V

UHP		Vazão de retorno (L/s)									
		Abast. urbano	Abast. rural	Consumo humano	Irrigação	Dessedent. animal	Indústria	Terme-létricas	Mineração	Outros	Total (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	10.034,7	10,9	184,6	1,4	2,3	516,5	88,6	0,6	128,5	10.968,0
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	2.923,8	0,0	38,7	0,0	0,2	49,2	0,0	0,3	2.362,4	5.374,7
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	12.466,4	0,0	19,1	0,3	0,2	64,0	0,0	0,0	366,1	12.916,0
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	1.083,1	0,0	1,1	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	13,7	1.099,3
V-d1	Rio Macacu	107,0	5,6	24,7	8,7	5,2	113,1	0,0	1,0	36,1	301,3
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	4.964,9	9,3	634,5	2,1	8,7	65,6	0,0	0,9	645,1	6.331,1
V-e1	Lagoas de Niterói	221,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	234,1
V-e2	Lagoa de Maricá	289,5	0,1	53,1	0,2	1,0	1,4	0,0	0,3	22,6	368,2
Total (L/s)		**32.090,6**	**25,9**	**958,8**	**12,7**	**17,6**	**811,2**	**88,6**	**3,1**	**3.584,4**	**37.592,7**

Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.46 – VAZÕES DE RETORNO PARA O CENÁRIO ATUAL NA RH-V POR UHP



Fonte: Adaptado de CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O segundo grande item deste capítulo avaliou o lançamento de efluentes na RH-V. Foram avaliados os cadastros de usuários e identificados registros de lançamentos dos setores de esgotamento sanitário, consumo humano, indústria, termoelétricas e dos usos enquadrados como “outros”.

Para o esgotamento sanitário, setor usuário responsável pelas maiores vazões de lançamentos na bacia, foi realizada a estimativa indireta da produção de carga orgânica de DBO bruta e remanescente, urbana e rural, conforme os tipos de tratamentos existentes.

Os resultados da carga orgânica de DBO lançada por UHP e setor usuário estão apresentados no Quadro 4.32 e na Figura 4.47. Estima-se que são lançados, diariamente, mais de 380.000 kg de DBO na RH-V.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

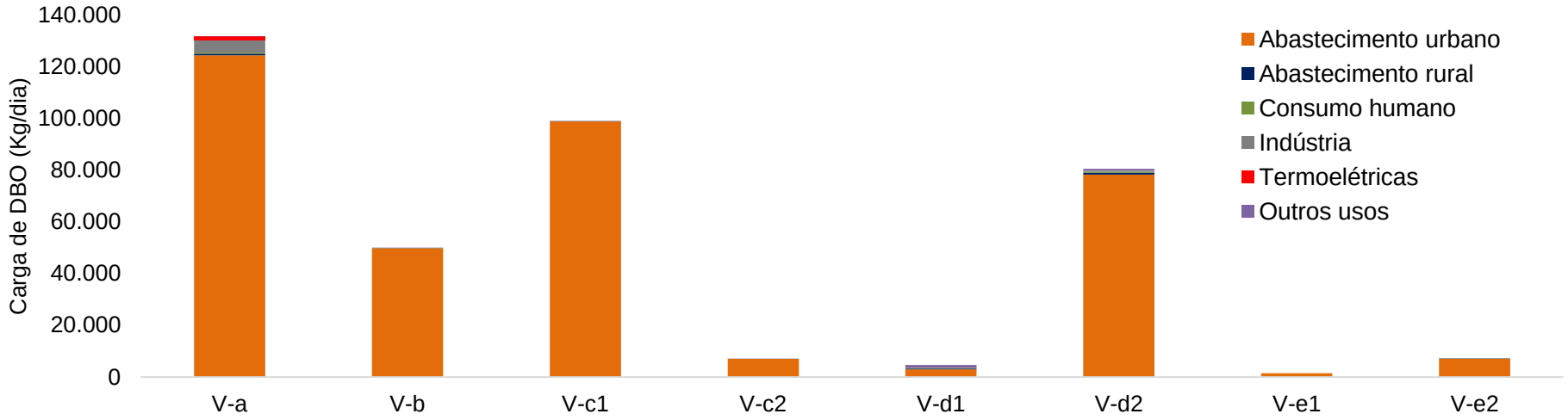
QUADRO 4.32 – CARGA ORGÂNICA (DBO) LANÇADA NO CENÁRIO ATUAL NA RH-V

UHP		Carga de DBO lançada (Kg/dia)						
		Abastecimento urbano[1]	Abastecimento rural[1]	Consumo humano[2]	Indústria[2]	Termelétricas[2]	Outros usos[2]	Total (Kg/dia)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	124.485	614,2	416,8	4.726,8	1.336,7	126,5	131.706,0
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	49.659	0,0	19,5	79,3	0,0	128,7	49.886,5
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	98.772	0,0	0,8	36,3	0,0	4,4	98.813,5
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	7.023	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	7.024,3
V-d1	Rio Macacu	2.971	366,6	19,7	259,3	0,0	1.082,4	4.699,0
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	78.345	692,8	441,6	357,1	0,0	687,0	80.523,5
V-e1	Lagoas de Niterói	1.484	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.484,0
V-e2	Lagoa de Maricá	7.077	94,1	83,6	6,6	0,0	0,0	7.261,3
Total (Kg/dia)		**369.817**	**1.767,7**	**982,0**	**5.465,3**	**1.336,7**	**2.030,3**	**381.399,0**

Fonte: [1]Método de estimativa indireto (ANA, 2013 e Von Sperling, 2017); [2]CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 4.47 – CARGA ORGÂNICA (DBO) LANÇADA NO CENÁRIO ATUAL NA RH-V POR UHP



' Fonte: [1]Método de estimativa indireto (ANA, 2013 e Von Sperling, 2017); [2]CNARH (2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.3.1 Demanda hídrica por sistema de captação

Foram obtidas, também, as demandas hídricas superficiais nas áreas de contribuição dos pontos de captação de água dos principais sistemas de abastecimento localizados na RH-V, com o objetivo de subsidiar o balanço hídrico a ser realizado nesses pontos. Maiores discussões sobre os sistemas considerados nesta análise estão apresentadas no item referente ao Balanço Hídrico.

Seguindo a mesma lógica da obtenção das demandas por UHP, para os setores da indústria, termoelétricas, mineração, consumo humano e outros, foram consideradas as demandas potenciais, ou seja, aquelas obtidas pelos cadastros de usuários. Para os setores de irrigação e dessedentação animal foram consideradas as demandas estimadas, ou seja, aquelas obtidas através de métodos indiretos. Para o abastecimento público, foi considerado somente a demanda potencial e, no caso de não ser identificado registro no cadastro, a vazão de captação foi obtida a partir dos planos municipais de saneamento básico.

Nesta análise não foi considerada a base de dados dos usuários pagantes, uma vez que esta não apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de captação e, logo, torna dificultosa a identificação da localização dos usuários. Também, para uma análise mais conservadora, não foram consideradas as vazões de lançamento.

O Quadro 4.33 apresenta as vazões de captação nas áreas de contribuição dos sistemas de abastecimento de água, por setor usuário.

QUADRO 4.33 – DEMANDAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS POR SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Sistema	Demanda total superficial (L/s)				
	Abastecimento público[1]	Irrigação[2]	Dessedentação Animal[2]	Outros[1]	Total
Sistema Bela Vista	5,2	0	0	0	5,2
Sistema Boa Vista	47,0	0	0	0	47,0
Sistema Caceribu	97,2	0,02	1,38	0	98,6
Sistema Córrego Grande	71,0	0	0	0	71,0
Sistema Fazenda	2,8	0	0	0	2,8
Sistema França[3]	7	0	0	0	7
Sistema Lota	0,4	0	0	0	0,4
Sistema Paraíso[3]	100	0	0	0	100
Sistema Piabetá	160,0	0	0	9,1	169,1
Sistema Posto Pena	129,0	0	0	0	129,0
Sistema Rio Soberbo[3]	95	0	0	0	95

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Sistema	Demanda total superficial (L/s)				
	Abastecimento público[1]	Irrigação[2]	Dessedentação Animal[2]	Outros[1]	Total
Sistema Rio Souza	236,0	0	0,01	0	236,0
Sistema Santo Aleixo - Pico	270,0	0	0,03	0	270,0
Sistema Santo Aleixo – Riacho[3]	9	0	0	0	9
Sistema Suruí[3]	10	0	0	0	10
Sistema Tocas Tuim	12,2	0	0,01	0	12,2
Sistema Zacarias	8,0	0	0,01	0	8,0

Fonte: [1]Cadastro de usuários (CNARH, 2019); [2]método indireto (ANA, 2019a); [3]vazão de captação para abastecimento público obtida nos PMSB devido a inexistência de registro na base de dados utilizada.

Não foram identificados registros de usuários para abastecimento público nos Sistemas França, Paraíso, Soberbo e Santo Aleixo – Riacho e, logo, os valores das demandas superficiais foram obtidos nos respectivos Planos Municipais de Saneamento Básico.

Somente o Sistema Caceribu apresenta demandas superficiais para a irrigação, uma vez que é o único sistema que possui uma porção da cobertura do solo destinada à agricultura. Em relação à dessedentação animal, foram identificadas demandas nos sistemas Caceribu, Rio Souza, Santo Aleixo – Pico, Tocas Tuim e Zacarias. Para a categoria denominada de “outros”, conforme o cadastro de usuários, foram identificadas demandas somente no Sistema Piabetá.

Assim, conclui-se que não há demandas hídricas para as indústrias, termelétricas, mineração e consumo humano nessas áreas.

4.4 USOS NÃO CONSUNTIVOS

O uso da água para finalidades que não envolvem o consumo direto, ou seja, fazem uso do curso de água ou reservatório, sem configuração de consumo do recurso hídrico, são denominados usos não-consuntivos. Na RH-V, os usos não consuntivos mais relevantes são a pesca em ambientes marinhos e a navegação, enquanto o uso da água para aproveitamento do potencial hidrelétrico é ínfimo, conforme será apresentado ao longo deste item.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.4.1 Turismo e lazer

O uso da água para fins de turismo e lazer, apesar de não se tratar de um uso consuntivo da água, pode ter um impacto negativo nos ambientes natural e construído, caso não sejam devidamente planificados, construídos e geridos (PRODETUR, 2001).

Uma forma de avaliar a relevância do setor, nos municípios da RH-V, é por meio da Categorização dos Municípios das Regiões Turísticas do Mapa do Turismo Brasileiro. Essa categorização é um instrumento elaborado pelo Ministério do Turismo para identificar o desempenho da economia nos municípios que constam no Mapa do Turismo Brasileiro (Ministério do Turismo, 2018), e foi estabelecida pela Portaria Nº 144, de 27 de agosto de 2015. Essa categorização considera quatro variáveis: quantidade de estabelecimentos de hospedagem, quantidade de empregos em estabelecimentos de hospedagem, quantidade estimada de visitantes domésticos e quantidade estimada de visitantes internacionais. Essas variáveis foram cruzadas em uma análise de *cluster* e deram origem a cinco categorias de municípios A, B, C, D e E, sendo a categoria A atribuída aos municípios mais relevantes em relação ao turismo e a categoria E atribuída aos municípios menos relevantes.

A categorização dos municípios da RH-V, que possuem dados no Mapa do Turismo Brasileiro é apresentada no Quadro 4.34.

QUADRO 4.34 – CATEGORIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA RH-V DO PONTO DE VISTA TURÍSTICO

Município	Categoria
Belford Roxo	-
Cachoeiras de Macacu	C
Duque de Caxias	B
Guapimirim	D
Itaboraí	C
Magé	C
Maricá	C
Mesquita	D
Nilópolis	D
Niterói	B
Nova Iguaçu	C
Petrópolis	A
Rio Bonito	C
Rio de Janeiro	A
São Gonçalo	C
São João de Meriti	B
Tanguá	D

Fonte: Ministério do Turismo (2020).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O patrimônio paisagístico do Rio de Janeiro pode ser considerado o seu principal atrativo turístico. A pouca distância entre o mar e a montanha, a floresta da Mata Atlântica e os pontões rochosos emoldurando lagoas e a Baía de Guanabara, tornou famosa a paisagem da cidade do Rio de Janeiro.

O Plano de Desenvolvimento Integrado do Turismo Sustentável (PDITS), constitui-se no orientador básico dos futuros investimentos, na atividade turística no Estado do Rio de Janeiro, e tem como objetivo principal o desenvolvimento do turismo de forma integrada e sustentável, associado à valorização cultural, à preservação ambiental e a participação comunitária. O PDITS atende dois polos turísticos do Estado, o Polo Litoral e o Polo Serra. Dando enfoque aos municípios da RH-V, o Polo Litoral abrange o Rio de Janeiro e Niterói, enquanto o Polo Serra abrange Cachoeiras de Macacu. O Quadro 4.35 apresenta os atrativos listados para os municípios analisados nos PDITS.

QUADRO 4.35 – ATRATIVOS TURÍSTICOS DOS MUNICÍPIOS DO PDITS

Município	Segmento	Atrativos
Rio de Janeiro	Natural	Lagoa Rodrigo de Freitas, Praia de Copacabana, Praia do Arpoador, Praia de Ipanema, Jardim Botânico, Parque Lage, Parque Nacional da Floresta da Tijuca, Cristo Redentor, Pão de Açúcar, Pedra da Gávea, Aterro do Flamengo.
	Cultural	Museu Histórico Nacional, Biblioteca Nacional, Palácio Tiradentes, Paço Imperial, Teatro Municipal, Igreja da Candelária, Museu Nacional de Belas Artes, Centro Cultural do Banco do Brasil, Museu de Arte Moderna, Catedral Metropolitana, Arcos da Lapa, Estádio do Maracanã, Museu Histórico Nacional, Bairro de Santa Tereza.
	Eventos	Carnaval, Réveillon, Rio Fashion Week, Rio Boat Show, Feira da ABAV.
Niterói	Natural	Praias da Região Oceânica
	Cultural	Museu Antônio Parreiras, Museu de Arte Contemporânea, Caminho Niemeyer, Fortaleza de Santa Cruz, Forte do Pico.
Cachoeiras de Macacu	Natural	Parque Nacional da Serra dos Órgãos

Fonte: PDITS (2010a); PDITS (2010b).

4.4.2 Aproveitamentos hidrelétricos

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os aproveitamentos hidrelétricos, incluindo Usinas Hidrelétricas (UHEs), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras de Energia (CGHs), representam

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

cerca de 10% da potência outorgada da matriz energética do estado do Rio de Janeiro. São 45 aproveitamentos hidrelétricos no Estado, sendo 17 CGHs, 22 PCHs e 6 UHEs.

Na RH-V consta somente um aproveitamento hidrelétrico, a CGH Andorinhas II no município de Magé, localizado na UHP V-a Rios Iguaçu e Saracuruna, a qual se encontra em operação desde 2016. Este aproveitamento possui uma potência outorgada de 686 kW, o que representa menos de 1% da potência outorgada da matriz energética dos municípios da bacia. A certidão ambiental nº IN023142 aprova o uso não consuntivo de captação superficial de água bruta no Rio Santo Aleixo e Córrego do Sossego (INEA, 2013).

4.4.3 Pesca e aquicultura

As atividades de pesca em águas continentais são praticadas em inúmeros rios e lagos fluminenses, com características eminentemente artesanais ou voltada ao lazer, enquanto a pesca lacustre é praticada de forma profissional na Região dos Lagos, porém de forma insipiente e sem expressão comercial (PERHI-RJ, 2014).

A pesca em ambientes marinhos e estuarinos apresenta uma maior relevância econômica na região, portanto está sujeita a processo de investigação e fiscalização. A Fundação Instituto de Pesca do estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) é um órgão vinculado à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Energia e Relações Internacionais - SEDEERI. A instituição tem a missão de promover, através de políticas públicas, o desenvolvimento sustentável da aquicultura e da pesca fluminenses. No *website* da instituição, são divulgados relatórios anuais com estatísticas da produção pesqueira no estado.

Em abril de 2017 foi assinado o contrato do Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro – PMAP RJ com a Petrobras, tendo como parceira a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio – FUNDEPAG. Desde julho do mesmo ano, ocorre o monitoramento diário de descargas de pescado, em 21 municípios costeiros do Estado do Rio de Janeiro, incluindo os municípios de Niterói, Rio de Janeiro, São Gonçalo, Maricá, Itaboraí, Duque de Caxias e Magé, na RH-V.

Atualmente são disponibilizados três relatórios semestrais do PMAP no *site* da FIPERJ, sendo o mais recente publicado em junho de 2019. Os dados referem-se a

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

produção pesqueira nos períodos de julho a dezembro de 2017 (2017.2), de janeiro a junho de 2018 (2018.1) e de julho a dezembro de 2018 (2018.2).

Os relatórios do PMAP estratificam a atividade pesqueira em dois grandes grupos, a pesca industrial e a pesca artesanal.

A pesca industrial é caracterizada por ser efetuada por embarcações de médio e grande porte, normalmente possuindo grande mobilidade, sistema de conservação do pescado a bordo e condições para maior autonomia por viagem. Faz uso de aparelhos de pesca de tecnologia complexa, com maior poder de pesca, operando tanto em águas costeiras quanto oceânicas. As embarcações não têm vinculação com comunidades litorâneas, podem utilizar portos de descarga distantes dos portos de origem e sua produção pode ser comercializada em escala local, regional, nacional ou mesmo exportada para outros países.

Por exclusão, toda a pesca não classificada como industrial foi considerada pesca artesanal possuindo as seguintes características: i) pode ser realizada com embarcações de pequeno porte ou até mesmo sem embarcação; ii) utiliza aparelhos de pesca manuais ou de menor poder de pesca; iii) opera em áreas costeira e estuarina; e iv) em geral é vinculada a comunidades pesqueiras tradicionais com elementos culturais próprios, gerando produtos consumidos localmente ou regionalmente.

Os relatórios do PMAP agrupam os municípios da RH-V em duas principais regiões, a Região Metropolitana I, composta por Maricá, Niterói, São Gonçalo e Itaboraí e a Região Metropolitana II, composta por Magé, Duque de Caxias e Rio de Janeiro. Em termos de valores médios dos três relatórios, a Região Metropolitana I apresenta atividade pesqueira artesanal e industrial, representando, em média, 52% da produção estimada para o estado no período de análise, sendo os municípios de São Gonçalo e Niterói responsáveis por cerca de 60% do total da pesca industrial no estado. A Região Metropolitana II apresenta atividade pesqueira apenas artesanal, representando cerca de 3%, em média, de toda a produção no estado no período.

O Quadro 4.36 apresenta a quantidade de locais de descarga, identificados no PMAP, e as categorias de pesca presentes em cada município. Os Quadro 4.37 e Quadro 4.38 apresentam, respectivamente, dados da produção pesqueira artesanal e industrial em cada relatório do PMAP, por município, com o mês com pico de

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

produção, total descarregado em toneladas, a principal espécie descarregada e o quanto ela representa do total no período.

QUADRO 4.36 – QUANTIDADE DE LOCAIS DE DESCARGA DE PEIXES NA RH-V

Município	Locais de descarga	Categorias de pesca
Maricá	4	Exclusivamente artesanal
Niterói	24	Artesanal e industrial
São Gonçalo	8	Predominantemente industrial
Itaboraí	2	Exclusivamente artesanal
Magé	15	Exclusivamente artesanal
Duque de Caxias	2	Exclusivamente artesanal
Rio de Janeiro	31	Exclusivamente artesanal

Fonte: PMAP-RJ (2018a, 2018b, 2019).

