

## Produto P4.2

### TOMO I - ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

PDGV-RE-P04-2-001-R0

Novembro, 2021



## PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS

REGIÃO METROPOLITANA  
DA GRANDE VITÓRIA  
(PDAU-RMGV)

# Plano Diretor de Águas Urbanas da Região Metropolitana da Grande Vitória (PDAU-RMGV)

ELABORADO POR  
CONSÓRCIO TETRA TECH - CONCREMAT



## CONTRATANTE:

COMPANHIA ESPÍRITO  
SANTENSE DE SANEAMENTO



GOVERNO DO ESTADO  
DO ESPÍRITO SANTO

COMITÊ DIRETIVO DO PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E  
DA PAISAGEM Projeto BIRD Empréstimo N° 8355 – BR

CONTRATO

0006 / 2020

### DATA DE INÍCIO DO CONTRATO

08 de junho de 2020

### CONCLUSÃO PREVISTA

08 de junho de 2022

# Sumário

1	Informações Necessária Para a Implementação da Modelagem.....	31
1.1	Vitória .....	31
1.1.1	Rede de Macrodrenagem do Município de Vitória Sujeita a Riscos de Inundação .....	31
1.1.2	Informações Sobre os Projetos da Rede de Macrodrenagem - Vitória	32
1.1.3	Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Vitória, para Controle de Inundações.....	33
1.2	Vila Velha.....	38
1.2.1	Rede de Macrodrenagem do Município de Vila Velha Sujeita a Riscos de Inundação.....	39
1.2.2	Informações Sobre Batimetria dos Leitões Naturais e Projetos da Rede de Macrodrenagem - Vila Velha .....	44
1.2.3	Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Vila Velha para Controle de Inundações e Barragens.....	45
1.2.4	Resumo das Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Vila Velha e Utilizadas na Modelagem.....	52
1.2.5	Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem para Controle de Inundações em Construção no Município de Vila Velha .....	53
1.3	Cariacica .....	68
1.3.1	Rede de Macrodrenagem do Município de Cariacica Sujeita a Riscos de Inundação.....	68
1.3.2	Informações Sobre Batimetria dos Leitões Naturais e Projetos da Rede de Macrodrenagem - Cariacica.....	71
1.3.3	Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Cariacica .....	72
1.4	Serra .....	72

1.4.1	Rede de Macro drenagem do Município de Serra Sujeita a Riscos de Inundação .....	72
1.4.2	Informações Sobre Batimetria dos Leitões Naturais e Projetos da Rede de Macro drenagem - Serra.....	77
1.4.3	Estruturas Hidráulicas Existentes em Serra .....	77
1.5	Viana .....	82
1.5.1	Rede de Macro drenagem do Município de Viana Sujeita a Riscos de Inundação .....	82
1.5.2	Informações Sobre Batimetria da Rede de Macro drenagem - Viana	84
1.5.3	Estruturas Hidráulicas de Macro drenagem para Controle de Inundações, Existentes no Município de Viana.....	84
1.6	Fundão .....	85
1.6.1	Rede de Macro drenagem do Município de Fundão Sujeita a Riscos de Inundação .....	85
1.6.2	Informações Sobre Batimetria da Rede de Macro drenagem de Fundão.....	86
1.6.3	Estruturas Hidráulicas de Macro drenagem para Controle de Inundações, Existentes no Município de Fundão.....	86
1.7	Guarapari.....	87
1.7.1	Rede de Macro drenagem do Município de Guarapari Sujeita a Riscos de Inundação.....	87
1.7.2	Informações Sobre Batimetria da Rede de Macro drenagem de Guarapari.....	89
1.7.3	Estruturas Hidráulicas Existentes em Guarapari .....	89
1.8	Relação de corpos hídricos simulados e do número de seções adotadas	91
2	Características Físicas das Bacias e dos Corpos Hídricos.....	93
2.1	Metodologia “Chuva-Vazão” Adotada .....	93
2.2	Modelo Digital de Terreno.....	98

2.3	Delimitação das Bacias e Sub Bacias.....	100
2.4	Curve Number .....	105
2.4.1	Pedologia .....	106
2.4.2	Uso e ocupação do solo.....	107
2.4.3	“Curve Number” das bacias hidrográficas.....	114
2.5	Coeficiente de Manning .....	127
3	Esquematização Adotada na Modelagem Hidrológica .....	130
4	Análise dos Dados Pluviométricos, Fluviométricos e Maregráficos .....	134
4.1	Análise dos Dados de Vazão .....	135
4.1.1	Metodologia de Análise para Vazão .....	135
4.1.2	Análise das Vazões para o Rio Jucú.....	137
4.1.3	Análise das Vazões para o Rio Santa Maria da Vitória.....	142
4.1.4	Análise das Vazões para o Ribeirão Sauanha (Timbuí).....	148
4.2	Análise dos Dados de Variação do Nível do Mar .....	153
4.2.1	Análise dos Dados de Maré do Porto de Tubarão .....	155
4.2.2	Constantes Harmônicas de Marés Astronômica .....	163
4.2.3	Análise dos Dados de Nível do Mar para Marés Meteorológicas .....	166
4.2.4	Reconstrução da Maré Total usando Previsão Harmônica e Reanálise do CFSR .....	175
4.2.5	Definição do Nível de Referência (NR) Adotado.....	176
4.3	Análise dos Dados de Precipitação .....	183
4.3.1	Análise dos Dados de Precipitação ANA e INMET.....	185
4.3.2	Análise dos Dados de Precipitação CEMADEN.....	202
4.3.3	Seleção dos Postos Pluviométricos.....	203
4.3.4	Distribuição Espacial das Chuvas – INMET e CEMADEN.....	204
4.3.5	Equações de Intensidade Duração e Frequência (IDF) para a RMGV	204
4.3.6	Método de Huff Para a Geração de Hietogramas .....	213

5	Eventos Seleccionados para a Calibração da Modelagem .....	214
5.1	Vazões e Precipitações Máximas Históricas .....	215
5.1.1	Evento de máxima vazão nos Rios Jucú e Santa Maria da Vitória.....	215
5.1.2	Maior precipitação para períodos inferiores a 24 horas (maior acumulado horário) .....	220
5.1.3	Maior precipitação acumulada diária .....	225
6	Construção das Forçantes.....	230
6.1	Construção das Forçantes para as simulações de calibração e validação 230	
6.1.1	A escolha dos eventos críticos (1ª Etapa).....	230
6.1.2	A disponibilidade de dados (2ª Etapa) .....	230
6.1.3	Esquematização adotada (3ª Etapa).....	234
6.2	Construção das Forçantes para as simulações diagnósticas e prognósticas.....	234
6.2.1	Vazões calculadas para os períodos de retorno .....	235
6.2.2	Marés Meteorológicas calculadas para os períodos de retorno.....	235
6.2.3	Chuvas calculadas para os períodos de retorno.....	236
7	Calibração e Validação da Modelagem .....	237
7.1	Síntese dos dados utilizados para a calibração da modelagem.....	237
7.2	Comparação entre os hidrogramas gerados pela modelagem e os valores de vazão observados.....	238
7.3	Comparação entra as manchas de inundação geradas pelo modelo e as fornecidas em mapas de risco e imagens aéreas.....	241
7.4	Discussão sobre os resultados da calibração .....	254
8	Elaboração dos Cenários Atual e Futuros.....	255
8.1	Análise da duração crítica ou tempo de concentração da bacia .....	256
9	Resultados das Simulações Diagnóstica 2020 e Prognóstica 2025.....	272
10	Discussões e Conclusões.....	288

11 Referências .....291

Apêndice A

Apêndice B

## Índice de Figuras

Figura 1 – Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação em Vitória.....	31
Figura 2 – Localização das EBAPs.: Antonio Ferreira Pinto (Candido Portinari), Santa Lúcia e Bento Ferreira.....	33
Figura 3 - Tela com a configuração dos níveis utilizados no Modo Automático .....	34
Figura 4 - Tela das Comportas .....	34
Figura 5 - Tela de Comandos das Comportas .....	35
Figura 6 - Croqui esquemático do caminhamento da água pluvial no interior das estações EBAPs Santa Lúcia e Bento Ferreira .....	37
Figura 7 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação e alagamento no Município de Vila Velha.....	40
Figura 8 - Levantamentos batimétricos realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT e projetos da Quanta Engenharia (2015a) indicado como outras fontes.....	45
Figura 9 - Localização das EBAP Elmo Dall’Ortto e sistemas de comportas Canal Marilândia – Canal Marinho no Município de Vila Velha. ....	45
Figura 10 - Localização da EBAP Elmo Dall’Ortto e do sistema de comportas. ....	47
Figura 11 - Comporta no Canal Marilândia – Canal Marinho,.....	48
Figura 12 – Localização das PCHs São Pedro (Jucú Braço Norte) e Jucú (Jucu Braço Sul).....	48
Figura 13 – Esquema das vazões envolvidas na operação da PCH São Pedro. ....	49
Figura 14 – Planta da Casa de Força projetada para a PCH São Pedro .....	50
Figura 15 – Localização da EBAP Foz da Costa.....	53
Figura 16 – Operação da EBAP Foz da Costa em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b).....	54
Figura 17 – Localização prevista para a EBAP Aribiri e para o Sistema de comporta a ser instalado no Rio Aribiri .....	55
Figura 18 – Operação da EBAP Aribiri em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b) .....	56
Figura 19 – Localização da EBAP Cobilândia .....	57

Figura 20 – Planta geral extraída do desenho TM-SEDURB-MD-007-EBAP1-ARQ-002.....	58
Figura 21 – Operação da EBAP Cobilândia em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b) .....	59
Figura 22 – Localização da EBAP Marilândia com a Linha de recalque.....	60
Figura 23 – Planta geral extraída do desenho TM-SEDURB-MD-007-EBAP2-ARQ-002.....	61
Figura 24 – Operação da EBAP Marilândia em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b) .....	61
Figura 25 – Localização da EBAP Marinho.....	62
Figura 26 – Comportas da EBAP Marinho, indicação das cotas, adaptado do desenho: TM-SEDURB-MD-007-EBAP5-ARQ-002.....	63
Figura 27 – Operação da EBAP Marinho em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b) ..	64
Figura 28 – Localização da EBAP Laranja.....	65
Figura 29 – Operação da EBAP Marinho em Tempo Seco .....	66
Figura 30 – Operação da EBAP Marinho em Tempo Chuvoso.....	67
Figura 31 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Cariacica.....	68
Figura 32 - Levantamentos batimétricos realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT e dados secundários da Quanta Engenharia (2015a) indicados como outras fontes.....	71
Figura 33 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Serra.....	73
Figura 34 - Levantamentos batimétricos no Município de Serra.....	77
Figura 35 – Localização das barragens: Sítio no Ribeirão Sauanha e PCH Rio Bonito e UHE Suíça, ambas no Rio Santa Maria da Vitória.....	78
Figura 36 - Barragem Sítio no Ribeirão Sauanha.....	78
Figura 37 – Imagens da Barragem Sítio no Ribeirão Sauanha.....	79
Figura 38 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Viana.....	82
Figura 39 - Levantamentos batimétricos no Município de Viana.....	84
Figura 40 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Fundão.....	85
Figura 41 - Levantamentos batimétricos no Município de Fundão.....	86

Figura 42 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Guarapari.....	87
Figura 43 - Levantamentos batimétricos no Município de Guarapari.....	89
Figura 44 – Localização da estação e imagens do cadastramento da barragem para regularização de nível d'água na estação de captação da CESAN no Rio Jabuti.....	90
Figura 45 - Enquadramento das atuais classes gerais de solo nos grupos hidrológicos de solo A, B, C e D.....	96
Figura 46 - Valores de CN para bacia urbanas e suburbanas e rurais.....	97
Figura 47 - Correspondência entre os números da curva de escoamento para as três condições de umidade antecedente.....	97
Figura 48 - Diferença entre os modelos MDE (linha AZUL) e MDT (linha VERDE).....	98
Figura 49 - MDT na área de estudo.....	99
Figura 50 – Delimitação das bacias hidrográficas selecionadas para o modelo.....	101
Figura 51 – Mapa pedológico da área de estudo.....	106
Figura 52 – Uso do solo de 2020 resultado da classificação supervisionada semiautomática de uso do solo.....	109
Figura 53 – Uso do solo de 2025.....	111
Figura 54 – Uso do solo de 2032.....	112
Figura 55 – Uso do solo de 2040.....	113
Figura 56 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2020.....	117
Figura 57 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2025.....	118
Figura 58 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2032.....	119
Figura 59 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2040.....	120
Figura 60 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2020.....	121
Figura 61 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2025.....	122
Figura 62 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2032.....	123
Figura 63 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2040.....	124

Figura 64 - Exemplo do quadro de atrito (manning) dentro da Interface do SOBEK.....	128
Figura 65 – RMGV e os quatro corpos hídricos externos à região (Jucú Braço Norte, Jucú Braço Sul, Santa Maria da Vitória e Sauanha). .....	130
Figura 66 – Bordas de montante do modelo e as respectivas estações fluviométricas associadas às bordas. ....	131
Figura 67 – Localização das bordas de montante da modelagem, indicação das áreas de contribuição das bacias dos rios Jucú Braço Sul, Jucú Braço Norte, Santa Maria da Vitória e Ribeirão Sauanha, localização das estações fluviométricas e limite da RMGV.....	132
Figura 68 – Informações sobre a estação fluviométrica utilizada para análise das vazões no Rio Jucú. Imagem extraída do site da HidroWeb.....	137
Figura 69 – Série temporal de vazão da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). .....	138
Figura 70 – Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000), vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP). .....	138
Figura 71 – Estação Fazenda Jucuruaba (Código 57230000), vazões mensais médias, máximas e mínimas.....	139
Figura 72 – Curva de permanência de vazões para a Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). .....	139
Figura 73– (a) Valores máximos anuais, (b) ajuste da distribuição de Gumbel, (c) GEV e (d) Log Pearson III.....	140
Figura 74 – Série temporal de vazão da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). .....	142
Figura 75 – Informações sobre a estação fluviométrica utilizada para análise das vazões no Rio Santa Maria da Vitória. Imagem extraída do site da HidroWeb .....	142
Figura 76 – Série temporal de vazão média diária da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080). .....	143
Figura 77 – Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080), vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP) = 11,27 m <sup>3</sup> /s. ....	144
Figura 78 – Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080), vazões mensais médias, máximas e mínimas.....	144

Figura 79 – Curva de permanência de vazões para a Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).....	145
Figura 80– (a) Valores máximos anuais, (b) ajuste da distribuição de Gumbel, (c) GEV e (d) Log Pearson III, para a Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).....	146
Figura 81 – Série temporal de vazão da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).....	148
Figura 82 – Informações sobre a estação fluviométrica utilizada para análise das vazões no Ribeirão Sauanha. Imagem extraída do site da HidroWeb. ...	148
Figura 83 – Série temporal de vazão média diária da Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).....	149
Figura 84 – Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008), vazões médias mensais e vazão média de longo período (QMLP) = 1,77 m <sup>3</sup> /s. ....	149
Figura 85 – Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008), vazões mensais médias, máximas e mínimas. ....	150
Figura 86 – Curva de permanência de vazões para a Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).....	150
Figura 87 – (a) Valores máximos anuais, (b) ajuste da distribuição de Gumbel, (c) GEV e (d) Log Pearson III, para a Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).....	151
Figura 88 – Localização da estação maregráfica do Porto de Tubarão. ....	155
Figura 89 – Série temporal de variação do nível do mar obtida na estação maregráfica do Porto de Tubarão, de janeiro de 2015 a dezembro de 2017...	155
Figura 90 – Trecho da série temporal de variação do nível do mar durante o instante da maré total máxima. ....	156
Figura 91 – Densidade espectral de energia para a série temporal de variação do nível do mar registrado no Porto de Tubarão no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. ....	157
Figura 92 – A maré astronômica mais alta (HAT) e a maré astronômica mais baixa (LAT) calculadas para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, para os próximos 100 anos. As datas da ocorrência da HAT e LAT estão apresentadas no formato: ano/mês/dia e hora. ....	160

Figura 93 – (a) Função de densidade de probabilidade e (b) função de distribuição para a maré astronômica na estação maregráfica do Porto de Tubarão.....	160
Figura 94 – (a) Função de densidade de probabilidade e (b) função de distribuição para a maré meteorológica na estação maregráfica do Porto de Tubarão.....	161
Figura 95 – Análise do tempo de elevação do nível do mar (total) em número de horas por ano na estação maregráfica do Porto de Tubarão.....	162
Figura 96 – Localização das Estações Maregráficas (FEMAR) na região de estudo.....	163
Figura 97 – Constantes harmônicas de maré para a estação do Porto de Tubarão.....	164
Figura 98 – Constantes harmônicas de maré para a estação de Piraquê Açu.....	164
Figura 99 – Constantes harmônicas de maré para a estação de Guarapari.....	165
Figura 100 – Localização referente às reanálises do CFSR para o litoral do ES.....	167
Figura 101 – Série temporal de variação do NMM proveniente do CFSR para o litoral do ES. Na parte inferior estão o histograma e a função de frequência acumulada, calculados a partir da série temporal.....	168
Figura 102 – Série temporal de variação do NMM proveniente do CFSR para o litoral do ES, para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. Na parte inferior estão o histograma e a função de frequência acumulada, calculados a partir da série temporal.....	169
Figura 103 – Valores máximos anuais reanálise (CFSR) próximos ao Porto de Vitória.....	169
Figura 104 – Distribuições (Gumbel, GEV e Log Pearson III) ajustadas aos máximos anuais dos dados (reanálises) próximos ao Porto de Vitória.....	171
Figura 105 – Série temporal de variação do NMM proveniente do CFSR para o litoral do ES, nas proximidades de Guarapari. Na parte inferior estão o histograma e a função de frequência acumulada, calculados a partir da série temporal.....	172
Figura 106 – Valores máximos anuais dos dados (reanálises) próximos a Guarapari.....	172

Figura 107 – Distribuições (Gumbel, GEV e Log Pearson III) ajustadas aos máximos anuais dos dados (reanálises) próximos à Guarapari. ....	174
Figura 108 – Comparação entre os dados originais e a reconstrução para a maré total no porto de Tubarão. ....	176
Figura 109 – Nivelamento da régua do marégrafo da Capitania dos Portos do ES. ....	177
Figura 110 – Pontos de referência, fonte: Marinha do Brasil (2010). ....	178
Figura 111 – Pontos de medição, fonte: Marinha do Brasil (2010). ....	179
Figura 112 – Comparação entre os pontos de referência apresentados em (a) Marinha do Brasil (2010) e os levantados pelo Consórcio Tetra Tech-CONCREMAT. (a) fonte: adaptado de Marinha do Brasil (2010), (b). ....	180
Figura 113 – Levantamento dos níveis d'água em 3 posições e instantes diferentes para a validação do MNM adotado. ....	182
Figura 114 – As localizações das estações pluviométricas ANA, INMET e CEMADEN existentes na RMGV e com dados disponíveis. ....	184
Figura 115 – Diagrama de Cobertura Temporal das Estações Pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas. ....	186
Figura 116 – Diagrama de Cobertura Temporal das Estações Pluviométricas selecionadas na Bacia do Rio Jucú e estações próximas. ....	187
Figura 117 – Diagrama de Cobertura Temporal das Estações Pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Reis Magos e estações próximas. ....	187
Figura 118 – Alturas médias das chuvas totais mensais para as estações da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas. ....	189
Figura 119 – Alturas médias das chuvas totais mensais para as estações da Bacia do Rio Jucú e estações próximas. ....	190
Figura 120 – Alturas médias das chuvas totais mensais para as estações da Bacia do Rio Reis Magos e estações próximas. ....	190
Figura 121 – Alturas médias das chuvas acumuladas (totais) mensais para a estação pluviométrica Fazenda Jucuruaba código 2040001, Bacia do Rio Jucú. ....	191
Figura 122 – Alturas médias das chuvas acumuladas (totais) mensais fornecidas pelo INMET para a estação pluviométrica 83648 de Vitória. ....	192
Figura 123 – Altura média da máxima mensal para as estações da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas. ....	194

Figura 124 – Altura média da máxima mensal para as estações da Bacia do Rio Jucú e estações próximas.....	194
Figura 125 – Altura média da máxima mensal para as estações da Bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.....	195
Figura 126 – Médias das máximas mensais, para o posto pluviométrico Fazenda Jucuruaba código 2040001.....	196
Figura 127 – Máximo histórico para o posto pluviométrico Fazenda Jucuruaba código 2040001.....	196
Figura 128 – Médias das chuvas totais anuais, para os postos pluviométricos selecionados para a Bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas. ....	197
Figura 129 – Médias anuais das chuvas totais anuais para os postos pluviométricos selecionados para a Bacia do Rio Jucu e estações próximas. ....	197
Figura 130 – Médias anuais das chuvas totais anuais para os postos pluviométricos selecionados para a Bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.....	198
Figura 131 – Máximas das chuvas máximas anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.....	198
Figura 132 – Máximas das chuvas máximas anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Jucú e estações próximas.....	199
Figura 133 – Máximas das chuvas máximas anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.....	199
Figura 134 – Médias das Chuvas Máximas Anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas..	200
Figura 135 – Médias das Chuvas Máximas Anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Jucú e estações próximas. ....	200
Figura 136 – Médias das Chuvas Máximas Anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Reis Magos e estações próximas. ....	201
Figura 137 – Exemplos de hietogramas do CEMADEN, os trechos apresentados são referentes ao período no qual ocorreu o máximo	

acumulado horário (1º de março de 2020 às 23 horas) em Fundão - Estação São José.....	203
Figura 138 – Municípios da RMGV e adjacentes, para os quais foram levantadas as equações IDF's.....	205
Figura 139 –(a) Série histórica no período de janeiro de 1951 a dezembro de 2020, (b) máximos anuais.....	209
Figura 140 – Distribuições (a) Gumbel, (b) GEV, (c) Log Pearson III e (d) Log NormallIII) ajustadas aos máximos anuais dos dados de chuva. ....	210
Figura 141 – Comparação entre o ajuste da distribuição GEV com os respectivos valores desagregados, para diferentes durações e períodos de retorno, e os valores calculados pela equação IDF obtida por (Angeli, 2015), referentes à na Estação Pluviométrica Fazenda Jucuruaba – 02040001. ....	212
Figura 142 – Evento de máxima vazão no Rio Jucú. (a) Série histórica no período de maio de 2018 a janeiro de 2020, (b) detalhe do evento extremo de vazão ocorrido no dia 14 de novembro de 2019.....	215
Figura 143 – Evento de máxima vazão horária no Rio Santa Maria da Vitória. (a) Série histórica no período de nov. de 2018 a ago. de 2020, (b) detalhe do evento extremo de vazão ocorrido no dia 14 de novembro de 2019.....	216
Figura 144 – Evento de máxima vazão horária no Rio Santa Maria da Vitória com interpolação “spline”. ....	217
Figura 145 – Eventos de inundaçãõ ocorridos entre 13 e 14 de novembro de 2019.....	218
Figura 146 – Eventos de inundaçãõ ocorridos no dia 2 de março de 2020....	222
Figura 147 – Vazãõ no Rio Santa Maria da Vitória. (a) Série histórica no período de jan. a jun. de 2020, (b) detalhe da vazãõ no evento ocorrido no dia 2 de março de 2020.....	223
Figura 148 – Vazãõ média diária no Rio Jucú. (a) Série histórica no período de jan. de 2019 a ago. de 2020, (b) detalhe da vazãõ no evento ocorrido no dia 2 de março de 2020.....	224
Figura 149 – Evento de máxima vazãõ no Jucú, para o evento ocorrido no dia 2 de março de 2020, completado com interpolaçãõ “spline”.....	225
Figura 150 – Eventos de inundaçãõ ocorridos no dia 18 de maio de 2019.....	227

Figura 151 – Vazão no Rio Santa Maria da Vitória. (a) Série histórica no período abril a outubro de 2019, (b) detalhe da vazão no evento ocorrido no dia 18 de maio de 2019.....	228
Figura 152 – Vazão média diária no Rio Jucú com o detalhe da vazão no evento ocorrido no dia 19 de maio de 2019. ....	229
Figura 153 – (a) Máximos anuais entre 1951 e 2020 para a estação pluviométrica Fazenda Jucuruaba, Bacia do Rio Jucú. (b) Máximos anuais classificado em ordem decrescente. (c) Os 14 maiores valores dos quais oito estão entre os anos de 2000 e 2020. ....	232
Figura 154 – Comparação entre o hidrograma gerado pela modelagem e os valores de vazão observados no Rio Jucú na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (código 57230000), para o evento do dia 14 de novembro de 2019. ....	238
Figura 155 – Comparação entre o hidrograma gerado pela modelagem e os valores de vazão observados no Rio Jucú na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (código 57230000), para o evento do dia 18 de maio de 2019.....	239
Figura 156 – Comparação entre o hidrograma gerado pela modelagem e os valores de vazão observados Ribeirão Sauanha na Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (código 57040008), para o evento do dia 18 de maio de 2019.....	240
Figura 157 – Hietogramas dos eventos selecionados (a, b, c) e o evento de dezembro de 2013 (d).....	243
Figura 158 –Município de Viana. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação nov. 2019.....	244
Figura 159 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação mai. 2019.....	245
Figura 160 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação nov. 2019. ....	246
Figura 161 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação nov. 2019. ....	247
Figura 162 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação mar. 2020. ....	248

Figura 163 – Viana, (a) áreas suscetíveis a inundações e alagamentos, Programa Municipal de Redução de Risco Consórcio Zemlya Avantec (2014), (b) Modelagem mar. 2020, (c) Modelagem nov.2019. ....	249
Figura 164 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Guarapari.....	251
Figura 165 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Viana.....	251
Figura 166 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Vila Velha.....	252
Figura 167 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Cariacica.....	252
Figura 168 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Vitória.....	253
Figura 169 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Serra.....	253
Figura 170 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Fundão.....	254
Figura 171 – Hidrogramas calculados para o Rio Jabuti, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas. ....	258

Figura 172 – Hidrogramas calculados para o Rio Una, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	258
Figura 173 – Hidrogramas calculados para o Rio Perocão, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	259
Figura 174 – Hidrogramas calculados para o Rio Meaípe, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	259
Figura 175 – Hidrogramas calculados para o Ribeirão Sauanha, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	260
Figura 176 – Hidrogramas calculados para o Rio Reis Magos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.....	260
Figura 177 – Hidrogramas calculados para o Rio Fundão, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.....	260
Figura 178 – Hidrogramas calculados para o Rio Manguinhos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	261
Figura 179 – Hidrogramas calculados para o Rio Maringá, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	261
Figura 180 – Hidrogramas calculados para o Rio Joãozinho, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	262
Figura 181 – Hidrogramas calculados para o Rio Preto, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	262
Figura 182 – Hidrogramas calculados para o Canal Leitão da Silva, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 4 horas.....	263

Figura 183 – Hidrogramas calculados para o Córrego Fradinhos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	263
Figura 184 – Hidrogramas calculados para o Rio Itanguá, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	264
Figura 185 – Hidrogramas calculados para o Rio Bubu, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	264
Figura 186 – Hidrogramas calculados para o Canal da Costa, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	265
Figura 187 – Hidrogramas calculados para o Canal Guaranhuns, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	265
Figura 188 – Hidrogramas calculados para o Rio Aribiri, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	266
Figura 189 – Hidrogramas calculados para o Canal Marinho, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	266
Figura 190 – Hidrogramas calculados para o Rio Santa Maria da Vitória, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.....	267
Figura 191 – Hidrogramas calculados para o Rio Escravos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.....	267
Figura 192 – Hidrogramas calculados para o Rio Formate, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	268
Figura 193 – Hidrogramas calculados para o Rio da Draga e Córrego do Congo, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	268

Figura 194 – Hidrogramas calculados para o Córrego Ribeira, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.....	269
Figura 195 – Hidrogramas calculados para o Rio Santo Agostinho, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas. ....	269
Figura 196 – Hidrogramas calculados para o Rio Jucú, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas. ....	270
Figura 197 – Hidrogramas calculados para o Lagoa Juara e Ribeirão Juara, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.....	270
Figura 198 – Obras de controle de inundações em Vila Velha, consideradas nas simulações a partir de 2025. ....	273
Figura 199 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 5 anos. ....	274
Figura 200 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 10 anos. ....	275
Figura 201 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 25 anos.....	276
Figura 202 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 50 anos. ....	277
Figura 203 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 100 anos. ....	278
Figura 204 – (a) Hidrogramas (2020 e2025) e (b) Cotagramas (2020 e2025) Canal da Costa, simulações para 2020 e 2025.....	284
Figura 205 – (a) Hidrogramas (2020 e2025) e (b) Cotagramas (2020 e2025) Rio Bubu, simulações para 2020 e 2025. ....	285
Figura 206 – Exemplo de vazão negativa gerada pelo remanso associando a chegada de algum afluente ou defluente do rio. ....	286
Figura 207 – Exemplo de vazão negativa gerada pela corrente de maré enchente.....	287

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Cotas de liga/desliga das bombas de 1 a 5, EBAP Bento Ferreira (RN-IBGE).....	36
Tabela 2 – Informações essenciais para a modelagem, referentes às EBAPs Antonio Ferreira Pinto, Bento Ferreira e Santa Lúcia - Vitória.....	38
Tabela 3 – Informações essenciais para a modelagem, referentes às EBAP, comportas e barragens em Vila Velha.....	52
Tabela 4 – Informações essenciais para a modelagem, referentes às barragens em Serra.....	81
Tabela 5 – Informações essenciais para a modelagem, referentes à barragem no Rio Jabuti (Guarapari).....	91
Tabela 6 – Relação de corpos hídricos simulados por município e a respectivas extensões em quilômetros.....	91
Tabela 7 – Características das bacias hidrográficas da área de estudo utilizadas na modelagem.....	103
Tabela 8 – Classes de Uso da Terra e Ocupação do Solo e suas descrições de acordo com Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil realizado pelo IBGE (2016).....	107
Tabela 9 – Descrição dos grupos hidrológicos.....	114
Tabela 10 – Classes de uso e ocupação do solo de acordo com seus grupos hidrológicos.....	116
Tabela 11 – Evolução do CN médio para cada bacia hidrográfica nos anos de projeto (2020/2025/2032/2040).....	125
Tabela 12 – Valores do Coeficiente de Manning para canais naturais.....	128
Tabela 13 – Classificação para o IOA de Willmott e Wicks.....	136
Tabela 14 – Classificação do RMAE proposta por Walstra et al. (2001).....	137
Tabela 15 – Informações sobre as estações maregráficas na RMGV e duração (início e término) dos registros disponíveis.....	154
Tabela 16 – Máximos valores para as contribuições de maré total, maré astronômica e maré meteorológica.....	156
Tabela 17 – Resultado da análise harmônica das marés para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (1090 dias).....	157

Tabela 18 – Resultado dos principais componentes harmônicos de maré (amplitude), fator de forma das marés e o tipo de maré para os dados da estação maregráfica do Porto de Tubarão, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (1090 dias).....	159
Tabela 19 – Valores da média das baixa-mares de sizígia (MLWS), média das baixa-mares de quadratura (MLWN), média das preamares de quadratura (MHWN) e média das preamares de sizígia (MHWS) para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (1090 dias).....	161
Tabela 20 – Comparação entre as constantes calculadas para o Porto Tubarão e as constantes fornecidas pela FEMAR.....	165
Tabela 21 – Postos pluviométricos selecionados na área de estudo (ANA, INMET). ....	185
Tabela 22 – Média do Total Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.....	188
Tabela 23 – Média do Total Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Jucú e estações próximas. ....	188
Tabela 24 – Média do Total Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Reis Magos e estações próximas. ....	189
Tabela 25 – Média da Máxima Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.....	192
Tabela 26 – Média da Máxima Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Jucú e estações próximas. ....	193
Tabela 27 – Média da Máxima Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Reis Magos e estações próximas. ....	193
Tabela 28 – Informações sobre as estações pluviométricas INMET e CEMADEN existentes na RMGV. ....	202
Tabela 29 - Relação entre as durações de chuva. Fonte: CETESB (1979). ....	211
Tabela 30 - Curvas acumuladas de Huff e respectivos quartis, ....	213
Tabela 31 – Valores de precipitação acumulada entre a zero hora do dia 12 e as 23 horas do dia 14 de novembro de 2019 para as estações pluviométrica de cada município. ....	219

Tabela 32 – Valores de precipitação acumulada entre as 19 horas do dia 1º e as 23 horas do dia 3 de março de 2020, para as estações pluviométrica de cada município.....	221
Tabela 33 – Valores de precipitação acumulada entre a zero hora do dia 17 e as 23 horas do dia 18 de maio de 2019, para as estações pluviométrica de cada município.....	226
Tabela 34 – Duração crítica (ou Tempo de concentração) para os principais corpos hídricos simulados. ....	271
Tabela 35 – Variação da altura média da lâmina de água, da área de inundação e do volume total máximo de inundação para o Tr de 100 anos, entre os anos de 2020 e 2025.....	280

## Acrônimos

ABEP – Associação Brasileira de Empresas e Pesquisas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ACADAMA - Associação Capixaba em Defesa das Águas e da Mata Atlântica

AGERH – Agência Estadual de Recursos Hídricos

AMABARRA - Associação Ecológica Força Verde, Associação de Meio Ambiente da Barra do Jucú

AMUNES - Associação dos Municípios do Estado do Espírito Santo

ANA – Agência Nacional de Águas

ANAMA - Associação de Meio Ambiente, Inovação e Sustentabilidade, Associação Nacional dos Amigos do Meio Ambiente

BDI – Bonificações e Despesas Indiretas

CEF – Caixa Econômica Federal

CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CM – Coeficiente de Miscigenação

CN – Curve Number

CNUC - Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

COMDETIV – Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONREMA - Conselho Regional de Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente

CPL – Coeficiente de Planejamento de Lideranças

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CREA - ES - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAMOPES – Federação de Associações de Moradores e dos Movimentos Populares do Estado do Espírito Santo

FINDES – Federação das Indústrias do Espírito Santo

GEOBASES - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo

GNSS – Global Navigation Satellite System

GS – Grupo de Sustentação

GTA – Grupo Técnico de Acompanhamento

GTC – Grau de Capacidade Técnica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade – Duração – Frequência

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente

IFES - Instituto Federal do Espírito Santo

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Territorial

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ITUFES – Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo

LABOR – Laboratório de Orçamentos

LDO – Lei de Diretrizes Orçamentárias

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDT - Modelo Digital do Terreno

MNM: Média do Nível Médio do Mar

NM: Nível Médio do Mar, como referido nos documentos da Marinha do Brasil

NMM: Nível Médio do Mar, como referido nos trabalhos e estudos de “variação do Nível Médio do Mar”

NTRIP – Networked Transport of RCTM via Internet Protocol

ONG – Organização Não Governamental

OSC – Organizações da Sociedade Civil

PDAU-RMGV ou PDAU - Plano Diretor de Águas Urbanas da Região Metropolitana da Grande Vitória.

PMBok – Project Management Body of Knowledge

PMI – Project Management Institute

PMS – Plano de Mobilização Social

PMS – Plano de Mobilização Social

PPA – Planejamento Plurianual

RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória, composta pelos municípios: Cariacica, Fundão, Guarapari, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória.

RTCM – Radio Technical Commission for Maritime Services

RTK – Real Time Kinematic

SCS – Soil Conservation Service

SEBREA - Instituto Sindimicro, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEDURB – Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano

SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamento

TCU – Tribunal de Contas da União

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

UTAP – Unidades Territoriais de Análise e Planejamento

UTM – Universal Transversa de Mercator

UVV - Universidade de Vila Velha

## Apresentação

O Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT apresenta à Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) o Relatório P 4.2: Diagnóstico Físico Final (M2), referente ao Plano Diretor de Águas Pluviais Urbanas da Região Metropolitana de Vitória (PDAU-RMGV), objeto do Contrato nº CT00162020.

O PDAU-RMGV contempla os produtos relacionados a seguir, com destaque ao produto apresentado neste relatório:

- P1: Plano de Trabalho Consolidado (M1)
- P2: Base Georreferenciada de Dados (M1)
- P3.1: Levantamento de Dados e Informações Secundárias (M1)
- P3.2: Levantamento de Dados e Informações Primárias (M2)
- P4.1: Diagnóstico Físico Prévio (M1)
- **P4.2: Diagnóstico Físico Final (M2) Tomos I e II**
- P5: Diagnóstico das Medidas Não Estruturais (M1)
- P6.1: Cenários Prévios de Desenvolvimento Urbano (M1)
- P6.2: Proposta de Medidas Estruturais e Não Estruturais (M2)
- P7: Proposta para a Gestão das Águas na RMGV (M2)
- P8: Programas (M2)
- P9: Plano de Ação (M2)
- P10: Mobilização Social (M2)
- P11: Relatório Final (M2)

O presente relatório tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada e os resultados obtidos com a implementação da modelagem numérica hidrológica e hidrodinâmica no domínio da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

Primeiro são apresentadas as informações necessárias para a implementação da modelagem. Em seguida são apresentados e analisados os resultados dos cenários de calibração e validação e, finalmente, são apresentados e analisados os resultados dos cenários de diagnóstico e prognósticos.

Além disso, são apresentados os procedimentos adotados para a definição dos corpos hídricos modelados, bem como as etapas da modelagem que estão descritas nas seções seguintes.

Com relação ao procedimento utilizado para a definição dos corpos hídricos adotou-se as seguintes etapas de trabalho:

1ª Etapa. A equipe do Plano Diretor de Águas Urbanas da Região Metropolitana da Grande Vitória (PDAU-RMGV) realizou uma consulta, junto às prefeituras e órgãos competentes, para a determinação dos corpos hídricos que seriam avaliados considerando a importância destes corpos para o sistema de macrodrenagem local. Nesta consulta, os responsáveis de cada município tiveram a oportunidade de comentar e indicar os trechos e seções mais importantes, de cada corpo hídrico, em termos de suscetibilidade a inundações e alagamentos na escala de macrodrenagem. Foram consultadas todas as Prefeituras Municipais, além do Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória (COMDEVIT) e da Secretaria de Estado de Economia e Planejamento (SEP), (PDAU-RMGV, 2020).

2ª Etapa. A lista de corpos hídricos elencados pelos órgãos competentes através da consulta descrita acima, na 1ª Etapa, foi confrontada com as informações de suscetibilidade a risco de inundações apresentadas nos Planos Diretores Municipais de Macrodrenagem, nos Planos Municipais de Saneamento Básico, nas Cartas de Suscetibilidade à Inundações do IBGE e do Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Verificou-se através deste cruzamento de informações que os corpos hídricos definidos na 1ª Etapa realmente correspondiam aos registros de inundações, às manchas de inundação e aos pontos de singularidades hidráulicas (comportas, estações de bombeamento de águas pluviais, galerias, barramentos etc.), o que corroborou a seleção realizada pelos órgãos na 1ª Etapa.

3ª Etapa. A partir da lista de corpos hídricos identificados como decisivos para o sistema de macrodrenagem de cada município, iniciou-se uma avaliação de dados secundários cadastrais disponíveis para a RMGV. Nesse levantamento, foram identificados os corpos hídricos que possuem dados e informações necessários para a modelagem e quais dados deveriam ser obtidos através de levantamento primário. Com base nesta análise, definiu-se um plano para o levantamento de dados complementares.

A etapa final consistiu na elaboração de um plano de levantamento cadastral (ou levantamento de dados primários) contemplando toda a rede pluvial de macrodrenagem definidos nas Etapas 1 e 2.

Paralelamente aos cadastramentos foi realizado, também, o levantamento de dados secundários (ou levantamento dos cadastros existentes e disponíveis) para rios, canais, galerias, estruturas hidráulicas, estações de bombeamento de águas pluviais (EBAP), sistema de comportas, barragens, barramentos, diques e reservatórios de amortecimento. Esta fase contou com o apoio das prefeituras, COMDEVIT e SEP no fornecimento das informações.

Nesta fase de levantamento cadastral (primário e secundário) seguiu-se as orientações contidas no Termo de Referência CESAN (2018) que recomenda: “identificar e obter o cadastro disponível do sistema de macrodrenagem”. A macrodrenagem é definida no Termo de Referência como: “rede de drenagem constituída por rios e córregos, localizados nos talvegues dos vales e que pode receber obras que a modificam e/ou complementam, tais como canalizações, barragens,

diques e outras. Desta forma, o sistema de macrodrenagem será composto pelos leitos do talvegue principal dos cursos d'água e seus afluentes, ao menos, de primeira ordem”.

Assim, os levantamentos primários e secundários levaram à elaboração da rede de macrodrenagem com as informações das dimensões e cotas das calhas e galerias dos corpos hídricos, bem como, a caracterização das estruturas hidráulicas de macrodrenagem para controle e inundações.

Ainda foram utilizadas as manchas de inundação provenientes dos estudos de suscetibilidade a risco de inundações apresentadas nos Planos Diretores Municipais de Macrodrenagem e outros tanto para auxiliar na identificação das áreas de risco quanto para a fase de calibração e validação da modelagem.

Sumarizando, os dados, informações e atividades necessários para a implementação da modelagem foram os seguintes:

- Definição das Áreas Suscetíveis à Inundações e Alagamentos;
- Construção da Rede de Macrodrenagem;
- Levantamentos da Batimetria dos Leitos Naturais e/ou Projetos da Rede de Macrodrenagem;
- Levantamentos das Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem para Controle e Inundações;
- Definição das Características Físicas das Bacias;
- Levantamento e Análise dos Dados de Vazão, Chuva e Nível do Mar;
- Definição da Esquemática da Modelagem Hidrológica;
- Geração das Forçantes da Modelagem;
- Seleção dos Eventos Críticos para a Calibração da Modelagem.

Após a execução das atividades citadas acima, seguiu-se a implementação da modelagem e as simulações de calibração, para os ajustes dos parâmetros do modelo, e validação, visando a reprodução dos eventos críticos de inundação selecionados.

Com a modelagem, calibrada e validada, foram realizadas as simulações dos cenários atual e futuro para as chuvas de projeto, ou seja, para as precipitações com períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, são as chamadas simulações diagnóstica e prognóstica.

No cenário atual (diagnóstico) são consideradas as condições atuais de usos e ocupação do solo e a capacidade atual de infiltração e de escoamento das bacias.

Para as simulações prognósticas, são consideradas os cenários (condições) futuros para os anos de 2.025, 2.032 e 2.040. Nas simulações prognósticas são consideradas também, a presença das obras de contenção de inundação em implantação entre

2020 e 2025.

Os resultados das simulações são apresentados na forma de mapas (manchas) de inundação com a indicação das áreas impactadas e a espessura da lâmina d'água em cada posição. São apresentados, também, os hidrogramas e cotogramas de projeto para os pontos críticos e de interesse.

Para atender os objetivos do estudo proposto, o presente relatório foi estruturado da seguinte forma:

- Seção 1: são apresentadas, analisadas e discutidas todas as informações necessárias para a implementação da modelagem;
- Seção 2: são analisadas as características físicas das bacias e dos corpos hídricos tais como: área, declividade, uso e ocupação do solo, coeficiente de Manning dentre outras;
- Seção 3: é apresentada a esquematização adotada para a modelagem, indicando quais são os limites (bordas do modelo) e quais foram as forçantes (precipitação e vazão) consideradas em cada borda e no domínio da modelagem;
- Seção 4: são analisados os dados de vazão, chuva e nível do mar utilizados como forçantes e para calibração da modelagem;
- Seção 5: é apresentado o critério de seleção dos eventos críticos adotados para os cenários de calibração e validação da modelagem;
- Seção 6: é descrito o processo de construção das forçantes;
- Seção 7: são apresentados os resultados da calibração e validação da modelagem;
- Seção 8: é apresentada a elaboração dos cenários e a determinação da duração dos eventos de precipitação críticos para cada bacia;
- Seção 9: são apresentados os resultados das simulações diagnóstica e prognósticas.
- Finalmente, na Seção 10, são discutidos os resultados da modelagem e são apresentadas as conclusões do estudo.

# 1 Informações Necessária Para a Implementação da Modelagem

Nas subseções a seguir são apresentadas e analisadas todas as informações necessárias para a implementação da modelagem hidrológica e hidrodinâmica. A apresentação das informações é feita para cada um dos sete municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória - RMGV.

## 1.1 Vitória

### 1.1.1 Rede de Macrodrenagem do Município de Vitória Sujeita a Riscos de Inundação

As informações sobre as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no Município de Vitória foram extraídas do Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória (ARCADIS LOGOS, 2015).

Para a identificação dos corpos hídricos sujeitos a riscos de inundação em Vitória, foi realizada uma pesquisa conduzida pela equipe do PDAU-RMGV, junto ao representante do município a Sra. Vanilda da C. L. dos Reis, Secretaria Municipal de Obras e Habitação (PDAU-RMGV, 2020). O resultado da pesquisa recebeu a aprovação do comitê de acompanhamento com a indicação dos seguintes corpos hídricos:

1. Canal Leitão da Silva;
2. Córrego Fradinhos.

Na Figura 1 é apresentada a rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação.



Figura 1 – Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação em Vitória.

Na Figura 1 é mostrado também o Canal dos Escravos, mas este canal será descrito na análise da rede de macrodrenagem do Município de Serra.

#### **1.1.1.1 Canal Leitão da Silva**

Originalmente o Canal da Leitão da Silva era um braço de mar que foi aberto para servir de canal de drenagem. Na década de 70 o canal foi construído para drenar o aporte pluvial das regiões mais elevadas do seu entorno em direção à Baía de Vitória. Toda a região era constituída de mangue e, conseqüentemente, era no passado e ainda é sujeita a ação da maré (GAZETA ONLINE, 2017).

Atualmente o Canal Leitão da Silva está canalizado, possui extensão de 4,29 km e liga as duas extremidades da Ilha de Vitória. Na extremidade norte ele conduz a drenagem pluvial para as Estação de Bombeamento de Águas Pluviais (EBAP) Antonio Ferreira Pinto e na extremidade sul para as EBAPs Santa Lúcia e Bento Ferreira.

#### **1.1.1.2 Córrego Fradinhos**

Os córregos Fradinhos Jucutuquara estão sob as Rua José Malta e Avenida Paulino Müller, respectivamente. Em geral os dois córregos são conhecidos somente como Fradinhos. Segundo Passos (2015), parte da bibliografia e os moradores locais conhecem como Fradinhos, e não como Jucutuquara, porque o Córrego Jucutuquara, localizado no bairro de mesmo nome, já está canalizado há muito tempo, o que dificulta o seu reconhecimento. Enquanto o Córrego Fradinhos, no bairro de Fradinhos, tem um trecho, a montante, fluído a céu aberto, o que permite a sua identificação.

Atualmente parte do Córrego Fradinhos e o Córrego Jucutuquara sob a Avenida Paulino Müller funcionam como uma galeria de drenagem de águas pluviais com extensão total de 3,28 km.

### **1.1.2 Informações Sobre os Projetos da Rede de Macrodrenagem - Vitória**

As informações sobre as dimensões e cotas das calhas do Canal Leitão da Silva e do Córrego Fradinhos, foram extraídos dos seguintes documentos:

1. Canal Leitão da Silva: Projeto de Macrodrenagem - Departamento de Edificações, Rodovias e Transportes do ES (DER-ES) (2015) - Desenhos Arquivo: RAALS, folhas de 1 a 31, e, desenho no formato dwg intitulado: "cadastro de drenagem geral", fornecido pela PM de Vitória.
2. Córrego Fradinhos: Consórcio ETEP-ENGEORPS (2007) e desenho no formato dwg intitulado: "cadastro de drenagem geral", fornecido pela PM de Vitória.

No Apêndice C deste relatório (TOMO II), são apresentadas as seções utilizadas na modelagem.

### 1.1.3 Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Vitória, para Controle de Inundações

As estruturas de macrodrenagem para controle de inundações presentes no município são as Estações de Bombeamento de Águas Pluviais (EBAPs) e os sistemas de comportas descritos a seguir:

1. Estação de Bombeamento de Águas Pluviais Antonio Ferreira Pinto (Candido Portinari);
2. A Estações de Bombeamento de Águas Pluviais de Santa Lúcia e Bento Ferreira, ambas com captação no mesmo ponto.

As localizações destas EBAPs (e seus respectivos sistemas de comportas) estão apresentados na Figura 2 a seguir.



**Figura 2 – Localização das EBAPs.: Antonio Ferreira Pinto (Candido Portinari), Santa Lúcia e Bento Ferreira.**

#### 1.1.3.1 Estação de Bombeamento de Águas Pluviais Antonio Ferreira Pinto (EBAP-AP)

A Estação de Bombeamento de Águas Pluviais Antonio Ferreira Pinto (EBAP-AP) (Cândido Portinari) está localizada na Rua Cândido Portinari S/N, Bairro Santa Luiza. Esta estação tem como objetivo:

- Captar a água proveniente das galerias pluviais;
- Encaminhar a água das galerias para o mar através das comportas quando existir um nível inferior a jusante, ou seja, em direção ao mar;

- Encaminhar a água das galerias para o mar através das bombas quando o nível existente a montante das comportas for superior ao nível a jusante e as comportas estiverem fechadas.

Nesta EBAP existem sete (7) motobombas com vazão unitária de 5,65 m<sup>3</sup>/s (total = 39,55 m<sup>3</sup>/s).

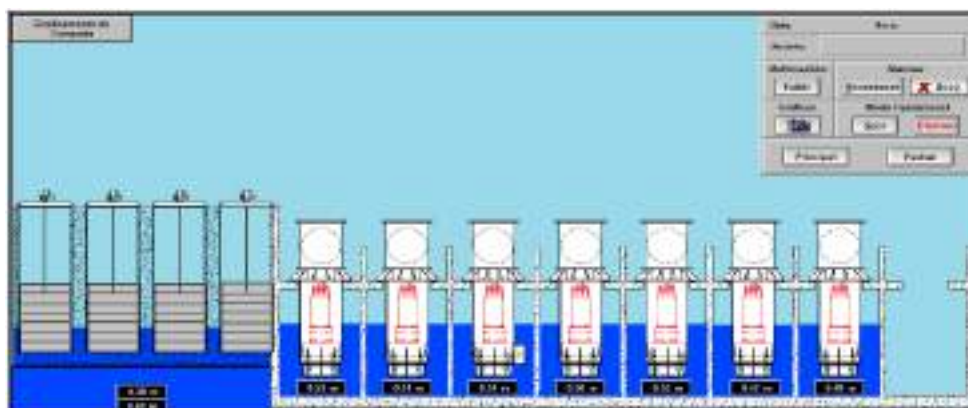
Os níveis de partida e parada das bombas (no modo automático) são especificados na Figura 3 extraída do Manual de operação EBAP- Antônio Pinto (TUBOMILLS, 2020a). Na parte inferior da Janela está o valor do nível que é utilizado para o controle automático.



**Figura 3 - Tela com a configuração dos níveis utilizados no Modo Automático**

Fonte: extraído de TUBOMILLS, 2020a.

O controle do comportas é constituído de quatro (4) comportas Tipo Gaveta Automática com dimensões de 1,75 x 2,80 m, embutidas em parede de concreto, quadro fechado, fabricadas em aço inox AISI 316I, com atuador elétrico montado na própria comporta. A tela das comportas e bombas é apresentada na Figura 4 extraída do Manual de operação EBAP- Antônio Pinto (TUBOMILLS, 2020a).



**Figura 4 - Tela das Comportas**

Fonte: extraído de TUBOMILLS, 2020a

No Modo Automático as comportas abrem e fecham respeitando os níveis estipulados nos campos “setpoint Abre Comporta” e “setpoint Fecha Comporta”, ou seja, quando o nível da Maré está abaixo do primeiro setpoint (0,54 m) a comporta abre e quando o nível estiver acima do segundo setpoint (0,55 m) a comporta fecha. Esses valores do controle automático são os mesmos para as quatro comportas (Figura 5).



**Figura 5 - Tela de Comandos das Comportas**

Fonte: extraído de TUBOMILLS, 2020a.

### **1.1.3.2 Estações de Bombeamento de Águas Pluviais de Santa Lúcia e Bento Ferreira**

A Estações de Bombeamento de Águas Pluviais de Santa Lúcia e Bento Ferreira estão localizadas no Bairro Bento Ferreira – EBAP SL/BF na Rua Jair Etienne Dessaune esquina com a Avenida Beira Mar.

Estas estações têm como objetivo:

- Captar a água proveniente das galerias pluviais;
- Encaminhar esta água para o mar através das comportas quando existir um nível inferior a jusante delas;
- Encaminhar esta água para o mar através das bombas quando o nível existente a montante das comportas for superior ao nível a jusante delas e as comportas estiverem fechadas.

Como as Estações de Bombeamento de Águas Pluviais de Bento Ferreira e Santa Lúcia bombeiam água do mesmo canal (Canal Leitão da Silva), durante períodos de chuva, primeiro colocam-se em operação as bombas da Estação de Santa Lúcia, em função da vazão superior das bombas e da capacidade maior do poço de sucção e, em seguida, ligam-se as bombas da Estação de Bento Ferreira.

A EBAP Bento Ferreira é constituída de seis (6) motobombas sendo uma (1) reserva e cinco (5) operando. Cinco (5) comportas tipo guilhotina e seis válvulas de retenção tipo borboleta com atuador eletromecânico (Manual de operação EBAP-BF-SL, TUBOMILLS, 2020b).

A vazão de cada conjunto motobomba é de 1000 L/s, a vazão total da elevatória é de 5000 L/s. Operação automatizada comandada por eletrodos de nível.

Existe um sistema de contenção das águas da maré formado por cinco comportas que fecham quando o nível da maré estiver acima do nível de água da galeria (CONSÓRCIO ETEP-ENGEORPS, 2007). Possui, também, um emissário com diâmetro de 1.500 mm e com comprimento de 80 metros.

Para a operação da EBAP Bento Ferreira, no modo automático, quando o nível no interior da galeria atingir o eletrodo de nível superior da bomba selecionada, o comando de motores envia um sinal para abrir a válvula de retenção e ligar a bomba. Quando o nível no interior da galeria atingir o eletrodo de nível inferior da bomba selecionada, o comando de motores envia um sinal para fechar a válvula de retenção e desligar a bomba.

A sequência de níveis para as operações de ligamento e desligamento das bombas é apresentado na Tabela 1 (Informação extraída do documento intitulado: “EBAPs - Luiz Fernando Pitta (29.06.2021)” recebido em e-mail datado de 29 de junho de 2021).

**Tabela 1 – Cotas de liga/desliga das bombas de 1 a 5, EBAP Bento Ferreira (RN-IBGE).**

Bomba No.	Sensor Liga	Sensor Desliga	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	+ 0,02 m	- 0,43 m	1,00
2	+ 0,08 m	- 0,38 m	1,00
3	+ 0,13 m	- 0,33 m	1,00
4	+ 0,18 m	- 0,33 m	1,00
5	+ 0,22 m	- 0,33 m	1,00

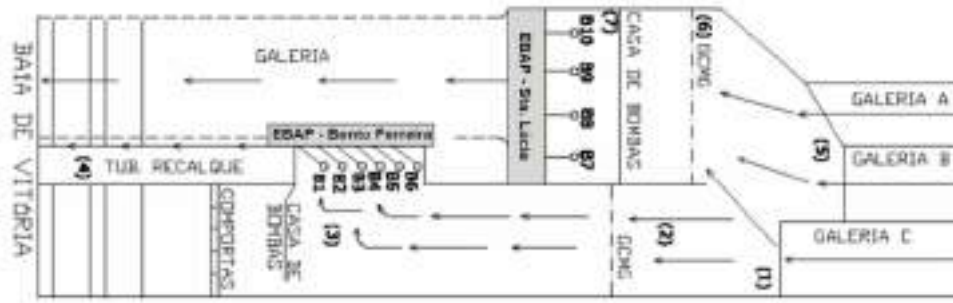
A EBAP Santa Lúcia, localizada atrás da Estação Bento Ferreira, possui quatro (4) conjuntos motobombas com vazão de 1800 L/s cada, a vazão total da elevatória é de 7200 L/s (Manual de operação EBAP-BF-SL, TUBOMILLS, 2020b). A operação é automatizada e comandada por controlador de nível ultrassônico. Esta EBAP possui, também, um emissário de galeria de concreto armado com dois tubos de diâmetro de 1.200 mm e comprimento de 90 metros.

Para a operação da EBAP Santa Lúcia, no modo automático, quando o nível do poço de sucção atingir o valor superior definido no programa do PLC (programa lógico de controle) ele envia um sinal para acionar a bomba. Quando o nível do poço de sucção atingir o valor inferior definido no programa do PLC ele envia um sinal para desligar a bomba. Como o conjunto de bombas da EBAP Santa Lúcia possui vazão superior ao da Estação de Bento Ferreira, ela é acionada antes, em função disso adotou-se a cota de ligamento em + 0,01 m (IBGE) e desligamento em - 0,43 m (IBGE).

Para a operação das comportas no modo automático, a comporta abre quando o nível da maré atingir o eletrodo de nível inferior localizado no interior da galeria do lado da baía na cota de - 0,15 m (IBGE). A comporta fecha quando o nível da maré atingi o

eletrodo de nível superior localizado no interior da galeria do lado da baía na cota de - 0,10 m (IBGE).

O croqui esquemático apresentado na Figura 6, descreve o caminho que a água percorre dentro da estação de bombeamento de Bento Ferreira e da Santa Lúcia (CONSÓRCIO ETEP-ENGEORPS, 2007).



**Figura 6 - Croqui esquemático do caminhamento da água pluvial no interior das estações EBAPs Santa Lúcia e Bento Ferreira**

Fonte: extraído de (CONSÓRCIO ETEP-ENGEORPS, 2007).

De acordo a Figura 6, na EBAP de Bento Ferreira, a água vem da galeria (1) (ou galeria C), passa pela grade de contenção de materiais grosseiros GCMG (2), entra no poço de sucção (3) e é recalçada até a baía (4). Na EBAP de Santa Lúcia a água vem pela galeria (5) (ou galerias A e B), passa pela grade GCMG (6) é sugada pelas bombas e lançada na galeria, que, por gravidade, é encaminhada para a baía.

Na Tabela 2 são sumarizadas as informações das EBAPs essenciais para a modelagem.

**Tabela 2 – Informações essenciais para a modelagem, referentes às EBAPs  
 Antonio Ferreira Pinto, Bento Ferreira e Santa Lúcia - Vitória.**

<b>Estrutura</b>	<b>Corpo Hídrico</b>	<b>Localização UTM24 SIRGAS 2000</b>		<b>Operação</b>	<b>Cotas (RN-IBGE)</b>	<b>Dimensões/ Capacidade</b>
EBAP Antonio Ferreira Pinto Bombas	Leitão da Silva	364127 m E	7755849,00 m S	Comportas fechadas, bombas de 1 a 7 acionadas pelo sensor de nível	Vide Figura 3	Vazão = $7 \times 5,65 = 39,55 \text{ m}^3/\text{s}$
EBAP Antonio Ferreira Pinto Comportas				Abertura	+ 0,54 m	4 comportas gaveta 1,75 x 2,80 m
EBAPs Bento Ferreira e Santa Lúcia Comporta	Leitão da Silva	363060 m E	7752938,00 m S	Fechamento	- 0,10 m	
				Abertura	- 0,15 m	
EBAPs Bento Ferreira Bombas				Comportas fechadas, bombas de 1 a 5 acionadas pelo sensor de nível na galeria	Vide Tabela 1	Vazão = $5 \times 1,00 = 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$
EBAPs Santa Lúcia Bombas				São acionadas antes da Bento Ferreira	Liga: + 0,01 m Desliga: - 0,43m	Vazão = $4 \times 1,80 = 7,2 \text{ m}^3/\text{s}$
EBAPs Bento Ferreira Emissário				-	Entrada: + 1,5 m Saída: + 0,14 m	Comp. = 80 m Diâm. = 1,5 m
EBAPs Santa Lúcia Emissário				-	Entrada: + 1,6m Saída: + 1,4 m	2 tubos Comp. = 90 m Diâm. = 1,2 m

## 1.2 Vila Velha

O Município de Vila Velha é constituído, em quase sua totalidade, de topografia plana com declividades pouco acentuadas. Por este motivo, quase todos os rios e canais existentes estão sob influência da maré (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, 2011).

Durante as décadas de 1950 e 60, foram abertos vários canais de navegação na região da Grande Vitória. Nesta época houve, também, a retificação de vários trechos de cursos d'água, destacando o Rios Jucú (Dique do Rio Jucú, Canal de Araçás, que verte para o Canal de Guaranhuns), Rio Aribiri (canais Cobilândia e Marilândia) e Rio (Canal) Marinho (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, op. cit.).

Ao longo da história, os rios e canais de Vila Velha vêm sofrendo um processo de ocupação desordenada e, em épocas de enchentes, é comum a ocorrência de transbordamentos nas regiões urbanas do município (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, op. cit.).

São frequentes as inundações nos bairros da Grande Cobilândia, da Bacia do Aribiri, do Canal de Garanhuns e do Canal da Costa. Ao sul do município, os bairros da Grande Terra Vermelha ao longo do Canal do Congo permanecem parte do ano inundados e o Rio Jucú, contido por diques, tem na sua bacia áreas baixas passíveis de ocupação e, conseqüentemente, de inundações (CESAN, 2018).

### **1.2.1 Rede de Macrodrenagem do Município de Vila Velha Sujeita a Riscos de Inundação**

A rede de drenagem principal do Município de Vila Velha, sujeita a riscos de inundação, é composta pelos corpos hídricos listados a seguir.

Esta informação foi obtida junto aos órgãos: Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória – COMDEVIT e Secretaria de Estado de Economia e Planejamento – SEP e aprovada pelo comitê de acompanhamento.

1. Canal da Costa;
2. Córrego Bigossi ou Canal Capixaba;
3. Rio Aribiri;
4. Canal Aribiri;
5. Canal Marilândia;
6. Canal Cobilândia;
7. Canal Marinho;
8. Rio Marinho;
9. Canal Guaranhuns;
10. Canal do Dique (paralelo ao Dique);
11. Canal Pontal das Garças;
12. Córrego do Congo;
13. Rio da Draga;
14. Canal Araçás (paralelo à Av. Darly Santos);
15. Canal Diagonal;
16. Canal Camboapina;
17. Rio Jucú.

As informações sobre as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no Município de Vila Velha foram obtidas em (GEOBASES, 2013).

Na Figura 7 são apresentadas as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos e a rede de drenagem em estudo.



**Figura 7 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação e alagamento no Município de Vila Velha.**

### **1.2.1.1 Canal da Costa**

O Canal da Costa, com aproximadamente 6.200 m de extensão, encontra-se parte revestido no trecho de montante e parte sem revestimento nos trechos intermediário e de jusante.

O canal nasce no bairro Itapoã, nas imediações da Rua João Mendes com Av. Perimetral e segue pelo eixo desta última avenida a céu aberto, atravessando algumas vias sob pontilhões até o encontro com o Córrego Bigossi. A partir desse ponto segue pela Av. Carioca a céu aberto, percorrendo o eixo da Rua São Paulo até desaguar no mar. (QUANTA, 2015a).

### **1.2.1.2 Córrego Bigossi**

O Córrego Bigossi (ou Capixaba), maior afluente do Canal da Costa, recebe contribuição de vários bairros de Vila Velha, dentre eles Jaburuna, Soteco e parte de Vila Batista. O seu trajeto percorre sempre com declividades baixas. Sua extensão total é de 3.255 m. Todos os trechos do córrego estão situados em cotas que permite influência de maré (QUANTA, op. cit.).