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 4.37 – DADOS DA PESCA ARTESANAL NA RH-V

Município	Mês com pico de produção			Total produzido (t)			Espécie principal (%)		
	2017.2	2018.1	2018.2	2017.2	2018.1	2018.2	2017.2	2018.1	2018.2
Maricá	Dezembro	Janeiro	Novembro	170	54	64	Corvina (19%)	Corvina (25%)	Olho-de-cão (19%)
Niterói	Agosto	Maio	Outubro	1054	2138	1757	Sardinha-verdadeira (18%)	Savelha (38%)	Sardinha-boca-torta (72%)
São Gonçalo	Julho	Junho	Novembro	891	318	562	Sardinha-boca-torta (25%)	Sardinha-boca-torta (22%)	Sardinha-boca-torta (22%)
Itaboraí	Dezembro	Janeiro	Agosto	16	23	24	Caranguejo-uçá (38%)	Caranguejo-uçá (66%)	Caranguejo-uçá (42%)
Magé	Setembro	Março	Agosto	388	549	320	Tainha (34%)	Caranguejo-uçá (52%)	Tainha (37%)
Duque de Caxias	Não informado*	Não informado	Não informado	21*	14	18	Caranguejo-uçá (59%)	Caranguejo-uçá (59%)	Tainha (42%)
Rio de Janeiro	Novembro	Março	Novembro	254	371	304	Tainha (27%)	Tainha (42%)	Tainha (44%)

*Duque de Caxias possuí apenas 4 meses de monitoramento no período 2017.1, devido a dificuldades operacionais do monitoramento.

QUADRO 4.38 – DADOS DA PESCA INDUSTRIAL NA RH-V

Município	Mês com pico de produção			Total produzido (t)			Espécie principal (%)		
	2017.2	2018.1	2018.2	2017.2	2018.1	2018.2	2017.2	2018.1	2018.2
Niterói	Agosto	Janeiro	Julho	4602	6175	1728	Sardinha-verdadeira (42%)	Cavalinha (32%)	Sardinha-boca-torta (20%)
São Gonçalo	Agosto	Abril	Agosto	6447	7189	3925	Sardinha-boca-torta (59%)	Sardinha-boca-torta (45%)	Sardinha-boca-torta (53%)

*Maricá, Itaboraí, Magé, Duque de Caxias e Rio de Janeiro não registraram atividade de pesca industrial no período.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

4.4.4 Navegação

Segundo ANA (2005) a utilização de corpos de água para fins de navegação pode gerar impactos durante a operação do transporte pelas vias navegáveis, principalmente, na ocasião da ocorrência de acidentes hidroviários e quando da execução de melhorias e manutenção das vias navegáveis, como na realização de dragagens, derrocamentos, canais laterais, construção de barragens, entre outros.

Além disso, apesar da navegação não se tratar de um uso consuntivo, é um uso que demanda assegurar a navegabilidade, como o nível da água suficiente para garantir o calado, limitando, eventualmente, outras finalidades de uso da água no corpo hídrico.

O Quadro 4.39 apresenta as instalações portuárias, localizadas na RH-V, com ao menos um registro de atividade portuária nos últimos 10 anos e o movimento de carga, expresso em toneladas (embarcadas e desembarcadas), no ano de referência, com os dados atualizados disponíveis no *website* da Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ).

QUADRO 4.39 – INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS NA RH-V E SUAS CARACTERÍSTICAS

Instalação portuária	Município	Tipo	Movimentação portuária (t)	Ano de referência
Terminal Flexível de GNL da Baía da Guanabara	Rio de Janeiro	Privado	479,009	2018
Brasco Rio	Rio de Janeiro	Privado	23,176	2014
Terminal Ilha do Governador	Rio de Janeiro	Privado	199,870	2019
Estaleiro Renave	Niterói	Privado	707	2017
Terminal Portuário Estaleiro Brasa	Niterói	Privado	7,949	2016
Mac Laren Oil Estaleiros	Niterói	Privado	18,722	2019
Terminal CCPN	Niterói	Privado	149,862	2019
UTC Engenharia	Niterói	Privado	0	2019
Cosan Lubrificantes e Especialidades	Rio de Janeiro	Privado	220,425	2019
Terminal Aquaviário de Ilha Redonda	Rio de Janeiro	Privado	93,918	2019
Terminal Aquaviário da Ilha D'Água	Rio de Janeiro	Privado	16,177,293	2019
Terminal Portuário Wellstream – TPW	Niterói	Privado	469,112	2019
Terminal Marítimo Braskem	Duque de Caxias	Privado	127,269	2019
Terminal Aquaviário da Ilha Comprida	São Gonçalo	Privado	21,010	2015
Terminal Estaleiro Mauá	Niterói	Privado	605	2014
Terminal Portuário Estaleiro Brasa	Niterói	Privado	7,949	2016

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

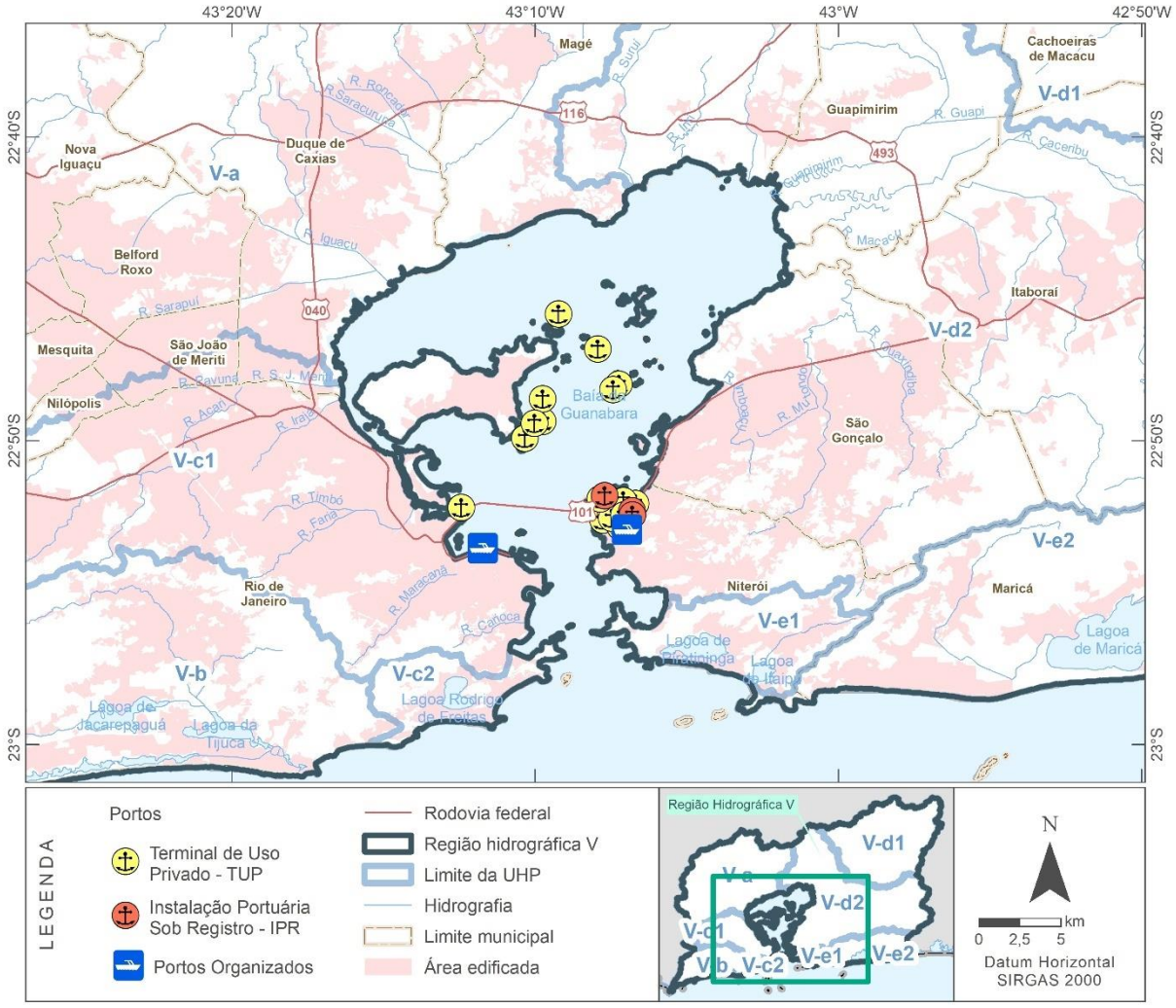
Instalação portuária	Município	Tipo	Movimentação portuária (t)	Ano de referência
Terminal Marítimo Ponte do Thun	Rio de Janeiro	Privado	84,624	2019
Niterói	Niterói	Público	12,553	2019
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Público	7,135,198	2019

Nota: As instalações Porto Novo Rio, Estaleiro TCE e Brasco Logística Offshore, apesar de identificados na base da ANTAQ, não possuem dados de movimentação portuária disponíveis.

Fonte: ANTAQ (2020).

A grande maioria dos portos encontram-se no espelho da Baía de Guanabara, onde ocorre navegação local, de longo curso, de passageiros e de cargas (PRH Guanabara, 2005). A Figura 4.48 apresenta a localização dos portos públicos, privados e em registro na RH-V, conforme dados da ANTAQ. Os dados apontam a existência dessas estruturas aquaviárias somente no espelho da Baía de Guanabara.

FIGURA 4.48 – PORTOS NA RH-V



Fonte: ANTAQ (2016)

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Percebe-se que a navegação em vias interiores na RH-V, para fins comerciais, possui pouca relevância quando comparada às demais categorias de transporte, analisando o total de carga transportado. Essa informação vai de encontro ao apontado no PERHI-RJ (2014):

> "Do ponto de vista da navegabilidade os rios do estado não são favoráveis à navegação para fins comerciais, sendo mais comumente utilizados em atividades de lazer e principalmente por embarcações de pequeno porte usadas na pesca artesanal."

E ainda, com o apontado no PRH da Baía de Guanabara (2005):

> "A navegação fluvial ocorre praticamente apenas nas áreas sujeitas à variação da maré, junto às desembocaduras dos rios".

Portanto, conclui-se que a navegação e as consequências de seu uso pouco afetam as águas interiores da bacia, com exceção do espelho da Baía de Guanabara, onde esse uso é bastante presente e intenso.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

5 BALANÇO HÍDRICO

5.1 BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO

5.1.1 Balanço hídrico superficial

O balanço hídrico é o resultado da soma das disponibilidades e demandas em uma bacia. O valor resultante do balanço hídrico é apresentado conforme a equação:

$$Q_{BH} = Q_{DH} - Q_D + Q_R + Q_{gua} - Q_{pgua}$$

Onde:

Q_{BH} = Vazão resultante do balanço hídrico;

Q_{DH} = Vazão referente a 40% disponibilidade hídrica ($Q_{95\%}$);

Q_D = Vazão referente a demanda potencial;

Q_R = Vazão de retorno;

Q_{gua} = Vazão disponível a partir da água captada da ETA Guandu;

Q_{pgua} = Vazão referente as perdas de água captada da ETA Guandu.

Para o cálculo do balanço hídrico na RH-V foi necessário escolher um dos cenários de demandas apresentados. O segundo cenário, aquele que considera a demanda total estimada através do método indireto para a população urbana da RH-V foi o escolhido por apresentar valores de demandas mais críticas e mais próximas à realidade para o balanço hídrico. A Q_{DH} é dada conforme a Resolução de nº 162 de 2018 do INEA.

Para calcular a Q_{pgua} foi necessário estimar um índice de perdas de água na distribuição por UHP. O índice é estimado a partir dos dados fornecidos pelo SNIS, ano de base 2018, por meio da equação (SNIS, 2019):

$$Índice\ de\ perda\ na\ distribuição = \frac{(AG006 + AG018 - AG010 - AG024)}{(AG006 + AG018 - AG024)} * 100$$

Onde:

AG006: Volume de água produzido;

AG018: Volume de água consumido;

AG010: Volume de água tratada importada;

AG024: Volume de serviço.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Os volumes de água produzidos, consumidos, tratados, importado e de serviço, foram estimados considerando a população urbana de cada município em cada UHP. Os índices de perda na distribuição de água são apresentados no Quadro 5.1

QUADRO 5.1 – ÍNDICE DE PERDA NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR UHP

UHP	Nome da UHP	Perdas
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	13%
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	29%
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão	46%
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	29%
V-d1	Rio Macacu	14%
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	16%
V-e1	Lagoas de Niterói	32%
V-e2	Lagoa de Maricá	51%

Fonte: SNIS (2019).

O resultado do balanço hídrico por UHP é apresentado no Quadro 5.2. É possível observar uma grande dependência do Sistema Guandu nas UHPs V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) e V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), além da baixa disponibilidade hídrica em UHPs como V-e1 (Lagoas de Niterói) e V-e2 (Lagoa de Maricá). É importante notar, também, que nas UHPs atendidas pelo Sistema Guandu há uma alta vazão de retorno, maior que a disponibilidade da UHP.

O Quadro 5.3 apresenta o balanço hídrico a partir das bacias hidrográficas dos sistemas de abastecimento de água. Como algumas áreas de contribuição de algumas bacias são muito pequenas a disponibilidade também é, e os valores dos balanços hídricos para o Sistema Bela vista, Boa Vista, Santo Aleixo e Zacarias são negativos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 5.2 – BALANÇO HÍDRICO POR UHP

UHP		Área (km²)	Vazão disponível (L/S)	Demanda potencial (L/s)	Vazão de retorno (L/s)	Vazão Guandu (L/s)	Perdas de distribuição do Guandu (L/s)	Balanço hídrico (L/s)
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1109,83	4270,35	13337,39	10967,96	12438,00	1661,84	12677,08
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	315,60	1214,36	6387,63	5374,68	5527,80	1629,16	4100,05
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador e Ilha do Fundão	381,34	1467,31	15814,60	12916,01	21497,00	6335,62	13730,11
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	33,94	130,59	1373,94	1099,33	3497,20	1625,90	1727,28
V-d1	Rio Macacu	1071,57	4123,13	531,46	301,34	0,00	0,00	3893,00
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	1498,30	5765,08	6623,93	6331,07	0,00	0,00	5472,22
V-e1	Lagoas de Niterói	54,53	209,81	280,13	234,08	0,00	0,00	163,76
V-e2	Lagoa de Maricá	347,01	1335,20	377,96	368,20	0,00	0,00	1325,44

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 5.3 – BALANÇO HÍDRICO POR BACIA HIDROGRÁFICA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTOS

Sistema de abastecimento	Município	Curso de água	Área de contribuição (km²) - calculada	Vazão disponível (L/S)	Demanda potencial (L/s)	Vazão de retorno (L/s)	Balanço hídrico (L/s)
Sistema Bela Vista	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	0,2	0,75	5,2	4,16	-0,29
Sistema Boa Vista	Cachoeiras de Macacu	Córrego do Afonso	1,5	5,91	47,0	37,60	-3,49
Sistema Caceribu	Tanguá	Rio Caceribu	44,9	172,62	98,6	78,06	152,06
Sistema Córrego Grande	Cachoeiras de Macacu	Córrego Grande	4,3	16,66	71,0	56,80	2,46
Sistema Fazenda	Cachoeiras de Macacu	Córrego Acir	0,2	0,94	2,8	2,22	0,38
Sistema França	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	0,02	0,09	0,0	0,00	0,09
Sistema Lota	Cachoeiras de Macacu	Córrego Lota	0,10	0,38	0,4	0,31	0,30
Sistema Piabetá	Magé	Rio Cachoeira Grande	7,3	27,94	0,0	0,00	27,94
Sistema Posto Pena	Cachoeiras de Macacu	Rio Macacu	21,2	81,52	169,1	135,27	47,70
Sistema Rio Paraíso	Magé	Rio Paraíso	16,8	64,83	129,0	103,20	39,03
Sistema Rio Soberbo	Guapimirim	Rio Soberbo	15,9	61,07	0,0	0,00	61,07
Sistema Rio Souza	Cachoeiras de Macacu	Rio Souza	18,7	72,04	236,0	188,80	24,83
Sistema Santo Aleixo	Magé	Rio Pico	8,0	30,73	270,0	216,01	-23,30

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Sistema de abastecimento	Município	Curso de água	Área de contribuição (km²) - calculada	Vazão disponível (L/S)	Demanda potencial (L/s)	Vazão de retorno (L/s)	Balanço hídrico (L/s)
Sistema Santo Aleixo	Magé	Riacho da Lagoinha	0,4	1,43	0,0	0,00	1,43
Sistema Suruí	Magé	Rio Cachoeirinha	7,2	27,75	0,0	0,00	27,75
Sistema Tocas Tuim	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	1,3	5,14	12,2	9,76	2,69
Sistema Zacarias	Cachoeiras de Macacu	Córrego Cachorra	0,3	1,25	8,0	6,40	-0,36

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A fim de melhor visualização dos dados apresentados, os resultados são apresentados segundo o índice *Water Exploitation Index (WEI).* Este indicador pode identificar se as taxas de abstração da área em estudo são sustentáveis em longo termo. Tal índice é calculado por meio da razão entre a demanda e disponibilidade hídrica da área em estudo, sem considerar a vazão de retorno, uma vez que a metodologia do WEI considera apenas a água sem reuso.

$$WEI = \frac{Q_{dem}}{Q_{dis}}$$

Onde:

WEI = *Water Expoitation Index;*

Q_{dem} = Vazão demandada na área de estudo;

Q_{dis} = Vazão disponível na área de estudo.

O índice é utilizado pela ANA (2005) para avaliar a situação dos recursos hídricos no Brasil. A classificação de acordo com o índice *WEI* ocorre da seguinte maneira:

- < 5% - Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre;
- 5 a 10% - A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
- 10 a 20% - Preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- 20% a 40% - A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- > 40% - A situação é muito crítica.

O Quadro 5.4 apresenta os resultados por UHP. Segundo o índice *WEI* nenhuma UHP na RH-V apresenta uma situação excelente ou confortável. As melhores situações são das UHP V-d1 (Rio Macacu) e V-e2 (Lagoa de Maricá). As demais todas estão em situação muito crítica.

É importante destacar que mesmo as bacias que apresentam uma situação crítica demandam investimentos de grande magnitude e intensa atividade de gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que tais locais já sofrem com a falta

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

de água. Sem as intervenções necessárias, locais que apresentam dados críticos podem se tornar muito críticos e afetar ainda mais a disponibilidade hídrica da região hidrográfica como um todo.

QUADRO 5.4 – *WATER EXPLOITAITON INDEX* POR UHP

UHP		Área (km²)	*WEI*
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1109,83	89%
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	315,60	125%
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador e Ilha do Fundão	381,34	95%
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	33,94	69%
V-d1	Rio Macacu	1071,57	13%
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	1498,30	115%
V-e1	Lagoas de Niterói	54,53	134%
V-e2	Lagoa de Maricá	347,01	28%

O índice *WEI* classifica apenas a bacia do Sistema França, Piabetá, Rio Soberbo, Santo Aleixo, Suruí como excelente. As demais bacias estão em situação muito crítica, conforme o Quadro 5.5.