Na região de Itapoã, no perímetro formado pelas avenidas São Paulo, Resplendor e Rua Belo Horizonte, os alagamentos são constantes, devido ao remanso provocado pelo encontro do Córrego Bigossi com o Canal da Costa, na Av. Carioca e agravado pelo sistema ineficiente de microdrenagem local incluindo a falta de capacidade dos referidos canais (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, 2011).

### **1.2.1.3 Rio Aribiri**

O Rio Aribiri, com aproximadamente 7.570 m de extensão, não possui trechos com revestimento. Originalmente era um canal de maré, que foi estendido até o Bairro Cobilândia. No trecho do Bairro Cobilândia o canal tem o mesmo nome do bairro (QUANTA, op. cit.).

Ao longo de seu percurso até sua foz, recebe a maior parte dos efluentes da região da Grande Cobilândia através dos canais do Marinho e Cobilândia.

Ainda hoje, existe o meandro original do antigo canal de maré do Rio Aribiri, que contribui para a drenagem das águas, apesar de estar com alguns trechos comprometidos pela redução de sua calha devido às edificações ribeirinhas.

As nascentes do Rio Aribiri estão localizadas em uma área preservada formada por uma região baixa da bacia onde podem ser observadas formações de mangue, brejos e pastagens de forma geral. Esta área serve de amortecimento natural durante os eventos de cheia da bacia do Aribiri (QUANTA, op. cit.).

O Rio Aribiri desagua na Baía de Vitória, entre os morros do Penedo e da Penitenciária. Em quase toda sua extensão, o Rio Aribiri, tem cotas referenciadas ao nível da maré, por este motivo, seu escoamento é comandado pelas variações do nível do mar (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, 2011).

#### **1.2.1.4 Canal Marilândia**

O Canal Marilândia liga o Rio Aribiri ao Rio Marinho, sendo a conexão destes controlada por um sistema de comportas. Quando o Rio Marinho está com o nível d'água maior do que o Canal Marilândia as comportas são fechadas, por outro lado, quando o Canal Marilândia encontra-se com o nível d'água maior do que o Rio Marinho, as comportas são abertas (QUANTA, 2015a). Assim, o Canal Marilândia transpõe as águas da bacia do Rio Aribiri para o Rio Marinho.

#### **1.2.1.5 Canal Cobilândia**

O Canal Cobilândia encontra-se fisicamente implantado no centro do bairro de Cobilândia, ele coleta as águas pluviais diretamente no Rio Aribiri.

#### **1.2.1.6 Rio Marinho**

O Rio Marinho liga o bairro de Caçaroca à Baía de Vitória, servindo de limite entre os municípios de Cariacica e Vila Velha. O canal principal do Rio Marinho funciona como escoadouro dos efluentes domésticos e industriais até a Baía de Vitória.

O principal contribuinte é o Rio Campo Grande, que desemboca em sua margem esquerda.

Na década de 50 a Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN construiu o Canal Marinho, com o objetivo de servir como canal auxiliar de tomada d'água para o abastecimento da Grande Vitória, captando cerca de 400 L/s.

Com o objetivo de diminuir a poluição no ponto de sua captação, a CESAN fez um canal no trecho final do Rio Marinho, não no seu curso principal, mas em uma linha paralela a leste dele (o Canal Marinho), de forma que apenas o curso natural do rio passasse a receber pela sua margem esquerda as contribuições dos Córregos Campo Grande e Jardim América, bem como outros cursos d'água menores, todos eles bastante poluídos.

Além disso, foi construído o Canal Marilândia, paralelo ao Canal Marinho e a leste dele, com a finalidade de protegê-lo do aporte de esgotos dos bairros da região de Cobilândia, que iriam para o Canal Marinho pela margem direita.

Posteriormente a captação da CESAN foi abandonada por causa da poluição.

Grande parte do curso natural do Rio Marinho sofre a penetração da maré, e embora de pequeno comprimento, possuía originalmente vários habitats diferentes para a fauna e flora aquáticas, em virtude de apresentar trechos onde era grande a variação da temperatura das águas, velocidade, teor de OD, salinidade, sólidos etc. Neste rio, era comum, por exemplo, a piracema (subida de peixes desde o oceano até as cabeceiras para desova) (MORRO DO MORENO, 2021).

### **1.2.1.7 Canal Guaranhuns**

O Canal Guaranhuns deságua no Rio Jucú. Nesta região a topografia é plana com as cotas no nível do mar e sujeitas a inundações em épocas de enchentes do Jucú. Assim, a bacia hidrográfica do Guaranhuns depende do comportamento hidráulico provocado pelos regimes da maré e pelas enchentes do Rio Jucú.

Obras corretivas foram introduzidas, na região, tais como: o dique de contenção de terra ao longo do Rio Jucú e um dispositivo de controle composto por uma bateria de comportas mecânicas, na saída do canal Guaranhuns, que não permitem que as enchentes do Rio Jucú penetrem no polder em que se constitui a bacia. O dispositivo de controle tem como finalidade não permitir que a maré alta e/ou as enchentes do Rio Jucú sejam conduzidas para a bacia do Guaranhuns. Assim sendo, a ocorrência simultânea de enchentes prolongadas do Rio Jucú, com chuvas intensas na região, que poderia provocar alagamento, seria armazenada a montante do dispositivo, enquanto perdurasse o desequilíbrio hidrodinâmico provocado pela enchente do Rio Jucú (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, 2011).

### **1.2.1.8 Canal do Dique e Canal Pontal das Garças**

O Canal do Dique é paralelo ao dique de contenção de enchente do Rio Jucú e foi construído com a função de drenar a região próxima a base de sustentação do dique.

O Canal Pontal das Garças (canal secundário) foi construído no sentido de concentrar as águas de parte da área alagada.

### **1.2.1.9 Canal Camboapina**

O Canal de Camboapina, primeiro canal artificial construído no Brasil, pelos Jesuítas, liga Araçatiba ao mar (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, 2011). Possui 23,13 km e corre, praticamente, paralelo ao Rio Jucú em boa parte da sua extensão. Sua bacia é uma das maiores bacias hidrográficas afluentes ao Baixo Jucú, com o agravante de dispor de extensas áreas urbanas não protegidas por diques, sofre fortemente os efeitos das cheias regionais do Rio Jucú (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, 2008).

### **1.2.1.10 Córrego do Congo e Rio da Draga**

O Córrego do Congo e Rio da Draga têm extensão de, respectivamente, 8,5 e 8,0 km. Ambos ocupam, em sua maior parte, uma zona inundável.

A porção leste do Córrego do Congo estende-se no sentido norte-sul, paralelamente à Rodovia do Sol. A metade final desta porção, foi transformada em canal para drenar a região e recebeu o nome de Rio da Draga. Este último desagua no estuário do Rio Jucú.

A região da qual faz parte da bacia hidrográfica que contribui para o Canal do Congo consiste numa área de vegetação de restinga, alagados, lagoas, manguezais e de Mata Atlântica de tabuleiro, atravessada por córregos, canais e riachos, conformando

um complexo lacustre rico e diversificado. (Prefeitura de Vila Velha - PDDU, 2011).

Suas bacias afluem ao Baixo Jucú e em consequência sofrem os efeitos dos níveis das águas no Jucú, condicionando fortemente seu escoamento, estas bacias apresentam certa proteção às cheias regionais nas áreas que se localizam a montante da Rodovia do Sol (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, 2008).

### **1.2.1.11 Rio Jucú**

O Rio Jucú nasce na região serrana, em Domingos Martins, a 90 km do litoral, e deságua no oceano Atlântico, em Vila Velha, tem uma extensão aproximada de 180 km. Sua foz forma uma extensa barra que deu nome ao distrito de "Barra do Jucú" em Vila Velha.

Sua bacia hidrográfica abrange uma área de 2220 km<sup>2</sup>, na qual estão situados os municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano e parte dos municípios de Viana, Vila Velha e Cariacica. O principal afluente do Rio Jucú é o Rio Jucú Braço Sul.

Dentre os principais benefícios trazidos pela bacia do rio, destacam-se a geração de energia elétrica, desenvolvimento industrial, irrigação de lavouras, turismo, pesca e abastecimento de água.

O Rio Jucú é responsável pelo abastecimento de água de 60% da população da Grande Vitória. O rio abastece Vila Velha, Viana, a maior parte de Cariacica e a toda a ilha de Vitória (a parte continental da capital é abastecida pelo Rio Santa Maria da Vitória) (LOBO, 2015).

A captação do Rio Jucú é feita na Estação Caçaroca, localizada nas coordenadas geográficas: 358012 m E e 7743732 m S. A vazão média mensal captada é de 336,59 L/s (AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO – ARSP, 2017).

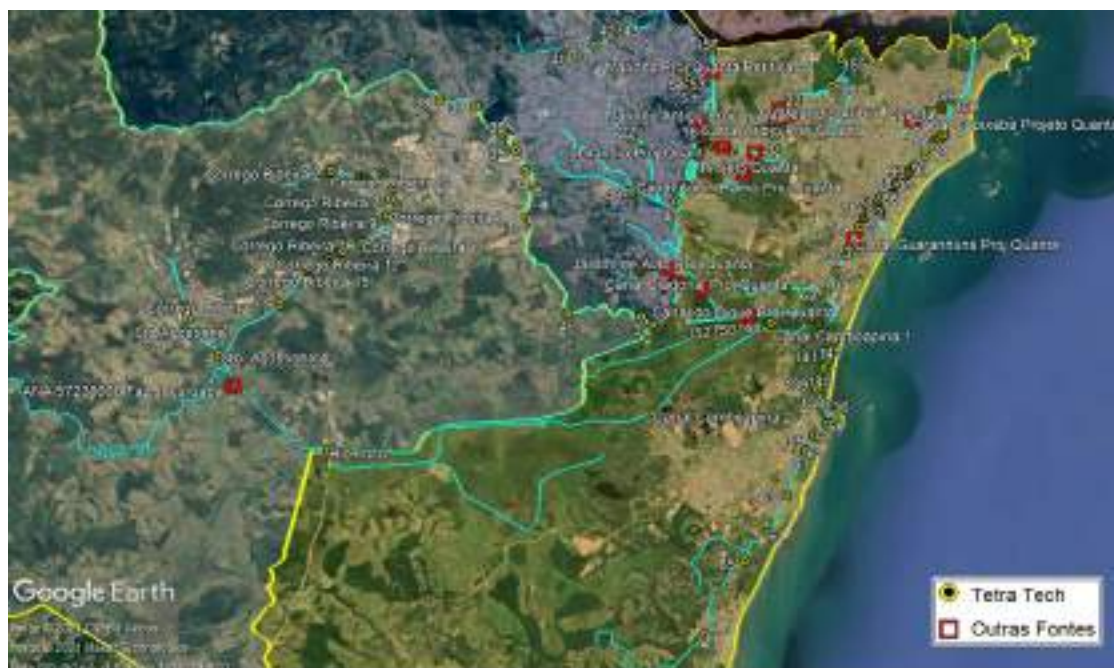
## **1.2.2 Informações Sobre Batimetria dos Leitos Naturais e Projetos da Rede de Macrodrenagem - Vila Velha**

As informações sobre batimetria e geometria dos rios e canais da rede de macrodrenagem de Vila Velha, foram obtidas através de levantamentos batimétricos em campo e extraídos dos estudos e projetos de drenagem realizados pela Quanta Engenharia (2015a).

Os levantamentos batimétricos (dados primários) foram realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT no período de março a junho de 2021.

Na Figura 8 são apresentados os pontos da execução dos levantamentos batimétricos (com um círculo amarelo) e os pontos provenientes dos estudos e projetos da Quanta Engenharia (2015a) (com um quadrado vermelho).

As informações detalhadas sobre a localização, a geometria e o número de todas as seções utilizadas na modelagem estão apresentados no Apêndice C (TOMO II).



**Figura 8 - Levantamentos batimétricos realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT e projetos da Quanta Engenharia (2015a) indicado como outras fontes.**

### **1.2.3 Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Vila Velha para Controle de Inundações e Barragens**

As estruturas hidráulicas de macrodrenagens existentes para o controle de inundação no Município de Vila Velha são os sistemas de bombeamento de águas pluviais e comportas apresentados na Figura 9 e descritos a seguir.



**Figura 9 - Localização das EBAP Elmo Dall'Orto e sistemas de comportas Canal Marilândia – Canal Marinho no Município de Vila Velha.**

### **1.2.3.1 EBAP I Elmo Dall'Ortto Canal Guaranhuns – Rio Jucú**

A captação na EBAP I Elmo Dall'Ortto ocorre a partir do Canal do Araças (Guaranhuns) com lançamento no Rio Jucú. Durante eventos de chuva, a captação é realizada por quatro (4) bombas com vazão total de 6,00 m<sup>3</sup>/s. Diariamente, nos períodos de seca, são realizadas as operações de fechamento das comportas na maré alta e abertura na maré baixa (informação fornecida em 16 de junho de 2021 pelo Sr. Jarua Voellger Nogueira, Assessor Adjunto – SEMOB – Prefeitura Municipal de Vila Velha, no documento: Relatório Projetos Contenção Encostas da Prefeitura Municipal de Vila Velha, 2021).

Segundo (RROCHA ENGENHARIA, 2020), a EBAP Elmo Dall'Ortto possui:

- Três (3) bombas elétricas KSB, de série KRT (energizadas pela rede elétrica da concessionária de energia);
- Quatro (4) bombas à diesel modelo S1 620/300B, acionadas pelos geradores MWM e VOLVO.

Nos períodos de seca as bombas elétricas mantêm o nível do canal baixo. Em caso de chuva as bombas à diesel são acionadas quando o nível d'água no canal atinge 0,60 m (IBGE). A verificação do nível é realizada pelo operador observando a régua localizada no canal (RROCHA ENGENHARIA, 2020).

Segundo o Sr. Jarua Voellger Nogueira (Assessor Adjunto – SEMOB – Prefeitura Municipal de Vila Velha), no documento de 22 de junho de 2021 (sem título), atualmente (junho de 2021) todos os equipamentos e sistema das EBAPs são analógicos, não há instrumentação, automação, software supervisor e as operações são, em geral, manuais.

Segundo e-mail enviado por: Engenharia Tubomills (19 de jul. de 2021):

- 03 Conjuntos motobomba KSB KRT K300-400/268XG, tensão em 440 volts, vazão 330L/s cada, 55 cv, submersível.
- 04 conjuntos motobomba Higrá, frequência 60 Hz, rotação 890 rpm, tensão em 440 volts, submersível, vazão 1250L/s cada, 175 cv, ativadas através de gerador de energia.

Próximo a EBAP Elmo Dall'Ortto existe um sistema de comporta para o controle de nível entre o Jucú e o Guaranhuns, elas são acionadas em função do nível da maré e/ou enchentes o Rio Jucú. Na Figura 10, a seguir, é apresentada a localização do bombeamento e o sistema de comportas para controle de nível entre o Jucú e o Guaranhuns.



**Figura 10 - Localização da EBAP Elmo Dall'Orto e do sistema de comportas.**

As comportas da EBAP Elmo D Orto são do tipo Flex Board com 3 unidades, 1,50x1,50 m cada. A cota de fundo da comporta a jusante é + 0,22 m (IBGE) e a montante é + 0,32 m (IBGE) (informação fornecida em 16 de junho de 2021 pelo Sr. Jarua Voellger Nogueira, Assessor Adjunto – SEMOB – Prefeitura Municipal de Vila Velha, no documento: Relatório Projetos Contenção Encostas da Prefeitura Municipal de Vila Velha).

### **1.2.3.2 Comporta no Canal Marilândia – Canal Marinho**

O Canal Marilândia faz a transposição do Rio Aribiri para o Canal Marinho, sendo a conexão destes controlada por um sistema de três comportas. Quando o Canal Marinho está com o nível d'água maior do que o Canal Marilândia as comportas são fechadas. Quando o Canal Marilândia se encontra com o nível d'água superior ao Rio Marinho, as comportas são abertas.

Segundo o Sr. Jarua Voellger Nogueira (Assessor Adjunto – SEMOB – Prefeitura Municipal de Vila Velha) em documento datado de 22 de junho de 2021 (sem título), atualmente (junho de 2021), todas as operações são manuais. As comportas têm dimensões: 1,20 x 1,60 m e vazão de 7,68 m<sup>3</sup>/s, a cota da base das comportas é + 0,15 m (IBGE). Na Figura 11 é apresentada uma imagem do sistema de comportas no Canal Marilândia – Canal Marinho.



**Figura 11 - Comporta no Canal Marilândia – Canal Marinho,**

Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA, 2016).

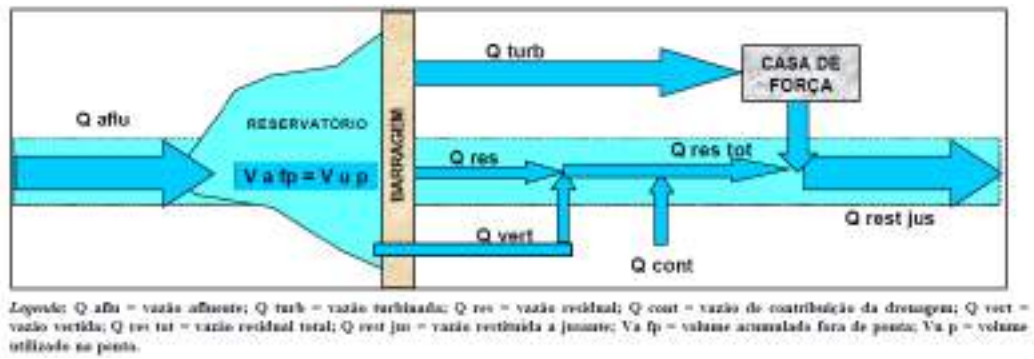
### **1.2.3.3 Barragem PCH São Pedro**

A PCH São Pedro está localizada no Rio Jucú Braço Norte (Figura 12), no Município de Domingos Martins, a cerca de 50 km de Vitória. Esta PCH iniciou suas operações em 16 de junho de 2009, Resoluções no. 604/2003 e 296/2005 da ANEEL (BRASIL PCH, 2021).



**Figura 12 – Localização das PCHs São Pedro (Jucú Braço Norte) e Jucú (Jucu Braço Sul).**

As vazões envolvidas na operação da PCH São Pedro são apresentadas no fluxograma da Figura 13, (CEM, 2002).



**Figura 13 – Esquema das vazões envolvidas na operação da PCH São Pedro.**

A casa de força está distante da barragem cerca de 6,1 km ao longo do rio. Entre a barragem e a casa de força, a vazão é incrementada pela contribuição de córregos (CEM, 2002).

A PCH São Pedro opera a fio d'água, ou seja, sem regularização diária de vazões para operação de ponta. Como consequência, também não ocorrem variações horárias de vazões a jusante da casa de força.

Durante todo tempo de operação da PCH São Pedro, o regime de vazões do Rio Jucú Braço Norte após a Casa de Força é o mesmo como se não houvesse a PCH (CEM, op. cit.).

A vazão restituída à jusante da casa de força ( $Q_{rest\ jus}$ ) é o resultado da soma da vazão turbinada ( $Q_{turb}$ ), da vazão residual ( $Q_{res\ tot}$ ) e da vazão vertida ( $Q_{vert}$ ), conforme pode ser visualizado no desenho esquemático da Figura 13.

Como não há operação de ponta, a vazão restituída a jusante da casa de força ( $Q_{rest\ jus}$ ) será sempre igual a vazão afluente ( $Q_{aflu}$ ) (CEM, op. cit.).

As regras operativas aplicam-se somente nos períodos de seca. Assim, para vazões disponíveis menores que  $3,90\text{ m}^3/\text{s}$  (ou vazões afluentes menores que  $4,90\text{ m}^3/\text{s}$ ) a usina não opera (CEM, op. cit.).

A extensão total do barramento, na El. 422,15, alcança 147,00 m, com altura máxima de 31,50 m na região central (Vertedouro).

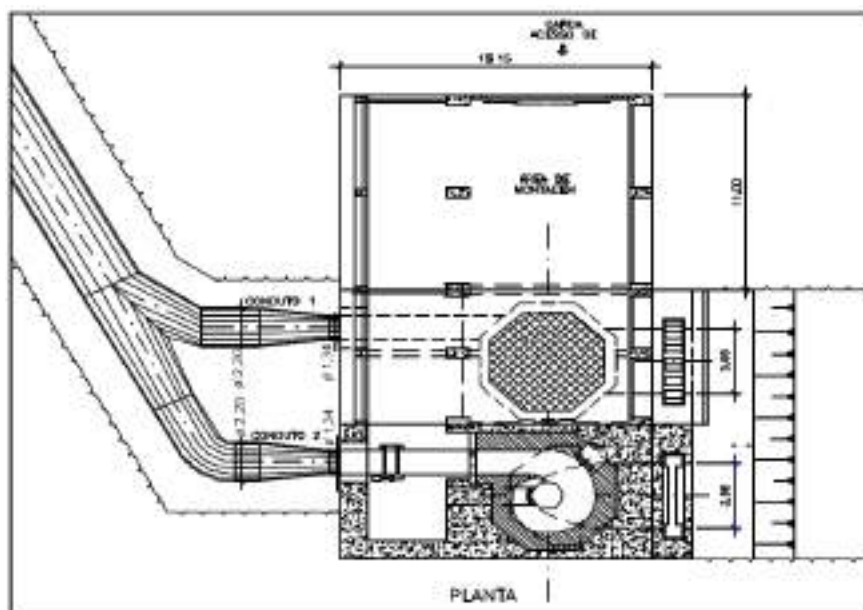
O vertedouro, dimensionado para dar passagem à cheia de recorrência milenar, possui as seguintes características básicas (CEM, 2002):

- Vazão máxima de projeto (TR 1.000 anos) –  $329\text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Vazão de verificação da borda livre (TR 10.000 anos) –  $407\text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Largura = 45,50 m (segundo SEDURB (2021), a largura é de 46,5 m, adotamos o da SEDURB);
- Cota da soleira do vertedouro = 420,00 m;
- Nível Máximo do Reservatório = 422,15 m (TR 1.000 anos);
- Elevação do coroamento das estruturas de concreto não vertentes = 422,15 m;

- Borda livre contra ondas = 1,00 m;
- Cota do topo da mureta de proteção contra ondas nas estruturas de concreto = 423,15 m.

Existe uma tomada d'água na margem esquerda (na cota 413 m), acoplada a um túnel com cerca de 2.100 m de extensão. A tomada d'água desvia parte das águas do reservatório (a vazão turbinada) para um túnel até as turbinas instaladas na casa de força. A tomada d'água tem altura de 11,15 m e largura de 5,60 m, munida de um vão de fundo, equipado com grades e comporta gaveta com 4,50 m de altura e 4,00 m de largura.

O túnel de adução tem duas seções em sequência (CEM, 2002). A primeira tem seção com altura e largura iguais a 4,00 m sem revestimento. Ao seu final, uma chaminé de equilíbrio, escavada em rocha, com diâmetro de 3,50 m. O segundo trecho (de alta pressão) possui 160,00 m de extensão, também, com altura e largura de 4,00 m, sem revestimento, seguido de um trecho blindado em aço, com diâmetro interno de 3,10 m e extensão de 152,00. Após o trecho blindado em aço, segue uma bifurcação, com diâmetro de saída dos ramos de 2,20 m. Estes ramos, nos limites da Casa de Força, sofrem uma redução para o diâmetro de 1,34 m, Figura 14.



**Figura 14 – Planta da Casa de Força projetada para a PCH São Pedro**

Fonte: extraído de CEM, 2002.

A Casa de Força contém dois grupos verticais (Francis) e possui as seguintes características básicas:

- N.A. Médio no Canal de Fuga (m) = 235,10;
- Queda Bruta (m) = 185,00;
- Queda Líquida (m) = 175,75;

- Elevação do eixo das turbinas (m) = 236,00;
- Nível d'água máximo no Canal de Fuga (m) = 236,55;
- Elevação do piso da área de montagem (m) = 241,45;
- Vazão máxima turbinada ( $m^3/s$ ) = 19,50 (2 x 9,75).

A jusante da barragem existe uma estação fluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), Estação Código 57155000 nome: PCH São Pedro Jusante. Para as simulações de calibração e validação da modelagem, adotou-se os valores de vazão registrados nesta estação como forçante do modelo na borda de montante do Rio Jucú Braço Norte.

Para as simulações diagnósticas, considerando os cenários tendenciais de 2025, 2032 e 2050, com uso e ocupação do solo futuros, adotou-se a modelagem chuva vazão a montante da barragem e considerou-se a estrutura da barragem com a configuração apresentada acima.

#### **1.2.3.4 Barragem PCH Jucú**

A PCH Jucú está localizada no Rio Jucú Braço Sul no Município de Domingos Martins (Figura 12) está em funcionamento desde 1909. A barragem possui vertedouro de 45 m, cota máxima de 174 m, cota operacional de 173,5 m e queda líquida de 60,5 m. A alimentação das turbinas é feita através de um canal adutor com diâmetro de 1,7 m e 230 m de extensão (IEMA, 2010).

A jusante da barragem existe uma estação fluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), Estação Código 57200000, nome: PCH Jucú Jusante. Para as simulações de calibração e validação da modelagem, adotou-se os valores de vazão registrados nesta estação como forçante do modelo na borda de montante do Rio Jucú Braço Sul.

Para as simulações prognósticas considerando os cenários tendenciais de 2025, 2032 e 2040, com uso e ocupação do solo futuros, adotou-se a modelagem chuva vazão a montante da barragem da PCH Jucú, e considerou-se a estrutura com a configuração descrita acima.

### 1.2.4 Resumo das Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem Existentes em Vila Velha e Utilizadas na Modelagem

Na Tabela 3 são sumarizadas as informações das estruturas hidráulicas, descritas acima, e importantes para a modelagem.

**Tabela 3 – Informações essenciais para a modelagem, referentes às EBAP, comportas e barragens em Vila Velha.**

Estrutura	Corpo Hídrico	Localização UTM24 SIRGAS 2000		Operação	Cotas (RN-IBGE)	Dimensões/Capacidade
EBAP I Elmo Dall'Ortto Bombas diesel	Canal Guaranhuns	362196 m E	7744124,00 m S	Comportas fechadas, bombas acionadas em	+ 0,60 m	Vazão = 4 x 1,25 = 5,0 m <sup>3</sup> /s
EBAP I Elmo Dall'Ortto Bombas elétricas				Comportas fechadas, bombas acionadas em	+ 0,32 m	Vazão = 3 x 0,33 = 1,0 m <sup>3</sup> /s
EBAP I Elmo Dall'Ortto Comportas				Acionadas em função do nível da maré e/ou enchentes o Rio Jucú	+ 0,22 m	3 comportas Flex Board 1,50x1,50 m
Comporta Marilândia	Canal Marilândia	358366 m E	7749090,00 m S	Fechamento	+ 0,15 m a jusante	3 comportas Flex Board 1,20 x 1,60 m
Barragem PCH São Pedro Barragem	Rio Jucú Braço Norte	329116,75 m E	7751357,09 m S	Fio d'água	Topo do barramento 422,15 m	Largura = 147 m
Barragem PCH São Pedro Vertedouro					Cota da soleira do vertedouro: 420 m	Largura = 46,50 m
Barragem PCH São Pedro Tomada d'água para a casa de força					Entrada: 413 m Saída: 235,10 m	Túnel: 2100 m Diâm.: variável
Barragem PCH Jucú Barragem	Rio Jucú Braço Sul	335885,70 m E	7744199,41 m S	-	Topo do barramento 174,00 m	Largura = 45,00 m
Barragem PCH Jucú Vertedouro					Cota da soleira do vertedouro: 173,50 m	Largura = 45,00 m
Barragem PCH Jucú Tomada d'água para a casa de força					Entrada: 170 m Saída: 110 m	Canal: 230 m Diâm.: 1,70 m
Captação de água bruta Caçaroca	Rio Jucú	358012,00 m E	7743732,00 m S	Captação	-	Vazão = 336,59 L/s

## 1.2.5 Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem para Controle de Inundações em Construção no Município de Vila Velha

### 1.2.5.1 EBAP - Foz da Costa

A EBAP Foz da Costa tem localização prevista no Bairro Praia da Costa no Município de Vila Velha, paralela à calha do Canal da Costa, nas proximidades de sua foz. O local de implantação está indicado na Figura 15 (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020a). Coordenadas aproximadas: 366100,00 m E e 7751800,00 m S (UTM24 SIRGAS 2000).



**Figura 15 – Localização da EBAP Foz da Costa.**

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020a.

O lançamento das águas bombeadas será feito através de linhas de recalque, após o sistema de comportas de maré, no Canal de Vitória.

A EBAP Foz do Costa será composta por (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020a):

- Sistemas de recalque formado por 8 (oito) conjuntos de moto bombas com vazão nominal de 2,5 (dois e meio)  $m^3/s$  cada, totalizando 20 (vinte)  $m^3/s$ . Ainda são previstos mais 2 (dois) novos conjuntos moto bombas em caso de ampliação.
- Sistema de 6 (seis) comportas 2,5 X 4,0 m para controle do fluxo da maré, com seu fechamento possibilitará a elevatória entrar em operação, para tanto deverão ser abertas as 10 (dez) comportas do poço de bombas para permitir a entrada de água na EBAP, o fluxo de água segue para os 08 (oito) gradeamentos grosseiros e chegando as unidades de bombeamento. Essas comportas quando fechadas possibilitam a limpeza e manutenção no poço das bombas.

A cota da soleira das 6 (seis) comportas, que controlam o fluxo da maré, é de - 0,60 m.

O N.A. médio no canal é de + 0,584 m e a cota de fundo do canal no local das comportas é de -0,790 m (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020b).

As regras operativas para os períodos seco e de chuva são apresentadas na Figura 16 a seguir:

(a) Operação da EBAP Tempo Seco

Seqüência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrico	Parâmetros energia (RCP do Gerador), sistema de proteção (variação de temperatura e tensão).	Verificar a normalidade no sistema.
2ª passo	Comportas da Foz do Canal da Costa	Fechar as comportas.	Verificar o fluxo natural da drenagem (gravidade) e aguardar o aumento de nível de Água (NA).
3ª passo	Comportas do poço de bombas e grades mecanizadas	Com o NA a 0,7 mca, abrir as comportas do poço de bombas e ligar o governador mecanizado.	Operar echer o poço de bombas com água e possibilitar a operação da bomba.
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação.	O tempo de operação será no máximo de 3 minutos, para garantir a funcionalidade dos equipamentos.
5ª passo	Bomba 1	Em operação.	Observar o nível de água que deverá manter na cota mínima de 0,7 mca, se o NA estiver menor desligar a bomba 1 a qualquer tempo de operação.
6ª passo	Bomba 1	Desligar a bomba 1.	Para dar seguimento da operação para Bomba 2.
7ª passo	Bomba 2	Desligar a bomba 1, seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar a bomba 2.	Verificar as situações em cada passo e Manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
8ª passo	Bomba 2	Desligar a bomba 2.	Para dar seguimento da operação para Bomba 3.
9ª passo	Bomba 3	Desligar a bomba 2, e seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar a bomba 3.	Verificar as situações em cada passo e Manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
10ª passo	Bomba 3	Desligar a bomba 3.	Para dar seguimento da operação para Bomba 4.
11ª passo	Bomba 4	Desligar a bomba 3, seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar bomba 4.	Verificar as situações em cada passo e Manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
12ª passo	Bomba 4	Desligar a bomba 4 e em seguida desligar as grades mecanizadas, a fechar as comportas do poço das bombas.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
13ª passo	Bomba 5	Desligar a bomba 4 seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar bomba 5.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
14ª passo	Bomba 6	Desligar a bomba 5, seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar bomba 6.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
15ª passo	Bomba 7	Desligar a bomba 6, seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar bomba 7.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
16ª passo	Bomba 8	Desligar a bomba 7, seguir todos os passos 1°, 2°, 3°, 4° e 5°, ligar bomba 8.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
17ª passo	Desligar a estação	Desligar a bomba 8 e em seguida desligar as grades mecanizadas, a fechar as comportas do poço das bombas.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
18ª passo	Comportas da Foz do Canal da Costa	Levantar as 30 (três) comportas da Foz do Canal da Costa.	Verificar a elevação das comportas ao Rio Marinho e se o fluxo de água de drenagem por gravidade está normal.

(b) Operação da EBAP Com Chuva

Seqüência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrico	Fornecimento energia (RCP do Gerador), sistema de proteção (variação de temperatura e tensão).	Verificar a normalidade no sistema.
2ª passo	Comportas da Foz do Canal da Costa	Fechar as comportas.	Interromper fluxo natural da drenagem (gravidade) e aguardar o aumento de nível de Água (NA).
3ª passo	Comportas do poço de bombas e grades mecanizadas	Com o NA a 0,7 mca, abrir as comportas do poço de bombas e ligar o governador mecanizado.	Operar echer o poço de bombas com água e possibilitar a operação da bomba.
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas, subir para 0,8 mca, ligar a bomba 2.
5ª passo	Bomba 2	Ligar bomba 2 e observar a operação.	Observar o nível do Rio Marinho que continuará a subir para cota 0,8 mca da cota de a bomba, ligar bomba 3.
6ª passo	Bomba 3	Ligar a bomba 3 e observe operação.	Se o NA no poço de bombas e subir para 0,8 mca, ligar a bomba 4.
7ª passo	Bomba 4	Ligar a bomba 4 e observe operação.	Se o NA no poço de bombas e subir para 0,8 mca, ligar a bomba 5.
8ª passo	Bomba 5	Ligar a bomba 5 e observe operação.	Se o NA no poço de bombas e subir para 0,8 mca, ligar a bomba 6.
9ª passo	Bomba 6	Ligar a bomba 6 e observe operação.	Se o NA no poço de bombas e subir para 0,8 mca, ligar a bomba 7.
10ª passo	Bomba 7	Ligar bomba 7 e observe operação.	Se o NA no poço de bombas e subir para 0,8 mca, ligar a bomba 8.
11ª passo	Bomba 8	Ligar bomba 8 e observe a operação.	Observar o NA no poço de bombas.
12ª passo	Operação a plena rede De 20 em 10	Observar o aumento de nível no poço de bombas.	Com o nível de 2,0 mca, manter a operação em a ocorrência da redução do NA no poço de bombas.
13ª passo	Desligamento das bombas	Seguir a seqüência de passo de bomba.	Observar o aumento do NA no poço das bombas.
14ª passo	Desligamento das bombas	- Na a 1,8 mca, desliga bomba 8 - Na a 1,8 mca, desliga bomba 7; - Na a 1,4 mca, desliga bomba 6; - Na a 1,2 mca, desliga bomba 5; - Na a 1,0, desliga bomba 4; - Na a 0,8, desliga bomba 3; - Na a 0,7, desliga bomba 2; - Na a 0,7, desliga bomba 1.	Desligamento de bombas conforme elevamento do NA no poço das bombas.
15ª passo	Desligar a estação	Desligar as grades mecanizadas e fechar as comportas do poço das bombas.	Observar os equipamentos da estação.
16ª passo	Comportas da Foz do Canal da Costa	Abri as 30 (três) Comportas da Foz do Canal da Costa.	Verificar o estado das comportas da Foz da Costa e se o fluxo de água de drenagem por gravidade está normal.

Figura 16 – Operação da EBAP Foz da Costa em Tempo Seco (a) e Chuvooso (b)

Fonte: extraído de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020a.

### 1.2.5.2 EBAP - Aribiri

Segundo TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA (2020c) a localização da EBAP ARIBIRI e das Comportas do Rio Aribiri ficarão localizadas próximas à ponte do Rio Aribiri, na Avenida Jerônimo Monteiro no Bairro Ilha da Conceição (Figura 17). Coordenadas aproximadas: 361060,00 m E e 7750276,00 m S (UTM24 SIRGAS 2000).



**Figura 17 – Localização prevista para a EBAP Aribiri e para o Sistema de comporta a ser instalado no Rio Aribiri**

Fonte: adaptado de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020c.

Ainda, segundo TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA (2020c) a EBAP Aribiri terá a seguinte configuração:

- Sistemas de recalque formado por 2 conjuntos de moto bombas com vazão nominal de  $2,5\text{m}^3/\text{s}$  cada, totalizando  $5,0\text{m}^3/\text{s}$ . Ainda são previstos mais dois (02) espaços para instalação futura de novos conjuntos motobombas para a vazão de  $10\text{m}^3/\text{s}$  na 2ª etapa.
- Sistema de 4 (quatro) comportas de 2,10 m de largura x 2,50 m de altura, no poço da EBAP que, quando abertas, permitem a entrada de água na EBAP e devem ser fechadas em caso de manutenção ou limpeza da EBAP.
- Sistema de 6 (seis) comportas de 2,5 m de largura x 4,0 m de altura cada, na Avenida Jerônimo Monteiro para desvio da drenagem das águas pluviais e controle do fluxo da maré no Rio Aribiri.

- Comporta manual de 5,75 m de largura x 1,10m de altura na travessia da Rua Felicidade Siqueira sobre o Rio Aribiri para impedir o transbordamento do Rio Aribiri em bairros com cotas mais baixas como Cobilândia e Rio Marinho.

A EBAP será implantada no canal lateral do Canal do Rio Aribiri, próximo a ponte existente na avenida Jeronimo Monteiro.

A cota da soleira das 6 (seis) comportas, que controlam o fluxo da maré, será de - 0,90 m. O N.A. médio no canal (Rio Aribiri) é de + 0,841 m e a cota mais profunda do canal no local das comportas é de -1,0 m (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020d).

As regras operativas para os períodos seco e chuvoso são apresentadas na Figura 18.

(a) Operação da EBAP Tempo Seco				(b) Operação da EBAP Com Chuva			
Sequência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo	Sequência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1º passo	Sistema elétrico	Fornecimento energia (EDIP ou Gestão), sistema de proteção (sensores de temperatura e unidade)	Verificar a anomalia no sistema	1º passo	Sistema elétrico	Fornecimento energia (EDIP ou Gestão), sistema de proteção (sensores de temperatura e unidade)	Verificar a anomalia no sistema
2º passo	Comportas do Rio Aribiri	Fechar as comportas	Interromper fluxo natural da drenagem (gravidade) e aguardar o aumento do nível de Água (NA)	2º passo	Comportas do Rio Aribiri	Fechar as comportas	Interromper fluxo natural da drenagem (gravidade) e aguardar o aumento do nível de Água (NA)
3º passo	Comportas do poço de bombas, grades mecanizadas e Linha de Recalque no ponto de lançamento.	Com o NA a 1,20 mca, abrir as comportas do poço de bombas e ligar o gradeamento mecanizado. Verificar a posição de lançamento do recalque está livre de obstrução.	Objetivo encher o poço de bomba com água e possibilitar a operação da bomba	3º passo	Comportas do poço de bombas e grades mecanizadas	Com o NA a 1,20 mca, abrir as comportas do poço de bombas e ligar o gradeamento mecanizado	Objetivo encher o poço de bomba com água e possibilitar a operação da bomba
4º passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação	Se o NA no poço de bombas não for para 1,20 mca, ligar a bomba 2	4º passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação	Se o NA no poço de bombas não for para 1,20 mca, ligar a bomba 2
5º passo	Bomba 2	Ligar a bomba 2 e observar a operação	O tempo de operação será no máximo de 3 minutos, para garantir a funcionalidade dos equipamentos.	5º passo	Bomba 2	Ligar a bomba 2 e observar a operação	Observar o nível do Canal do Rio Aribiri que continua a subir para cota 1,20 mca no poço, mantendo as bombas em operação
6º passo	Bomba 1	Em operação	Observar o nível no canal do rio que deverá manter na cota mínima de 0,7 mca, se o NA estiver menor desligar a bomba 1, a qualquer tempo de operação.	6º passo	Operação a pleno vazão	Observar elevamento o nível no poço de bombas	Com o nível de 2,5 mca, manter a operação até a ocorrência de redução de NA no poço de bombas
7º passo	Bomba 1	Desligar a bomba 1	Fazer dar seguimento da operação para Bomba 2.	7º passo	Desligamento das bombas	Seguir a sequência de passos inversos	Desligamento de bombas conforme decréscimo do NA no poço de bombas
8º passo	Bomba 2	Desligada a bomba 1, seguir todos os passos 1º, 2º, 3º, 4º e 5º, ligar a bomba 2	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.	8º passo	Desligamento das bombas	- NA a 1,8 mca: desliga bomba 2. - NA a 1,2, desliga bomba 1	Desligamento de bombas conforme decréscimo do NA no poço de bombas
9º passo	Bomba 2	Desligada a bomba 2	Encerrada a operação de manutenção dos equipamentos da Ebap.	9º passo	Desligar a elevação	Desligar as grades mecanizadas e fechar as comportas do poço de bombas.	Observar os equipamentos parados
10º passo	Desligar a elevação	Desligar as grades mecanizadas, e fechar as comportas do poço das bombas	Encerrada a operação de manutenção dos equipamentos da Ebap.	10º passo	Comportas do Canal do Rio Aribiri	Abir as Comportas do Canal do Rio Aribiri.	Verificar a elevação das comportas e se o fluxo de água de drenagem por gravidade está normal.

**Figura 18 – Operação da EBAP Aribiri em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b)**

Fonte: extraído de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020c.

### 1.2.5.3 EBAP - Cobilândia

Segundo TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA (2020e) a EBAP Cobilândia será instalada na cota +2,93 sobre o dique existente em Cobilândia. Irá bombear água do Canal Marilândia para o Canal Marinho, através de uma tubulação de recalque atravessando o dique existente (Figura 19). Coordenadas aproximadas: 358337,00 m E e 7749033,00 m S (UTM24 SIRGAS 2000).



**Figura 19 – Localização da EBAP Cobilândia**

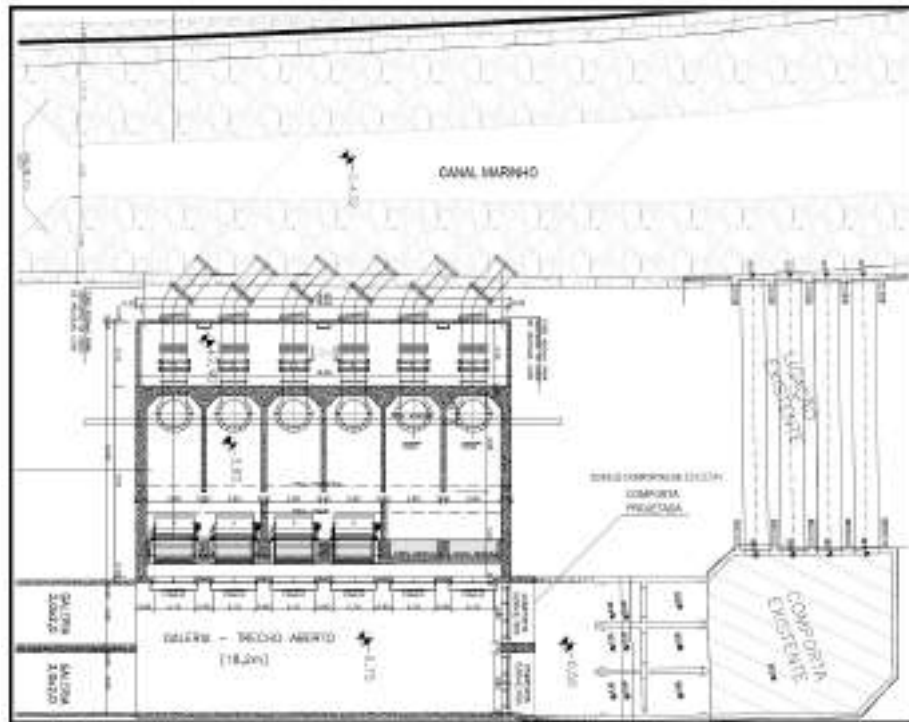
Fonte: extraído de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020e.

A EBAP Cobilândia será composta por (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020e):

- Sistemas de recalque formado por 4 conjuntos de motobombas com vazão nominal de 2,5 m<sup>3</sup>/s cada, totalizando 10 m<sup>3</sup>/s. Ainda são previstos mais dois espaços para instalação de novos conjuntos motobombas em caso de ampliação.
- Sistema de comportas no poço de bombas que, quando abertas, permitem a entrada de água na EBAP e devem ser fechadas em caso de manutenção ou limpeza.
- Galeria dupla de 3,0 m de largura e 2,0 m de altura, a ser implantada para aduzir água por escoamento natural até o Canal Marinho através do sistema de comportas existente. Serão instaladas duas (2) comportas de 3,0 m de largura e 2,7 m de altura, para evitar o refluxo das águas do Canal Marinho para o Bairro Cobilândia (Figura 20).
- As galerias na área da elevatória serão abertas (sem cobertura) e será interligada as mesmas com aberturas nas paredes central para possibilitar a junção das águas e alimentar a elevatória no poço das bombas, através de 6 (seis) aberturas nas dimensões de 2,10 m x 1,70 m nas paredes laterais (Figura 20).
- Sistema de recalque composto de 6 (seis) linhas de recalque em ferro fundido, com diâmetro de 1200 mm, válvulas de retenção e flap, implantada na cota superior do

dique existente com lançamento no Rio Marinho (Figura 20). De acordo com (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020f), a cota da soleira das 2 (duas) comportas, que controlam o fluxo da maré, é de - 0,75 m. A cota de fundo da seção projetada do Rio Marinho é de -0,432m.

As regras operativas para os períodos seco e chuvoso são apresentadas na Figura 21 seguir:



**Figura 20 – Planta geral extraída do desenho TM-SEDURB-MD-007-EBAP1-ARQ-002**

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020f.



#### 1.2.5.4 EBAP – Marilândia e Galeria Marilândia

A EBAP Marilândia ficará localizada no Bairro de Cobilândia, Município de Vila Velha, no encontro do Canal Marilândia com o Canal Aribiri (Figura 22), e trabalhará com vazão inicial prevista de 10 m<sup>3</sup>/s, conforme informado em TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA (2020g).

O caminhamento da linha de recalque da EBAP Marilândia seguirá atravessando o dique presente no local até o Canal Marinho, com extensão de aproximadamente de 15,00m, conforme indicado na Figura 22.



**Figura 22 – Localização da EBAP Marilândia com a Linha de recalque**

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020g.

A EBAP e Galeria Marilândia têm as seguintes características (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020g):

- Sistemas de recalque formado por 4 conjuntos de motobombas com vazão nominal de 2,5 m<sup>3</sup>/s cada, totalizando 10 m<sup>3</sup>/s. Ainda são previstos mais dois (02) poços para instalação de novos conjuntos motobombas, em caso de ampliação (Figura 23).
- Duas (2) galerias, de dimensões 3,0 m de largura e 2,0 m de altura, próximo à EBAP (Figura 23).
- Serão implantadas 6 (seis) aberturas frontais nas dimensões de 2,10 m x 1,70 m (comprimento x altura), onde deve ser instalado um sistema de comportas, com acionamento elétrico, manual e/ou automático visando isolar o poço para eventual limpeza ou manutenção.

As regras operativas para os períodos seco e chuvoso são apresentadas na Figura 24.

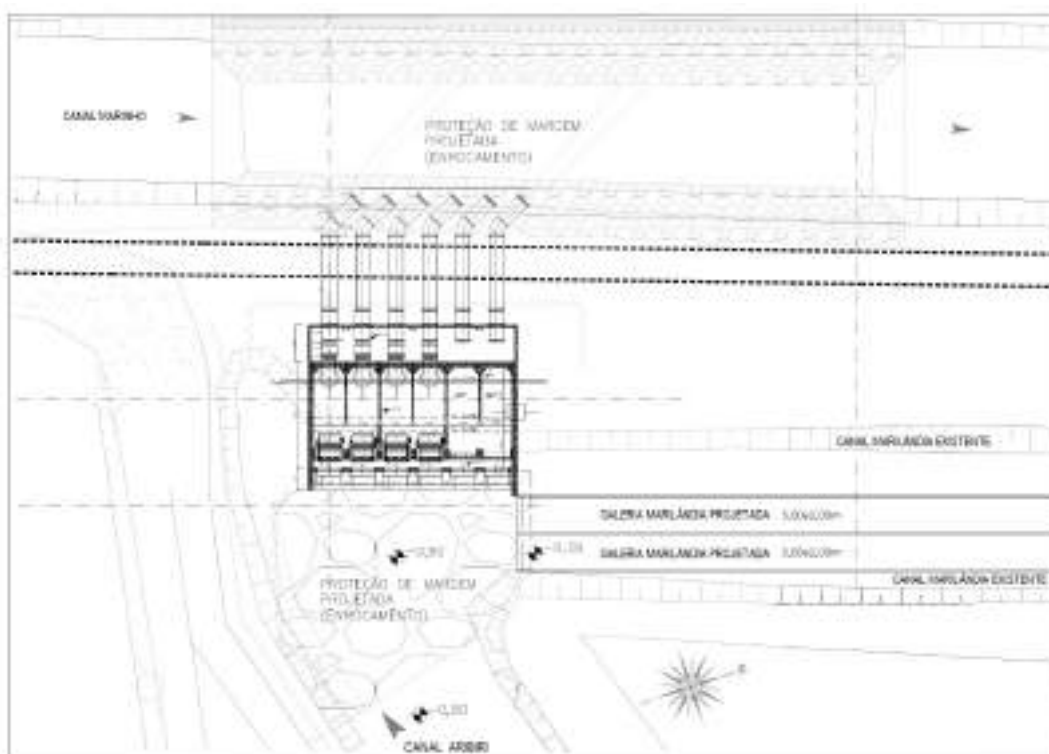


Figura 23 – Planta geral extraída do desenho TM-SEDURB-MD-007-EBAP2-ARQ-002

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020h.

**(a) Operação da EBAP Tempo Seco**

Seqüência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrico	Fornecimento energia IEDP ou geração, sistema de proteção (ocorridos de temperatura e tensão).	Verificar a operacionalidade no sistema.
2ª passo	Compartos das galerias Canal Colúmbia	Verificar as comportas das galerias no Canal Colúmbia.	Intervenções: caso afetada a drenagem (gravidade) e garantir o aumento do nível de água (NA).
3ª passo	Compartos do poço de bombas e grades decantadas	Desligar a NA e L0 para abrir as comportas do poço de bombas e ligar o gradiente por gravidade.	Objetivo: reduzir o peso de bombas com água e possibilitar a operação da bomba.
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação.	O tempo de operação será no máximo de 3 minutos, para garantir a funcionalidade dos equipamentos.
5ª passo	Bomba 1	Em operação	Observar o nível da galeria que deverá manter na cota máxima de 1,0 m, se o NA estiver menor desligar a bomba 1, a qualquer tempo de operação.
6ª passo	Bomba 1	Desligar a bomba 1.	Para dar sequência da operação para Bomba 2.
7ª passo	Bomba 1	Desligar a bomba 1, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª.	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
8ª passo	Bomba 2	Desligar a Bomba 1	Para dar sequência da operação para Bomba 2.
9ª passo	Bomba 2	Desligar a bomba 2.	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
10ª passo	Bomba 2	Desligar a Bomba 2	Para dar sequência da operação para Bomba 3.
11ª passo	Bomba 3	Desligar a bomba 3.	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
12ª passo	Bomba 3	Desligar a bomba 3 e em seguida desligar as grades decantadas e fechar as comportas do poço de bombas.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos da EBAP.
13ª passo	Compartos das galerias Canal Colúmbia	Localizar as comportas das galerias	Verificar se estão levantadas e que a flama de água de drenagem por gravidade está normal.

**(b) Operação da EBAP Com Chuva**

Seqüência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrico	Fornecimento energia IEDP ou geração, sistema de proteção (ocorridos de temperatura e tensão).	Verificar a operacionalidade no sistema.
2ª passo	Compartos das galerias	Verificar as comportas.	Intervenções: caso afetada a drenagem (gravidade) e garantir o aumento do nível de água (NA).
3ª passo	Compartos do poço de bombas e grades decantadas	Com o NA a 1,0 m, abrir as comportas do poço de bombas e ligar o gradiente por gravidade.	Objetivo: reduzir o peso de bombas com água e possibilitar a operação da bomba.
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1.	Arampantar e NA, se estiverem baixado.
5ª passo	Bomba 2	Ligar Bomba 2.	Arampantar e NA, se estiverem baixado.
6ª passo	Bomba 3	Ligar Bomba 3.	Arampantar e NA, se estiverem baixado.
7ª passo	Bomba 4	Ligar a Bomba 4.	Arampantar e NA, se estiverem baixado.
8ª passo	Supervisão e operação do sistema elétrico	Fazer leituras da voltagem, amperagem, sistema de proteção.	Registros das condições elétricas para controle a cada 30 minutos.
9ª passo	Supervisão e poço de bombas e galerias	Fazer a leitura da cota do nível de água no poço de bombas.	Registra das medições a cada 30 minutos.
10ª passo	Operação de desligamento de Bomba 1	Observado a situação do nível de água no poço de bombas.	Desligar a Bomba 1, observar se NA estabilizou novamente.
11ª passo	Operação de desligamento de Bomba 2	Observado a situação do nível de água no poço de bombas.	Desligar a Bomba 2.
12ª passo	Operação de desligamento de Bomba 3	Observado a situação do nível de água no poço de bombas.	Desligar a Bomba 3.
13ª passo	Operação de desligamento de Bomba 4	Observado a situação do nível de água no poço de bombas.	Desligar a Bomba 4.
14ª passo	Desligar e observar	Fechar as comportas das galerias Canal Colúmbia, desligar as grades decantadas e fechar as comportas do poço de bombas.	Verificar se o fluxo de drenagem por gravidade está normal.

Figura 24 – Operação da EBAP Marilândia em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b)

Fonte: extraído de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020g.

### 1.2.5.5 EBAP - Marinho

Será implantada na margem do Rio Marinho, sob a 2ª Ponte e o Centro Regional de Especialidades Metropolitana – CRE, no Município de Cariacica (Figura 25).



**Figura 25 – Localização da EBAP Marinho.**

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020i.

A EBAP Marinho será composta por (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020i):

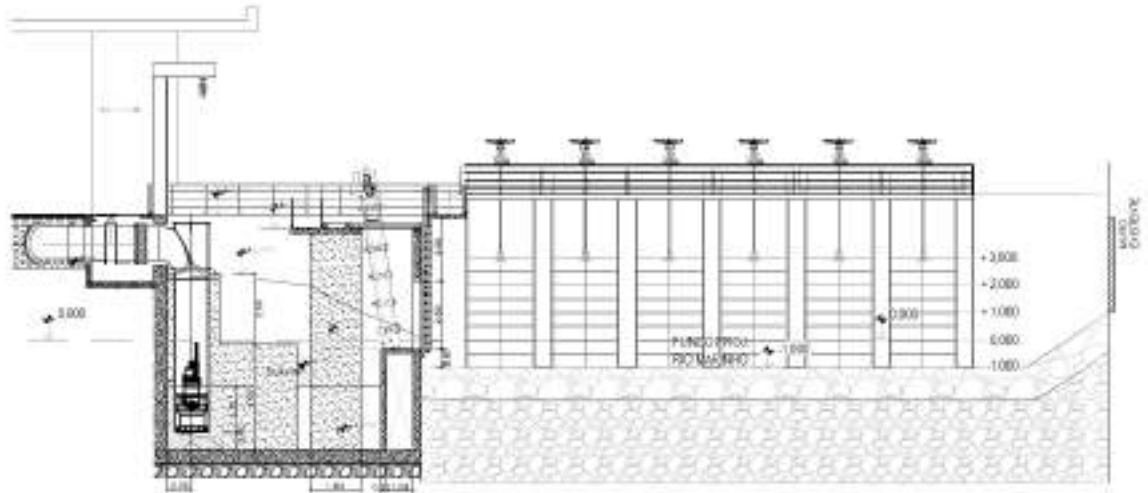
- Sistemas de recalque formado por 8 (oito) conjuntos de moto bombas com vazão nominal de 2,5 (dois e meio)  $m^3/s$  unidade. As Linhas de Recalque serão individuais no diâmetro de 1200 mm em Ferro Fundido, totalizando 20 (vinte)  $m^3/s$ . Ainda são previstos mais dois espaços para instalação de novos conjuntos moto bombas em caso de ampliação.
- Sistema de seis (6) comportas para controle do fluxo e refluxo da maré ao continente, com seu fechamento possibilitará a elevatória entrar em operação. Estas comportas têm dimensões de 2,5 m por 4,0 m (largura e altura) (Figura 26).
- No poço de Bombas haverá 10 (dez) aberturas nas dimensões de 2,10 m x 2,50 m (comprimento x altura), para a entrada de água na EBAP, onde deve ser instalada comporta com abertura livre de 2,10m x 2,50m (comprimento x altura) visando a operação e a isolar o poço para eventual limpeza ou manutenção.

A cota de fundo das seis (6) comportas que controlam o fluxo da maré, é de - 1,0 m

(Figura 26).

O valor N.A. médio nas proximidades é de + 0,12 m (vide seção “4.2.5 - Definição do Nível de Referência (NR) Adotado”, neste documento).

As regras operativas para os períodos seco e chuvoso são apresentadas na Figura 27.



**Figura 26 – Comportas da EBAP Marinho, indicação das cotas, adaptado do desenho: TM-SEDURB-MD-007-EBAP5-ARQ-002.**

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020j.

(a) Operação da EBAP Tempo Seco

Sequência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrico	Verificar o nível da água no Canalão, sistema de proteção (sensores de inundação e vazão).	Verificar a normalidade do sistema.
2ª passo	Compartos do Rio Marinho	Fechar os compartos.	Interromper fluxo natural de drenagem (gravidade) e aguardar o aumento do nível de Água (NA).
3ª passo	Compartos do poço de bombas e grades elevatórias	Com o NA a 0,7 mca, abrir os compartos do poço de bombas e ligar o gradiente mascarado.	Objetivo: retirar a água de bombas com água e possibilitar a operação da bomba.
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação.	O tempo de operação será no máximo de 3 minutos, após garantir a normalidade dos equipamentos.
5ª passo	Bomba 1	Em operação.	Observar o nível da água na grade e depois retirar no tubo de 0,7 mca, se o NA estiver menor desligar a bomba 1 a qualquer tempo da operação.
6ª passo	Bomba 1	Desligar a bomba 1.	Fazer o reaparelho da operação para Bomba 2.
7ª passo	Bomba 2	Desligar a bomba 1, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 2.	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
8ª passo	Bomba 2	Desligar a bomba 2.	Fazer o reaparelho da operação para Bomba 3.
9ª passo	Bomba 3	Desligar a bomba 2, e seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 3.	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
10ª passo	Bomba 3	Desligar a bomba 3.	Fazer o reaparelho da operação para Bomba 4.
11ª passo	Bomba 4	Desligar a bomba 3, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 4.	Verificar as situações em cada passo e manter em operação no tempo máximo de 3 minutos.
12ª passo	Bomba 4	Desligar a bomba 4 e em seguida desligar as grades elevatórias, e fazer os reparos do poço das bombas.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
13ª passo	Bomba 5	Desligar a bomba 4, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 5.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
14ª passo	Bomba 5	Desligar a bomba 5, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 6.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
15ª passo	Bomba 6	Desligar a bomba 5, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 6.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
16ª passo	Bomba 7	Desligar a bomba 6, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 7.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
17ª passo	Bomba 8	Desligar a bomba 7, seguir todos os passos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ligar a bomba 8.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
18ª passo	Bomba 9	Desligar a bomba 8 e em seguida desligar as grades elevatórias, e fazer os reparos do poço das bombas.	Encerrar a operação de manutenção dos equipamentos de EBAP.
19ª passo	Compartos do Rio Marinho	Abertura do NA (poço) compartos do Rio Marinho.	Verificar a elevação dos compartos do Rio Marinho e se o fluxo de água de drenagem por gravidade está normal.

(b) Operação da EBAP Com Chuva

Sequência	Equipamentos	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrico	Verificar o nível da água no Canalão, sistema de proteção (sensores de inundação e vazão).	Verificar a normalidade do sistema.
2ª passo	Compartos do Rio Marinho	Fechar os compartos.	Interromper fluxo natural de drenagem (gravidade) e aguardar o aumento do nível de Água (NA).
3ª passo	Compartos do poço de bombas e grades elevatórias	Com o NA a 0,7 mca, abrir os compartos do poço de bombas e ligar o gradiente mascarado.	Objetivo: retirar a água de bombas com água e possibilitar a operação da bomba.
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas subir para 0,5 mca, ligar a bomba 2.
5ª passo	Bomba 2	Ligar a bomba 2 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas subir para 0,3 mca, ligar a bomba 3.
6ª passo	Bomba 3	Ligar a bomba 3 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas subir para 1,8 mca, ligar a bomba 4.
7ª passo	Bomba 4	Ligar a bomba 4 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas subir para 1,2 mca, ligar a bomba 5.
8ª passo	Bomba 5	Ligar a bomba 5 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas subir para 1,4 mca, ligar a bomba 6.
9ª passo	Bomba 6	Ligar a bomba 6.	Se o NA no poço de bombas subir para 1,8 mca, ligar a bomba 7.
10ª passo	Bomba 7	Ligar a bomba 7 e observar a operação.	Se o NA no poço de bombas subir para 1,8 mca, ligar a bomba 8.
11ª passo	Bomba 8	Ligar a bomba 8 e observar a operação.	Observar o NA no poço de bombas.
12ª passo	Operação a céu aberto de 25 m <sup>2</sup>	Observar atentamente a nível do poço de bombas.	Com o nível do 2,0 mca, iniciar a operação de manutenção da rede de drenagem do Rio Marinho.
13ª passo	Desligamento das bombas	Seguir a sequência de passos: 1ª a 5ª.	Observar decréscimo do NA no poço das bombas.
14ª passo	Desligamento das bombas	NA a 1,0 mca, desligar bomba 8; NA a 1,5 mca, desligar bomba 7; NA a 1,2 mca, desligar bomba 6; NA a 1,3 mca, desligar bomba 5; NA a 0,8 mca, desligar bomba 4; NA a 0,5 mca, desligar bomba 3; NA a 0,3 mca, desligar bomba 2; NA a 0,2 mca, desligar bomba 1.	Desligamento das bombas conforme decréscimo de NA no poço das bombas.
15ª passo	Desligar a elevatória	Desligar as grades elevatórias e fechar os compartos do poço das bombas.	Observar no equipamento paralisado.
16ª passo	Compartos do Rio Marinho	Abertura do NA (poço) Compartos do Rio Marinho.	Verificar a elevação dos compartos do Rio Marinho e se o fluxo de água de drenagem por gravidade está normal.

Figura 27 – Operação da EBAP Marinho em Tempo Seco (a) e Chuvoso (b)

Fonte: extraído de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020i.

### 1.2.5.6 EBAP - Laranja

A EBAP Laranja ficará localizada na região do Bairro Pontal das Graças, paralelamente ao Canal do Dique, em frente ao encontro com o Canal Diagonal e bombeará as águas para o Rio Jucú. Inicialmente, a vazão prevista está entre 8 e 16m<sup>3</sup>/s e, posteriormente, foi definida pela TRANSMAR e SEDURB em 20 m<sup>3</sup>/s (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020k).

A EBAP Laranja terá tubulações de recalques que conduzirão as águas para o Rio Jucú, atravessando o dique existente (Figura 28).



**Figura 28 – Localização da EBAP Laranja.**

Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020k.

A EBAP Laranja será composta por (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020k):

- Sistemas de recalque formado por 8 conjuntos de moto bombas com vazão nominal de 2,5m<sup>3</sup>/s cada, totalizando 20 m<sup>3</sup>/s. Ainda estão previstos mais dois espaços para instalação futura de novos conjuntos motobombas em caso de ampliação.
- Sistema de comportas que quando abertas permitem a entrada de água na EBAP e devem ser fechadas em caso de manutenção ou limpeza da EBAP.