QUADRO 5.5 – RELAÇÃO DEMANDA POR DISPONIBILIDADE HÍDRICA POR BACIAS HIDROGRÁFICAS NO PONTOS DE CAPTAÇÃO

Sistema de abastecimento	Município	Curso de água	*WEI*
Sistema Bela Vista	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	693%
Sistema Boa Vista	Cachoeiras de Macacu	Córrego do Afonso	795%
Sistema Caceribu	Tanguá	Rio Caceribu	57%
Sistema Córrego Grande	Cachoeiras de Macacu	Córrego Grande	426%
Sistema Fazenda	Cachoeiras de Macacu	Córrego Acir	296%
Sistema França	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	1%
Sistema Lota	Cachoeiras de Macacu	Córrego Lota	104%
Sistema Piabetá	Magé	Rio Cachoeira Grande	0%
Sistema Posto Pena	Cachoeiras de Macacu	Rio Macacu	207%
Sistema Rio Paraíso	Magé	Rio Paraíso	199%
Sistema Rio Soberbo	Guapimirim	Rio Soberbo	0%
Sistema Rio Souza	Cachoeiras de Macacu	Rio Souza	328%
Sistema Santo Aleixo	Magé	Rio Pico	879%
Sistema Santo Aleixo	Magé	Riacho da Lagoinha	0%

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Sistema de abastecimento	Município	Curso de água	*WEI*
Sistema Suruí	Magé	Rio Cachoeirinha	0%
Sistema Tocas Tuim	Cachoeiras de Macacu	Córrego Tocas	238%
Sistema Zacarias	Cachoeiras de Macacu	Córrego Cachorra	642%

Os resultados apresentados nos Quadro 5.4 e Quadro 5.5 podem ser visualizados no Mapa 7 e Mapa 8, respectivamente. Conforme os dados apresentados das estações pluviométricas pelo Quadro 2.18 e a Figura 2.38 era esperado que a UHP V-d1 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá) apresentasse uma relação melhor e menos crítica entre a demanda pela disponibilidade hídrica, além de ser uma região menos urbanizada. É importante observar que a maioria dos rios na RH-V não são extensos, ou seja, apresentam uma pequena área de drenagem, que influencia diretamente na baixa disponibilidade hídrica da região.

Os corpos de água apresentam baixa capacidade de produção hídrica. É notável que os sistemas apresentam situação crítica e uma demanda alta a partir da sua disponibilidade.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O ÍNDICE WATER EXPLOITATION INDEX POR UHP

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

MAPA 07

V-a
V-b
V-c1
V-c2
V-d1
V-d2
V-e1
V-e2

Nova Friburgo
Teresópolis
Paraíba do Sul
Paty do Alferes
Vassouras
Petrópolis
Engenheiro Paulo de Frontin
Miguel Pereira
Cachoeiras de Macacu
Silva Jardim
Guapimirim
Nova Iguaçu
Duque de Caxias
Magé
Japeri
Queimados
Belford Roxo
São João de Meriti
Mesquita
Nilópolis
Rio de Janeiro
São Gonçalo
Itaboraí
Tanguá
Rio Bonito
Saquarema
Maricá
Niterói
Baía da Guanabara
Oceano Atlântico

LEGENDA

Classificação Water Exploitation Index (WEI)
- < 5% (excelente)
- 10 a 20% (preocupante)
- 5 a 10 % (confortável)
- 20 a 40 % (crítica)
- > 40 % (muito crítica)

- Rodovia federal
- Rodovia estadual
- Ferrovia
- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Hidrografia
- Limite municipal
- Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

ESCALA 1:320.000
0 2,5 5 10 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Índice WEI: RHA, 2020
INEA, 2019; SMAC, 2020
UHP: INEA
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
Limite municipal: CEPERJ, 2018
UF e áreas edificadas: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA Recursos Hídricos e Ambientais

Tema:
RECURSOS HÍDRICOS

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O ÍNDICE WATER EXPLOITATION INDEX DAS BACIAS DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO D'ÁGUA

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

MAPA
08

LEGENDA

Bacias de Contribuição Classificação Water Exploitation Index (WEI)
- < 5% (excelente)
- 5 a 10 % (confortável)
- 10 a 20 % (preocupante)
- 20 a 40 % (crítica)
- > 40 % (muito crítica)

Pontos de captação d'água
Rodovia federal
Rodovia estadual
Ferrovia
Região hidrográfica V

Limite da UHP
Hidrografia
Limite municipal
Área edificada
Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

ESCALA
1:320.000
0 2,5 5 10 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Índice WEI: RHA, 2020
Pontos de captação: PMSB, 2013
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
UF e áreas edificadas: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA Recursos Hídricos e Ambientais

5.1.2 Balanço hídrico subterrâneo

Para se avaliar com segurança os fluxos de água entre os reservatórios subterrâneos e superficiais e seus estoques, há que se ter em mãos informações nem sempre disponíveis com a precisão mínima necessária da região que se pretende abordar.

No caso da água subterrânea, o conhecimento necessário para o balanço hídrico passa pela disponibilidade de dados sobre as características básicas dos aquíferos, que são a sua extensão territorial e capacidade de armazenar água. A capacidade de armazenamento depende dos volumes disponíveis e estes da porosidade e da intercomunicação entre os poros. Estes, na região, não são minimamente conhecidos com o detalhe necessário, principalmente no caso dos aquíferos do domínio fissural. Mesmo os aquíferos do domínio poroso são conhecidos, em parte, apenas em alguns casos e em pequena escala.

Devido a esta carência de informações as estimativas dos estoques e fluxos de água em uma região como a RH-V podem ser feitas de uma maneira bastante geral, utilizando-se de dados levantados no conjunto dos poços existentes, como aponta Costa (1988). Para tal, necessita-se das informações disponíveis nos bancos de dados.

Considerando os valores registrados no Quadro 3.11 obtidos de descarga média registrada em 286 poços, de 4,9542 m^3/h, um tempo médio de bombeamento de 8,46 h/dia tem-se uma descarga total diária de 9.966,73 m^3 e anual de 3.637.854,99 m^3 que seria a **disponibilidade efetiva** (COSTA, 1998). A **descarga instalada** (FEITOSA, 2008), considerando a produção medida nos poços instalados, de modo contínuo, seria de 2.411.930,1 m^3/ano.

Levando em consideração que consta o registro de 2.332 poços para os quais se estabeleceu valores de outorga e aplicando as médias referidas para a vazão e para os tempos de bombeamento, a **disponibilidade efetiva** anual seria de 35.644.864,9 m^3/ano. Estimando a **descarga instalada** com base na produção contínua dos 2.332 poços, obtém-se um volume de 101.204.969 m^3/ano.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

5.1.3 Balanço hídrico dos sistemas de abastecimento integrados

O PERHI-RJ (2014) faz uma avaliação dos principais sistemas de abastecimento do estado. Entre os sistemas avaliados estão os sistemas integrados que abastecem a RH-V, o Sistema Guandu/Lajes/Acari e o Sistema Imunana-Laranjal.

Para ambos os sistemas, o PERHI-RJ alerta para a necessidade de ampliação e aponta alternativas para possíveis expansões. É importante destacar que o Sistema Imunana-Laranjal apresentava déficit hídrico na época da elaboração do PERHI-RJ.

Apoiado nos estudos e alertas realizados pelo PERHI-RJ, este item busca avaliar hidricamente, de forma simplificada, os dois sistemas de abastecimento integrados da RH-V. As informações apresentadas neste item são originárias do SNIS (2019) e dos Planos Municipais de Saneamento Básico dos municípios pertencentes à RH-V.

Realizou-se um balanço hídrico simplificado com base nas entradas e saídas dos sistemas. A entrada considerada foi a vazão máxima captada em cada sistema e direcionada para a RH-V, visto que o Sistema Guandu/Lajes/Acari abastece outras regiões hidrográficas. As saídas consideradas são o consumo estimado pela população atendida e as perdas estimadas nos sistemas de abastecimento. Deve-se realçar que alguns munícipios têm outras fontes de abastecimento, para os quais levou-se em conta a parcela da população atendida pelos sistemas em avaliação, segundo os PMSBs. O balanço hídrico foi realizado de acordo com a equação abaixo:

$$BH = Q_{max.cap} - CE - PE$$

Onde:

BH – Balanço hídrico (L/s);
$Q_{max,cap}$ – Vazão máxima captada pelo sistema de abastecimento (L/s);
CE –Vazão de consumo estimada (L/s);
PE – Vazão das perdas estimadas (L/s).
Os resultados obtidos a partir dessa análise estão expostos no Quadro 5.6:

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

QUADRO 5.6 – BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO INTEGRADOS DA RH-V

Sistema de abastecimento	Município atendido*	Vazão máxima captada (L/s)	Saídas do Sistema (L/s)	Balanço Hídrico (L/s)
Sistema Guandu/ Lajes /Acari	Belford Roxo	50360	47279	**3081**
	Duque de Caxias			
	Nilópolis			
	São João do Meriti			
	Nova Iguaçu			
	Rio de Janeiro			
	Mesquita			
Sistema Imunana-Laranjal	Niterói	7000	6249	**751**
	São Gonçalo			
	Itaboraí**			
	Ilha de Paquetá (Rio de Janeiro)			
	Maricá**			

*Foi considera a população atendida pelos sistemas de abastecimento**Segundo seus planos municipais Maricá e Itaboraí são atendidos parcialmente pelo Sistema Imunana-Laranjal, apenas a parte atendida foi considerada.

A partir do balanço hídrico é notável que ambos os sistemas estão operando sob condições não ideais, com menos de 15% de folga para sua vazão máxima. Deve-se destacar que foram utilizados os consumos médios diários para a estimativa, de modo que em dias de maior consumo os sistemas podem atuar sob maior estresse do que a análise apresenta.

5.2 BALANÇO HÍDRICO QUALITATIVO

O balanço hídrico qualitativo foi realizado buscando-se relacionar as cargas de DBO remanescentes lançadas, por UHP, com a disponibilidade hídrica em uma situação extrema de estiagem (40% da Q_{95}) e em uma situação de vazões médias (Q_{MLT}). Assim, os resultados apresentam a carga de DBO, em miligramas por segundo, sobre a vazão (Q_{95} e Q_{MLT}), em litros por segundo, resultando em valores de concentração de DBO, em miligramas por litro.

Embora existam outros parâmetros físico-químicos que podem ser considerados para avaliar a diluição dos efluentes, nesta análise considerou-se somente a DBO para compatibilizar com as estimativas de lançamento de efluentes realizadas anteriormente. Além disso, o próprio cadastro de usuários apresenta concentrações somente da DBO, sendo pertinente a atualização dos critérios de outorga para incluir outros parâmetros.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Para auxiliar na análise destes resultados, foi utilizada como referência a Resolução CONAMA nº 357/2005, alterada pelas Resoluções nº 410/2009 e nº 430/2011, que estabelece condições e padrões para cada classificação de enquadramento das águas doces. Estes limites para a DBO estão apresentados no Quadro 5.7.

QUADRO 5.7 – LIMITES DE CONCENTRAÇÃO DE $DBO_{5,20}$ POR CLASSE DE RIO, SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005

Classe	Limite de $DBO_{5,20}$[1] (mg/L)
1	3
2	5
3	10
4	≥10

[1] DBO após 5 dias a 20°C.

Cabe destacar que essa referência de classificação foi utilizada somente para auxiliar a análise dos resultados do balanço hídrico, não sendo, evidentemente, o enquadramento dos corpos hídricos propriamente dito. Ainda, nesta análise é desconsiderada a capacidade de autodepuração dos rios em degradar a matéria orgânica lançada.

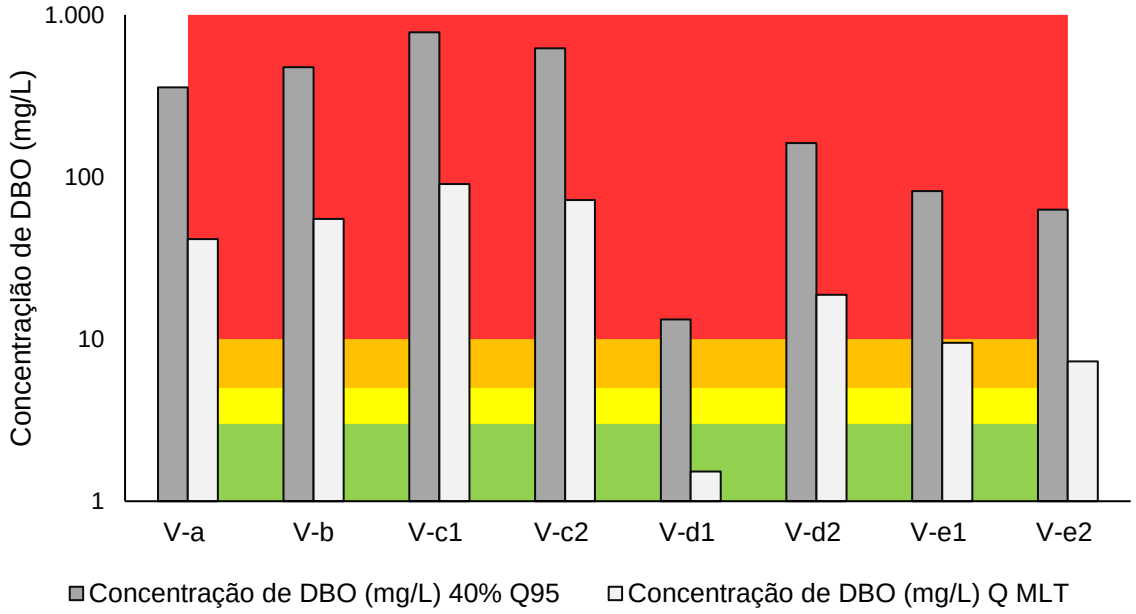
Os resultados do balanço hídrico qualitativo estão apresentados no Quadro 5.8 e na Figura 5.2, considerando as mesmas cores, referentes às classes, apresentadas no Quadro 5.7. Os resultados espacializados estão apresentados na Figura 5.1.

QUADRO 5.8 – CONCENTRAÇÃO DE DBO E LIMITES DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO PARA CADA UHP

UHP		Concentração de DBO (mg/L)	
		40% Q_{95}	Q_{MLT}
V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	357,0	41,3
V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	475,5	55,1
V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador e Ilha do Fundão	779,4	90,3
V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	622,5	72,1
V-d1	Rio Macacu	13,2	1,5
V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá	161,7	18,7
V-e1	Lagoas de Niterói	81,9	9,5
V-e2	Lagoa de Maricá	62,9	7,3

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

FIGURA 5.1 – CONCENTRAÇÃO DE DBO E LIMITES DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO PARA CADA UHP



Considerando a disponibilidade hídrica da RH-V (40% da Q_{95}), todas as UHPs apresentam concentrações relativas à classe 4, indicando um cenário crítico relacionado à capacidade de diluição de efluentes dos corpos hídricos da região. A exceção da UHP V-d1 (Rio Macacu), nas demais UHPs os usos domésticos são responsáveis por mais de 95% das cargas de DBO lançadas, sendo o grande causador da poluição evidenciada nestes resultados. Na UHP V-d1, os usos domésticos são responsáveis por aproximadamente 65% da carga de DBO lançada.

A UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador e Ilha do Fundão) apresenta a situação mais crítica, com concentração de DBO de aproximadamente 780 mg/L considerando a vazão de referência, seguida da UHP V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), com concentração de aproximadamente 620 mg/L e da UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), com cerca de 480 mg/L. Destaca-se que estes resultados consideram a vazão para a estimativa da concentração.

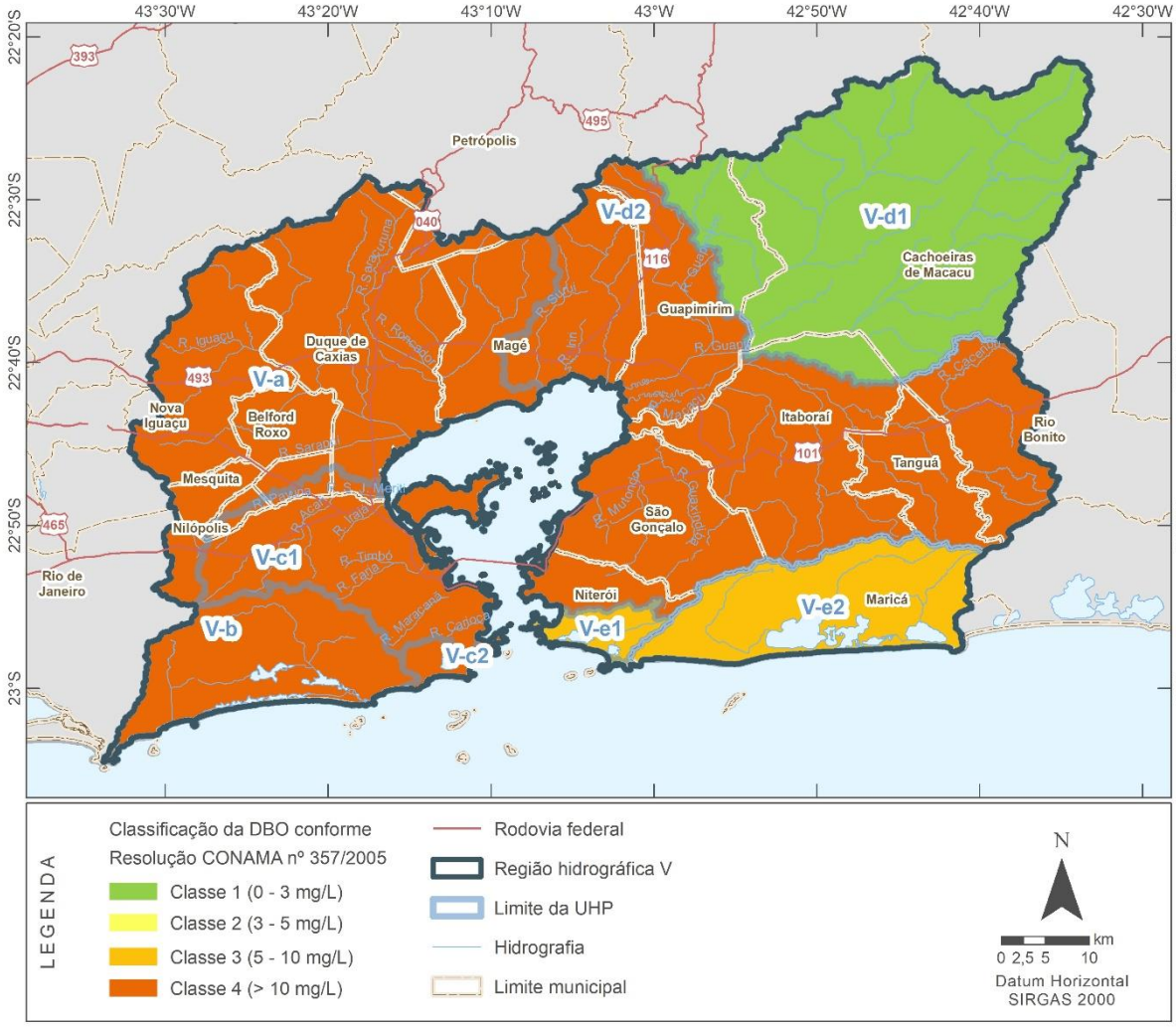
Considerando a vazão média de longo termo, Q_{MLT}, a situação permanece semelhante para as UHPs V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna), V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã; Ilha do Governador e Ilha do Fundão), V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) e V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá), com concentrações relativas à

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

classe 4, ou seja, concentrações de DBO superiores a 10 mg/L. Já a UHP V-d1 (Rio Macacu) passa a se classificar como classe 1 (valores inferiores a 3 mg/L), e as UHPs V-e1 (Lagoas de Niterói) e V-e2 (Lagoa de Maricá) como classe 3 (valores inferiores a 10 mg/L).

Já é sabido que a disponibilidade hídrica da bacia não é suficiente para fornecer água para o abastecimento público, uma vez que a água que abastece a maioria da população da RH-V é proveniente da bacia hidrográfica do rio Guandu (RH-II). A partir desses resultados, evidencia-se, também, que a disponibilidade hídrica dos rios da bacia não é suficiente para diluir a carga orgânica lançada especialmente pelos usos domésticos, visto que as concentrações de DBO atingiram resultados significativos considerando cenários críticos de estiagem (utilizando a vazão mínima de referência).

FIGURA 5.2 – CLASSE DE ENQUADRAMENTO PARA CADA UHP CONSIDERANDO A CONCENTRAÇÃO DE DBO E A VAZÃO MÉDIA DE LONGO TERMO



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico quantitativo expõe a grave condição hídrica da RH-V. É notável um desequilíbrio entre os volumes e vazões demandados e disponíveis para atendimento dos usos múltiplos desenvolvidos na área de estudo.