A cota de fundo projetada para o Canal do Dique é de - 2,600 m. O N.A. médio no Canal do Dique é de + 0,389 m (TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020L).

As regras operativas para os períodos seco são apresentadas na Figura 29 e as regras operativas para os períodos de cheia são apresentadas na Figura 30, Fonte: TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020k.



Seqüência	Equipamento	Ação do operador	Objetivo	Seqüência	Equipamento	Ação do operador	Objetivo
1ª passo	Sistema elétrica	Permanecer na energia (EDP ou DER) ou realizar a operação de partida de bombas de emergência e (se necessário)	Verificar a normalidade e o status	1ª passo	Sistema elétrica	Permanecer na energia (EDP ou DER) ou realizar a operação de partida de bombas de emergência e (se necessário)	Verificar a normalidade e o status
2ª passo	Componentes do Canal Canal Grande e Rio Formosa	Fechar as comportas	Manter o nível do rio elevado (gratuidade) e regular o aumento do nível de água (RA)	2ª passo	Componentes do sistema	Fechar as comportas	Manter o nível do rio elevado (gratuidade) e regular o aumento do nível de água (RA)
3ª passo	Componentes do Canal Grande e Rio Formosa	Com o nível do rio elevado, abrir as comportas de saída de bombas e ligar a bomba de gerenciamento de emergência	Com o nível do rio elevado, abrir as comportas de saída de bombas e ligar a bomba de gerenciamento de emergência	3ª passo	Componentes do Canal Grande e Rio Formosa	Com o nível do rio elevado, abrir as comportas de saída de bombas e ligar a bomba de gerenciamento de emergência	Com o nível do rio elevado, abrir as comportas de saída de bombas e ligar a bomba de gerenciamento de emergência
4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1 e observar a operação	De 0 a 1h no caso de bomba 1 e observar a operação	4ª passo	Bomba 1	Ligar a bomba 1	Acionar bomba 1 a 1h, se necessário
5ª passo	Bomba 2	Ligar a bomba 2 e observar a operação	Observar o nível do rio elevado que mantém a água para o rio no nível de operação, ligar bomba 2	5ª passo	Bomba 2	Ligar a bomba 2	Acionar bomba 2 a 1h, se necessário
6ª passo	Bomba 3	Ligar a bomba 3 e observar a operação	De 0 a 1h no caso de bomba 3 e observar a operação	6ª passo	Bomba 3	Ligar a bomba 3	Acionar bomba 3 a 1h, se necessário
7ª passo	Bomba 4	Ligar a bomba 4 e observar a operação	De 0 a 1h no caso de bomba 4 e observar a operação	7ª passo	Bomba 4	Ligar a bomba 4	Acionar bomba 4 a 1h, se necessário
8ª passo	Bomba 5	Ligar a bomba 5 e observar a operação	De 0 a 1h no caso de bomba 5 e observar a operação	8ª passo	Supervisão do sistema elétrico	Fazer testes de operação, manutenção e sistema de proteção	Realizar testes de operação, manutenção e sistema de proteção
9ª passo	Bomba 6	Ligar a bomba 6 e observar a operação	De 0 a 1h no caso de bomba 6 e observar a operação	9ª passo	Supervisão do sistema elétrico	Fazer testes de operação, manutenção e sistema de proteção	Realizar testes de operação, manutenção e sistema de proteção
10ª passo	Bomba 7	Ligar a bomba 7 e observar a operação	De 0 a 1h no caso de bomba 7 e observar a operação	10ª passo	Operação de desligamento de bomba	Observar a redução de nível de água no rio a partir de 1,5 metros	Realizar a bomba 1, observar a redução de nível de água no rio a partir de 1,5 metros

Figura 30 – Operação da EBAP Marinho em Tempo Chuvoso

Fonte: (extraído de TRANSMAR CONSULTORIA e ENGENHARIA, 2020k).

## 1.3 Cariacica

### 1.3.1 Rede de Macrodrenagem do Município de Cariacica Sujeita a Riscos de Inundação

Para a identificação dos corpos hídricos sujeitos a riscos de inundação no Município de Cariacica, foi realizada uma pesquisa conduzida pela equipe do PDAU-RMGV, junto ao representante do município, Sr. Vanildo Lima Coutinho Gerente de Planejamento Urbano da Secretaria Municipal de Desenvolvimento da Cidade/Gerência de Planejamento Urbano. O resultado da pesquisa recebeu a aprovação do comitê de acompanhamento. De acordo com o resultado, foram identificados os seguintes corpos hídricos:

1. Rio Bubu;
2. Rio Itanguá;
3. Vala América;
4. Córrego Maria Preta;
5. Córrego Campo Grande;
6. Córrego Jardim de Alah;
7. Rio Formate.

Na Figura 31 abaixo é apresentada a rede de drenagem em estudo para o Município de Cariacica e as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos. As informações sobre as áreas foram obtidas de Romanelli e Stelzer (2012).



**Figura 31 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Cariacica.**

Os rios citados acima fazem limites com outros municípios sendo eles:

O Rio Formate, faz divisa com Viana; O Rio Marinho, faz divisa com Vila Velha e o Rio Santa Maria da Vitória que faz divisa com Serra e Vitória.

Segundo (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, 2008) na região dos rios Formate e Jucú, as denominadas “cheias regionais”, que ocorrem em porções maiores do território, são produto das águas precipitadas e escoadas ao longo de mais 1600 km<sup>2</sup> pertencentes à Alta e Média Bacia do Rio Jucú e mais de 45 km<sup>2</sup> da Alta e Média Bacia do Rio Formate.

As principais características destas cheias são sua permanência, que supera em todos os casos às 24h e, no caso do Rio Jucú, pode alcançar durações de dezenas de dias.

Trata-se de cheias ocorridas em áreas com predominância de ocupação rural, fortes declividades e grande sensibilidade em relação às precipitações antecedentes; isto é, montantes de chuva idênticos podem gerar escoamentos bem diferenciados dependendo do fato de terem ocorrido no passado recente eventos chuvosos que tenham saturado a camada superior dos solos que na região, de um modo geral, são ricos em argilas, material com elevada capacidade de retenção de águas e que após sua saturação não permitem a drenagem sub-superficial dos mesmos, inibindo a percolação profunda.

A magnitude e as características deste tipo de cheias fazem com que as abordagens tradicionais de intervenção na drenagem urbana contribuam muito pouco para mitigar os problemas decorrentes delas. Práticas de canalização e dragagem voltadas a mitigar este tipo de cheias adquirem proporções e custos que resultam proibitivos e as dimensões adequadas das calhas em áreas urbanas exigem muitas vezes importantes desapropriações e severas mudanças na infraestrutura viária existente (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, 2008).

### **1.3.1.1 Rio Bubu**

O Rio Bubu, anteriormente chamado de Rio Cariacica, nasce a 700 metros de altitude à leste da localidade de Trincadeira, próximo à nascente do Córrego Roda d'Água, afluente do Rio Formate. Toda a sua bacia está localizada dentro do Município de Cariacica, possuindo área de 42 km<sup>2</sup>. Seus principais afluentes são os córregos Tanque e Areinha. Percorre mais de 23,77 km até desaguar em área de mangue da Baía de Vitória. A porção média-alta da bacia, nos 10 primeiros quilômetros de extensão do Rio Bubu, tem morfologia marcada por regiões das serras do Adriano, do Mochuara e do Anil, com alta declividade, causando substanciais enxurradas. Posteriormente, o rio percorre zona de baixa declividade na área urbana de Cariacica, promovendo inundações decorrentes das enxurradas mencionadas (Prefeitura Municipal de Cariacica, 2008).

### **1.3.1.2 Rio Itanguá**

A Bacia do Rio Itanguá, com extensão de 5,86 km, faz divisa a oeste com a bacia do

Rio Formate, a norte com a Bacia do Rio Bubu e a sul com a bacia do Córrego Campo Grande. Localizada inteiramente no Município de Cariacica, possui área de drenagem de aproximadamente 11 km<sup>2</sup>, sendo 80% desta em área urbana.

Devido à baixa declividade ao longo da bacia, ocorrem trechos com problemas de alagamentos nos bairros Nova Brasília, Nova Valverde, Frincasa, Mata da Praia, Oriente, Itacibá e Tucum.

O trecho inferior do Rio Itanguá passou por serviços de ampliação e retificação da calha em 2008, próximo aos bairros Mata da Praia, Oriente e Itacibá (Prefeitura Municipal de Cariacica, 2008).

### **1.3.1.3 Córrego Maria Preta**

O Córrego Maria Preta, com extensão de 3,64 km, localiza-se na região dos bairros São Geraldo e Maracanã. Segundo informações disponíveis no site da Prefeitura Municipal de Cariacica, parte do córrego passou por obras de canalização, e diversas campanhas de limpeza e desassoreamento foram realizadas nos últimos anos, visando desobstruir o córrego e evitar inundações nas regiões do entorno (PREFEITURA MUNICIPAL DE CARIACICA, 2019; PREFEITURA MUNICIPAL DE CARIACICA, 2021).

### **1.3.1.4 Córrego Campo Grande**

A nascente do Córrego Campo Grande localiza-se entre a margem esquerda do Rio Formate e o limite sudoeste da Bacia do Córrego Itanguá, em altitudes que chegam a 200 m. Sua bacia de drenagem possui cerca de 14 km<sup>2</sup>, estando localizada somente no Município de Cariacica e predominantemente em área urbana. Desagua no Rio Formate. Possui extensão total de 4,00 km.

A maior parte da área urbana localizada na Bacia do Córrego Campo Grande situa-se em regiões elevadas, não apresentando problemas de alagamentos, segundo o Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Cariacica (PREFEITURA MUNICIPAL DE CARIACICA, 2008).

### **1.3.1.5 Rio Formate**

O Rio Formate nasce no limite oeste de Cariacica, próximo à Reserva Florestal de Duas Bocas, sendo o divisor entre este município e Viana, e desagua no Rio Marinho. Antigamente, porém, o Rio Formate se unia naturalmente ao Rio Jucú. Em 1740, os jesuítas construíram um canal artificial para transporte fluvial, ligando o Rio Formate ao Rio Marinho e seguindo até a Baía de Vitória.

Posteriormente, o antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento construiu o Canal das Neves a fim de reduzir as enchentes no baixo vale do Rio Jucú. Tal canal liga o Rio Formate ao Rio Jucú, porém, encontra-se obstruído e assoreado, de forma que esses rios só se conectam nas maiores enchentes.

A bacia de drenagem do Rio Formate possui 101 km<sup>2</sup>, sendo que uma parcela de

apenas 8% corresponde a áreas urbanas. O rio percorre 32,75 km entre a nascente e a foz no Rio Marinho. A porção média-alta da bacia, da nascente ao encontro com o Córrego Roda d'Água, está localizada em terreno de alta declividade e grandes desníveis, favorecendo a formação de enxurradas. A porção média-baixa, com terreno mais suave, fica sujeita a alagamentos, uma vez que as enxurradas das regiões altas fazem o nível do Rio Formate subir rapidamente. Nessa região está localizada parte da área urbana de Cariacica, como os bairros Chácara Rio Bonito, Flor de Piranema, Residencial Horizonte, Chácara Beira Rio, Beira Rio, Cristo Rei e Vila Rica.

Os principais afluentes do Rio Formate são os Córregos Roda d'Água, Trincheira, Jaquitá, Montanha, Areinha e do Tanque (Prefeitura Municipal de Cariacica, 2008).

### 1.3.2 Informações Sobre Batimetria dos Leitões Naturais e Projetos da Rede de Macrodrenagem - Cariacica

As informações sobre as dimensões e cotas das calhas dos corpos hídricos investigados, foram obtidas através de levantamentos de campo realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT.

Na Figura 32 abaixo são apresentados os pontos referentes aos levantamentos batimétricos realizados pelo Consórcio no período de março a junho de 2021. Estas informações foram complementadas com as seções extraídas dos estudos e projetos da Quanta Consultoria (2015a).

As informações detalhadas sobre a localização e a geometria de todas as seções utilizadas na modelagem (levantamentos primário e secundário) estão apresentadas no Apêndice C (TOMO II).



**Figura 32 - Levantamentos batimétricos realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT e dados secundários da Quanta Engenharia (2015a) indicados como outras fontes.**

### **1.3.3 Estruturas Hidráulicas de Macro drenagem Existentes em Cariacica**

O Sr. Vanildo Lima Coutinho Gerente de Planejamento Urbano da Secretaria Municipal de Desenvolvimento da Cidade/Gerência de Planejamento Urbano nos informou em comunicação oral que no Córrego Campo Grande existe um projeto de canalização de um afluente, o Córrego Maria Preta. Embora tal projeto seja datado de 2010, ele foi parcialmente desenvolvido (muito pouco na verdade). No entanto, a Secretaria de Obras não sabe precisar de fato o que ou quais trechos foram canalizados.

Em e-mail datado de 14/06/2021 nos foram enviados documentos sobre o Córrego Maria Preta, contudo, através da análise destes documentos não foi possível identificar os trechos nos quais o projeto foi implantado.

Por outro lado, a equipe de cadastramento do Consórcio Tetra Tech CONCREMAT realizou levantamentos em ambos os corpos hídricos: Córrego Campo Grande e Córrego Maria Preta e obteve informações suficientes e necessárias para a elaboração do modelo e reprodução da condição atual destes corpos.

Com relação ao Rio Itanguá, o Sr. Vanildo informou que existe uma parte canalizada, conforme menciona o PDDU, mas que a Prefeitura não tem informações sobre isso. Segundo ele se trata de um empreendimento realizado pelo DER. Entramos em contato com o DER que nos informou que o trabalho realizado foi apenas de limpeza e que não existem obras de drenagem referentes a isso. Contudo, a equipe de cadastramento do Consórcio Tetra Tech CONCREMAT realizou levantamentos no Rio Itanguá e obteve informações suficientes e necessárias para a elaboração do modelo e reprodução da condição atual deste rio.

## **1.4 Serra**

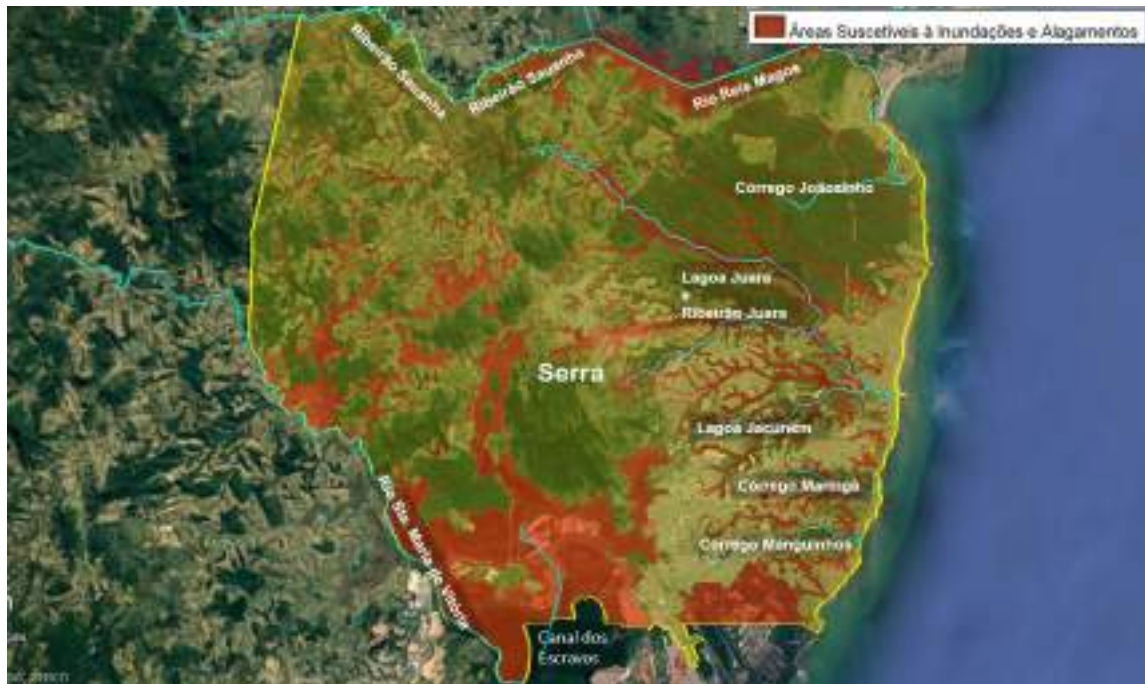
### **1.4.1 Rede de Macro drenagem do Município de Serra Sujeita a Riscos de Inundação**

Para a identificação dos corpos hídricos sujeitos a riscos de inundação no Município de Serra, foi realizada uma pesquisa conduzida pela equipe do PDAU-RMGV, junto ao representante do município, Sra. Lorena Miossi Alves Cabral Chefe da Divisão de Educação Sanitária da Secretaria de Serviços. O resultado da pesquisa recebeu a aprovação do comitê de acompanhamento com a indicação dos seguintes corpos hídricos:

1. Rio Santa Maria da Vitória;
2. Ribeirão Sauanha;
3. Rio Reis Magos;
4. Córrego Joãozinho;
5. Lagoa Juara e Ribeirão Juara;
6. Lagoa Jacuném;

7. Córrego Maringá;
8. Córrego Manguinhos;
9. Canal dos Escravos.

Na Figura 33 abaixo é apresentada a rede de drenagem em estudo para o Município de Serra. São apresentados também as informações sobre as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos obtidas de CPRM (2018).



**Figura 33 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundações no Município de Serra.**

Serra possui uma vasta rede hidrográfica, constituída em sua maioria de pequenos córregos e nascentes, tanto na área rural como na urbana. Os córregos da porção leste, formam pequenas bacias litorâneas; os da porção central formam a bacia do Rio Jacaraípe; os córregos localizados mais ao norte são contribuintes da bacia do Rio Reis Magos e os das porções sul e oeste são contribuintes da bacia do Rio Santa Maria da Vitória e da sub-bacia da Baía de Vitória. As pequenas bacias litorâneas são formadas por diversos cursos d'água independentes tais como os córregos Manguinhos, Pelado, Carapebus, Maringá, dentre outros. Com comprimento reduzidos (entre 4 e 15 km) que percorrem regiões de tabuleiro, em grande parte já urbanizadas, e deságuam nos 23 km de orla do município. A área de drenagem total desses cursos d'água compreende cerca de 107 km<sup>2</sup> e nas suas margens podem ser ainda encontrado vários fragmentos preservados de mata de tabuleiro. As principais lagoas do município são a Juara e a Jacuném.

#### **1.4.1.1 Rio Santa Maria da Vitória**

O Rio Santa Maria da Vitória nasce no Município de Santa Maria de Jetibá, suas águas percorrem 122 km até desaguar na Baía de Vitória, com uma vazão média de 28,29

m<sup>3</sup>/s. A área de drenagem da sua bacia hidrográfica é de 1844 km<sup>2</sup> e abrange cinco municípios do Estado: Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina, Cariacica, Serra e Vitória. O rio é um dos principais mananciais do Espírito Santo, juntamente com o Rio Jucú ele é responsável pelo abastecimento de água da Grande Vitória, abastece a parte continental da capital e o município da Serra. É limitada a leste pela Baía de Vitória, ao Norte e a Oeste pelas bacias dos rios Magos e Doce e ao Sul com a bacia do Rio Jucú (IBGE, 2021).

Apesar de representar uma pequena parte de sua área de drenagem (14%), o município de Serra é um dos mais dependentes da qualidade de suas águas, por ser o Rio Santa Maria da Vitória o seu principal manancial de abastecimento. Fonte: Prefeitura Municipal da Serra (2010).

Até as proximidades da cidade de Santa Maria de Jetibá o Rio Santa Maria da Vitória possui seu curso seguindo a direção geral Nordeste. A jusante da PCH de Rio Bonito altera seu curso para a direção geral Sudeste. Entre as usinas hidrelétricas de Rio Bonito e Suíça o Rio Santa Maria recebe a contribuição do Ribeirão Timbuí Seco. Dentro do reservatório da usina hidrelétrica Suíça, o Rio Santa Maria recebe, pela margem direita, a contribuição do Rio Caramuru.

No Rio Santa Maria da Vitória existem duas usinas hidrelétricas, denominadas Rio Bonito e Suíça. A PCH Rio Bonito fica localizada no Município de Santa Maria de Jetibá, a 60 km de Vitória. Foi inaugurada em 1959 e possui capacidade instalada de 15 MW. A UHE Suíça iniciou sua operação em 1965 e possui potência instalada de 30 MW, estando localizada no Município de Santa Leopoldina (GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO, 2017).

A Captação Carapina no Rio Santa Maria da Vitória está localizada nas coordenadas geográficas 355200.00 m E e 7767375.00 m S (SEAMA, 2021). Segundo o Plano Diretor de Água (PM Serra, 2010) a vazão de captação, até 2020, é de 3 m<sup>3</sup>/s. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória (PM Vitória PMSB, 2015), a projeção de demanda de captação para o Subsistema Carapina, para os próximos anos, é a seguinte:

- Para o ano de 2020 a vazão é de 3,485 m<sup>3</sup>/s;
- Para o ano de 2030 a vazão é de 4,000 m<sup>3</sup>/s;
- Para o ano de 2040 a vazão é de 4,600 m<sup>3</sup>/s;

#### **1.4.1.2 Ribeirão Sauanha**

O Ribeirão Sauanha, também chamado de Rio Timbuí, faz parte da bacia hidrográfica do Rio Reis Magos, sendo um de seus principais afluentes. A sub-bacia do Ribeirão Sauanha é formada pela confluência dos córregos São Lourenço e São Pedro, que nascem em Santa Leopoldina. O Ribeirão Sauanha e o Rio Fundão se encontram próximo à divisa municipal com o município de Serra, formando o Rio Reis Magos, este deságua no oceano Atlântico entre os bairros Nova Almeida (Serra) e Praia Grande (Fundão). A bacia de drenagem deste ribeirão possui 290 km<sup>2</sup>, e ele percorre

cerca de 53 km até se encontrar com o Rio Fundão (ROLDI & SOARES, 2014).

#### **1.4.1.3 Rio Reis Magos**

O Rio Reis Magos deságua no balneário de Nova Almeida e seu curso principal coincide com o limite norte do Município de Serra, divisa com Fundão. O Reis Magos banha, além dos municípios de Serra e Fundão, os municípios de Santa Teresa, Aracruz e Ibiracu.

Ele é formado pela junção do Rio Fundão com o Ribeirão Sauanha/Timbuí, perto do limite municipal de Serra. O Fundão nasce em Santa Teresa, enquanto o Ribeirão Sauanha nasce em Santa Leopoldina. O Reis Magos possui área de drenagem de 658 km<sup>2</sup>, incluindo áreas dos municípios Fundão, Ibiracu, Santa Leopoldina, Santa Teresa e Serra.

Sua bacia hidrográfica constitui-se na principal reserva hidrológica para o abastecimento dos municípios de Santa Teresa e Fundão, com potencial para uso na Região Metropolitana da Grande Vitória. Possui um barramento no distrito de Timbuí, pertencente à antiga usina hidrelétrica de Fundão, hoje desativada.

Originalmente o Rio Reis Magos formava uma planície balneária com relevo suave. No baixo curso, seguia meandrando através da planície inundável, caracterizada por brejos e várzeas. Atualmente, o canal principal foi retificado e a várzea drenada. Próximo à foz, existe um complexo estuarino com presença de vegetação de manguezal. Fontes: Prefeitura Municipal da Serra, Plano Municipal de Saneamento Básico de Serra/ES Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, (SOARES, S. & PINHEIRO, M., 2010).

No Rio Reis Magos existe uma captação da CESAN localizada nas coordenadas geográficas (SEAMA, 2021): 364662 m E e 7784759 m S. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória (PM Vitória PMSB, 2015) a vazão captada é de 500 L/s.

#### **1.4.1.4 Córrego Joãozinho**

O Córrego Joãozinho está localizado na região nordeste de Serra. Junta-se com o Córrego Piranem, desembocando no Balneário Nova Almeida. Tem uma extensão total de 8 km.

#### **1.4.1.5 Lagoa Juara e Ribeirão Juara**

O Ribeirão Juara marca o início da bacia hidrográfica do Rio Jacaraípe. O ribeirão possui parte de suas nascentes abrigadas em duas unidades de conservação, a APA Estadual de Mestre Álvaro e a APA Morro do Vilante.

A Lagoa Juara tem 2,71 km<sup>2</sup> de área e profundidade máxima de 3,5 metros. Recebe água das sub-bacias do Córrego Laranjeiras, Cavada, Ribeirão Juara, Cachoeira Putiri e Dr. Robson. Sua ligação com o mar se dá através do rio Jacaraípe. A lagoa é

responsável por 80% da disponibilidade hídrica do Município de Serra, sendo um dos mais importantes corpos d'água da Região de Grande Vitória. Fontes: (SOARES, S. & PINHEIRO, M., 2010), (VENTURINI, J.C., 2015).

#### **1.4.1.6 Lagoa Jacuném**

A Lagoa Jacuném faz parte da bacia hidrográfica do Rio Jacaraípe. Possui cerca de 1,4 km<sup>2</sup> e sua área é localizada entre os bairros Civit, Feu Rosa e Barcelona. Assim, a lagoa está rodeada por bairros e indústrias, comprometendo a qualidade de suas águas, embora faça parte de uma Área de Proteção Ambiental Municipal. A lagoa encontra-se em processo de eutrofização artificial devido ao constante aporte de efluentes domésticos e industriais lançados direta ou indiretamente por meio dos córregos afluentes. É local de pesca, recreação e lazer para a população local. Fontes: (ALBUQUERQUE, 2010), (DUARTE, 2012).

#### **1.4.1.7 Córrego Maringá**

As nascentes do Córrego Maringá formam-se próximas ao litoral, nos platôs litorâneos, por isso, sua bacia hidrográfica é classificada como litorânea.

A bacia possui extensão de 4.5 km<sup>2</sup> estando inseridos nela os bairros Alterosas, Nova Zelândia, Morada de Laranjeiras, parte do CIVIT II e parte do Bairro Vila Nova de Colares.

A Lagoa Maringá é uma lagoa artificial, formada pelo represamento parcial do córrego Maringá em decorrência da implantação da Rodovia ES 010 nos anos 1970 (ANDRADE, 2011).

#### **1.4.1.8 Córrego Manguinhos**

A bacia hidrográfica do Córrego Manguinhos possui área de aproximadamente 14 km<sup>2</sup>, sendo que o curso d'água tem extensão de 9 km. Dentro da bacia encontra-se o Parque Natural Municipal de Bicanga. Tem como principal afluente o Córrego Laranjeiras. As águas do Córrego Manguinhos têm sua qualidade comprometida pois recebem efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto de Laranjeiras, Valparaíso e Cidade Continental, além dos efluentes do Hospital Dório Silva e das indústrias presentes na região, bem como esgoto in natura de ligações irregulares, (BAPTISTA, 2015).

#### **1.4.1.9 Canal dos Escravos**

O canal dos escravos trata-se de um canal aberto de cerca de 15 m de largura. Desemboca na Baía de Vitória, em forma de delta, juntamente com os rios Santa Maria da Vitória, Bubu, Itangu, Formate e Aribiri. O canal recebe os efluentes tratados das ETE André Carloni, Furnas e Jardim Carapina (PREFEITURA MUNICIPAL DE SERRA, 2010; JAVARINI, 2012).

#### 1.4.2 Informações Sobre Batimetria dos Leitões Naturais e Projetos da Rede de Macrodrenagem - Serra

As informações sobre as dimensões e cotas das calhas dos corpos hídricos investigados, foram obtidas através de levantamentos de campo realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT no período de março a junho de 2021. Foram utilizadas, também, as informações extraídas do trabalho de Rampinelli (2013) e das Estações Fluviométricas Santa Leopoldina (Código 57130000) e UHE Suíça Jusante (Código 57120080) ambas da Agência Nacional de Águas (ANA) obtidas no site da HidroWeb (ANA, 2021).

As informações detalhadas sobre a localização e a geometria de todas as seções utilizadas na modelagem estão apresentadas no Apêndice C (TOMO II).

Na Figura 34 são apresentados os pontos referentes aos levantamentos batimétricos realizados pelo Consórcio no período de março a junho de 2021 e as seções no Rio Santa Maria da Vitória obtida de Rampinelli (2013) e das estações da ANA.



**Figura 34 - Levantamentos batimétricos no Município de Serra.**

#### 1.4.3 Estruturas Hidráulicas Existentes em Serra

Em dois corpos hídricos que chegam ao município, existem três barragens, são elas (Figura 35):

- Barragem Sítio no Ribeirão Sauanha;
- Barragem PCH Rio Bonito e Barragem UHE Suíça, ambas no Rio Santa Maria da Vitória.



**Figura 35 – Localização das barragens: Sítio no Ribeirão Sauanha e PCH Rio Bonito e UHE Suíça, ambas no Rio Santa Maria da Vitória.**

#### **1.4.3.1 Barragem Sítio (Ribeirão Sauanha)**

A Barragem Sítio, no Ribeirão Sauanha, está localizada no interior de uma propriedade privada, Figura 36.



**Figura 36 - Barragem Sítio no Ribeirão Sauanha.**

As pesquisas realizadas junto aos órgãos competentes não forneceram informações sobre esta barragem. Dessa forma, a equipe de cadastramentos do Consórcio Tetra Tech CONCREMAT, visitou o local com o intuito de realizar medições na estrutura.

Em contato com o proprietário do terreno, este não autorizou medições na barragem. Segundo ele, existe um processo judicial em andamento sobre a construção barragem e, por este motivo, ele não permitiu medições. Contudo autorizou a realização de fotos do local, Figura 37.



**Figura 37 – Imagens da Barragem Sítio no Ribeirão Sauanha.**

Dessa forma, para representar a estrutura da barragem na modelagem, estimou-se a largura do barramento e a cota do vertedouro através de imagens aéreas e de informações do MDT, respectivamente.

#### **1.4.3.2 Barragem PCH Rio Bonito (Rio Santa Maria da Vitória)**

A barragem da PCH Rio Bonito tem altura de 44 m e comprimento de 240 m. Possui um vertedouro de soleira livre na cota de 650 m com comprimento de 63 m.

Nela existe uma comporta de fundo tipo vagão com capacidade máxima de vertimento de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  com abertura de 2 m. A cota da comporta de fundo é de 616 m e a dimensão é de 2,38 m X 2,47 m (IEMA, 2008).

O túnel para as turbinas tem 421 m de comprimento e 3 m de diâmetro.

A PCH Rio Bonito opera a fio d'água e não há vazão sanitária a jusante do barramento. A comporta de fundo (válvula difusora) só é aberta em ocasião de vertimento de no mínimo 30 cm de água (IEMA, 2008).

Os valores de vazão para captação da CESAN são (IEMA, 2008):

- De 2018 a 2028, vazão de  $1,469 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- De 2028 a 2038, vazão de  $1,769 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Após 2038:  $2,128 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 1.4.3.3 Barragem UHE Suíça (Rio Santa Maria da Vitória)

A UHE Suíça está localizada no Rio Santa Maria da Vitória, no Município de Santa Leopoldina (Figura 35), opera desde 1963. Possui as seguintes características (IEMA, 2008b):

- Barragem de 16,5 m de altura e 130 m de comprimento, queda bruta 248 m;
- Túnel para as turbinas com comprimento 1852 m e diâmetro de 3,10 m;
- Conduto com comprimento de 774 m e diâmetro de 1,90 m;
- A barragem possui quatro vãos com 13,8 m de largura cada;
- O vertedouro é composto por quatro (4) comportas com 10 m de largura e 6 m de altura cada;
- A cota da soleira das comportas do vertedouro é de 344,5 m;
- A capacidade máxima do vertedouro é de 1100 m<sup>3</sup>/s;
- A cota inferior da comporta de fundo é de 336,65 m;
- A cota superior da comporta de fundo é de 338,35 m
- A altura da comporta de fundo é de 1,7 m;
- Cota inferior da tomada d'água é 336 m;
- Altura da tomada d'água é de 8,0 m
- Cota mínima operacional é 348,5 m e a cota máxima de montante é 350 m.

Após a casa de força a água segue por um canal de fuga de 10 m de profundidade, quando enfim a vazão é restituída ao Rio Santa Maria da Vitória.

A Vazão de captação da CESAN é de 2,5 m<sup>3</sup>/s.

A jusante da barragem existe uma estação fluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), Estação Código 57120080, nome: UHE Suíça Jusante.

Adotou-se os valores de vazão registrados nesta estação como forçante do modelo na borda de montante do Rio Santa Maria da Vitória, para as simulações de calibração e validação da modelagem.

Para as simulações diagnósticas considerando os cenários tendenciais de 2025, 2032 e 2050, com uso e ocupação do solo futuros, adotou-se a modelagem chuva vazão a montante da barragem com a presença e operação das barragens da PCH Rio Bonito e da UHE Suíça.

Na Tabela 4 são sumarizadas as informações, importantes para a modelagem, das barragens e captações descritas acima.

**Tabela 4 – Informações essenciais para a modelagem, referentes às barragens em Serra.**

<b>Estrutura</b>	<b>Corpo Hídrico</b>	<b>Localização UTM24 SIRGAS 2000</b>		<b>Operação</b>	<b>Cotas (RN-IBGE)</b>	<b>Dimensões/ Capacidade</b>
Barragem Sítio	Ribeirão Sauanha	355799,48 m E	7785495,66 m S	Barramento	41 m	Largura = 45 m
Barragem PCH Rio Bonito Barragem	Rio Santa Maria da Vitória	328224,04 m E	7781026,03 m S	Fio d'água	Topo do barramento 652 m	Largura = 240 m
Barragem PCH Rio Bonito Vertedouro					Cota da soleira do vertedouro: 650 m	Largura = 63 m
Barragem PCH Rio Bonito comporta de fundo					Cota de fundo 616 m	2,38 m X 2,47 m
Barragem PCH Rio Bonito Tomada d'água para a casa de força					Entrada: 638 m Saída: 474 m	Túnel: 421 m Diâm.: 3 m
Barragem PCH Rio Bonito Captação					-	2018-28: 1,469 m <sup>3</sup> /s 2028-38: 1,769 m <sup>3</sup> /s; Após 2038: 2,128 m <sup>3</sup> /s
Barragem UHE Suíça Barragem	Rio Santa Maria da Vitória	335107,12 m E	7778537,75 m S	Fio d'água	Topo do barramento valor adotado 360 m	Largura = 130 m
Barragem UHE Suíça Vertedouro					Cota da soleira do vertedouro 344,5 m	Largura: 4 unid. Com 10 m cada
Barragem UHE Suíça comporta de fundo					Cota de fundo 336,65 m	3,0 m X 1,70 m
Barragem UHE Suíça Tomada d'água para a casa de força					Entrada: 336 m	Túnel: 1852 m Diâm.: 3,10 m
Barragem UHE Suíça Captação					-	2,5 m <sup>3</sup> /s
Captação de água bruta Carapina	Rio Santa Maria da Vitória	355200 m E	7767375 m S	Captação	-	2020: 3,485 m <sup>3</sup> /s 2030: 4,000 m <sup>3</sup> /s 2040: 4,600 m <sup>3</sup> /s
Captação Reis Magos	Rio Reis Magos	364662 m E	7784759 m S	Captação	-	Vazão = 0,5 m <sup>3</sup> /s

## 1.5 Viana

### 1.5.1 Rede de Macrodrenagem do Município de Viana Sujeita a Riscos de Inundação

Para a identificação dos corpos hídricos sujeitos a riscos de inundação no Município de Viana, foi realizada uma pesquisa conduzida pela equipe do PDAU-RMGV, junto ao representante do município os Sr. Marcos Felipe Costa Secretário Executivo da Secretaria de Obras. O resultado da pesquisa recebeu a aprovação do comitê de acompanhamento com a indicação dos seguintes corpos hídricos:

1. Córrego Ribeira;
2. Rio Santo Agostinho;

Na Figura 38 abaixo é apresentada a rede de drenagem em estudo para o Município de Viana, são apresentadas, também, as informações sobre as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no município, obtidas dos estudos do CONSÓRCIO ZEMLYA AVANTEC (2014).



**Figura 38 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Viana.**

De acordo como o Programa Municipal de Redução de Risco Geológico e Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais de Viana (CONSÓRCIO ZEMLYA AVANTEC, 2014), para o mapeamento de áreas de inundação, foi dado foco às bacias do Córrego da Ribeira e Ribeirão Santo Agostinho.

### **1.5.1.1 Córrego Ribeira**

O córrego da Ribeira nasce no interior do bairro Universal e drena total ou parcialmente os bairros Canaã, Caxias do Sul, Parque Industrial, Ribeira e Bom Pastor, antes de desaguar no Ribeirão Santo Agostinho, que, por sua vez, deságua no Rio Jucú.

As cheias no córrego da Ribeira são frequentes e vem se agravando devido ao avanço da urbanização de sua bacia, principalmente devido à impermeabilização de áreas e à construção de residências próxima à calha do rio ou em seu leito maior.

Quanto à impermeabilização, a parte superior da bacia, no interior e entorno dos bairros Universal e Ipanema, apresenta significativa área com afloramento rochoso ou solo raso em área de alta declividade, o que provoca, naturalmente, alteração rápida do nível da água em casos de precipitação. O crescimento populacional e a ocupação desordenada levam à ocorrência de inundações provocadas por cheias com períodos de retorno inferiores até mesmo a 5 anos.

No intuito de maximizar o aproveitamento de terras, parte do leito foi canalizado para a ocupação residencial e/ou industrial, agravando o problema.

No terço final do córrego da Ribeira, onde este é margeado pelo Bairro Bom Pastor, moradores e agentes da Defesa Civil Municipal indicam problemas de enchentes relacionados à cheia do Rio Jucú, que causa o remanso das águas do córrego da Ribeira, agravando o pico de suas cheias e a resultando em inundação de suas margens, incluindo a parte mais baixa do Bairro Bom Pastor (CONSÓRCIO ZEMLYA AVANTEC, 2014).

### **1.5.1.2 Santo Agostinho;**

O Ribeirão Santo Agostinho nasce na zona rural de Viana, drenando uma vasta área agrícola antes de ladear o núcleo urbano de Viana Sede e o Bairro Santo Agostinho.

As cheias no Ribeirão Santo Agostinho são frequentes e os problemas oriundos delas vêm se agravando devido ao avanço da população para as proximidades de suas margens.

Os problemas das cheias do Ribeirão Santo Agostinho se agravam quando são conjugadas com altas vazões do Rio Jucú. O bairro Santo Agostinho está localizado a apenas 2,5 km da junção dos dois cursos d'água e as cotas de parte significativa do bairro está abaixo das cotas de cheias do Rio Jucú. Como o Rio Jucú, no ponto em que recebe o Santo Agostinho, já está em seu terço final, as cheias na área em estudo, perduram por um tempo muito superior à duração das cheias causadas apenas por altas vazões do Santo Agostinho. Desta forma, em casos de cheias nos dois rios, as águas do Santo Agostinho são barradas pelas do Rio Jucú, resultando em cheias de maior duração e que atingem cotas mais elevadas que as cheias do próprio Santo Agostinho.

### 1.5.2 Informações Sobre Batimetria da Rede de Macro drenagem - Viana

As informações sobre as dimensões e cotas das calhas dos corpos hídricos investigados, foram obtidas através de levantamentos de campo realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT no período de março a junho de 2021, na Figura 39 estão apresentadas as localizações das seções. Os detalhes sobre o número de seções levantadas, localização e geometria das seções estão apresentadas no Apêndice C (TOMO II).



Figura 39 - Levantamentos batimétricos no Município de Viana.

### 1.5.3 Estruturas Hidráulicas de Macro drenagem para Controle de Inundações, Existentes no Município de Viana

Fomos informados, através de comunicação pessoal com o Sr. Marcos Felipe da Costa (Subsecretário de Desenvolvimento Urbano – SEMDUH – Prefeitura Municipal de Viana), que no município não existem estações de bombeamento, sistema de comportas ou outras estruturas de controle de inundações.

## 1.6 Fundão

### 1.6.1 Rede de Macrodrenagem do Município de Fundão Sujeita a Riscos de Inundação

Para a identificação dos corpos hídricos sujeitos a riscos de inundação no Município de Fundão, foi realizada uma pesquisa conduzida pela equipe do PDAU-RMGV, junto ao representante do município a Sra. Erika de Carli Pedrini, Assistente Administrativa da Secretaria de Obras e Desenvolvimento Sustentável. O resultado da pesquisa recebeu a aprovação do comitê de acompanhamento com a indicação dos seguintes corpos hídricos:

1. Rio Fundão;
2. Rio Preto.

Na Figura 40 abaixo é apresentada a rede de drenagem em estudo para o Município de Fundão, são apresentadas, também, as informações sobre as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no município, obtidas Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Prefeitura Municipal de Fundão (2017).



**Figura 40 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Fundão.**

#### 1.6.1.1 Rio Fundão

O Rio Fundão pertence à região hidrográfica do Litoral Centro Norte, formada pelas Bacias dos Rios Riacho, Reis Magos, Piraquêaçú e Jacaraípe. O Rio Fundão nasce em Santa Teresa, seus principais afluentes são Córrego Alto da Penha, Córrego Itaquandiba e Ribeirão Sauanha/Rio Timbuí. Após a junção do Ribeirão Sauanha com o Rio Fundão, o corpo d'água passa a ser denominado Rio Reis Magos.

O relevo da bacia hidrográfica do Rio Fundão é suavemente ondulado. Seu caminhamento atravessa a sede do município em altitudes entre 50 e 100 metros. As ondulações do relevo criam sub-bacias urbanas afluentes ao rio.

O município apresenta histórico frequente de inundações, deslizamentos de terra e processos erosivos, Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Prefeitura Municipal de Fundão (2017).

### **1.6.1.2 Rio Preto**

O Rio Preto encontra-se próximo aos limites dos municípios Fundão e Aracruz, tem extensão total de aproximadamente 9,4 km, em sua foz encontra-se a Praia do Rio Preto no Balneário de Costa Azul, local voltado ao turismo.

## **1.6.2 Informações Sobre Batimetria da Rede de Macrodrenagem de Fundão**

As informações sobre as dimensões e cotas das calhas dos corpos hídricos investigados, foram obtidas através de levantamentos de campo realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT no período de março a junho de 2021, na Figura 41 são apresentadas as localizações das seções. Os detalhes sobre: número de seções levantadas, localização e geometria das seções estão apresentadas no Apêndice C (TOMO II).



**Figura 41 - Levantamentos batimétricos no Município de Fundão.**

## **1.6.3 Estruturas Hidráulicas de Macrodrenagem para Controle de Inundações, Existentes no Município de Fundão**

Fomos informados, através de comunicação pessoal, pelo Sr. Pedro Henrique Ferreira Totola (Coordenador de Educação Ambiental – SEMOB – Prefeitura Municipal de Fundão), que o município não tem estações de bombeamento e/ou sistema de comportas.

## 1.7 Guarapari

### 1.7.1 Rede de Macrodrenagem do Município de Guarapari Sujeita a Riscos de Inundação

Para a identificação dos corpos hídricos sujeitos a riscos de inundação no Município de Guarapari, foi realizada uma pesquisa conduzida pela equipe do PDAU-RMGV, junto ao representante do município o Sr. Breno Simões Ramos Secretário da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agricultura. O resultado da pesquisa recebeu a aprovação do comitê de acompanhamento com a indicação dos seguintes corpos hídricos:

3. Rio Jabuti;
4. Rio Perocão;
5. Rio Una;
6. Rio Meaípe.

Na Figura 42 abaixo é apresentada a rede de drenagem em estudo para o Município de Guarapari, são apresentadas, também, as informações sobre as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no município, obtidas de CPRM (2018).



**Figura 42 - Rede de drenagem e as áreas sujeitas a riscos de inundação no Município de Guarapari.**

O Município de Guarapari integra a bacia hidrográfica do Rio Guarapari, que possui área de drenagem de aproximadamente 345,90km<sup>2</sup>. Os principais rios que integram a bacia são Perocão, Una e Jabuti.

### **1.7.1.1 Rio Jabuti**

O Rio Jabuti nasce em regiões montanhosas onde está localizado o Córrego Barra do Limão e é formado pelo Rio Conceição e pelos córregos Boa Esperança, São João do Jabuti, Maringá e Barra do Limão. Após a região de nascentes, corre por áreas majoritariamente planas e deságua na Baía de Guarapari, onde percorre uma área de manguezais. O Rio Jabuti apresenta-se mais preservado do que os Rios Perocão e Una. Sua área de abrangência possui apelo turístico, com variada quantidade de pousadas e propriedades rurais. Juntamente com o Rio Conceição, o Jabuti é utilizado para o abastecimento público (MORRO DO MORENO, 2016).

Existe uma captação da CESAN no Rio Jabuti localizada nas coordenadas geográficas: 339430m E e 7716400 m S. A vazão captada é de 117 L/s (PM de Guarapari, 2017).

### **1.7.1.2 Rio Perocão**

A nascente do Rio Perocão fica no início do córrego Iguape e a foz é em Santa Mônica. O manancial é formado pelos córregos Oratório, Iguape, Ribeiro e da Serra. Percorrendo principalmente áreas alagadas e de manguezais.

O Rio Perocão recebe os efluentes sanitários não tratados das regiões da Praia do Morro e Jabaraí, sendo que esses efluentes chegam aos manguezais em Santa Mônica. O problema tem sido motivo de reclamação recorrente dos moradores da região (MORRO DO MORENO, 2016).

### **1.7.1.3 Rio Una**

O Rio Una nasce em diversas lagoas, tendo seu curso maior na Área de Proteção Ambiental de Setiba. É formado pelos córregos Barro Branco, Solidão, Boa Vista, Laje das Pedras, Campo Grande, Amarelo, Ribeirão Ponto Doce e do Sete, sendo que a maioria deles percorre áreas planas da bacia hidrográfica. As águas do Rio Una possuem coloração amarelada mesmo quando tratadas, por isso, não são utilizadas para o abastecimento público. O Rio Una deságua no bairro do Una, em Guarapari, no final da Praia de Santa Mônica, e na Praia do Boião (MORRO DO MORENO, 2016)..

## 1.7.2 Informações Sobre Batimetria da Rede de Macro drenagem de Guarapari

As informações sobre as dimensões e cotas das calhas dos corpos hídricos investigados no Município de Guarapari, foram obtidas através de levantamentos de campo realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT em junho de 2021, na Figura 43 estão apresentadas as localizações das seções. Os detalhes sobre o número de seções levantadas, localização e geometria das seções estão apresentadas no Apêndice C (TOMO II).



**Figura 43 - Levantamentos batimétricos no Município de Guarapari.**

## 1.7.3 Estruturas Hidráulicas Existentes em Guarapari

Para o Município de Guarapari a única estrutura hidráulica identificada foi a barragem para captação de água na Estação da CESAN no Rio Jabuti (Figura 44).

### 1.7.3.1 Barramento para Regularização de Nível e Tomada d'água na Estação de Captação da CESAN no Rio Jabuti

As informações sobre o barramento para regularização de nível e tomada d'água na estação de captação da CESAN no Rio Jabuti, foram obtidas através de levantamentos de campo realizados pelo Consórcio Tetra Tech - CONCREMAT em junho de 2021 (Figura 44).

As medições do barramento e da calha do rio em posições a montante e a jusante forneceram as informações necessárias e suficientes para a representação dele na modelagem.



**Figura 44 – Localização da estação e imagens do cadastramento da barragem para regularização de nível d'água na estação de captação da CESAN no Rio Jabuti.**

Na Tabela 5 são sumarizadas as informações, importantes para a modelagem, da barragem para regularização de nível d'água na estação de captação da CESAN no Rio Jabuti.

**Tabela 5 – Informações essenciais para a modelagem, referentes à barragem no Rio Jabuti (Guarapari).**

Estrutura	Corpo Hídrico	Localização UTM24 SIRGAS 2000		Operação	Cotas (RN-IBGE)	Dimensões
Barragem Rio Jabuti Barramento	Rio Jabuti	339434,99 m E	7716360 m S	Barramento	1,87 m	Largura = 18 m
Barragem Rio Jabuti Captação		339430,00 m E	7716400 m S	Captação	-	Vazão = 117 L/s

## 1.8 Relação de corpos hídricos simulados e do número de seções adotadas

Na modelagem hidrológica/hidrodinâmica, para RMGV, foram considerados ao todo 44 corpos hídricos e 99 bacias e sub bacias. A extensão total de corpos hídricos simulados é de aproximadamente 784 km. Na Tabela 6 é apresentada a relação de corpos hídricos e suas respectivas extensões consideradas na modelagem, é apresentado também o número total de seções consideradas na modelagem.

No Apêndice C deste relatório (TOMO II) são apresentados os cortes transversais de todas as seções utilizadas na modelagem, incluindo barramentos e singularidades. São apresentados, também, os perfis longitudinais dos corpos hídricos simulados e a localização em planta das seções em cada corpo hídrico.

**Tabela 6 – Relação de corpos hídricos simulados por município e a respectivas extensões em quilômetros.**

Número de Corpos Hídricos Modelados	Municípios RMGV	Corpos Hídricos Modelados		Extensão (km)	Número de seções		
					Prim.	Sec.	Tot.
1	1. Vitória	1.1	Canal Leitão da Silva	4,29	-	16	16
2		1.2	Córrego Fradinhos	3,28	-	19	19
3	2. Vila Velha	2.1	Canal da Costa	6,20	23	-	23
4		2.2	Córrego Bigossi ou Canal Capixaba	3,25	3	-	3
5		2.3	Rio Aribiri	7,57	10	-	10
6		2.4	Canal Aribiri	1,10	1	-	1
7		2.5	Canal Marilândia	1,10	2	-	2
8		2.6	Canal Cobilândia	1,80	3	-	3

Número de Corpos Hídricos Modelados	Municípios RMGV	Corpos Hídricos Modelados		Extensão (km)	Número de seções			
					Prim.	Sec.	Tot.	
9		2.7	Canal Marinho	3,05	7	-	7	
10		2.8	Rio Marinho	11,95	8	8	16	
11		2.9	Canal Guaranhuns	4,12	10	-	10	
12		2.1	Canal do Dique	3,90	-	8	8	
13		2.11	Canal Pontal das Garças	3,50	1	-	1	
14		2.12	Córrego do Congo	8,50	2	-	2	
15		2.13	Rio da Draga	8,00	8	-	8	
16		2.14	Canal Araçás	1,10	-	2	2	
17		2.15	Canal Diagonal	2,30	-	7	7	
18		2.16	Canal Camboapina	23,13	3	-	3	
19 e 20		2.17	Rio Jucú e Jucú Braços Norte e Sul	251,67	20	-	20	
21		3. Cariacica	3.1	Rio Bubu	23,77	5	-	5
22			3.2	Rio Itanguá	5,86	6	-	6
23	3.3		Vala América	1,28	7	-	7	
24	3.4		Córrego Maria Preta	3,64	3	-	3	
25	3.5		Córrego Campo Grande	4,00	2	-	2	
26	3.6		Córrego Jardim de Alah	2,88	3	-	3	
27	3.7		Rio Formate	32,75	10	-	10	
28	4. Serra	4.1	Rio Santa Maria da Vitória	122,00	2	2	4	
29		4.2	Ribeirão Sauanha	53,53	7	-	7	
30		4.3	Rio Reis Magos	15,39	15	-	15	
31		4.4	Córrego Joãozinho	8,09	2	-	2	
32		4.5	Lagoa Juara e Ribeirão Juara	23,29	10	-	10	
33		4.6	Lagoa Jacuném	8,42	10	-	10	
34		4.7	Córrego Maringá	4,50	2	-	2	
35		4.8	Córrego Manguinhos	9,00	2	-	2	
36		4.9	Canal dos Escravos	6,20	2	-	2	
37	5. Viana	5.1	Córrego Ribeira	11,24	10	-	10	
38		5.2	Rio Santo Agostinho	4,10	4	-	4	
39	6. Fundão	6.1	Rio Fundão	35,26	3	-	3	
40		6.2	Rio Preto	9,41	3	-	3	
41	7. Guarapari	7.1	Rio Jabuti	18,77	8	-	8	
42		7.2	Rio Perocão	9,02	5	-	5	
43		7.3	Rio Una	14,43	5	-	5	
44		7.4	Rio Meaípe	7,61	7	-	7	
<b>TOTAL</b>				<b>784,25</b>	<b>234</b>	<b>62</b>	<b>296</b>	

## 2 Características Físicas das Bacias e dos Corpos Hídricos

A seguir é apresentada a metodologia “chuva-vazão” adotada pelo modelo, bem como as características físicas das bacias e dos corpos hídricos que são utilizados nos cálculos do modelo.

### 2.1 Metodologia “Chuva-Vazão” Adotada

Para a realização dos estudos hidrológicos, hidrodinâmicos e hidráulicos foi implementada uma modelagem numérica utilizando o modelo SOBEK da Delft Hydraulics.

O modelo SOBEK incorpora várias metodologias de transformação “chuva-vazão”, neste estudo a metodologia adotada foi a do “Curve Number” (CN) do “Soil Conservation Service” (SCS) para estimar a precipitação efetiva. O método do Hidrograma Unitário foi o adotado para a geração dos hidrogramas e a equação de Saint Venant (1D e 2D) para a propagação do escoamento superficial nas bacias (CORREA et al., 2014).

Sua implementação, na área de estudo, buscou reproduzir o comportamento hidráulico da propagação da onda de cheia nos corpos hídricos simulados e a subsequente acumulação dos volumes associados ao escoamento superficial nas depressões e lagos do terreno contidos na área as RMGV e adjacentes à macrodrenagem.

A montagem do modelo foi realizada com o auxílio da interface gráfica do próprio SOBEK. A elaboração do modelo é realizada pelo software de forma integrada de modo que na esquematização da modelagem foi criada uma rede de rios e canais e lagos, definidos com base nos “shapes” de rios, imagens de satélite e no modelo digital de terreno. Ou seja, nesta esquematização foram inseridos os parâmetros e características físicas das bacias, traçados dos rios e canais, seções, estruturas hidráulicas, ponte, alteamento do terreno etc.

Nas simulações, durante eventos de tempestades, canais e redes de drenagem ficam carregados e, quando ocorre o transbordamento, a água passa a fluir automaticamente sobre as planícies de inundação e o terreno. Este fenômeno é representado no domínio bidimensional da modelagem do SOBEK. O modelo utiliza as equações da continuidade e do momento, integradas verticalmente. Uma descrição do modelo matemático SOBEK, é apresentada no produto P4.1 – Diagnóstico Prévio.

O Método SCS, adotado neste estudo, foi desenvolvido em 1954 pelo “Soil Conservation Service – SCS” do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e é descrito no “Soil Conservation Service (SCS) National Engineering Handbook”, na Seção 4 Hidrologia. A primeira versão do manual contendo o método foi publicada em 1954. As revisões subsequentes ocorreram em 1956, 1964, 1965, 1971, 1972, 1985 e

1993. Em 1994, o SCS tornou-se “Natural Resources Conservation Service – NRCS”, (MISHRA et al., 2007).

O Método SCS considera a hipótese de que existe uma relação entre a precipitação total (P), o potencial máximo (S) de retenção após começar a chuva, o escoamento superficial ou chuva excedente (Q) e o volume infiltrado (d), da seguinte forma: (TUCCI, 2004):

$$\begin{aligned} P &\rightarrow S \\ Q &\rightarrow d \\ P \times d &= Q \times S, \text{ ou, desenvolvendo, } \frac{Q}{P} = \frac{d}{S} \end{aligned}$$

Sendo que:  $d = P - Q$ , então:

$$\frac{Q}{P} = \frac{P - Q}{S}$$

Devemos considerar (descontar) as perdas iniciais ( $I_a$ ) fazendo  $(P - I_a)$ :

$$\begin{aligned} \frac{Q}{P - I_a} &= \frac{P - I_a - Q}{S} \\ QS &= (P - I_a)(P - I_a) - (P - I_a)Q \\ QS + (P - I_a)Q &= (P - I_a)^2 \\ Q &= \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \end{aligned}$$

Assim, escoamento superficial ou chuva excedente em (mm) é calculada por:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

Onde:

$Q$  = escoamento superficial ou chuva excedente (mm);

$P$  = precipitação (mm);

$I_a$  = perdas iniciais (mm), inclui todas as perdas associadas à água retida nas depressões do terreno, interceptada pela vegetação, evaporada e infiltrada;

$S$  = potencial máximo de retenção após começar o escoamento (mm).

O valor de  $I_a$  foi determinado empiricamente como sendo:

$$I_a = 0,2S$$

Portanto:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(P - 0,2S)^2}{P - 0,2S + S} \\ Q &= \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \end{aligned} \quad (1)$$

A Equação (1) é válida somente para  $P > 0,2S$ , quando  $P < 0,2S$  o valor de  $Q = 0$ . Ou seja, tem que chover mais do que as perdas iniciais para começar a gerar escoamento superficial.

Na Equação (1) somente o parâmetro  $S$  (potencial máximo de retenção) precisa ser

determinado e isso é feito através da seguinte relação com um parâmetro adimensional chamado “curve number” (CN):

$$S = \left( \frac{1000}{CN} \right) - 10 \quad (2)$$

O valor do CN está no range:  $0 \leq CN \leq 100$ .

Esta equação (2) foi obtida originalmente em unidades inglesas, fazendo a conversão para o SI (1 polegada = 25,4 mm), resulta em:

$$S = \left( \frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (3)$$

Na equação acima o valor do *CN* (número de curva ou, em inglês, “curve number”) é característico para cada tipo de solo.

Em 1986 o Departamento da Agricultura dos Estados Unidos lançou o “Technical Release 55” (TR-55) denominado “Urban Hydrology for Small Watersheds” (USDA, 1986). No apêndice A do TR-55 são apresentados os grupos hidrológicos de solo para os Estados Unidos.

De um modo geral a taxa de infiltração/escoamento no solo varia amplamente. Para descrever essa variação os cientistas do “Soil Conservation Service” classificaram mais de 4.000 solos com base em seu potencial de infiltração/escoamento e os agruparam em quatro grupos hidrológicos de solo que são identificados pelas letras A, B, C e D. No Apêndice A do TR-55 são definidos os quatro grupos e é fornecida uma lista da maioria dos solos nos Estados Unidos e sua classificação de grupo (McCuen,1998).

No caso dos solos brasileiros Tucci (2004), apresenta a seguinte classificação, em quatro grupos hidrológicos, de acordo com sua capacidade de infiltração e geologia:

- Solo A: produz baixo escoamento superficial e alta infiltração. São solos arenosos profundos com pouco silte e argila;
- Solo B: menos permeáveis do que o A. São solos arenosos menos profundos do que o tipo A e com permeabilidade superior à média;
- Solo C: geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila, pouco profundo;
- Solo D: contém argilas expansivas e pouco profundas com muito baixa capacidade de infiltração, gerando maior proporção de escoamento superficial.

Sua escolha deve ser definida por meio da atribuição do tipo de solo e das condições de uso e ocupação do solo.

As condições de umidade inicial do solo da bacia podem ser de três tipos (TOMAZ, 2011):

- Condição I: situação na qual os solos da bacia estão secos, porém não até o ponto de murchamento das plantas;

- Condição II: situação média das condições dos solos das bacias que precederam a ocorrência de cheia máxima anual em numerosas bacias.
- Condição III: chuva intensa nos 5 dias anteriores a tormenta, e o solo está quase saturado.

Sartori et al (2005) apresenta um quadro (reproduzido na Figura 45) que permite enquadrar os solos em classes de grupo hidrológico para as condições brasileiras.

Grupo hidrológico do solo	Classes Gerais de solo
A	LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso;
B	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZÊNICO; ARGILOSSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa, argilosa/muito argilosa, que não apresentam mudança textural abrupta;
C	ARGILOSSÓLOS pouco profundos, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGILOSSOLO VERMELHO, ARGILOSO; VERMELHO AMARELO e ARGILOSSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSÓLOS; ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO;
D	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSÓLOS que não se enquadram no grupo C; ARGILOSSOLO VERMELHO AMARELO e ARGILOSO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

**Figura 45 - Enquadramento das atuais classes gerais de solo nos grupos hidrológicos de solo A, B, C e D.**

Fonte: Sartori et al (2005).

Tucci (2004) apresenta os valores de CN para bacia urbanas, suburbanas e rurais (reproduzidas na Figura 46), para a condição II de umidade antecedente. A partir dessa atribuição define-se o CN correspondente à área de estudo.

Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas				Valores dos números CN da curva de runoff para bacias rurais							
Utilização ou cobertura do solo	Grupo de solos			Uso do solo	Superfície do solo	Grupo do Solo					
	A	B	C			A	B	C	D		
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91	Solo lavrado	Com sulcos utilizados	77	86	91	94	
com conservação do solo	62	71	78	81		Em fileiras retas	70	80	87	90	
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89	Plantações regulares	Em curvas de nível	87	77	83	87	
Prado em boas condições	59	61	74	80		Terracotado em nível	84	76	84	88	
	30	58	71	78		Em fileiras retas	84	76	84	88	
Basquet em zonas com cobertura ruim	85	66	77	83	Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85	
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77		Terracotado em nível	60	71	79	82	
						Em fileiras retas	62	75	83	87	
Espaços abertos, estacionamentos, parques, campos de golfe, construções, boas condições					Plantações de legumes ou cultivados	Em curvas de nível	80	72	81	84	
Com relva em mais de 75% da área	59	61	74	80		Terracotado em nível	87	70	78	89	
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84		Podas	88	79	86	89	
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95		Sarjetas	49	69	79	94	
Zonas industriais	81	88	91	93	Boas	38	61	74	80		
Zonas residenciais					Pastagens	Podas, em curvas de nível	47	67	81	88	
Lotes de (m <sup>2</sup> )	% média impermeável					Sarjetas, em curvas de nível	25	50	75	83	
<=100	65	77	85	90		92	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
1000	38	61	75	83	87	Campos permanentes	Sarjetas	30	58	71	78
1500	30	57	72	81	86		Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
2000	25	54	70	80	85		Sarjetas	36	60	73	79
4000	20	51	68	79	84		Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Parques de estacionamento, estacionamentos, viadutos, etc.	98	98	98	98	Chaceiras	Sarjetas	58	75	86	91	
Arruamentos e estradas						Mai	72	82	87	89	
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98		De superfície dura	74	84	90	92	
Pavimentações	76	85	89	91	Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91	
Terra	72	82	87	89		Esparsas	46	68	78	84	
						Densas, alta transpiração	39	52	62	69	
						Sarjetas	36	60	70	76	

Figura 46 - Valores de CN para bacia urbanas e suburbanas e rurais.

Fonte: Tucci (2004).

Os números de CNs apresentados na Figura 46 se referem as condições normais chamada condição II. Contudo, se o solo antecedente estiver seco ou úmido deve-se aplicar as correções do número CN, conforme Figura 47, Prakash et al., 1996.