Para a mitigação e correção desse desequilíbrio hídrico, medidas de controle, estruturais e não estruturais, podem ser implementadas. As medidas não estruturais estão relacionadas às ações que não necessitam de obras para sua efetivação e não interferem nos sistemas fluviais de forma direta. Tais ações buscam alinhar a gestão de recursos hídricos com práticas sustentáveis: disciplinar a ocupação territorial, introduzir práticas de conservação e educação ambiental. Por sua vez, medidas estruturais podem ser definidas como intervenções relacionadas às obras para o melhoramento da disponibilidade hídrica, de maneira direta ou indireta (CANHOLI, 2015). A combinação de medidas estruturais e não estruturais pode apresentar resultados significativamente positivos para a gestão de recursos hídricos da RH-V.

Uma medida não estrutural de possível implementação é a conscientização e reeducação quanto ao consumo *per capita* praticado na área de estudo, o qual, atualmente, apresenta valores elevados, com destaque para os municípios do Rio de Janeiro e de Duque de Caxias. Há a adoção de tarifas sociais para as famílias de baixa renda. A associação, por comunidade de baixa renda, da ligação das casas a rede com a melhora da oferta e da qualidade de água podem contribuir para redução das perdas por faturamento, bem como atribuir um valor econômico ao bem natural que contribui com racionalização. Tais medidas podem ser associadas a uma ação estrutural que possibilite o reuso de água em setores de produção, o que diminuiria a demanda hídrica.

No âmbito do manejo de águas pluviais e áreas próximas aos corpos hídricos, a implementação de soluções baseadas na natureza e técnicas de infraestrutura verde são alternativas de grande eficácia. Ações que busquem readequação e paisagismo das faixas marginais a corpos de água, recuperação de áreas degradadas, retenção e infiltração dos volumes de chuva, abatimento das vazões de pico e combate à poluição difusa devem ser estimuladas. Tais ações podem resultar em uma melhoria da saúde ambiental e humana, mitigação e redução de enchentes e inundações, manutenção e recuperação das nascentes e preservação de ecossistemas.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

As ações de manejo de águas pluviais e áreas próximas a corpos hídricos estão em concordância com as Estratégias para Gerenciamento Ambiental Compartilhado dos Sistemas Lagunares de Itaipu e Piratininga e da Bacia hidrográfica (EGCL) que poderão ser estendidas a toda a RH-V, configurando exemplos a serem utilizados no desenvolvimento do Plano de Ações.

Outra associação de medidas estruturais e não estruturais, com resultado direto sobre o balanço hídrico quantitativo, é a redução de perdas nos sistemas de abastecimento público.

Os níveis de perdas chegam aos 51% (UHP V-e2 – Lagoa de Maricá) na RH-V, considerados extremamente altos. A *American Water Works Association* relata que um índice de perdas igual ou menor a 10% é o ideal para a operação de sistemas de abastecimento. Há uma proposição, no PDRH-BG de 2005, que as perdas não ultrapassassem 30% até o ano de 2020, o que reduziria as perdas em 25% em um horizonte de 15 anos. Como verificado no balanço hídrico, esse objetivo não foi alcançado. Ou seja, além da meta não ser alcançada, os valores atuais diagnosticados apresentam-se bastante elevados principalmente nos municípios de Maricá, Niterói, Duque de Caxias, Nilópolis, São João de Meriti Guapimirim, Magé e Tanguá (municípios com perdas físicas acima de 30%).

Medidas que resultem em uma diminuição significativa das perdas nos sistemas de abastecimento público são essenciais para a sustentabilidade hídrica da RH-V.

Ainda na esfera do combate a possíveis déficits hídricos nos sistemas de abastecimento, o PDRH-BG de 2005 concebeu a análise de alternativas de incremento da vazão disponível. Juntamente, o PERHI-RJ e PDUI sugerem outras medidas estruturais para promover o aumento da segurança hídrica dos sistemas de abastecimento de água da RH-V. Algumas das medidas apresentadas são:

- Obra de transferência de vazão do rio Caceribu para o Sistema Imunana (PDRH-BG, 2005);
- Ampliação de captação do sistema Magé/Suruí (PDRH-BG, 2005);
- Ampliação de captação do sistema Tanguá
- Implantação da barragem Rio Major Archer, em Duque de Caxias;
- Implantação da barragem no Rio Guapiaçu, em Cachoeira de Macacu;

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

- Promover a utilização da barragem de Juturnaíba, por meio de recuperação e reforma para aumento de disponibilidade do Sistema Imunana/Laranjal;
- Promover estudos visando a implantação de pequenas represas junto à Serra do Mar;
- Promover estudos, projetos e a implantação de obras para o sistema Imunana-Laranjal e demais sistemas isolados.

Além das medidas propostas há uma avaliação de mananciais alternativos de abastecimento que podem contribuir para o aumento da oferta hídrica na RH-V (Quadro 5.9).

QUADRO 5.9 – MANANCIAIS ALTERNATIVOS PARA ABASTECIMENTO DA RH-V

Sistema	Município	Manancial Alternativo
Sistemas Isolados	Guapimirim	Próprio rio Soberbo, manancial já utilizado, porém com captação situada mais à jusante.
	Magé	Rios Estrela, Suruí, Irirí e Macacu.
	Maricá	Próprio rio Ubatiba (ampliação da captação já realizada), o Caceribu ou ainda o abastecimento por Juturnaíba
	Tanguá	Indica-se, como manacial alternativo, o rio Caceribu ou ainda o abastecimento por Juturnaíba.
Sistema Imunana-Laranjal	---	Rio Guapi-Açu (prioritário) e alternativas complementares: Reservatório de Juturnaíba; Reservatório de Lajes; Rio Grande.

Fonte: ANA (2010); COPPETEC (2014).

Finalmente, há alternativas estruturais, além das já apresentadas por outros planos, capazes de aumentar a oferta hídrica dos sistemas de abastecimento. Sistemas de dessalinização de água do mar são uma opção viável a curto e médio prazo. Como medida não estrutural, um Plano de Segurança Hídrica é fundamental para melhora do balanço hídrico da região. Tal ferramenta permitirá a avaliação e gestão do risco associado aos recursos hídricos, para garantir o planejamento hídrico, de maneira quali-quantitativa, da região em estudo.

Em relação ao balanço qualitativo, foi observado que os rios da bacia não são capazes de diluir a carga orgânica lançada, especialmente no que se refere aos lançamentos irregulares de efluentes domésticos. No diagnóstico atual da bacia a infraestrutura precária de coleta e tratamento de esgoto é a maior contribuinte para o estado crítico da qualidade da água, de forma que as medidas a serem tomadas

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

refletem em uma evolução dirigida na infraestrutura sanitária. Como alternativa, há a promoção de redes de tempo seco em locais com sistema separador absoluto atualmente existente ou em implementação, e assim interceptar as redes de drenagem e organizar os escoamentos para tratamento (PDUI, 2014), além da implantação de cinturão interceptor das redes de drenagem da RH-V, que atualmente recebem grandes volumes de ligações clandestinas.

Como medidas não estruturais, a implantação de soluções baseadas na natureza e técnicas de infraestrutura verde, como citadas nas medidas para aumento da oferta hídrica, também poderão guiar ações para melhoria da qualidade da água. Assim, além da ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto e implantação de cinturão de tempo seco, cita-se outras medidas como: melhorias nos canais que ligam as lagoas entre si e ao oceano; manejo do lodo das estações de tratamento de esgoto; desassoreamento e remoção do lixo acumulado no sedimento dos rios e lagoas; melhorias na coleta de resíduos sólidos; demarcação física, readequação e paisagismo das Faixas Marginais de Proteção. Cabe destacar, também, o projeto “Se liga” da cidade de Niterói que busca identificar, conscientizar, notificar e, em último caso, autuar os imóveis que não estão ligados à rede coletora de esgoto, que poderá ser estendido a toda RH-V.

Cabe destacar, que após a prospecção dos cenários tendenciais e alternativos, no “RP-03 - Relatório do Prognóstico” do PRH-BG, será apresentado, em capítulo exclusivo, as estratégias das disponibilidades com as demandas, focando nas alternativas de incremento da disponibilidade, redução das demandas e redução de carga poluidora. Todas as ações a serem proposta estarão discriminadas nos produtos subsequente, no Plano de Ações.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

6 ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA

Os dados e informações apresentados neste capítulo são extraídos do Plano Nacional de Segurança Hídrica (2019) e do Manual Metodológico – Índice de Segurança Hídrica (2019), ambos elaborados pela ANA.

A Organização das Nações Unidas (ONU) define segurança hídrica como a disponibilidade quali-quantitativa de recursos hídricos suficiente para atender às necessidades humanas, ao desenvolvimento de atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos do local em estudo. Além disso, os recursos hídricos devem apresentar um nível aceitável de resiliência relacionado a secas e cheias.

O Índice de Segurança Hídrica (ISH) é composto a partir de uma avaliação desses dados dividindo-os em quatro dimensões de segurança hídrica igualmente importantes: Humana, Econômica, Ecossistêmica e Resiliência.

Alguns dos fatores que podem alterar o estado de equilíbrio da segurança hídrica é o aumento da demanda de água, a partir de um aumento populacional e do crescimento econômico, além de as mudanças climáticas e os seus efeitos associados a eventos hidrológicos extremos. Uma vez ocorridas essas perturbações no balanço hídrico, associadas à ausência de planejamento e ações institucionais, cenários de insegurança hídrica e a instalação de crises hídricas podem ocorrer.

O ISH foi concebido no âmbito do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) para retratar as diferentes dimensões da Segurança Hídrica dentro do território brasileiro.

6.1 METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA

A formação do ISH surge a partir da combinação das quatro dimensões, que, por sua vez, são divididas em indicadores. Os indicadores são constituídos de variáveis e atributos mensuráveis para a classificação da região. Os indicadores têm seus valores classificados em cinco níveis de segurança hídrica, com exceção ao indicador de segurança das barragens de rejeito, que apresenta três níveis diferentes.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Majoritariamente, as variáveis e os indicadores que compõem o ISH derivam da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e de estudos desenvolvidos pela ANA.

O valor do ISH é definido pela média aritmética dos resultados não nulos das 4 dimensões para cada área de contribuição hídrica (*ottobacia*) da base hidrográfica. O Quadro 6.1 apresenta as dimensões do ISH, bem como os indicadores que as compõem.

QUADRO 6.1 – DIMENSÕES COMPONENTES DO ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA

Indicadores do ISH	
Dimensão	**Indicador**
Humana	Garantia de água para abastecimento
	Cobertura da rede de abastecimento
Econômica	Garantia de água para Irrigação e Pecuária
	Garantia de água para atividade Industria
Ecossistêmica	Quantidade adequada de água para usos naturais
	Qualidade adequada de água para usos naturais
	Segurança de barragens de rejeito de mineração
Resiliência	Reservação artificial
	Reservação natural
	Potencial de armazenamento subterrâneo
	Variabilidade pluviométrica

Fonte: ANA (2020).

A dimensão humana avalia a oferta de água para abastecimento por meio da verificação da disponibilidade hídrica dos mananciais de abastecimento e sua capacidade de atender as demandas populacionais. A partir dessa quantificação, define-se os percentuais da população exposta a situações de desabastecimento e identificam-se regiões críticas.

A dimensão econômica avalia os setores agropecuário e industrial, por representarem os setores que mais se utilizam dos recursos hídricos no território nacional. A avaliação é feita para aferir os riscos que esses setores estão expostos face à volubilidade da oferta hídrica; esses riscos foram valorados por meio da quantificação das perdas econômicas resultantes.

A dimensão ecossistêmica verifica três indicadores relacionados à qualidade da água e ao meio ambiente, de forma a sinalizar a vulnerabilidade de mananciais para abastecimento humano e usos múltiplos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Por fim, a dimensão de resiliência do ISH mostra a potencial capacidade das reservas de água naturais e artificiais do Brasil de suprir as demandas e os múltiplos usos em períodos de estiagem e seca.

6.2 ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA DA RH-V

A avaliação e representação do ISH para a RH-V estão baseadas no levantamento realizado pela ANA no ano de 2015. Foram avaliadas as quatro dimensões do índice, bem como o resultado final para a região. O Mapa 9 apresenta as quatro dimensões componentes do ISH. O Mapa 10 mostra o ISH para a região.

Avaliando-se a dimensão humana do ISH pelo Mapa 9 nota-se uma situação crítica para a maior parte da RH-V, o que mostra uma pressão sobre os sistemas de abastecimento e expõe o risco de desabastecimento para a região em estudo. Esses dados corroboram com as informações apresentadas no tópico de balanço hídrico dos sistemas de abastecimento integrado e em outros documentos, como o PERHI-RJ, que apresentam um déficit em sistemas de abastecimento da região, como por exemplo o sistema Imunana-Laranjal.

Na dimensão econômica, o ISH indica uma situação mais alarmante na porção oeste da bacia, com melhores índices na porção leste, com exceção da UHP V-e2 (Lagoa de Maricá) que se apresenta como ponto de atenção. Os índices mais alarmantes podem estar relacionados à localização de indústrias na região de estudo.

A dimensão ecossistêmica apresenta resultados que indicam uma ameaça à qualidade ambiental, dos recursos hídricos e seus usos. Com destaque negativo para as UHPs V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão), V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) e V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas), essas regiões podem representar um risco maior à qualidade ambiental e hídrica devido à ocupação do solo. Há um destaque positivo para as UHPs V-d1 (Rio Macacu) e parte da V-a, (Rios Iguaçu e Saracuruna), possivelmente também relacionado ao uso do solo, uma vez que há áreas protegidas nessas regiões.

Finalmente a dimensão de resiliência apresenta índices médios, com alguns pontos com indicadores mais bem distribuídos pelas UHPs e alguns pontos de atenção na porção leste, próximos a nascentes e em torno da Baia de Guanabara.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

O Mapa 10, que apresenta o resultado final do ISH, mostra uma baixa segurança hídrica por grande parte da porção oeste da bacia e uma insegurança hídrica grande próximo à Baia de Guanabara, na porção leste. Há um destaque positivo para a UHP V-d1 (Rio Macacu) e parte da V-d2 (Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba; Ilha de Paquetá), contudo ações que aumentem a segurança hídrica na RH-V devem ser consideradas, para que haja manutenção dos locais com bom ISH e melhoramento de locais que apresentem ISH médio ou crítico.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

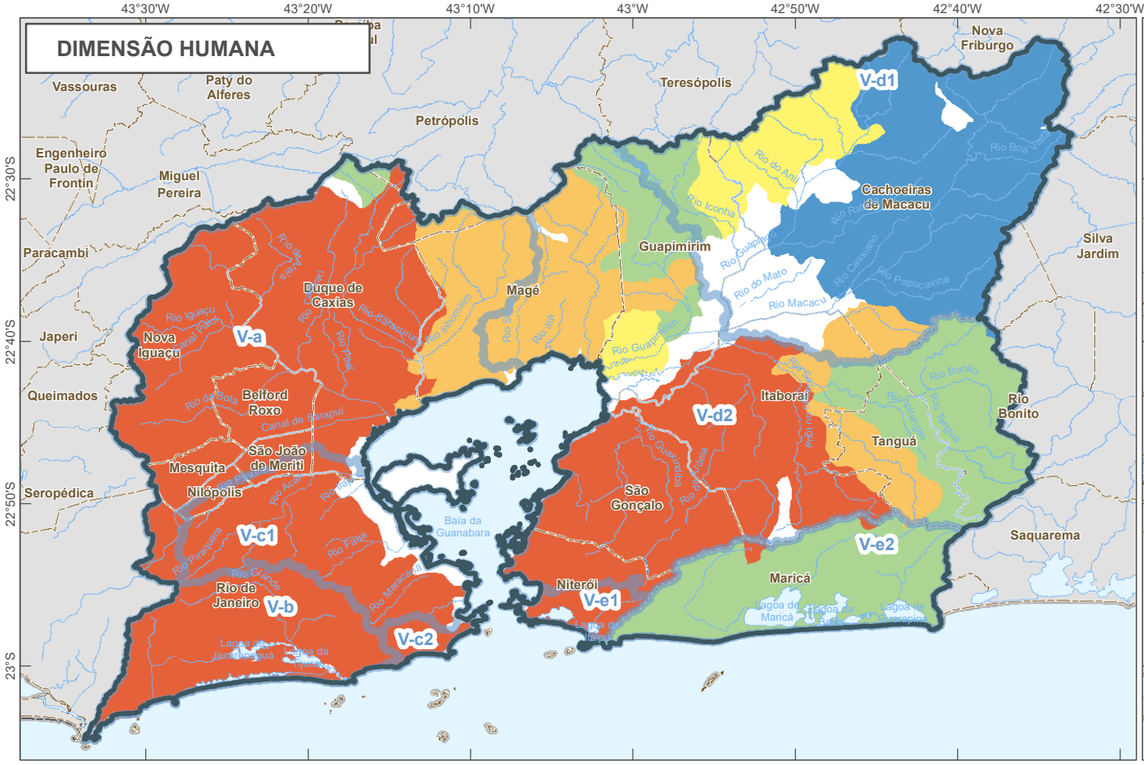
DIMENSÕES DO ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA - 2015

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

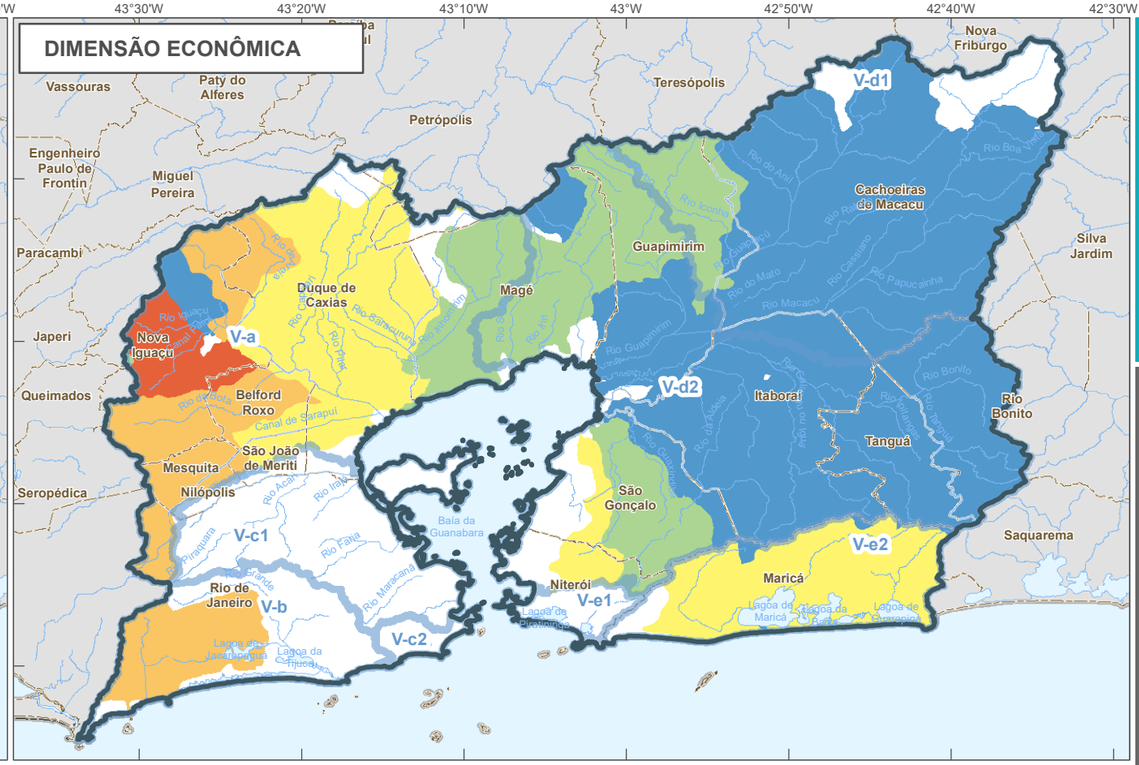
PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

MAPA 09

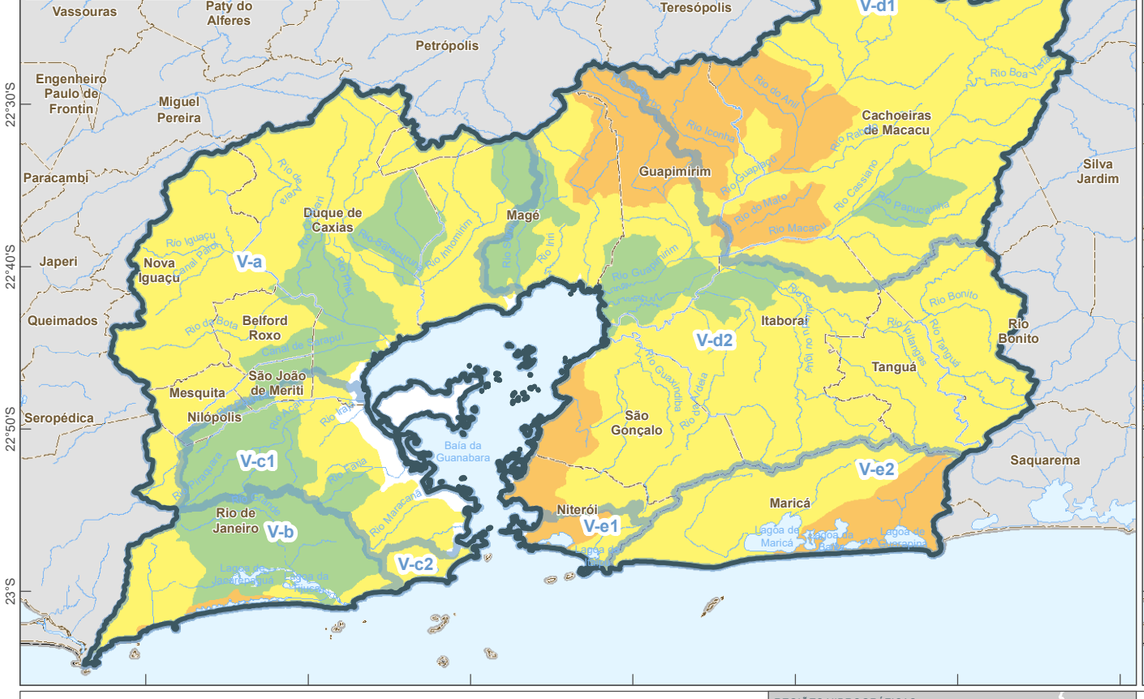
DIMENSÃO HUMANA



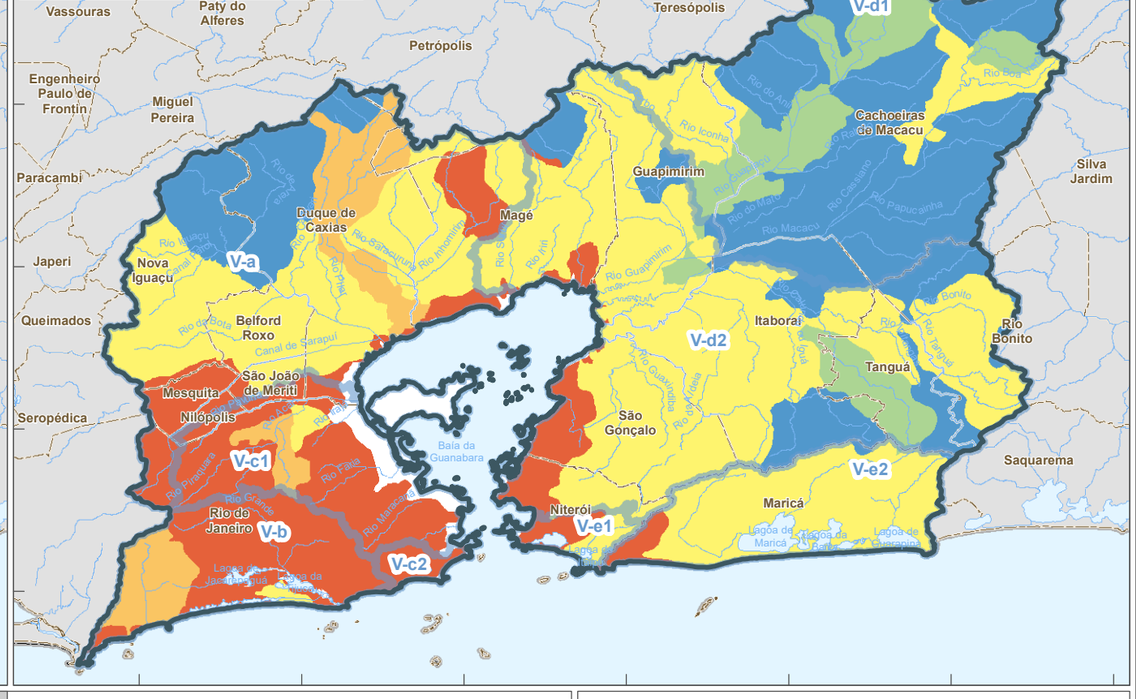
DIMENSÃO ECONÔMICA



DIMENSÃO RESILIÊNCIA



DIMENSÃO ECOSSISTÊMICA



LEGENDA

Índice de Segurança Hídrica (2015)

- Máximo
- Alto
- Médio
- Baixo
- Mínimo

- Região hidrográfica V
- Hidrografia
- Limite da UHP
- Limite municipal
- Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

N
W
E
S

ESCALA
1:700.000
0 5 10 20 30 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Índice de Segurança Hídrica: ANA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
Limite municipal: CEPERJ, 2018
UF: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA Recursos Hídricos e Ambientais Engenharia e Consultoria

ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA - 2015

PRH-BG - Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá

Tema: RECURSOS HÍDRICOS

MAPA 10

LEGENDA

Índice de Segurança Hídrica (2015)
- Máximo
- Alto
- Médio
- Baixo
- Mínimo

- Rodovia federal
- Rodovia estadual
- Ferrovia
- Hidrografia

- Região hidrográfica V
- Limite da UHP
- Limite municipal
- Limite estadual

REGIÕES HIDROGRÁFICAS
RH I: Baía da Ilha Grande
RH II: Guandu
RH III: Médio Paraíba do Sul
RH IV: Piabanha
RH IX: Baixo Paraíba do Sul
RH V: Baía de Guanabara
RH VI: Lagos São João
RH VII: Rio Dois Rios
RH VIII: Macaé e das Ostras

ESCALA
1:320.000
0 2,5 5 10 km

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTE:
Índice de Segurança Hídrica: ANA, 2020
Drenagem: IBGE, 2018
Sistema viário: IBGE, 2019
UF e áreas edificadas: IBGE, 2018
Regiões hidrográficas: INEA, 2017

Ano, 2020.

Realização
AGEVAP
Comitê de Bacia da Baía de Guanabara

Execução
RHA Recursos Hídricos e Ambientais

7 MAPEAMENTO PARA INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

A construção da base de dados geográfica se configurou em um dos primeiros passos para a realização das avaliações do PRH-BG.

Por meio da espacialização de feições, variáveis e fenômenos, bem como a integração destes, foi possível uma melhor compreensão de vários aspectos territoriais da RH-V e o fomento das diversas análises temáticas realizadas ao longo do Diagnóstico do PRH-BG.

Além disso, a base de dados geográfica produzida também serviu como ferramenta de catalogação de grande parte das informações levantadas para a bacia, gerando uma base de dados que irá auxiliar na difusão das informações geradas neste projeto e de seus resultados.

Neste contexto, buscando facilitar a apropriação e manipulação desses dados pelos futuros usuários, este item tem como objetivo apresentar os procedimentos realizados para a construção da base de dados e expor a metodologia de elaboração e seus detalhamentos técnicas.

A base de dados será complementada durante a elaboração do PRH-BG e entregue juntamente com relatório descritivo à parte na Etapa 4 – Consolidação do PRH-BG.

7.1 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS GEOGRÁFICA

Para construção da base de dados geoespaciais é imprescindível que seja realizada uma sistematização dos dados em ambiente SIG. Para tanto, a sistematização requer uma intensa preparação de dados, na qual adotou-se as etapas descritas a seguir.

7.1.1 Coleta de dados e definição da base cartográfica

A etapa de coleta de dados e definição da base cartográfica compreende uma fase preparatória para elaboração do projeto. Nesta fase foi realizada a busca por informações relevantes para o projeto e, onde são eleitos os dados que darão subsídios às análises e, posteriormente, irão compor a base de dados geográfica do PRH-BG.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

A base de dados geográficos foi construída tomando como ordem de prioridade os dados recebidos da AGEVAP e da Base de Dados Geoespaciais do Portal GeoINEA (INEA, 2020). Como segundo critério de seleção das informações utilizadas, valeu-se das bases e informações mais atuais disponíveis e, em escala compatível com o propósito do estudo, sempre priorizando os dados disponíveis pelos órgãos oficiais.

Assim, o banco de dados foi alimentado com os dados cartográficos recebidos da AGEVAP, sendo atualizado e incrementado com informações levantadas e produzidas pela equipe técnica multidisciplinar. De modo geral, as complementações se deram através da obtenção de dados de fontes oficiais, tais como: ANA, ANEEL, INEA, SIAGAS, dentre outras. A consistência espacial dos dados recebidos foi verificada e eventuais divergências entre as bases geográficas foram reportadas à AGEVAP, à luz da Nota Técnica nº 001.

7.1.2 Edição e sistematização das informações

Com base no acervo de informações existentes, foi realizada a organização dos dados geográficos e não geográficos em um único sistema. Nesta etapa, realizou-se a edição, complementação e produção dados, bem como a sua modelagem no banco de dados digital, de maneira a ficarem aptos ao registro em um SIG.

Fez-se uso de *software* de SIG para representar cartograficamente as informações e realizar análises espaciais a partir do banco de dados obtido. Os dados foram armazenados no ambiente SIG, sendo formados por dois componentes básicos: (i) Informação espacial: contém a representação gráfica propriamente dita, com a localização e delimitação dos diferentes temas mapeados. Cada objeto é individualmente codificado (ID exclusivo), o que possibilita sua vinculação às tabelas do banco de dados. (ii) Informação de atributos: os atributos constituem os dados descritivos dos objetos mapeados, podendo ser de ordem qualitativa ou quantitativa. Os atributos são armazenados em tabelas do banco de dados vinculadas à parte espacial através de um código específico (ID), possibilitando que em um mesmo elemento armazene simultaneamente várias informações.

A conversão das informações para o meio digital, sob o formato padrão SIG, requer que estes arquivos estejam: (i) organizados em *layers*; (ii) georreferenciados, e; (iii) em formato editável (vetorial ou *raster*). Para tanto, todos os dados geográficos,

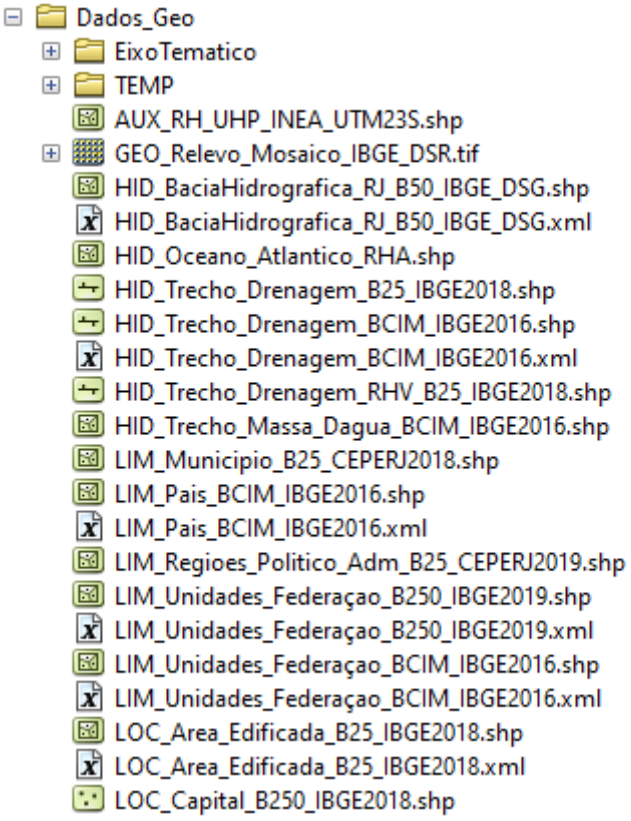
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

procedentes de várias fontes, utilizados na composição dos mapas, foram organizados em uma única base de dados espaciais. Assim, a cartografia básica e temática foi estruturada em níveis de informação (*layers*) e organizada em um banco de dados geográfico sistematizado, em formato *geodatabase*. Além do formato *geodatabase*, e suas respectivas camadas que o compõe, serão disponibilizados os dados no formato *shapefile*.

Esta estrutura de dados foi pensada visando atender sua posterior utilização pela Base de Dados Geoespaciais do Portal GeoINEA e pelo Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais do CBH-BG, de modo que a base de dados contém informações tabulares e espaciais, de interesse do PRH-BG, e que podem ser visualizadas dinamicamente na forma de mapas temáticos.

Para facilitar a identificação dos arquivos e seu conteúdo, adotou-se como padrão a nomenclatura “TEMA_Descrição_ESCALA_FONTE”, exemplificado na Figura 7.1.

FIGURA 7.1 – EXEMPLO DA ESTRUTURA DE PASTAS E NOMENCLATURA ADOTADA PARA NOMEAR OS ARQUIVOS



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Também será entregue, posteriormente, um Dicionário da Base de Dados Geográficos, que consiste em planilha descritiva contendo as seguintes informações dos dados utilizados:

a) Nome de cada arquivo e respectiva extensão (tipo do arquivo);
b) Eixo temático pertencente ao dado e sua categoria
c) Conteúdo do arquivo, e;
d) Breve descrição: escala/resolução; sistema de coordenadas; fonte resumida; fonte estendida, e; observações específicas.

Em relação ao sistema de coordenadas foi utilizado como datum planimétrico o sistema de referência geodésico oficial brasileiro – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), integrados aos sistemas de coordenadas adotados oficialmente pelo Estado do Rio de Janeiro e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ou seja, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

7.2 APRESENTAÇÃO DOS MAPAS

Após a etapa e edição e sistematização das informações espaciais, foi realizada a análise e processamento dos dados, resultando na produção de novos dados, mapas, cartogramas, informações estatísticas e quantitativas. Esses dados subsidiaram a compreensão da intensidade dos fenômenos e processos ocorridos na RH-V.

Neste contexto, é importante ressaltar que a análise espacial das informações, não dependeu somente da correlação espacial direta (cruzamento de temas), mas também da interpretação analítica das diversas temáticas envolvidas. A interação desses dados permitiu uma visão geossistêmica dos diversos temas.

Os mapas temáticos foram padronizados quanto ao tamanho (A3), elementos cartográficos de base, comum a todos os mapas, e identidade visual (paleta de cores, fontes, dentre outros). O *layout* foi enviado para aprovação da AGEVAP na Nota Técnica nº 001. Adicionalmente, em conformidade com a sumarização e as informações trazidas no Diagnóstico, os mapas foram categorizados por temas e carimbo diferenciados por cores (Figura 7.2).

Inicialmente, as temáticas propostas no Plano de Trabalho (RP01) dividiam-se em seis (06) temas: Aspectos Legais e Institucionais; Recursos Hídricos; Aspectos Físicos e Bióticos; Uso e Ocupação do Solo; Políticas, Planos e Projetos Setoriais, e;

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Aspectos Socioeconômicos. Visto que, durante o processo, diversos conteúdos estão integrados e se complementam, optou-se por unificar o mapeamento em cinco (05) grandes grupos: Socioeconômico; Uso e Ocupação do Solo; Aspectos Legais e Institucionais; Aspectos Físicos e Bióticos; e Recursos Hídricos.

FIGURA 7.2 – PADRÕES DE TEMAS E DE CORES DOS MAPAS

Para cada tema foram armazenados diversos planos de informação. A relação entre os temas, os subtemas e os conteúdos abordados nos mapas são apresentadas no Quadro 7.1. As informações foram estruturadas e, sempre que possível, agregadas e apresentadas por UHP e Subcomitês.

QUADRO 7.1 – RELAÇÃO ENTRE OS TEMAS E CONTEÚDO DOS MAPAS APRESENTADOS NO DIAGNÓSTICO

TEMA	SUBTEMA	ABORDAGENS	TOMO
SOCIOECONÔMICO	Caracterização socioeconômica	Organização político-administrativa	TOMO 1
		Distribuição populacional	TOMO 1
		Densidade populacional	TOMO 1
		Aglomerados subnormais	TOMO 1
		Composição do Índice de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM)	TOMO 1
		Infraestrutura de conectividade e transportes (rodoviário, ferroviário, metroviárias, VLT, aéreas e hidroviárias)	TOMO 1

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Uso e ocupação do solo	Áreas prioritárias de conservação dos recursos hídricos	TOMO 1
		Atividade Agrícola Predominante por município	TOMO 1
		Atividade pecuária dominante por município	TOMO 1
		Atividade minerária de maior relevância e processos minerários	TOMO 1
		Centralidades Urbanas	TOMO 1
		Concentrações de caráter urbano em área rural	TOMO 1
		Tipologias industriais e eixos e pontos de relevância industrial	TOMO 1
		Principais usos da Baía de Guanabara	TOMO 1
		Sentido da Expansão Urbana	TOMO 2
		Uso e cobertura do solo	TOMO 1
ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS	Caracterização dos aspectos legais e institucionais sobre os recursos hídricos	Revisão dos Planos Diretores	TOMO 1
		Planos Municipais de Saneamento Básico	TOMO 1
		Registro no cadastro de outorgas	TOMO 2
		Zoneamento Ecológico-Econômica da Baía de Guanabara	TOMO 2
ASPECTOS FÍSICOS E BIÓTICOS	Aspectos bióticos	Áreas de Preservação Permanente	TOMO 1
		Áreas e ações prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade Brasileira	TOMO 1

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

		Ecorregiões Aquáticas do Brasil	TOMO 1
		Tipologias vegetacionais	TOMO 1
		Unidades de Conservação	TOMO 1
	Aspectos (hidro)geológicos	Geologia, geomorfologia e solos	TOMO 1
		Distribuição Espacial e Usos dos Poços	TOMO 2
		Distribuição das Vazões	TOMO 2
		Classificação Química das Águas Subterrâneas e Concentração de Substâncias Tóxicas	TOMO 2
		Características e Vulnerabilidades intrínsecas dos Sistemas Aquíferos	TOMO 2
	Monitoramento hidrometereológico	Estações de monitoramento meteorológicas e pluviométricas	TOMO 1
		Estações Fluviométricas na RH-V	TOMO 2
		Estações Pluviométricas selecionadas na RH-V	TOMO 2
		Distribuição da Precipitação Média (Isoietas)	TOMO 2
		Monitoramento hídrico (INEA)	TOMO 2
	Saneamento	Estações de tratamento de esgoto (ETE)	TOMO 1
		Fluxo de resíduos sólidos da RH-V	TOMO 1
		Sistemas Integrados que atendem a RH-V	TOMO 1
		Áreas com susceptibilidade a inundações	TOMO 1
		Trecho de cursos de água susceptíveis a inundações	TOMO 1

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

RECURSOS HÍDRICOS	Unidades hidrológicas de planejamento	Unidades Hidrológicas de Planejamento	TOMO 1
	Sistemas lagunares, praias e portos	Batimetria da Baía de Guanabara	TOMO 2
		Localização das Lagoas de Jacarepaguá, Rodrigo de Freitas, dos Sistemas lagunares Maricá-Guarapina, Itaipu-Piratininga e da Baía de Guanabara	TOMO 2
		Praias oceânicas e pontos de balneabilidade	TOMO 2
		Portos públicos e privados	TOMO 2
	Monitoramento da qualidade da água	Carga de DBO por município e UHP	TOMO 2
		Índice de cobertura do sistema de abastecimentos de água	TOMO 1
		Índice de qualidade da água	TOMO 2
		Índice de perdas no faturamento na RH-V	TOMO 1
		Índice de perdas hídricas na distribuição na RH-V	TOMO 1
		Índice WEI por bacia de contribuição e por UHP	TOMO 2
		Estações de tratamento de água (ETA)	TOMO 2
		Estações de monitoramento de Qualidade da Água (2014 a 2019)	TOMO 2
		Índice de Segurança Hídrica	TOMO 2

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

8 ANÁLISE SINTESE DO DIAGNÓSTICO

Apresenta-se neste capítulo uma breve análise dos principais aspectos abordados durante a elaboração do Diagnóstico da RH-V. É importante ressaltar que existe uma mobilização para a mudança do recorte geográfico dos subcomitês da RH-V, em especial dos Subcomitês dos Sistemas Lagunares. Entretanto, como esse movimento ainda é incipiente, a delimitação oficial vigente dos subcomitês foi utilizada (Resolução CERHI-RJ nº 63/2011). Caso a alteração seja realizada até a finalização do Plano de Recursos Hídricos, o novo recorte poderá ser considerado nos produtos finais, em especial no Cadernos de Ações dos Subcomitês.