Condição II	Condição I	Condição III	Condição II	Condição I	Condição III	Condição II	Condição I	Condição III
100	100	100	74	85	88	48	29	88
99	97	100	73	84	87	47	28	87
98	94	99	72	83	86	46	27	86
97	91	99	71	82	85	45	26	85
96	89	99	70	81	85	44	25	84
95	87	98	69	80	84	43	24	83
94	85	98	68	79	84	42	24	82
93	83	98	67	78	83	41	23	81
92	81	97	66	77	82	40	22	80
91	80	97	65	76	82	39	21	79
90	78	96	64	75	81	38	21	78
89	76	96	63	74	80	37	20	77
88	74	95	62	73	79	36	19	76
87	73	95	61	72	78	35	18	75
86	72	94	60	71	78	34	18	74
85	70	94	59	70	77	33	17	73
84	68	93	58	69	76	32	16	72
83	67	93	57	68	75	31	16	71
82	66	92	56	67	74	30	15	70
81	64	92	55	66	74			
80	63	91	54	65	73	25	12	43
79	62	91	53	64	72	20	9	37
78	60	90	52	63	71	15	6	30
77	59	89	51	62	70	10	4	22
76	58	88	50	61	70	7	2	13
75	57	88	49	60	69	0	0	0

Figura 47 - Correspondência entre os números da curva de escoamento para as três condições de umidade antecedente.

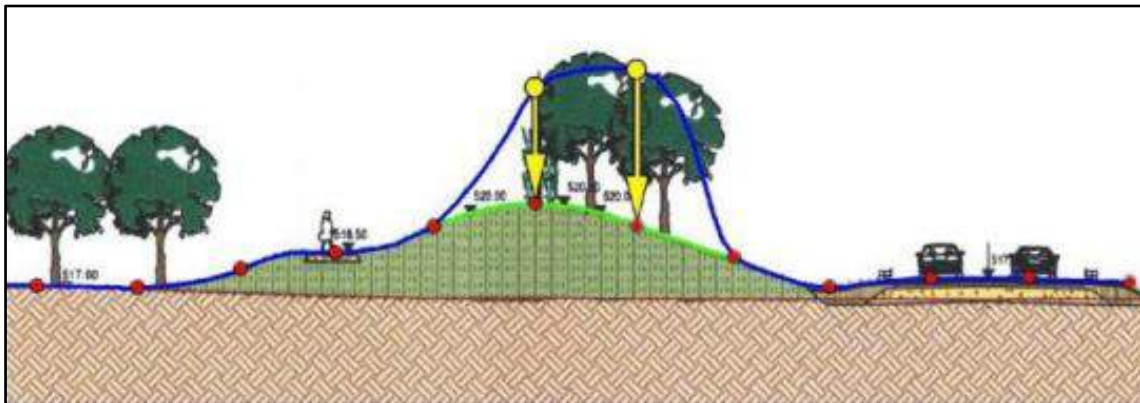
fonte: Prakash et al. (1996).

O modelo adotado para a realização deste estudo é o modelo numérico hidrológico SOBEK. Para a utilização deste modelo não há a necessidade de transformar o CN para as condições I ou III. Deve-se utilizar o CN da condição II escolher qual é a condição inicial: I (solo seco) ou II (solo quase saturado), caso haja necessidade.

## 2.2 Modelo Digital de Terreno

O Modelo Digital de Terreno (MDT), utilizado na modelagem, foi obtido na base de dados GEOBASES do Governo do Estado do Espírito Santo. Este MDT é um dos resultados do levantamento aerofotogramétrico do Estado do Espírito Santo, realizado no âmbito do Contrato 001/2012 – Processo nº 54137627/2011, Referência Técnica do Mapeamento ES - 2012/2015 (IEMA, 2015b).

O MDT adotado é resultante da interpolação do Modelo Digital de Elevação (MDE), este último (o MDE) considera as elevações da superfície terrestres em geral, incluindo estruturas construídas e vegetação, enquanto o MDT representa superfície terrestre sem alterações de superfície, isto é, excluindo estruturas construídas e vegetações. A diferença entre os modelos pode ser visualizada na Figura 48.



**Figura 48 - Diferença entre os modelos MDE (linha AZUL) e MDT (linha VERDE).**

Fonte: IEMA, 2015a.

Devido a sua representação fiel à superfície terrestre, o MDT foi considerado a melhor base para o uso na modelagem. Contudo, em alguns locais com a presença de muitas construções, optou-se por adotar o MDE.

A resolução horizontal e vertical do MDT é de 2 m e 0,50 m respectivamente, enquanto seus referenciais geográficos são o DATUM vertical Marégrafo de Imbituba-SC e DATUM horizontal SIRGAS 2000, na projeção UTM 24S. A Figura 49 ilustra o MDT para a área de estudo.

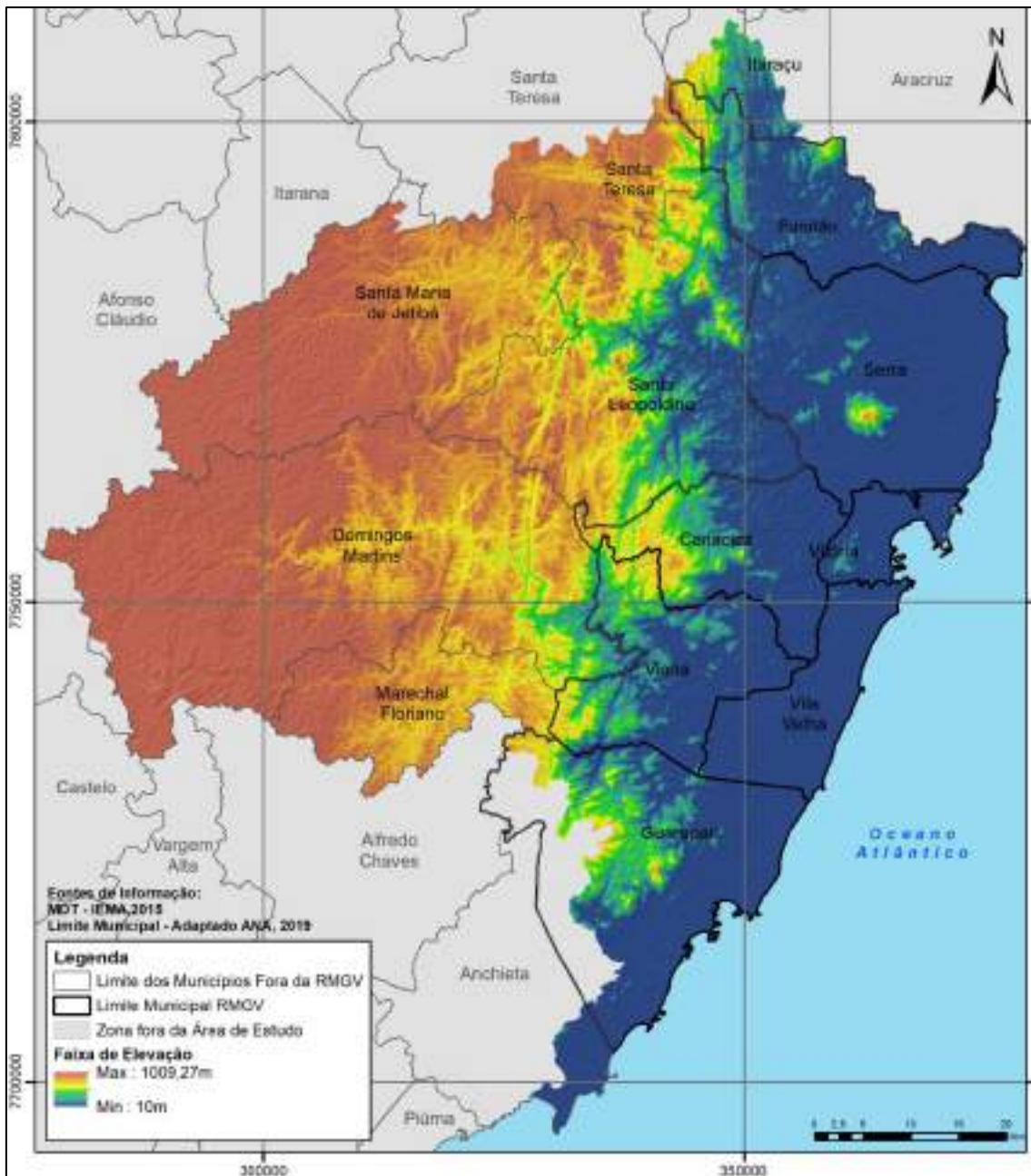


Figura 49 - MDT na área de estudo.

Fonte: IEMA, 2015b.

## 2.3 Delimitação das Bacias e Sub Bacias

Para a delimitação das bacias hidrográficas consideradas na modelagem hidráulica foram utilizados dados do MDT descritos na seção anterior, proveniente dos Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), bem como traçados de divisores de água pré-existentes elaborados por diversos órgãos competentes, como o Instituto Jones do Santos Neves (IJSN), o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), a Agência Nacional de Águas (ANA), e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram também analisados os mapas de suscetibilidade à inundação proveniente do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), objetivando a validação das delimitações obtidas.

Estes dados foram comparados com as imagens de satélite adquiridas no âmbito do produto “P.2 - Base Georreferenciada de Dados”, cuja resolução espacial refere-se a 0,50 m em sensor PAN (pancromático), mapeando o estado ao longo dos anos de 2019 a 2020. O satélite utilizado para aquisição das imagens foi o da Constelação Kompsat (Korean Multi-Purpose Satellite).

A partir da compatibilização das informações obtidas, principalmente no que tange aos shape files dos traçados das bacias, dos rios e dos municípios, bem como Modelos Digitais de Terrenos (MDT), disponíveis nos sites dos respectivos órgãos, as bacias presentes na área de estudo foram discretizadas e seus limites refinados, com foco nos principais corpos hídricos da região.

Para a delimitação das bacias hidrográficas foi utilizado o software Global Mapper, onde foram inseridos os dados de MDT e os shapefiles de hidrografia e manchas de inundação. Com estes dados no software foi possível visualizar os divisores de água da área de estudo, o que permitiu a delimitação das bacias hidrográficas de forma manual. Na Figura 50 a seguir, são apresentadas as bacias hidrográficas delimitadas nesta etapa do trabalho, além das Áreas de Escoamento Difuso (AED) definidas como sendo as áreas planas de interflúvios, que não apresentam talvegues claramente definidos na resolução de trabalho, seja por suas características geomorfológicas, seja por intervenções antrópicas.



**Figura 50 – Delimitação das bacias hidrográficas selecionadas para o modelo.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021

Com as bacias delimitadas foi possível o cálculo dos parâmetros relevantes à modelagem hidráulica, são eles: Área de Contribuição a Cota Média (Altura Média) e a Declividade Média das Bacias.

Isso porque, o Modelo SOBEK, no modo do método SCS, e para bacias urbana, utiliza a declividade e a cota média das bacias para os cálculos, já para as bacias rurais, utiliza a declividade média das bacias.

Assim, o primeiro parâmetro calculado foi a área de contribuição das bacias hidrográficas, onde a partir da criação de uma nova coluna na tabela de atributos do Shapefile, foi possível calcular a área de cada bacia utilizando a ferramenta do software ArcGIS "Calculate Geometry" no menu de opções da própria coluna do atributo.

Outro parâmetro importante calculado foi a cota média das bacias, aferida também no software ArcGIS através da ferramenta "Zonal Statistics as Table". Esta ferramenta possibilita a aquisição de dados estatísticos dentro de uma determinada área a partir de um arquivo raster, ou seja, com o MDT em formato raster e a delimitação das bacias hidrográficas, esta ferramenta permitiu o cálculo estatístico das bacias sobrepostas ao raster MDT, fornecendo a cota média de cada bacia.

Por fim, a declividade média das bacias também foi calculada. Neste caso também se utilizou o "Zonal Statistics as Table" do software ArcGIS, porém o raster utilizado foi criado a partir do processamento do MDT. O MDT fornece a elevação da superfície terrestre da área de estudo, se fazendo necessário a conversão desta elevação, em metros, para declividade. Este processo foi feito a partir da ferramenta "Slope" do software ArcGIS, onde utilizou como input o MDT da área de estudo. Como resultado, este processo forneceu um arquivo no formato raster com a declividade calculada para a área de estudo.

Com este raster em mão, o processo para obter a declividade média é semelhante ao utilizado para determinação da cota média, usando a ferramenta "Zonal Statistics as Table" e como input o raster gerado de declividade e a delimitação das bacias, fornecendo assim a declividade média da área de estudo.

Após obter os resultados do ArcGIS, foi necessário realizar a conversão de unidade dos dados gerados, isso pois o ArcGIS gera os dados de declividade em graus e, para a aplicação no SOBEK, é necessário que a declividade esteja em "metros por metro", para isso utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Slope = \tan[(grau \times \pi)/180]$$

O cálculo dos três parâmetros citados acima resultou na Tabela 7, na qual são apresentados: o código de identificação da bacia e os parâmetros de área, cota média e declividade média de cada bacia.

**Tabela 7 – Características das bacias hidrográficas da área de estudo utilizadas na modelagem.**

<b>Código de Identificação da Bacia</b>	<b>Área da Bacia Hidrográfica (Ha)</b>	<b>Cota Média (m)</b>	<b>Declividade Média (m/m)</b>
0	32,727	5,79	0,091
1	2787,405	23,87	0,111
2	1755,724	6,52	0,044
03aa	8992,051	86,55	0,237
03ab	1302,249	15,97	0,094
03b	8977,757	807,51	0,357
03c	10899,953	448,30	0,400
4	2795,863	48,31	0,235
04a	1992,539	38,24	0,153
5	3206,198	116,55	0,345
6	6793,804	88,16	0,289
7	6124,365	175,57	0,374
8	5003,705	460,66	0,439
9	2471,911	27,27	0,107
11	245,242	10,68	0,061
12	3512,398	24,61	0,099
13	319,611	13,97	0,088
14	5282,361	84,81	0,214
15	2033,819	19,39	0,087
16	2003,626	32,59	0,155
17	4479,526	38,36	0,178
18	652,358	15,40	0,061
19	921,155	18,56	0,073
21	1519,891	22,84	0,067
22	942,722	21,25	0,037
24	3104,925	12,27	0,091
24a	375,718	8,47	0,060
24b	191,042	4,76	0,020
24d	1242,370	3,60	0,021
24e	2132,772	6,07	0,049
25	3423,613	14,67	0,089
25b	2600,342	28,66	0,180
26	5739,308	119,39	0,320
27	2142,716	78,82	0,250
28	2715,880	339,41	0,447
29	902,316	107,19	0,356
30	2047,533	309,35	0,486
31	1498,186	79,68	0,276
32	585,269	229,05	0,446

<b>Código de Identificação da Bacia</b>	<b>Área da Bacia Hidrográfica (Ha)</b>	<b>Cota Média (m)</b>	<b>Declividade Média (m/m)</b>
33	4637,897	416,55	0,452
34	38908,818	809,45	0,415
35	8544,439	431,19	0,443
36	105289,829	894,54	0,383
37	6052,826	17,42	0,080
38	1100,968	11,24	0,084
39	1433,184	38,57	0,189
40	1418,852	22,38	0,123
41	1476,644	43,93	0,193
42	446,598	11,69	0,089
43	2052,580	41,58	0,177
44	860,607	10,96	0,079
45	634,026	27,41	0,131
46	2428,772	39,38	0,141
47	152,390	9,73	0,062
48	5713,866	136,22	0,323
49	899,727	20,75	0,113
51	296,450	7,07	0,084
52	381,722	16,01	0,130
54	7284,531	232,98	0,380
55	2104,071	25,46	0,146
56	4273,260	58,62	0,153
57	4229,067	42,26	0,171
57b	3447,190	314,05	0,356
58	688,730	17,55	0,141
58a	296,286	23,63	0,145
58c	520,962	13,20	0,084
58d	864,081	18,99	0,121
58e	364,697	2,97	0,023
58f	278,774	15,96	0,105
58h	487,876	32,41	0,126
58i	797,486	31,07	0,148
59	8815,198	453,20	0,415
60	1744,817	16,90	0,051
61	925,375	16,37	0,070
62a	4986,088	25,15	0,128
62b	99308,437	838,75	0,377
62c	53486,926	268,57	0,356
63	6264,262	120,73	0,267
63a	1843,063	182,89	0,345
63e	1640,626	11,92	0,089

Código de Identificação da Bacia	Área da Bacia Hidrográfica (Ha)	Cota Média (m)	Declividade Média (m/m)
63f	1279,609	36,75	0,152
63g	998,863	8,19	0,054
63h	218,229	27,92	0,231
64	1881,441	40,59	0,190
64a	389,813	9,15	0,093
64b	691,098	23,38	0,172
64d	374,999	100,46	0,322
65	5371,901	63,40	0,150
65b	4745,674	9,11	0,031
66	6238,036	22,03	0,111
67	661,704	12,36	0,092
68	572,204	11,98	0,092
69	706,561	13,13	0,086
70	4348,236	423,52	0,447
71	1068,528	20,09	0,109
72	2464,518	20,24	0,138
73	3154,640	109,88	0,369
74	6019,653	238,44	0,370
75	221,417	18,75	0,136

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

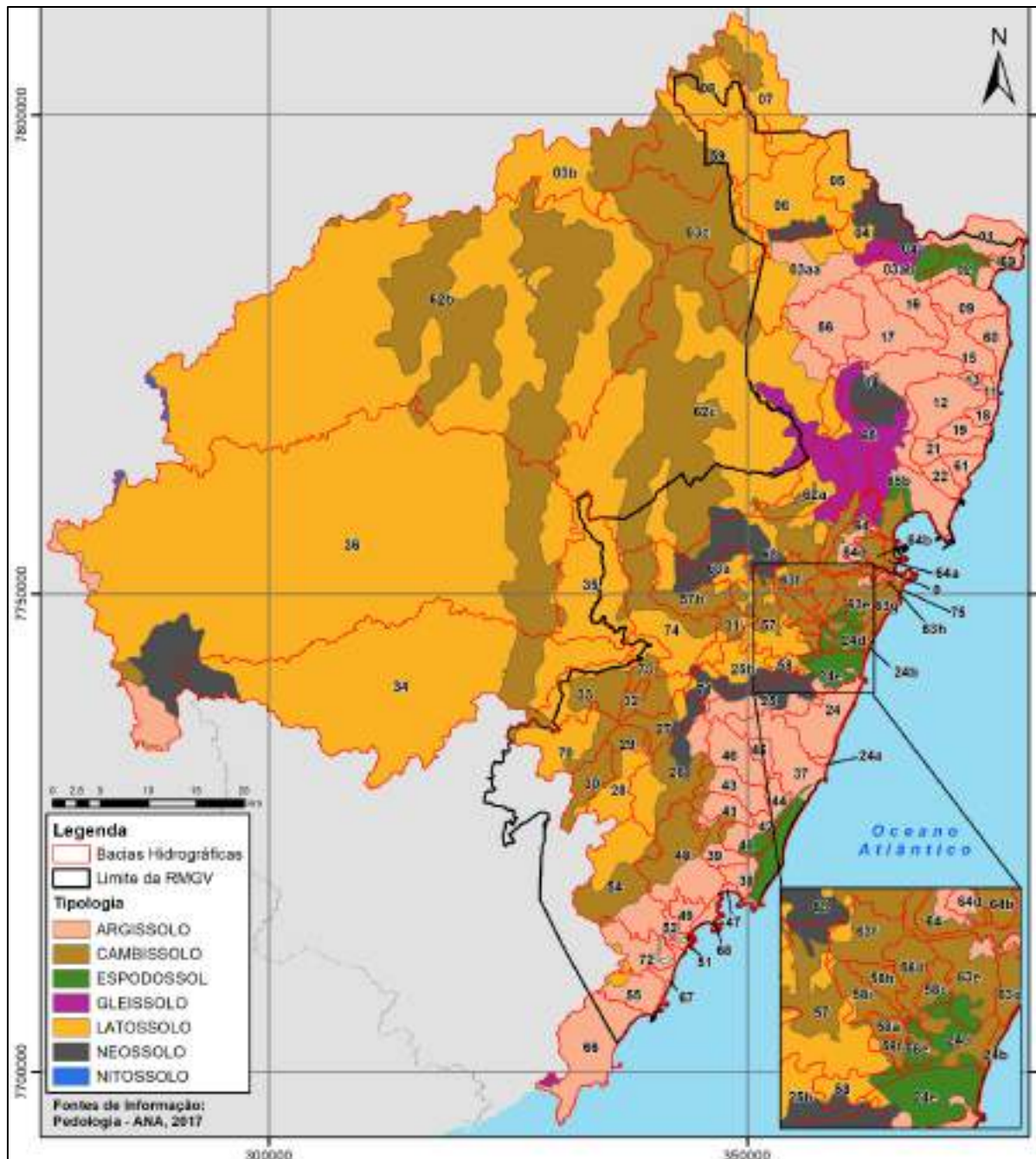
Identifica-se então a heterogeneidade da área de estudo pela gama de resultados obtidos em relação à cota média e declividade média das bacias. Em termos de cota média, há uma grande variação, com a menor cota média em 2,97 m na bacia 58e e a maior cota média figurando em 894,54 m na bacia 36. Isto é verificado também na declividade média, onde a bacia 24b apresenta a menor declividade com 0,020 m/m e a bacia 30 a maior declividade média, com 0,486 m/m. Com isto entende-se a variedade de fatores a serem considerados para a elaboração de um modelo hidrológico fidedigno às dinâmicas de macrodrenagem existentes na região.

## 2.4 Curve Number

Como apresentado em seções anteriores o “Curve Number” (CN) é um parâmetro empírico adimensional criado pelo “Soil Conservation Service (SCS)” para a determinação da impermeabilidade do solo. O CN depende de duas informações cruciais para sua quantificação, sendo elas a pedologia do local de estudo e o uso e ocupação do solo. Cruzando estas duas informações, se obtém um valor que varia de 0 a 100, onde valores maiores representam solos mais impermeáveis e valores menores solos mais permeáveis. Nas subseções a seguir são descritas a pedologia e o uso e ocupação do solo para os anos de projeto 2020, 2025, 2032 e 2040), em seguida é apresentado o resultado do cruzamento entre o uso e ocupação do solo e a pedologia, resultando no CN das bacias hidrográficas em estudo.

### 2.4.1 Pedologia

A base pedológica utilizada neste estudo foi obtida da Nota Técnica nº 46/2018/SPR da ANA (2018), cujo objetivo foi a “Produção de base vetorial com o Curve Number (CN) para BHO 2014 (BHO\_CN)”, sendo composta a partir de consultas realizadas ao IBGE (cartas 1:250.000), Embrapa (cartas 1:100.000 e 1:250.000), entre outros (ANA, 2017). A base pedológica pode ser visualizada na Figura 51.



**Figura 51 – Mapa pedológico da área de estudo.**

Fonte: Adaptado de ANA, 2017.

## 2.4.2 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo dos anos de projeto (2020/2025/2032/2040) foi desenvolvido no âmbito do RT 6.1 Tomo II – Cenários de Desenvolvimento (Consórcio Tetra Tech CONCREMAT, 2021). O estudo de uso e ocupação do solo para o ano de 2020 foi elaborado a partir da classificação supervisionada semiautomática, onde a partir de uma amostra espacial é possível inferir as classes de uso do solo para a totalidade do território de estudo. Neste caso a classificação utilizou como base as imagens do satélite Kompsat 3/3A adquiridas da base de dados do Governo do Estado do Espírito Santo, denominado GEOBASES. Estas imagens possuem resolução espacial de 0,50 m, porém devido à escala de projeto e ao tempo de processamento envolvido em imagens de alta resolução, esta resolução foi diminuída para 10m.

Com a base cartográfica para o ano de 2020 a classificação supervisionada semiautomática da área de estudo considerou as classes descritas abaixo, cuja denominação alinha-se ao estudo de Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra realizado bianualmente pelo IBGE (2016).

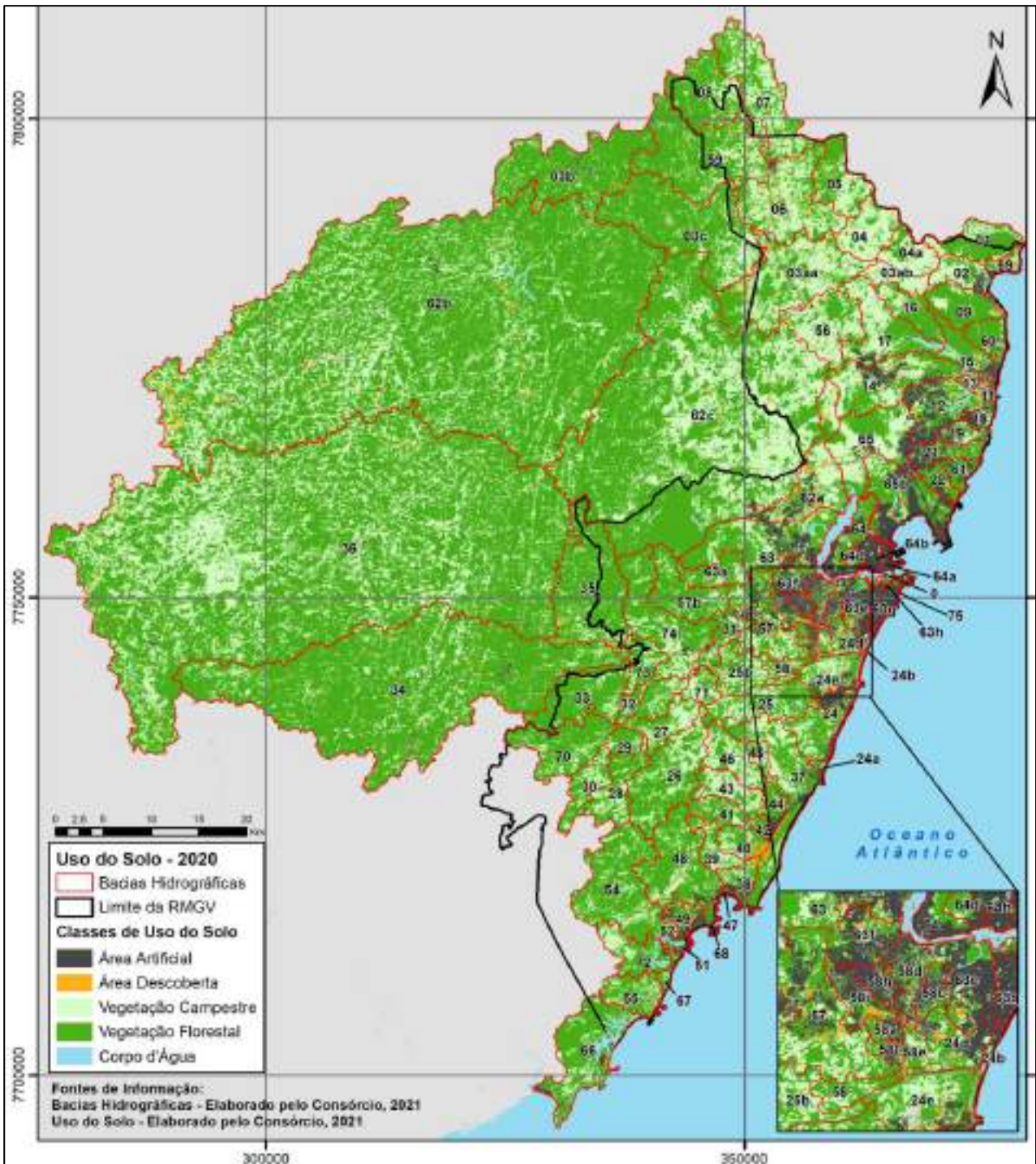
**Tabela 8 – Classes de Uso da Terra e Ocupação do Solo e suas descrições de acordo com Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil realizado pelo IBGE (2016).**

Classe	Descrição
Área Artificial	Áreas onde predominam superfícies antrópicas não-agrícolas. São aquelas estruturadas por edificações e sistema viário, nas quais estão incluídas as metrópoles, cidades, vilas, as aldeias indígenas e comunidades quilombolas, áreas de rodovias, serviços e transportes, redes de energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por complexos industriais e comerciais e edificações que podem, em alguns casos, estar situadas em áreas peri-urbanas. Também pertencem a essa classe as áreas onde ocorrem a exploração ou extração de substâncias minerais, por meio de lavra ou garimpo.
Vegetação Florestal	Área ocupada por florestas. Consideram-se florestais as formações arbóreas com porte superior a 5 m de altura, incluindo-se aí as áreas de Floresta Ombrófila Densa, de Floresta Ombrófila Aberta, de Floresta Estacional, além da Floresta Ombrófila Mista. Inclui outras feições em razão de seu porte superior a 5 m de altura, como a Savana Florestada, Campinarana Florestada, Savana-Estépica Florestada, os Manguezais e os Buritizais.
Vegetação Campestre	Área caracterizada por formações campestres. Entende-se como campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversas da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um estrato gramíneo-lenhoso. Incluem-se nessa categoria as Savanas, Estepes, Savanas Estépicas, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Encontram-se disseminadas por diferentes regiões fitogeográficas, compreendendo diferentes

Classe	Descrição
	tipologias primárias: estepes planaltinas, campos rupestres das serras costeiras e campos hidroarenosos litorâneos (restinga). Essas áreas podem estar sujeitas a pastoreio e a outras interferências antrópicas de baixa intensidade como as áreas de pastagens não manejadas do Rio Grande do Sul e do Pantanal.
Corpo d'água Continental	Inclui todas as águas interiores, como rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares. Também engloba corpos d'água naturalmente fechados (lagos naturais) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais de água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica).
Corpo d'água Costeiro	Inclui todas as águas costeiras (lagunas, estuários e baías que ocupam as Planícies Costeiras) e as águas inseridas nas 12 milhas náuticas, conforme Lei nº 8.617, de 4 de janeiro de 1993.
Área Descoberta	Esta categoria engloba locais sem vegetação, como os afloramentos rochosos, penhascos, recifes e terrenos com processos de erosão ativos. Também inclui as praias e dunas, litorâneas e interiores, e acúmulo de cascalho ao longo dos rios.

Fonte: Adaptado de ANA (2018) e IBGE (2016).

As classes de “Corpo d’água Continental” e “Corpo d’Água Costeiro” foram mescladas em apenas “Corpo d’Água”, já que não há a necessidade, neste estudo, da segmentação destas classes. Com estas categorias definidas foi possível então gerar a classificação supervisionada semiautomática de uso do solo para o ano de 2020, conforme visto na Figura 52 a seguir.



**Figura 52 – Uso do solo de 2020 resultado da classificação supervisionada semiautomática de uso do solo.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

A classificação supervisionada de uso do solo de 2020 estabeleceu o arcabouço necessário para a construção dos mapas de uso do solo dos demais anos de projeto (2025/2032/2040). Foram sobrepostas ao uso do solo de 2020 camadas vetoriais, cruciais para a identificação dos vetores de expansão, como as rodovias, ferrovias, perímetro urbano e áreas de restrições legais (APPs). Com estas camadas sobrepostas foi possível traçar o uso do solo dos demais anos, a partir de considerações urbanísticas referentes à expansão urbana nos eixos de desenvolvimento identificados. A Figura 53, Figura 54 e Figura 55 ilustram o uso do solo dos anos de 2025, 2032 e 2040, respectivamente.

Verifica-se que o crescimento urbano ao longo dos anos concentra-se no entorno da zona central da RMGV, com os municípios de Cariacica, Serra e Vila Velha apresentando uma expressiva expansão urbana. Os demais municípios têm uma expansão urbana mais discreta, devido a suas sedes estarem a uma distância considerável do centro da RMGV.