Os ambientes costeiros da RH-V possuem grande importância ecológica, histórica e econômica. Inserido nessa região hidrográfica encontra-se o sistema estuarino mais importante do estado do Rio de Janeiro, a Baía de Guanabara. Em sua planície litorânea ainda estão localizados os sistemas lagunares Maricá-Guarapina, Itaipu-Piratininga, Lagoa Rodrigo de Freitas e de Jacarepaguá, bem como inúmeras praias oceânicas conhecidas mundialmente.

A região costeira da RH-V é uma das mais populosas do Rio de Janeiro, concentrando, aproximadamente, 80% da população do estado. Cerca de 10 milhões de pessoas vivem atualmente na região da Baía de Guanabara. O intenso processo de expansão urbana nessa região ocorreu, majoritariamente, sem o devido planejamento urbano e implementação dos serviços de saneamento básico adequados. Tal processo tem enorme influência sobre os problemas relacionados a recursos hídricos da região. Esses problemas estão associados a ambientes e ecossistemas vulneráveis, aumento da descarga sólida e degradação da qualidade dos corpos de água, além dos processos de erosão e assoreamento das margens de cursos de água.

Quanto ao seu monitoramento hidrométrico, a RH-V apresenta boa densidade de estações fluviométricas e pluviométricas. Contudo, a operação das estações fluviométricas ocorre de maneira incipiente, o que resulta em uma escassez de dados. Apesar da falta de informações fluviométricas foi possível a caracterização hidrológica e a avaliação da disponibilidade hídrica da região. Os resultados da disponibilidade hídrica foram comparados aos obtidos por outros estudos, que confirmaram a

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

consistência das análises realizadas. É importante destacar que os rios da região não apresentam grandes valores de vazão, o que indica uma baixa disponibilidade hídrica.

No que se refere à rede de monitoramento da qualidade da água superficial na RH-V, a densidade de estações de monitoramento por UHP é adequada, de acordo com a Resolução ANA n° 903/2013. Entretanto, a qualidade da água dos rios monitorados apresentam, de modo geral, dados preocupantes. Os baixos valores de oxigênio dissolvido, além das altas concentrações de DBO, fósforo e nitrogênio, indicam uma alta contaminação por efluentes domésticos, principalmente na porção oeste da bacia. A classificação IQA dessa região indica corpos de água com qualidade "ruim" a "muito ruim".

Os rios que recebem destaque negativo em relação a sua degradação são: arroio Fundo, arroio Pavuna, canal Aeroporto Maricá, canal do Cunha, canal do Mangue, canal da Penha, rio Acarí, rio Cabloco, rio dos Cachorros 1 e 2, rio Comprido, rio Farias, rio Guerenguê, rio Iguaçu, rio Imboassú, rio Irajá, rio Joana, rio Maracanã, rio Pavuna, rio Pavuninha, rio Retiro, rio São João de Meriti, rio Sarapuí e rio Trapicheiro.

Em relação à água subterrânea, a RH-V abarca, predominantemente, aquíferos fissurados, os quais apresentam baixa oferta hídrica, mas boa qualidade. A densidade de poços obedece, em linhas gerais, a concentração populacional, que é maior na porção oeste da RH-V nas UHPs V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi), V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão) e V-a (Rios Iguaçu e Saracuruna). A vazão obtida nos poços operantes no total da RH-V é de 5 m^3/h, variando entre menos de 0,2 m^3/h a pouco mais de 30 m^3/h, com uma mediana de 3,4 m^3/h, considerados valores relativamente baixos.

Uma reiterada preocupação em regiões litorâneas é a presença de águas com elevada salinidade, que pode ocorrer pela presença de aquíferos formados em ambientes salinos com a manutenção de sais facilmente solúveis ou pela intrusão de água do mar. O processo de intrusão salina recebe atenção especial nas áreas próximas a corpos de água salgada, seja o próprio oceano ou lagoas salgadas como é o caso da orla marítima de Maricá, Niterói e Rio de Janeiro. A implantação de uma malha de pontos de monitoramento da salinidade das águas subterrâneas possibilitará

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

o acompanhamento do comportamento da interface água doce e água salgada em toda a orla.

Por meio do diagnóstico da disponibilidade de água subterrânea disponibilizada para o atendimento das demandas na RH-V, foi possível identificar a necessidade da implantação em curto prazo de um sistema de regularização das captações existentes e de levantamento das características quantitativas de cada unidade produtora.

Em relação aos mananciais superficiais, foram mapeados 81 pontos de captação situados no território da RH-V. Dentre esses, os mananciais do Sistema Imunana-Laranjal, o Sistema Intermunicipal Tanguá e Rio Bonito e os Sistemas Municipais de Maricá e Itaboraí, são considerados com prioridades muito alta e devem buscar a proteção e recuperação de seus mananciais. Outros 36 mananciais são classificados como alta prioridade para elaboração de projetos e recuperação de mananciais na RH-V. Assim, ações e investimentos num horizonte de planejamento de curto prazo devem englobar os mananciais de prioridade muito alta, medidas de médio prazo para mananciais de prioridade alta e os demais mananciais não priorizados, medidas de longo prazo. É importante destacar que a porção oeste da bacia, mais densamente habitada, é abastecida pelo Sistema Guandu-Acari, cuja áreas de interesse para preservação estão localizadas fora dos limites da RH-V.

Para incremento da oferta hídrica, alternativas de mananciais foram avaliados. O rio Guapi-Açu e o reservatório de Juturnaíba são vistos como possíveis fontes para o Sistema Imunana-Laranjal. Outros mananciais podem contribuir para sistemas isolados, como o rio Caceribu, Soberbo, Estrela, Suruí e Iriri.

As demandas hídricas da RH-V foram estimadas consultando os cadastros de usuários e através de métodos indiretos. Para a estimativa das demandas para o abastecimento urbano na bacia foram elaborados dois cenários. No primeiro foram considerados os valores do cadastro de usuários de captação concedido às autarquias de saneamento, enquanto no segundo foram utilizados métodos indiretos para determinar a demanda por habitante na bacia e consequentemente a demanda total estimada para a população da RH-V. Visto que grande parte da população na bacia é abastecida por águas provenientes da ETA Guandu, cuja captação é realizada em corpo hídrico fora da RH-V, as demandas estimadas para o cenário 2 foram consideravelmente superiores às do cenário 1.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Estimou-se que a demanda total captada nos corpos hídricos da RH-V (cenário 1) é de aproximadamente 8.300 L/s, sendo o uso preponderante o abastecimento urbano, com vazão de captação de aproximadamente 3.700 L/s. A UHP V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) representa cerca de 35% da demanda total na bacia.

Considerando a demanda total estimada para suprir o abastecimento urbano da população da RH-V, ou seja, não somente o que é captado na própria bacia (cenário 2), estima-se que a demanda hídrica é de aproximadamente 45.000 L/s, sendo superior a cinco vezes a demanda do cenário 1. Neste cenário a UHP com maior participação na demanda total é a UHP V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão), representando cerca de 35% do valor.

Em relação ao lançamento de efluentes na bacia, estimou-se que a vazão de lançamento na RH-V é de aproximadamente 37.600 L/s, sendo o uso urbano responsável por aproximadamente 85% deste total (32.100 L/s). O lançamento diário da RH-V foi estimado em mais de 380.000 kg de DBO, provenientes do esgotamento sanitário.

O balanço hídrico superficial realça a insuficiência hídrica da RH-V para atender suas demandas. Grande parte da água utilizada no abastecimento público das áreas urbanas da região é proveniente de fontes externas à região em estudo, como no caso da cidade do Rio de Janeiro, abastecida pela ETA Guandu, por meio das águas transpostas do rio Paraíba do Sul. Além disso, os resultados do balanço hídrico, bem como do índice WEI, mostram que as regiões componentes da RH-V apresentam classificação crítica ou muito crítica hidricamente. As UHPs V-c1 (Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã, Ilha do Governador e Ilha do Fundão), V-c2 (Lagoa Rodrigo de Freitas) e V-b (Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi) apresentam os maiores índices de criticidade, que podem ser associados às grandes concentrações urbanas existentes nesses locais.

Para a mitigação e correção desse déficit hídrico, medidas de controle, estruturais e não estruturais, podem ser implementadas.

Algumas medidas não estruturais, relacionadas ao abastecimento, passíveis de implementação são a conscientização e reeducação quanto à redução do consumo *per capita*, ampliação do uso de tarifas sociais para as famílias de baixa renda, reuso

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

de água em setores de produção e controle de perdas no sistema de distribuição. No plano das ações estruturais, algumas medidas como ampliação de captação do Sistema Tanguá, utilização do rio Guapi-Açu destinada ao abastecimento do Sistema Imunana-Laranjal, promoção da utilização da barragem de Juturnaíba e estudos visando à implantação de pequenas represas junto à Serra do Mar, podem ser implementadas. Além das medidas propostas, há uma avaliação de mananciais alternativos de abastecimento e utilização da tecnologia de dessalinização de água que podem contribuir para aumento da oferta hídrica na RH-V.

No âmbito do manejo de águas pluviais e áreas próximas a corpos hídricos, a implementação de soluções baseadas na natureza e técnicas de infraestrutura verde são alternativas de grande eficácia. Tais ações podem resultar em uma melhoria da saúde ambiental e humana, mitigação e redução de enchentes e inundações, manutenção e recuperação das nascentes e preservação de ecossistemas.

Para melhorias na qualidade da água da RH-V a promoção de redes de tempo seco em locais com sistema separador absoluto atualmente existente ou em implementação, a implantação de cinturão interceptor das redes de drenagem da RH-V e medidas não estruturais, como a implantação de soluções baseadas na natureza e técnicas de infraestrutura verde, podem contribuir para preservação dos corpos hídricos.

Por fim, um Plano de Segurança Hídrica pode ser de grande valia para o gerenciamento dos recursos hídricos da região. A avaliação e gestão dos riscos associados aos recursos hídricos é de extrema importância para o planejamento hídrico da RH-V, conforme apontado pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica. Nesse contexto, é produto integrante do PRH-BG a elaboração de um termo de referência para a contratação de uma empresa responsável por traçar o plano de gerenciamento de risco da RH-V, a ser apresentado no Manual Operativo.

Finalmente, o presente produto, conjuntamente com o Tomo 1, teve como objetivo retratar, com base em dados de fontes oficiais, o cenário atual dos recursos hídricos da RH-V. O Tomo 3, parte integrante do RP-02 - Diagnóstico, apresentará dados relacionados à visão dos usuários, sociedade civil e setor público sobre os recursos hídricos.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, DF. 2005.

_____. Atlas de Abastecimento Urbano de Água da ANA, 2010. Disponível em < http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx> Acesso em: janeiro de 2020.

_____. Avaliação do quadro atual dos usos da água e das demandas hídricas associadas. NT 07 – UGRH Paranapanema. Brasília, DF. 2014.

_____. Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos - Sistemas de abastecimento de água. Brasília, DF. 2015. 156 p. il.

_____. Água na indústria: uso e coeficientes técnicos – Brasília: ANA, 2017. 37p.:

il.

_____. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil – Brasília: ANA, 2019a. 75p.: il.

_____. Atlas do Abastecimento Urbano de água. 2019b. Disponível em: http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Download.aspx. Acesso em 20 de novembro de 2019b.

_____. Nota Técnica nº 11/2019/COOUT/SER. Parâmetros de cálculo do Sistema Federal de Regulação de Usos – Regla para a finalidade Consumo Humano. Água no Brasil – Brasília: ANA, 2019c. 7p.: il.

_____. Manual Metodológico – Índice de Segurança Hídrica – Brasília: ANA, 2019d. 42p.: il.

_____. Plano Nacional de Segurança Hídrica – Brasília: ANA, 2019e. 116p.: il.

_____. Indicadores de Qualidade – Índice De Qualidade Das Águas (IQA). Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso abril de 2020

ALMEIDA, G, M.; SILVA JR., G. C. Fatores Hidrogeológicos no Estudo da Intrusão Salina em Aqüíferos Costeiros da Região Litorânea do Município de Maricá – RJ. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. – Vol. 30 -2 / 2007 p. 104-117.

ALVES, M. G. 2000. Diagnóstico ambiental da Região Oceânica de Niterói e Distrito de Inoã – Ma- ricá (RJ): uma visão por geoprocessamento e mapeamento geológico-geotécnico. Tese de Doutoramento, Depto. de Geologia – Instituto de Geociências/UFRJ, 239 p.

AMADOR, E.S. Sedimentação da Baía de Guanabara – distribuição espacial do assoreamento. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 4, n. 52, p. 723-742, 1980.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

AMORIM, A. B. B. D, Aplicação do Método de Valoração Contingente para Estimar o Valor Econômico do Sistema Lagunar de Jacarepaguá, Monografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2015.

ANDRADE, V.S.D., Análise de hidrodinâmica ambiental e de qualidade de água na Baía de Guanabara via modelagem computacional. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistema de Informações de Geração (SIGA). Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em 31 de mar de 2020.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. Estatístico Aquaviário. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>. Acesso em 01 de abr de 2020.

_____. Informações Geográficas – Mapa Elementos dos Transportes Aquaviários, atualização 25 de agosto de 2016. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/informacoes-geograficas/>. Acesso em 01 de abr de 2020.

APPELO, C.A.J.; POSTMA, D. Geochemistry, ground water and pollution.

BAÍAS DO BRASIL. Projeto Baías do Brasil, Sistema Lagunar Maricá-Guarapina – Rio de Janeiro. Relatório Descritivo. Disponível em: http://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel_sistema_lagunar_marica_guarapina.html. 12 de março de 2019.

BAIRD, C. Química Ambiental. Trad. Maria Angeles Lobo Rocio e Luiz Carlos Marques Carrera – 2 ed. Porto Alegre. Bookman, 2002.

BALKEMA. Amsterdam, 2005.

BERGQVIST, L. P.; MOREIRA, A. L; PINTO, D. R. 2006. Bacia de São José de Itaboraí – 75 anos de história e ciência. Rio de Janeiro, Companhia de Pesquisa de Recursos Mine- rais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SBG). 83p.

BEUX, F. C. Pegada hídrica de aglomerados subnormais: o caso do Bairro Rocinha / Rio de Janeiro. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

BISWAS, A. K. Water Resources, Environmental Planning, Management and Development. McGraw-Hill. 1996.

BRASIL. CONAMA. Resolução no 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 145, n. 66, 7 abr. 2008. Seção 1, p. 66-68. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/ jsp/visualiza/index.jsp?data=07/04 /2008&jornal=1&pagina=66>. Acesso em: maio 2016.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

_____. Decreto nº 63.164, de 26 de agosto de 1968. Dispõe sobre exploração e pesquisa na plataforma submarina do Brasil, nas águas do mar territorial, e nas águas interiores e dá outras providências. Brasília, 1968. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1968/dec_63164_1968_disp%c3%b5e__sobre_explora%c3%a7%c3%a3o_pesquisa_plataforma__submarina.pdf Acesso em: 06 de agosto de 2020.

_____. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº 5. Anexo XX. Controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 27 de setembro de 2017.

_____. Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7661.htm Acesso em: 06 de abril de 2020.

_____. Lei nº 3239, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; Cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; Regulamenta a Constituição Estadual, em seu Artigo 261, Parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras Providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1999. Disponível em: http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/43fd110fc03f0e6c032567c30072625b Acesso em: 06 de abril de 2020.

_____. Lei nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1981. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html . Acesso em 10 de abril de 2020.BRAZ, A. M. de S. Fundamentos de Pedologia: Curso de Especialização em Rochagem e Remineralização de Solos ? Apostila. In: BRAZ, Anderson Martins de Souza. Fundamentos de Pedologia: Curso de Especialização em Rochagem e Remineralização de Solos ? Apostila. UFPA: Instituto de Geociências. Programa de Cursos Lato Sensu a Distância., Novembro 2019. Disponível em: http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/358270/mod_resource/content/1/FUNDAMENTOS%20DE%20PEDOLOGIA_Apostila.pdf. Acesso em: 6 mar. 2020.

CALDAS, M. F. Reconstituição cinemática e tectono-sedimentação associada a Domos salinos nas águas profundas da Bacia de Santos, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 2007.

CAMARGO, M. N; KLAMT, E.; KAUFFMANN, J. H. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 11-33, 31 jan. 1987. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179270/1/Sistema-Brasileiro-de-Classificacao-de-Solos-1987-B-Inf-SBCS.pdf. Acesso em: 11 mar. 2020.

CAPUCCI, E., MARTINS, A., MANSUR, K. L., MONSORES, A. L. M. Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS); Secretaria de Energia, da Indústria e do Petróleo estados do Rio de Janeiro. Departamento de Recursos Minerais, DRM. Projeto Planágua – SEMADS- GTZ. 2001.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F.; SANTOS, R. D. dos. Os solos do estado do Rio de Janeiro. In: SILVA, Luiz Carlos da; CUNHA, Hélio Canejo da Silva. (Org.). Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. 1ed.Brasília: CPRM, 2001, v. 1, p. 1-35.

CASA FLUMINENSE. Painel de Monitoramento: instrumentos de gestão municipal no Rio Metroplitano. 2017. Disponível em: https://www.casafluminense.org.br/wp-content/uploads/2017/04/Painel-de-Monitoramento-Instrumentos-de-Gest%c3%a3o-Municipal-no-Rio-Metropolitano.pdf. Acesso em 13 de maio de 2020.

CALAZANS, L.S., VALADARES, R.T., SAKURAGUI, C.M. e LOPES, R.C., Araceae of Grumari restinga: contribution to the conservation of the flora of Rio de Janeiro State, Brazil. Acta Botanica Brasilica, 32(1), pp.55-62. 2018.

CERH/CTAS - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Câmara Técnica de Águas Subterrâneas. Nitrato nas águas subterrâneas: desafios frente ao panorama atual. Claudia Varnier (coord.) – São Paulo: SIMA/IG, 2019

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo 2013 – 2015. São Paulo, 2016. 308 p. (Série Relatórios). Disponível em: <http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/publicacoes- e-relatorios/>. Acesso em: junho 2019.

_____. Significa ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2016. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf. Acesso em: fevereiro de 2020.

CBH-BG – COMITÊ BACIA DE GUANABARA (a). Subcomitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara - Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina. Subcomitê Maricá. Disponível em: http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sc-marica/. Acesso em: 04 de março de 2020.

_____. (b). Subcomitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara - Sistema Lagunar de Itaipu-Piratininga. Subcomitê Lagoas de Itaipu e Piratininga. Disponível em: http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sc-lagoa-de-itaipu/. Acesso em: 04 de março de 2020.

_____. (c). Subcomitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara - Sistema Lagunar de Jacarepaguá. Subcomitê Jacarepaguá. Disponível em: http://www.comitebaiadeguanabara.org.br/sc-jacarepagua/. Acesso em: 04 de março de 2020.

CLIP – COMITÊ COMPLEXO LAGUNAR ITAIPU-PIRATININGA. Estratégia para Gerenciamento Ambiental compartilhado dos Ecossistemas Lagunares de Itaipu e Piratininga e da Bacia Hidrográfica. 2015. Recebido por: CBH-BG

COPPETEC FUNDAÇÃO. RT - 04 -Fontes Alternativas para o Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, com Ênfase na RMRJ. R3-A - Temas técnicos estratégicos. Plano de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. 2014.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

COSTA, W.D.1998. Avaliação de Reservas, Potencialidade e Disponibilidade de Aquíferos. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo.1998.

CPRM. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Projeto Rio de janeiro. Serviço Geológio do Brasil. 2000.

CPRM. Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 59. Serviço Geológico do Brasil. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/projetos/relatorios_sintese_regionalizacao/sint_reg59.pdf>

CRUZ, A. Estudo de Processos de Salinização de Aquíferos no Litoral Leste do estado do Rio de Janeiro: Modelagem Hidrogeoquímica e Avaliação de Vulnerabilidade à Intrusão Marinha. (2006). Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Setor de Geologia e Engenharia Ambiental.

CRUZ, A.; SILVA JÚNIOR, J, G. C.; ALMEIDA, G.M. 2006. Modelagem hidrogeoquímica do aqüífero freático da restinga de Piratininga, Niterói-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, Curitiba, 2006. Anais, v.1, p. 1-19.

CRUZ, A. C. Análise de intervenções no Sistema Lagunar de Maricá-RJ com auxílio de modelagem hidrodinâmica ambiental. UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro. 2010.

CUNHA, E. M. S. Caracterização e planejamento ambiental do estuário Potengi, Coleção textos acadêmicos, n. 285, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 211 pp. 1982.

CUSTODIO,E.;LAMAS, Hidrologia Subterânea. 2nd.ed.Barcelona, Omega, 1983

DANTAS, M. E. et al. Dignóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Brasília, p. 33, 2000. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/644. Acesso em: 11 mar. 2020.

DANTAS, M. E., 2001. Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro. in: Dantas, M. E. et al. Estudo geoambiental do estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2016. P. 63. Disponível em: http://dspace.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17229. Acesso em: 15 fev. 202

DATA.RIO. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos - IPP, Coordenadoria Técnica de Informações da Cidade – CTIC (2017). Data Rio – Prefeitura do Rio de Janeiro (2020). Disponível em: http://www.data.rio/app/praias-do-rio. Acesso em: 22/01/2020.

DE PAULA, T., Análise Hidrodinâmica e de Renovação de Massas d'Água na Lagoa Rodrigo de Freitas através do Uso de Modelagem Computacional. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

DE SOUZA, SILVEIRA, I. SGARBI, G.N.C. "Bacia de Santos no Brasil: geologia, exploração e produção de petróleo e gás natural." Boletín de Geología 41, no. 1: 175-195. 2019.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 412 p., 1999.

EMBRAPA. Os solos do Estado do Rio de Janeiro. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, 2000.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Definição e notação de horizontes e camadas do solo. Rio de Janeiro, 2. ed. rev. e atual. 54 p.1988a. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36230/1/Impressao-de-fax-em-pagina-inteira.pdf. Acesso em: 11.mar.2020.

FANTONG, W.Y. et al. Variation of hydrogeochemical characteristics of water in surface flows, shallow wells, and boreholes in the coastal city of Douala (Cameroon). 2016 https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1173789

FERNANDEZ, R. O. "Bacia de Santos: Sumário Geológico e Setores em Oferta." Superintendência de Definição de Blocos 14. 2017.

FERRARI, A. L. Evolução Tectônica do Gráben da Guanabara. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, USP, São Paulo, p. 412. 2001.

FETTER, C.W. Applied Hydrogeology. 3a ed. Prentice Hall, New Jersey,1994.

FIGUEIREDO, A. G.; TOLEDO, M. B.; CORDEIRO, R. C.; GODOY, J. M. O.; SILVA, F. T.; VASCONCELOS, S. C.; SANTOS, R. A. Linked variations in sediments accumulation rates and sea-level in Guanabara Bay, Brazil, over the last 6000 years. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology. 415:83-90, 2014.

FONTENELLE, T. H., CORRÊA, W. B. Impactos da urbanização no espelho d'água dos sistemas lagunares de Itaipu e de Piratininga, Niterói (RJ), entre 1976 e 2011. Boletim de Geografia, 32(2), 150-157. 2014.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81p, 1988.

FREEZE, A. J. ;CHERRY, J. A. Águas Subterrâneas. Trad. Everton de Oliveira [et. al.]. trad.de: Groundwater. ISBN: 978-85-94189-00-4

GIBBS, R.J., 1970. Mechanisms controlling World water chemistry. Science, 170, 1088–1090. American Association for the Advancement of Science, Washington DC. doi:10.1126/science.170.3962.1088

GODOY, J. M. Características Químicas e Físico- Químicas de Águas Subterrâneas do estado do Rio de Janeiro. 1st Joint World Congresso on Groundwater. 2000. Fortaleza, Ce.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Modelar a Metrópole. Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado. Produto 13 – Programa de Ações Prioritárias, 2017.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

GOVERNO DO ESTADO RIO DE JANEIRO. PLANO DIRETOR DE TRANSPORTE URBANO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO - Análise da Evolução e Tendências Futuras do Uso do Solo. Rio de Janeiro, 2015.

GRAEL, Axel. Programa Guanabara Viva. Projeto Grael. Versão 03. Abril 2015.

HEILBRON, M.; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. (Org). Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: Programa Geologia do Brasil (PGB), Mapas Geológicos Estaduais. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência regional de Belo Horizonte, 2016. Escala 1:400.000. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18458. Acesso em: 15 fev. 2020.

HEILBRON, M.; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. Geologia e recursos minerais do estado do Rio de Janeiro: Texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. Belo Horizonte: CPRM, 2016. 182 p.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M. da C.; et al. Província Mantiqueira. In: MANTESSONETO, Virginio. et al. (Eds.) Geologia do Continente Sul-Americano. São Paulo: Editora Beca, 2004. p. 203-234.

HEM, J. D. Study and Interpretation of the. Chemical Characteristics of Natural. Water. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254, 1985.

HYDROSCIENCE (a). Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental EIRELI. Relatório de Levantamento Batimétrico das Lagoas de Piratininga e Itaipu. Contrato SEXEC n° 07/2018. Disponível em: http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/RE_P2_DISCRETIZA%C3%87%C3%83O-ESPACIAL_V02.pdf. 2019.

_____. (b). Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental EIRELI. Relatório da Qualidade de Camboatá Ambiental Atual do Sistema Lagunar – Análise Integrada. Contrato SEXEC n° 07/2018. Disponível em: http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/index.php/relatorios-tecnicos/. 2019.

_____. (c). Hidroscience Consultoria e Restauração Ambiental EIRELI. Estudo de Análise Comparativa dos Estudos Préteritos Realizados no Sistema Piratininga Itaipu através da revisão bibliográfica. Contrato SEXEC n° 07/2018. Disponível em: http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/index.php/relatorios-tecnicos/ 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. ISBN 978-85-240-4219-5. Rio de Janeiro. 2011.

IBGE. SIDRA: Tabela 3382. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3382>.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Ar, Água e Solo - Balneabilidade das praias. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/balneabilidade-das-praias/ . Acesso em 19/02/2020.

_____. Gerenciamento Costeiro. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/Gerenciamento_Costeiro/Gerenciamentocosteiro/index.htm&lang=PT-BR. Acesso em: 06 de abril de 2020.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

_____. Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro do Estado do Rio de Janeiro. Boletim Águas & Território nº 3 Dezembro – 2014.

_____. Boletim de Serviço nº 80, de 16 de maio de 2013.

_____. Índice de Conformidade (IC). Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IC-SLJ-Metodologia-dez-2019.pdf. Acesso em: fevereiro de 2020.

_____. 2019a. Índice de Qualidade da água Canadence (IQA_{CCME}). Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQA-CCME-Metodologia.pdf. Acesso em: fevereiro de 2020

_____. 2019b. Índice De Qualidade Das Águas. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQA-NSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf. Acesso em: fevereiro de 2020

_____. 2019c. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem de qualidade das águas-águas interiores. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Esta%C3%A7%C3%B5es-de-Monitoramento-Atualiza%C3%A7%C3%A3o-JAN2019-%C3%81guasInteriores.pdf. Acesso em: fevereiro de 2020

_____. 2020. Qualidade das águas por região hidrográfica (RHs). Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/. Acesso em: fevereiro de 2020

_____. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. Fundação COPPETEC. Rio de Janeiro, 2014.

_____. Sistema Lagunar de Jacarepaguá. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento /Qualidadedaagua/Lagoas/SistemaLagunardeJacarepagua/PrincipalSLJ/index.htm. Acesso em 05 de março de 2020.

_____. Sistema Lagunar de Itaipu e Piratininga. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento /Qualidadedaagua/Lagoas/SistLagunardeItaipuPiratininga/index.htm. Acesso em: 05 de março de 2020.

_____. Secretaria de Estado do Ambiente e Inea promovem debate sobre o Plano de Adaptação Climática do Estado do Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Noticias/INEA0201325&lang=#ad-image-0 Acesso em: 11 de agosto de 2020.

_____. 2020. Portal GeoINEA - Base de Dados Geoespaciais. Disponível em: https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed. Acesso em: dezembro de 2020.

INEPAC. INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO CULTURAL. Patrimônio Cultural

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Bens Tombados. Governo do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens_tombados/detalhar/139. Acesso em 25/set/2020.

INPH - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS. PREFEITURA DE NITERÓI. CONCREMAT AMBIENTAL. Estudo de Impacto Ambiental – EIA. Projeto de Restauração da Circulação Hidrodinâmica e Revitalização Ambiental dos Municípios de Niterói e São Gonçalo. Processo E-07/002.15521/2013. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). TOPODATA: Banco de dados geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos – SP. 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL et al. Pesquisa Saneamento Básico em Áreas Irregulares – Relatório Brasil. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/saneamento-basico-em-areas-irregulares.

JEEVANANDAM, M; NAGARAJAN, R.; MANUKANDAN, M. SENTILKUMAR, M.; SRINIVASALU, S.; PRASANNA, M.V. Hydrogeochemistry and microbial contamination of groundwater from Lower Ponnaiyar Basin, Cuddalore District, Tamil Nadu, India. Springer – Verlag, 2012. Environ Earth Sci. Springer – Verlag, 2012

JICA, “The study on recuperation of the Guanabara bay ecosystem”, Japan International Cooperation Agency, volumes: 1, 2, 3, 4 e 5. 1992.

KCI Technologies, Inc. P02: DIAGNÓSTICO DO ESTADO DA BAÍA DE GUANABARA. Programa de Fortalecimento da Governança e da Gestão da Baía de Guanabara Convênio de Cooperação Técnica: ATN/OC-14223-BR. SDP No: SQC Nº 17/2015. 20 de julho de 2016.

KJERFVE, B. ed.,Coastal lagoon processes. Elsevier. 1994.

KJERFVE, B, RIBEIRO, C.H.A, DIAS, G.T.M., FILIPPO, A.M. e QUARESMA, V. da S. Oceanographic characteristics of and impacted costal bay: Baía de Guanabara. Continental Shef Research, 1997.

KJERFVE, B. Manual for investigation of hydrological Processes in Mangrove Ecosystems. UNESCO/UNDP. 79p. 1990.

LIMA, L. A. Vulnerabilidade geral de aquíferos fraturados: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – São José de Ubá/RJ. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

LOBATO, M. et al. Provenance of the Neoproterozoic High-grade Metasedimentary Rocks of the Arc-related Oriental Terrane of the Ribeira belt: Implications for Gondwana Amalgamation. Journal of South American Earth Sciences, n. 63, p. 260–278, 2015.

LOBO F. J. P.: Vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas: fundamentos e conceitos para uma melhor gestão e proteção dos aquíferos de Portugal. Portugal, 1995.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

LOPES, G., M. Aplicação de um modelo numérico hidrodinâmico para as Baías de Paranaguá e Antonina-PR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2010.

LOWSBY, M.G., 2000. Estudo da intrusão salina no aqüífero costeiro de Piratininga (Niterói), Região Oceânica do município de Niterói – RJ. Dissertação de Mestrado, IGEO-UFRJ.

MAPA DE CULTURA RJ. Secretaria de Estado da Cultura do Rio de Janeiro. Praias de Niterói. Disponível em: http://mapadecultura.rj.gov.br/manchete/praias-de-niteroi-2. Acesso em 18/02/2020.

MARINHA DO BRASIL. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA - BRASIL. Cartas de Correntes de Maré. Baía de Guanabara. 5º Reimpressão Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u1974/ccm-baia-de-guanabara.pdf. Acesso em 05/05/2020.

MARINHA DO BRASIL. COMANDO DO 1º DISTRITO NAVAL. Resposta à imprensa. Disponível em https://www.marinha.mil.br/com1dn/sites/www.marinha.mil.br.com1dn/files/upload/nota_imprensa%20-CPRJ%20%20e%20GMM%2010SET.pdf. Acesso em: 29/set/2020.

MARTINS, A. M.; CAPUCCI, E.; CETANO, L. C.; CARDOSO, G.; BARRETO, MONSORES A. L. M.; LEAL, A. S; Viana, P. Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.Curitiba. 2006.

MASON, B. H. Princípios de Geoquímica. J. Wiley & Sons. Trad. Ed. Polígono, São Paulo 1971. 381 p.

MASTERPLAN. Masterplan Engenharia. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Estadual do Ambiente. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) das obras de prolongamento do molhe existente na entrada do Canal da Joatinga e as melhorias da circulação hídrica do Complexo Lagunar de Jacarepaguá. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mtew/~edisp/inea0110414.pdf. 2015.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, MORESCO, I. Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Cap, v. 7, p. 83-112, 2014.

MENTE, A. A Água Subterrânea no Brasil. Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações, cap.1.3.3ed ver. E Ampl- Rio de Janeiro: CPRM: LABHID.2008.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Produto 6 – Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industrial e Agricultura Irrigada. Brasília, 2011.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Atlas dos Manguezais dos Brasil. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília. 2018.

MIRANDA, L. B. D., CASTRO FILHO, B. M. D., & KJERFVE, B. Princípios de oceanografia física de estuários. Editora EduUsp. 2002.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Projeto Orla. Disponível em: https://www.mma.gov.br/informma/item/941-projeto-orla.html. Acesso em: 06 de abril de 2020.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/planos-municipais-de-gest%C3%A3o-integrada-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html, Acesso em: 06 de abril de 2020.

MINISTÉRIO DO TURISMO. Categorização dos Municípios das Regiões Turísticas do Mapa do Turismo Brasileiro 2017-2018.

MINISTÉRIO DO TURISMO. Mapa do Turismo Brasileiro 2020. Disponível em: http://mapa.turismo.gov.br/mapa/init.html#/home.

MPRJ-MINISTÉRIO PÚBLICO DO RIO DE JANEIRO. MPRJ firma acordo com a Cedae para execução de medidas do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara. 2019a. Disponível em: https://www.mprj.mp.br/home/-/detalhe-noticia/visualizar/77207 Acesso em 12 de agosto de 2020.

_____. MPRJ assina acordo com Governo do Estado para a retomada das obras de saneamento e despoluição da Baía de Guanabara. 2019b. Disponível em: https://www.mprj.mp.br/home/-/detalhe-noticia/visualizar/74207 Acesso em 12 de agosto de 2020.

MORAIS, A. Análise de alternativas hidrodinâmicas para o sistema lagunar da Baixada de Jacarepaguá. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

NASSER, V. L. Estudo da qualidade de água na baía de Guanabara utilizando técnicas de sensoriamento remoto e análise geoestatística. Rio de Janeiro, 167p. 2001.

NOAA – NATIONAL WEATHER SERVICE. Climate Prediction Center. Cold and Warm Episodes by Season. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em 20/03/2020.

OLIVEIRA, A.M.;TOLEDO, P.H.O.; FREIRE, C.C.; GOMES, M.G.; BUARQUE, A.C.R. Análise do avanço da cunha salina em sistema aquífero costeiro. Eng. San. Ambiental, v 23, no 5.

OLIVEIRA, L., NASCIMENTO R., KRAU L., MIRANDA A., "Observações hidrobiológicas e mortandade de peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas." Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 55, no. 2 (1957): 211-271.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Estimativas das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Brasília: ONS; FAHMA-DZETA; ANA; ANEEL; MME, 2005. 205p.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

PDRH BG. PR-4: Consolidação do diagnóstico. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. 2004

PERHI-RJ. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. R7 – Relatório de Diagnóstico. Elaboração: Fundação COPPETEC. Março de 2014.

PETROBRAS. Comunicação Bacia de Santos. Mapas. Disponível em: https://www.comunicabaciadesantos.com.br/conteudo/mapa . Acesso em 05/05/2020.

PHLEGER, F. B. A review of some general features of coastal lagoons. UNESCO Technical Papers in Marine Science (UNESCO). no. 33. 1981.

PINTO, B. V.; GODOY,J. M.; ALMEIDA, M. C. Características Químicas e Físico-Químicas de Águas Subterrâneas do estado do Rio de Janeiro. 2006. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e a Feira Nacional de Água Curitiba/PR.

PINTO, C. L.R., Filippo, A., de Souza, L.S., Fernandes, A.M., de Oliveira, I.A., Viana, C.G. and Romano, A.L.T. Estimativa do Tempo de Renovação da Água do Complexo Lagunar da Baixada de Jacarepaguá Através de Modelagem Numérica. Anuário do Instituto de Geociências, 42(3), pp.289-298. 2020.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. American Geophysical Union Transactions, v. 25, p. 914-923. Washington, 1944.

PDITS - PLANO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO TURISMO SUSTENTÁVEL. Relatório Final – PDITS Polo Litoral. Rio de Janeiro. 2010a.

PDITS - PLANO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO TURISMO SUSTENTÁVEL. Relatório Final – PDITS Polo Serra. Rio de Janeiro. 2010b.

PDUI. GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. PRODUTO 14. Relatório de propostas detalhadas, 2017.

PRÁ-BAÍA. Plano de Recuperação Ambiental da Baía de Guanabara. Programa de Fortalecimento da Governança e da Gestão da Baía de Guanabara Convênio de Cooperação Técnica: ATN/OC-14223-BR SDP No: SQC No 01/2014. 2016

PREFEITURA DE MARICÁ. Principais Praias. Disponível em: https://www.marica.rj.gov.br/principais-praias/. Acesso em: 18/02/2020.

PREFEITURA DO RIO. Gestão Ambiental do Sistema da Lagoa Rodrigo de Freitas Boletim nº 065/2018. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/web/smac/gestao-da-lagoa-rodrigo-de-freitas .Acesso em: 7 de março de 2020.

PROJETO BAÍAS DO BRASIL. Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. Relatório. Descritivo. Programa COPPE: Engenharia Oceânica Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica. 09 de julho de 2017. Disponível em: http://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel_baia_guanabara.html#3. 2017.

Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Rio de Janeiro (PMAP-RJ). Relatório Técnico Semestral – RTS-01. Revisão 00. 2018a.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Rio de Janeiro (PMAP-RJ). Relatório Técnico Semestral – RTS-02. Revisão 00. 2018b.

Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Rio de Janeiro (PMAP-RJ). Relatório Técnico Semestral – RTS-03. Revisão 00. 2019.

PRO-SUSTENTÀVEL. Relatórios Técnicos. 2020. Disponível em: http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/index.php/relatorios-tecnicos/ Acesso em:15 de maio de 2020

_____. PRO-Sustentável. 2020 Disponível: http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/

Acesso em: 11 de agosto de 2020.

QUARESMA, V. S.; DIAS, G. T. M.; BAPTISTA NETO, J. A. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara- RJ. Brazilian Journal of Geophysics. 18(2), 2001.

RABELLO, T. M. V., GONÇALVES, R. C., CASTILHOS, Z., RODRIGUES, A. P., PEREIRA DE CAMPOS, T. M., WASSERMAN, J. C., & POLIVANOV, H. Risco Ecológico Potencial por Metais Pesados em Sedimentos da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro (RJ). Anuario do Instituto de Geociencias, 41(3). 2018.

RANKAMA, K.: SAHAMA, TH.G. Geoquímica. Trad. 2a ed. Aguilar. 1962

RICCOMINI, C. O Rift Continental do sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, USP, São Paulo, p. 256. 1989.

RICCOMINI, C., SANT´ANNA, L.G., E TASSINARI, C.C.G. Pré-sal: geologia e exploração. Revista USP, 95, 33-42. doi: 10.11606/issn.2316-9036. v0i95p33-42. 2012.

RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L. G; FERRARI, A. L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSONETO, Virginio. et al. (Eds.) Geologia do Continente Sul-Americano. São Paulo: Editora Beca, 2004. p. 383-405.

RIO ÁGUAS. Fundação Intituto das Águas do Município do Rio de Janeiro – Rio Águas. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Obras. Atualização do Plano de Gestão Ambiental da Lagoa Rodrigo de Freitas (PGALRF). Setembro de 2013.

RIO DE JANEIRO. Projeto de Lei nº 1988 de 25 de agosto de 1994. Estabelece a Política Estadual de Meio Ambiente, seus mecanismos de formulação e execução, constitui o Sistema Estadual de Meio Ambiente e dá outras providências. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www3.alerj.rj.gov.br/lotus_notes/default.asp?id=127&url=L3NjcHJvOTFfOTQubnNmL2NkMzExY2I3NGYwNmQ3OGYwMzI1NjZjODAwODBhMDE0LzRhMWExMmE5NDhmZjZiZWIwMzI1NjljNDAwNmJmMTBhP09wZW5Eb2N1bWVudA==. Acesso em: 10 de abril de 2020

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L. Aquíferos do Estado do Paraná. Ed. Autor. ISBN 978-85-91050-1-4. Curitiba, 2011.200p.

ROSS, J.; SANCHES L. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. 1. Ed. São Paulo: Contexto, 1990. 85 p.

ROSSO, Thereza Christina de Almeida. Aspectos institucionais da gestão da bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas. Disponível em: < http://www.meioambiente .uerj.br/destaque/artigo_lagoa.htm>. Acesso em: 7 de março de 2020.

RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da Baía da Guanabara e das regiões vizinhas. Revista Brasileira de Geografia, v. 6, n. 4, p. 445-508, 1944.

SAMPAIO, M. Estudo de Circulação Hidrodinâmica 3D e Trocas de Massas D'água da Baía de Guanabara – RJ. UFRJ. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. 2003.

SANTOS L. L., Estudos de Hidrodinâmica Ambiental e Mudanças na Qualidade das Águas da Lagoa Rodrigo de Freitas após Ligação Com o Mar Via Dutos Afogados, Rio de Janeiro–RJ. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SEA – SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro. Relatório Síntese, 2013.

SEA – SECRETARIA DE AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO. Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro. Baia de Guanabara. Carta de Subsídio a Gestão Territorial. Rio de Janeiro, 2018.

SEA – SECRETARIA DE AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO. Carta de Subsídio à Gestão do Território. Diretrizes Gerais e específicas do ZEE-RJ. Rio de Janeiro, 2019.

SECRETARIA DE TRANSPORTES. Plano Estratégico de Logística e Cargas do Estado do Rio De Janeiro - PELC/RJ 2045. Sumário Executivo. Rio de Janeiro, 2016.

SEPDET/TURISRIO. Plano Diretor de Turismo do Estado do Rio de Janeiro. Volume I – Diagnóstico. 2001.

SILVA, T. M. 2002. A estruturação geomorfologia do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, p. 265. 2012.

SILVA, W. L., & Dereczynski, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de janeiro. Anuário do Instituto de Geociências, 37(2), 123-138. 2014.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE O SANEAMENTO. 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica. Acesso em: 29/10/2019.

SOARES, M. L. G. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, 59(3): 503 - 515. 1999.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

SOARES-GOMES, A.; GAMA, B.; NETO, J.; FREIRE, D.; CORDEIRO, R.; ACHADO,W.; BERNARDES, M.; COUTINHO, R. THOMPSON, F.; PEREIRA, R. Na environmental overview of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. Regional Studies in Marine Science, 2016.

SOS MATA ATLÂNTICA. Observando os Rios 2020. O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. 2020.

SOS MATA ATLÂNTICA. Rio do Rio. 2020b. Disponível em: <http://observandoosrios.sosma.org.br/grupo/1010/rio-do-rio> Acesso em 22/09/2020

SOS MATA ATLÂNTICA. Rio do Rio - 2. 2020c. Disponível em: <http://observandoosrios.sosma.org.br/grupo/1015/rio-do-rio-2?de=01%2F11%2F2018&ate=02%2F03%2F2021> Acesso em 22/09/2020

SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto (SP): Holos Editora, 378 p. 2005.

SOUZA, J.M. Mar territorial, zona econômica exclusiva ou plataforma continental. Revista Brasileira de Geofísica, 17(1), pp.79-82. 1999.

TUBBS, D. Ocorrência das Águas Subterrâneas – “Aquífero Piranema” – Município de Seropédica, área da Universidade Rural e Arredores, estado do Rio de Janeiro. FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do E. Rio Janeiro). Relatório Final de Pesquisa,1999 –123 p.

TUBBS, D.; MARQUES, E.D; GOMES, O.V.O; SILVS-FILHO, E.V. Impacto da Mineração de Areia sobre a Química das Águas Subterrâneas, Distrito Areeiro da Piranema, Municípios de Itaguaí e Seropédica, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geociências 41:3 472-485. 2011

TUPINAMBÁ, M. et al. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí. GEONOMOS, v. 15, n. 1, p. 67 – 79, 2007.

VALENTE, S. de C. 1997. Geochemical and isotopic constraints on the petrogenesis of the Cretaceous dykes of Rio de Janeiro, Brazil. Tese (Doutorado em Geoquímica), School of Geosciences – The Queen's University of Belfast, Belfast, p. 366. 1997.

VALERIANO, C. de M. (coord.). Geologia e Recursos Minerais da Folha Baía de Guanabara SF-23-Z-B-IV, estado do Rio de Janeiro, escala 1:100.000. 1.ed. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil / UERJ- Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012. V.1. 156p. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/11375. Acesso em: 15 fev. 2020.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 4ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017

VON SPERLING, M.; SANTOS, A.S.P.; MELO, M.C.; LIBÂNIO, M. “Investigação de fatores de influência no consumo per Capita de água em estados brasileiros e em cidades de Minas Gerais”. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, I-004, Vitória-ES, 2002.

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

10 APÊNDICES

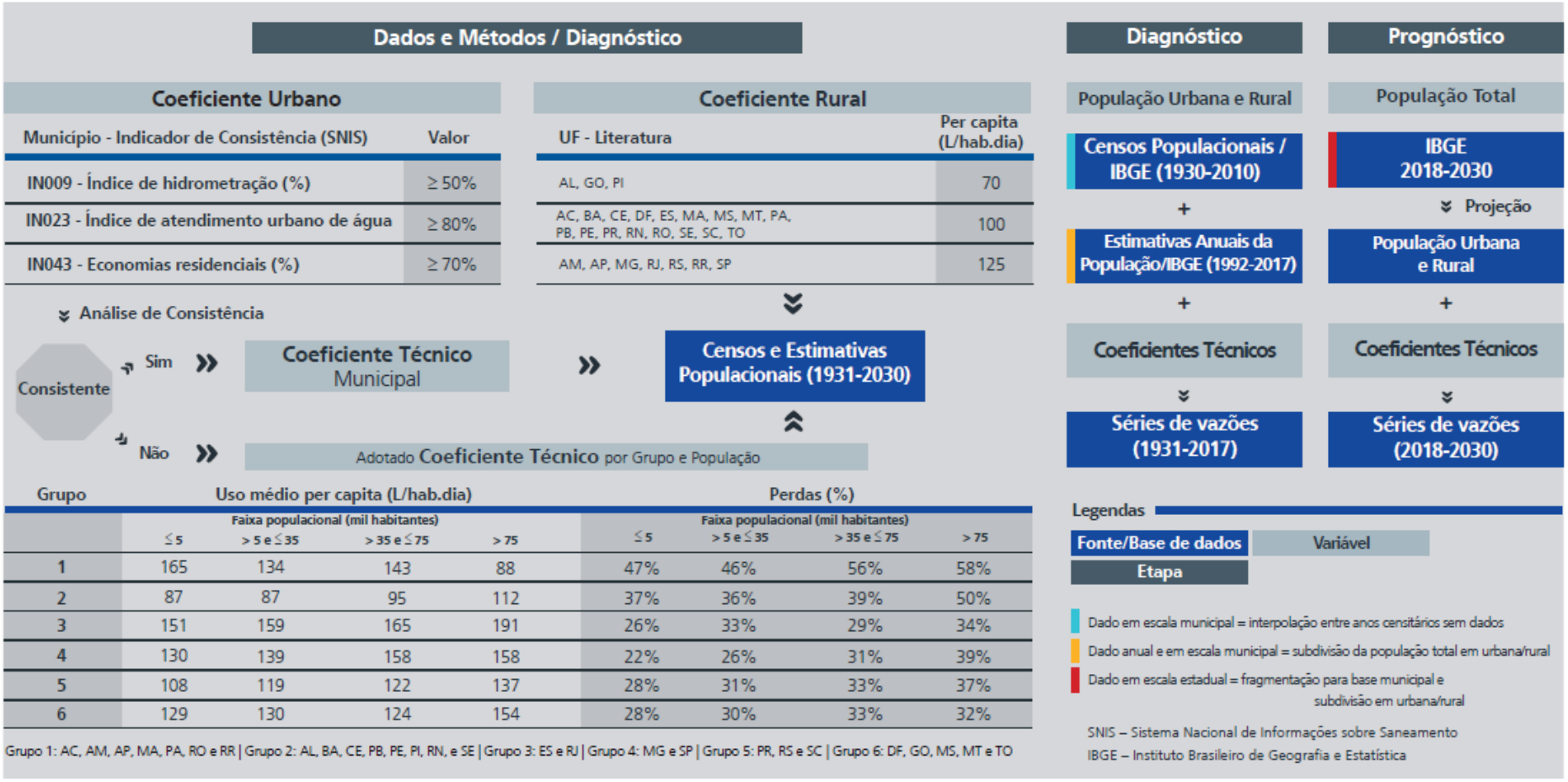
Apêndice 1 - Status e link de acesso dos planos e programa da RH-V (meio digital)

Apêndice 2 - Banco de dados de recursos hídricos subterrâneos (meio digital)

Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

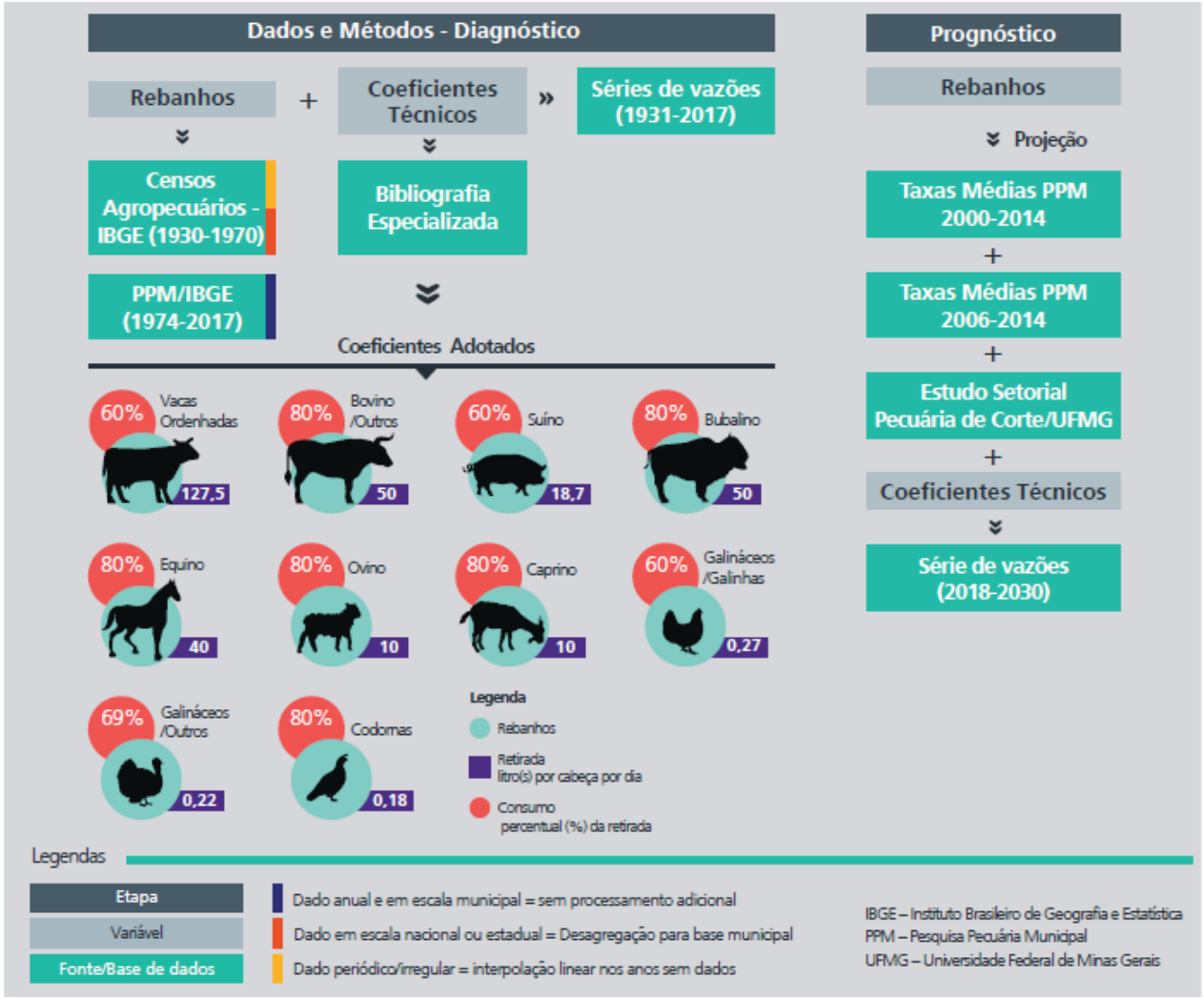
APÊNDICE 3 - FLUXOGRAMAS DOS MÉTODOS INDIRETOS DE OBTENÇÃO DAS VAZÕES DE RETIRADA

Fluxograma do método de estimativa das vazões associadas ao uso humano (ANA, 2019)



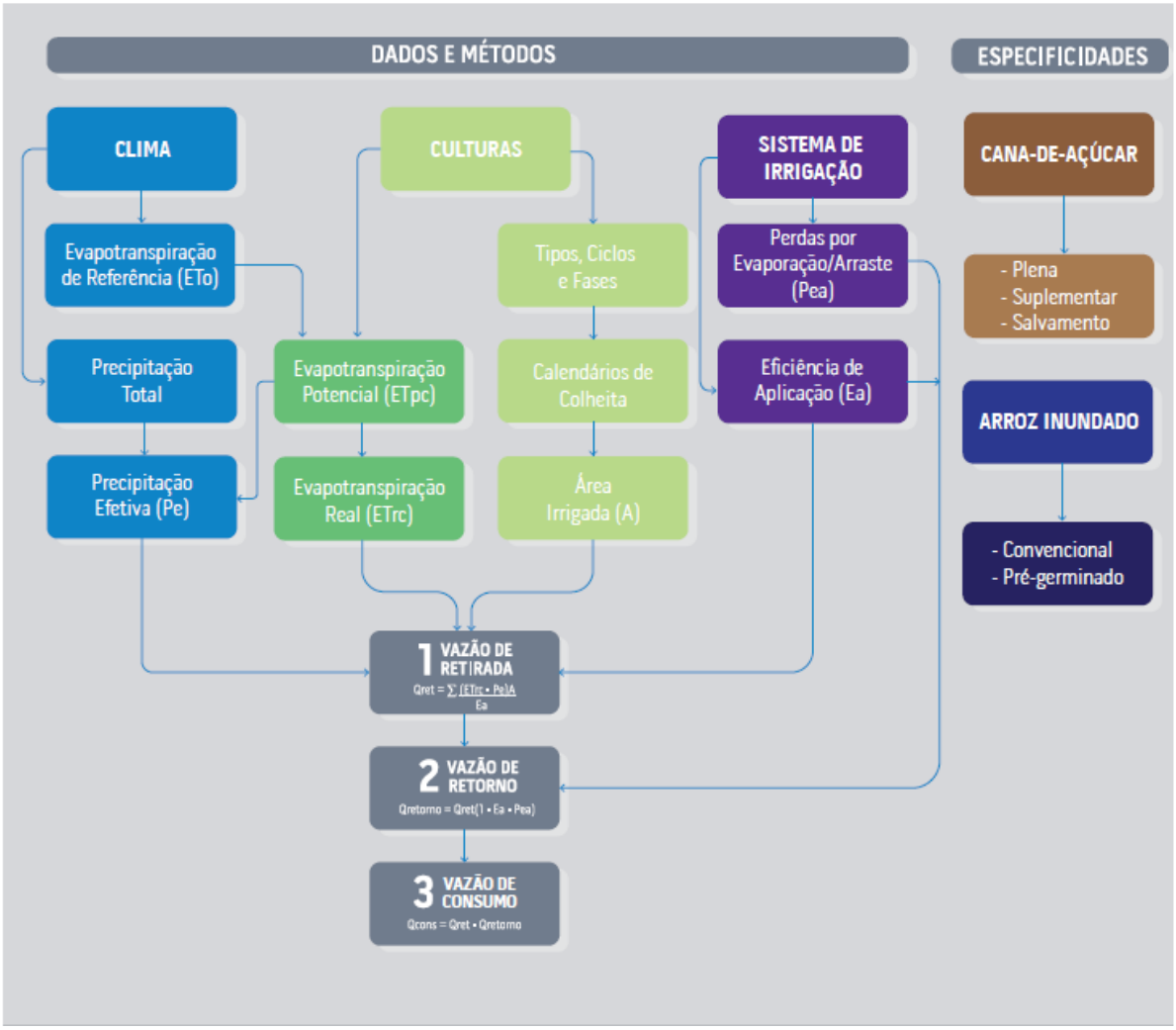
Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Fluxograma de estimativa das vazões associadas ao abastecimento animal (ANA, 2019)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

Fluxograma do método da estimativa das vazões demandadas pela irrigação (ANA, 2019)



Rua Voluntários da Pátria, 400 – sala 1402 | CEP 80020-000 | Curitiba | Paraná | Brasil.
Tel/Fax:+55 41 3232 0732 www.rhaengenharia.com.br
CNPJ 03.983.776/0001-67

RHA

WATER AND ENVIRONMENTAL RESOURCES
ENGINEERING

www.rhaengenharia.com.br
+55 (41) 3232-0732 | contato@rhaengenharia.com.br