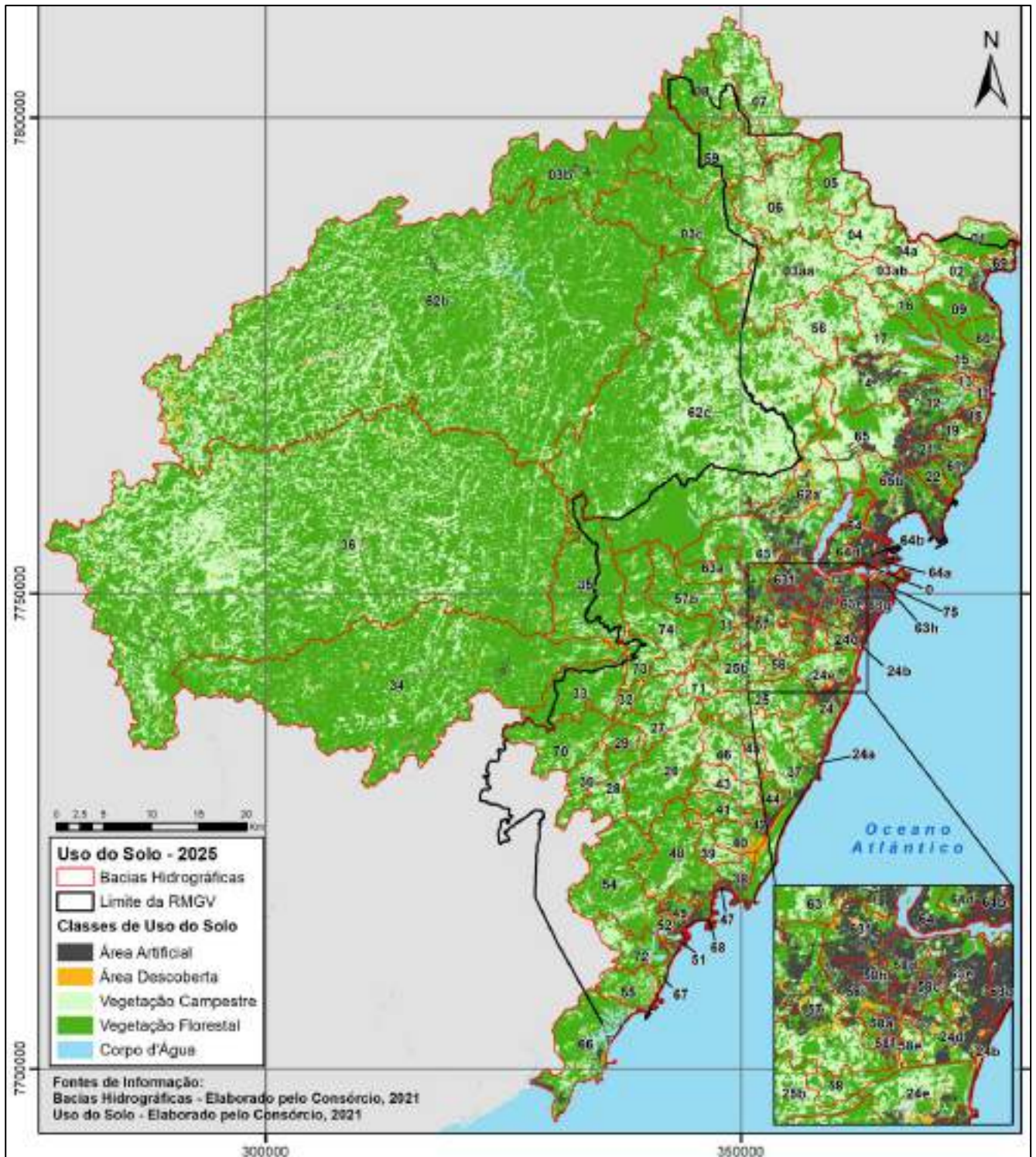
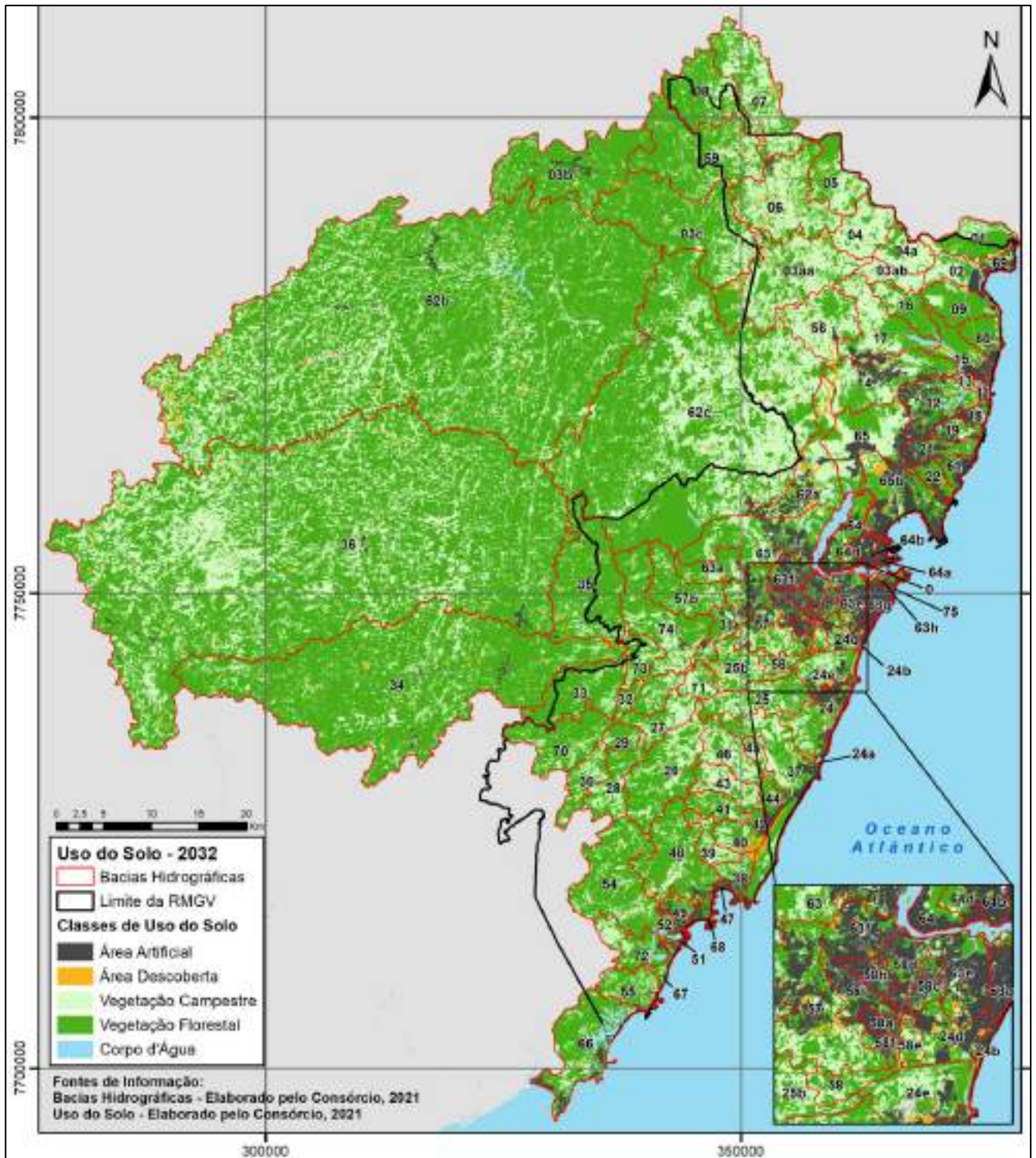


Figura 53 – Uso do solo de 2025.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.



**Figura 54 – Uso do solo de 2032.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

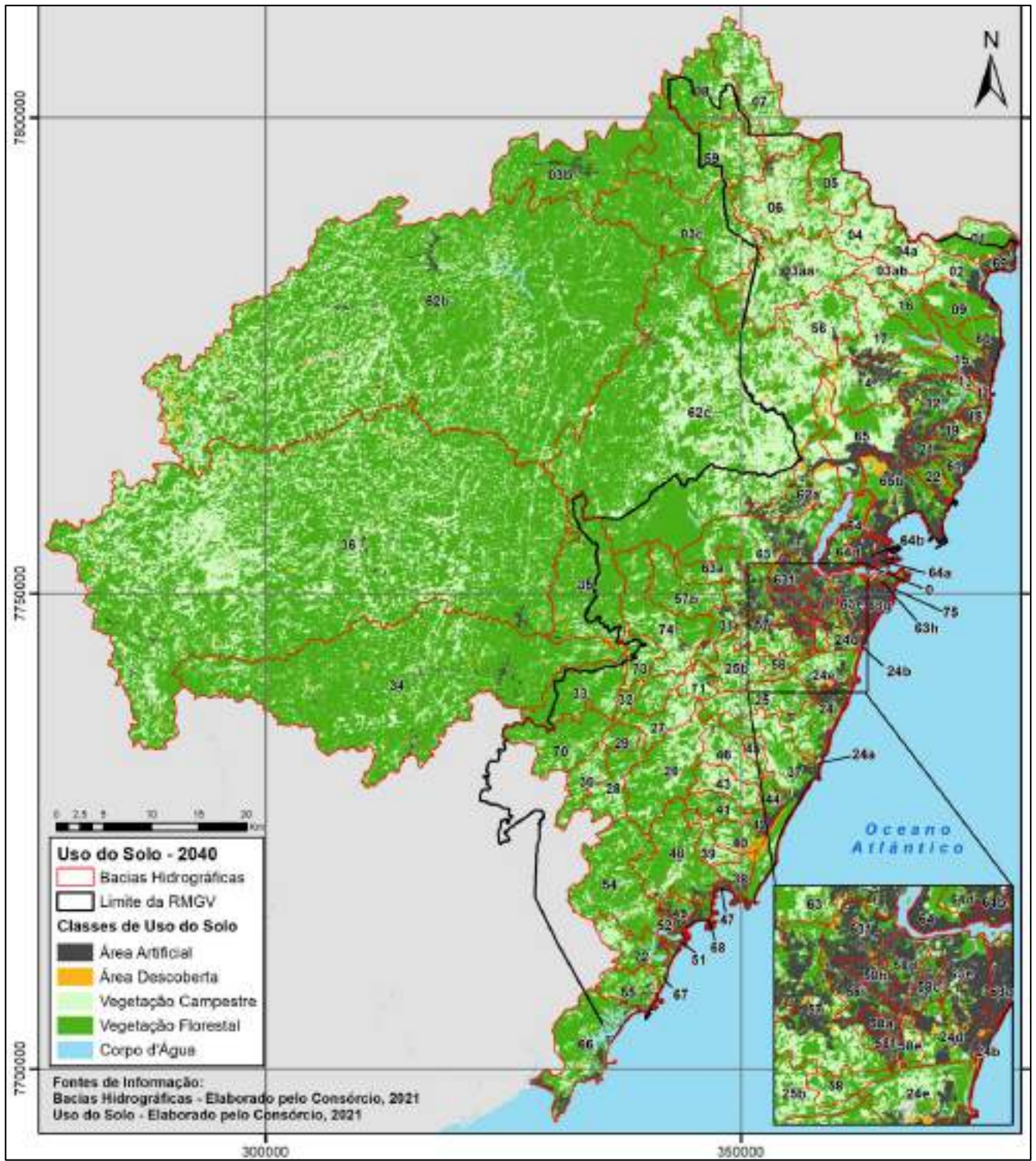


Figura 55 – Uso do solo de 2040.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

### 2.4.3 “Curve Number” das bacias hidrográficas

As classes de uso do solo consideradas no item anterior possuem, de acordo com a Nota Técnica nº 46/2018/SPR da ANA (2018), quatro classes hidrológicas de solo, denominadas A, B, C e D (Tabela 9). Cada classe de uso do solo possui um grupo hidrológico com um valor de CN a ser atribuído, Tabela 10.

**Tabela 9 – Descrição dos grupos hidrológicos.**

Grupo Hidrológico	Descrição	Tipo de Solo
<b>A</b>	São solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração, consistindo principalmente de areias ou cascalhos.	LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.
<b>B</b>	Solos com moderada taxa de infiltração, sendo moderadamente profundos a profundos, moderadamente bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa.	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
<b>C</b>	Solos com baixa taxa de infiltração, com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina.	ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBIS-SOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.
<b>D</b>	Solos com alto potencial de escoamento, com uma taxa de infiltração	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO;

Grupo Hidrológico	Descrição	Tipo de Solo
	<p>muito baixa, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão. São considerados nesta categoria também solos com grande permanência de lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próxima da superfície e solos expansivos agindo como materiais impermeabilizantes próximos da superfície.</p>	<p>PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.</p>

Fonte: Adaptado de ANA, 2018.

**Tabela 10 – Classes de uso e ocupação do solo de acordo com seus grupos hidrológicos.**

Classe de Uso e Ocupação do Solo	Grupo hidrológico			
	A	B	C	D
Área Artificial	93	93	93	93
Vegetação Florestal	36	60	70	76
Vegetação Campestre	30	58	71	78
Corpo D'água	100	100	100	100
Área Descoberta	74	84	90	92

Fonte: Adaptado de ANA, 2018.

Estes grupos hidrológicos foram atribuídos à pedologia que posteriormente foi cruzada com os usos do solo dos anos de projeto (2020/2025/2032/2040). Isto resultou na compatibilização dos grupos hidrológicos com o uso do solo na área de estudo, resultando no CN do uso do solo dos anos de projeto, conforme visto na Figura 56, Figura 57, Figura 58 e Figura 59 para os anos de 2020, 2025, 2032 e 2040, respectivamente.

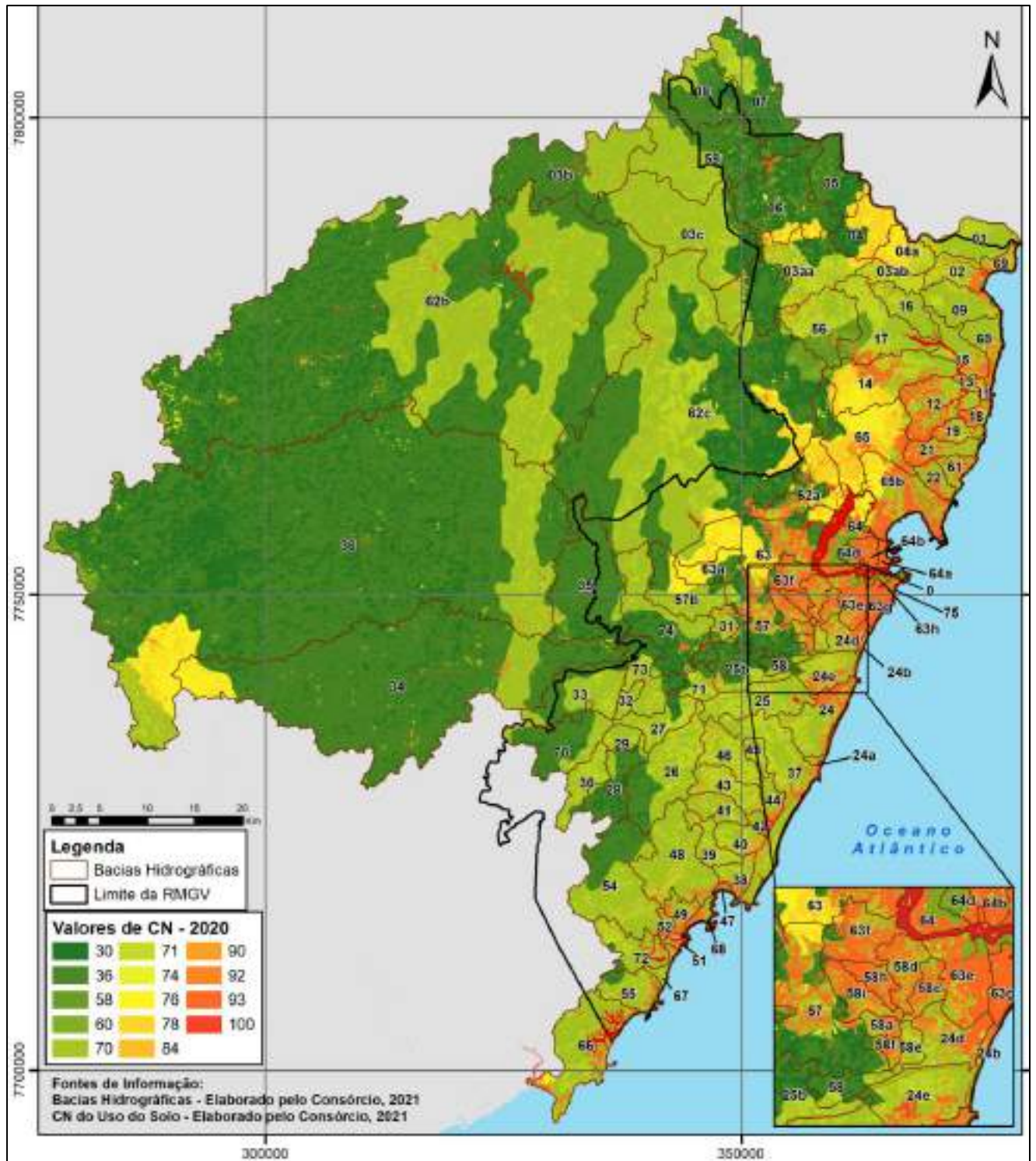


Figura 56 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2020.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

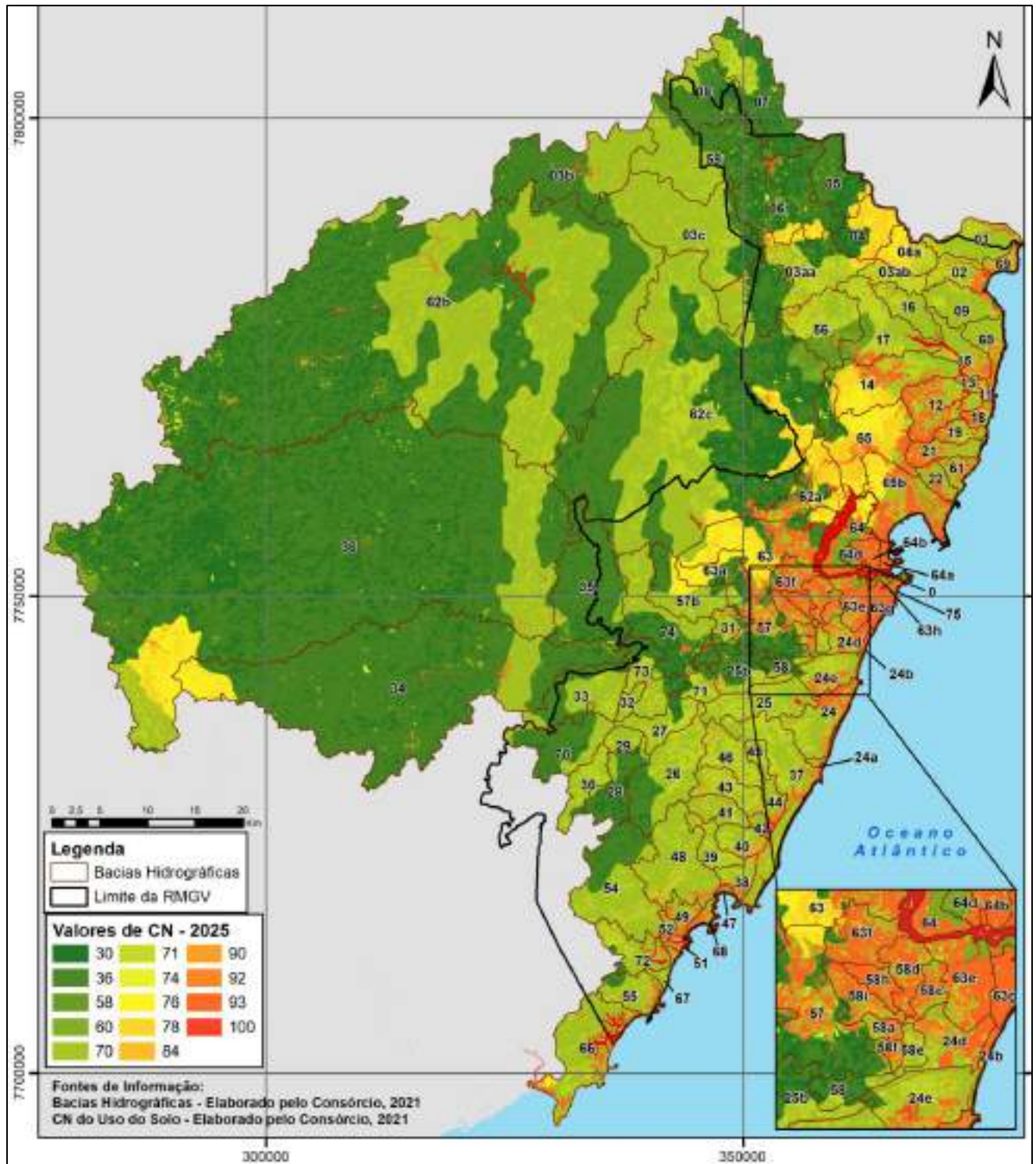


Figura 57 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2025.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

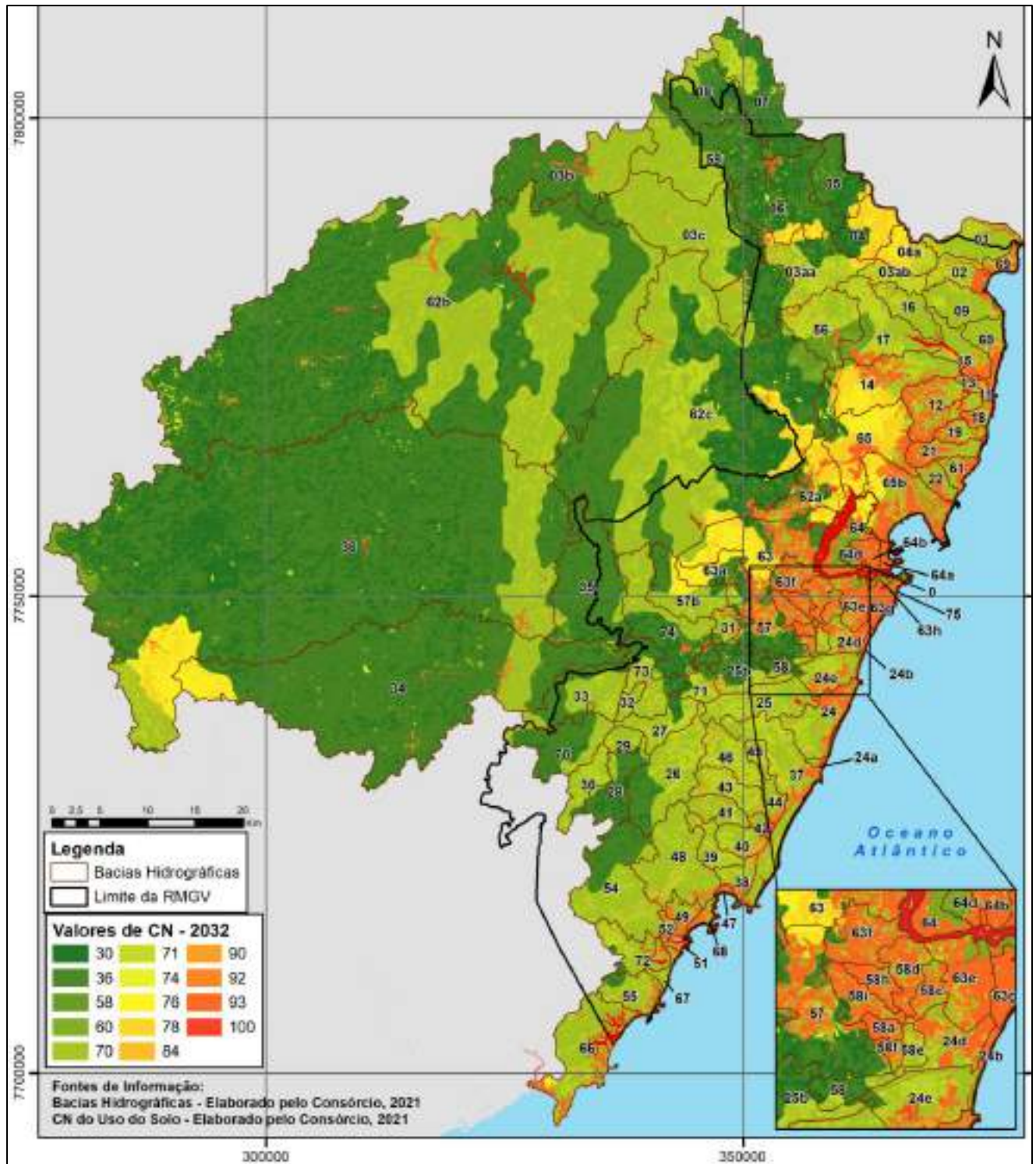
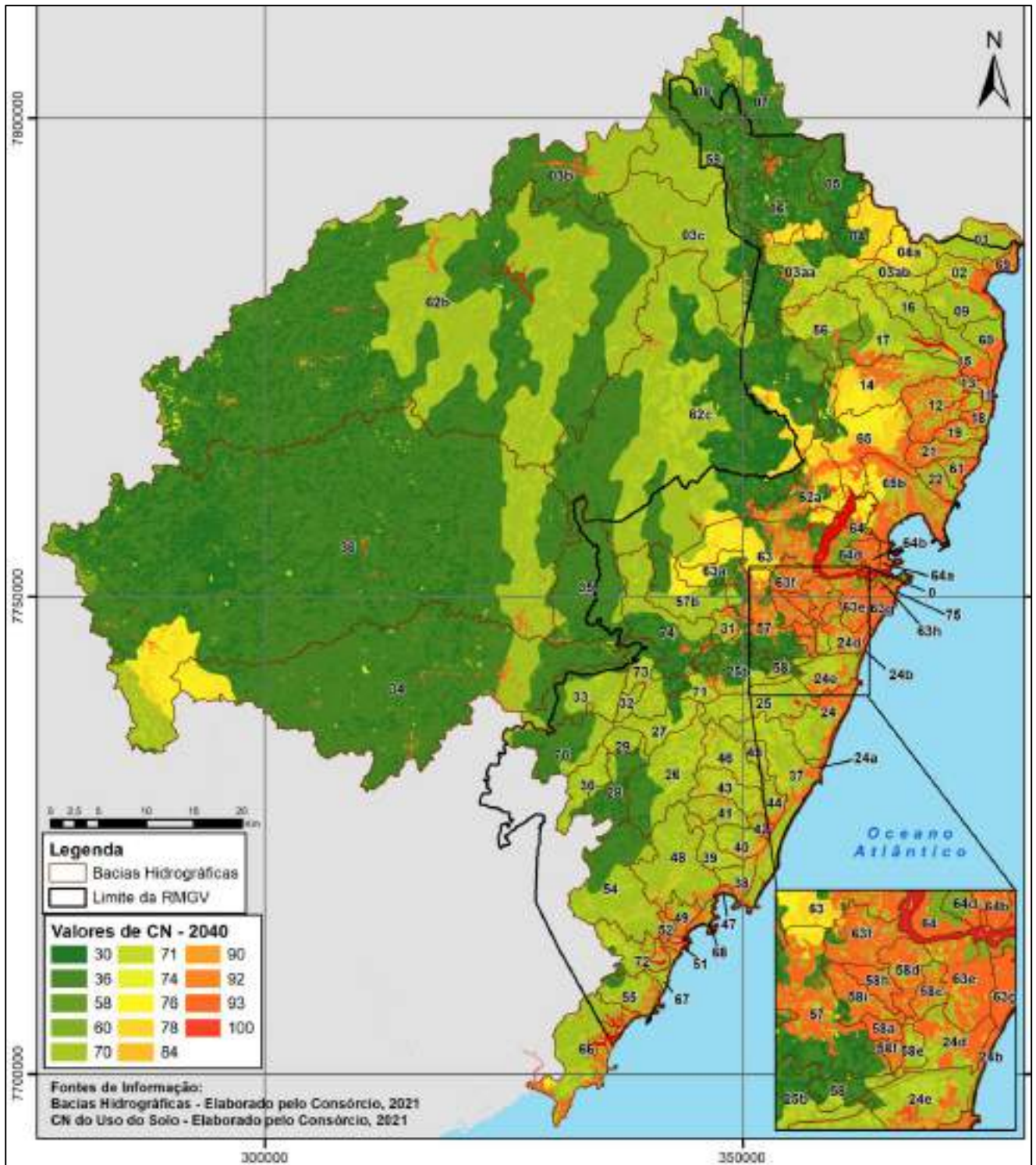


Figura 58 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2032.

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

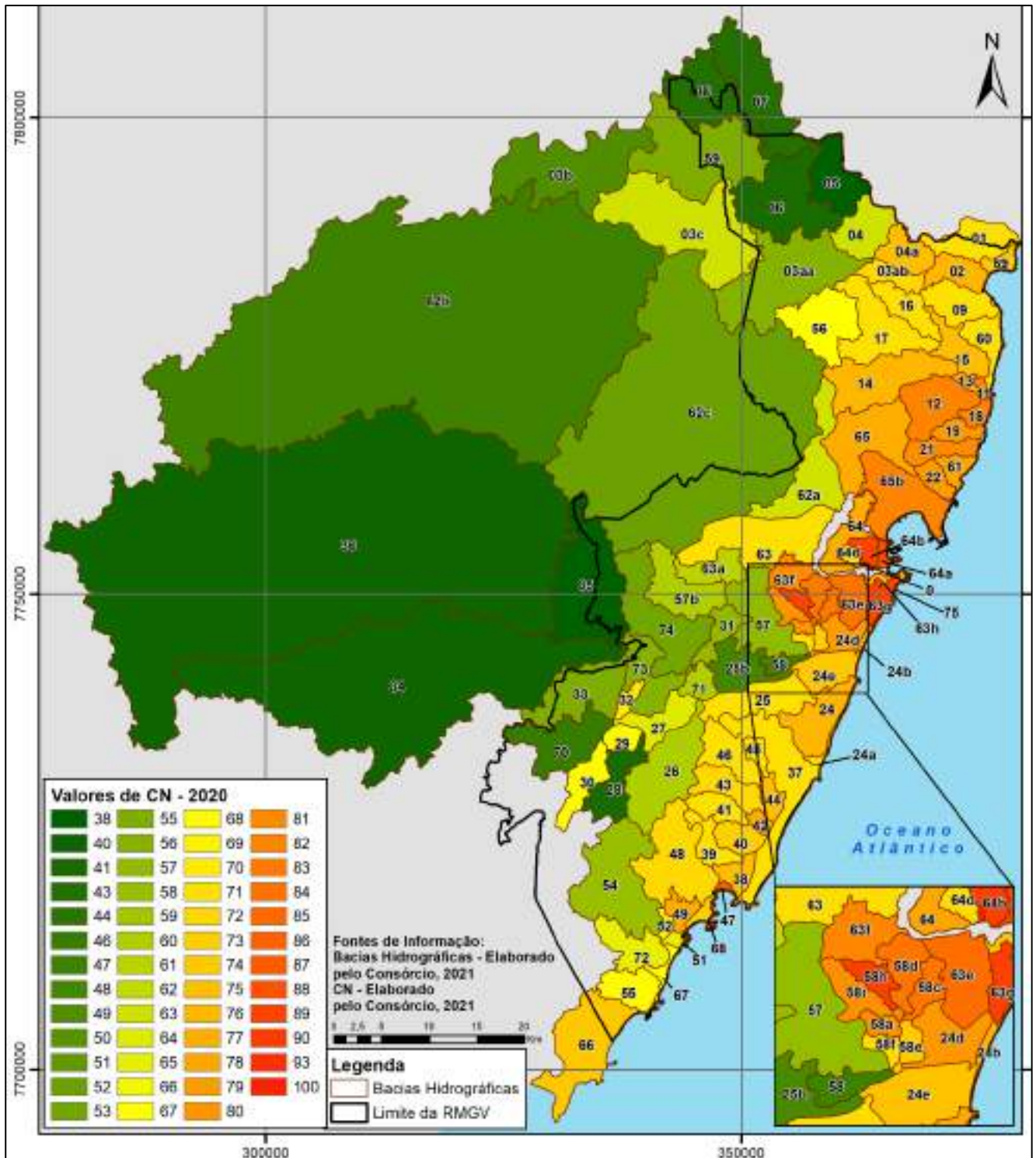


**Figura 59 – Mapa de Curve Number (CN) para o uso do solo 2040.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

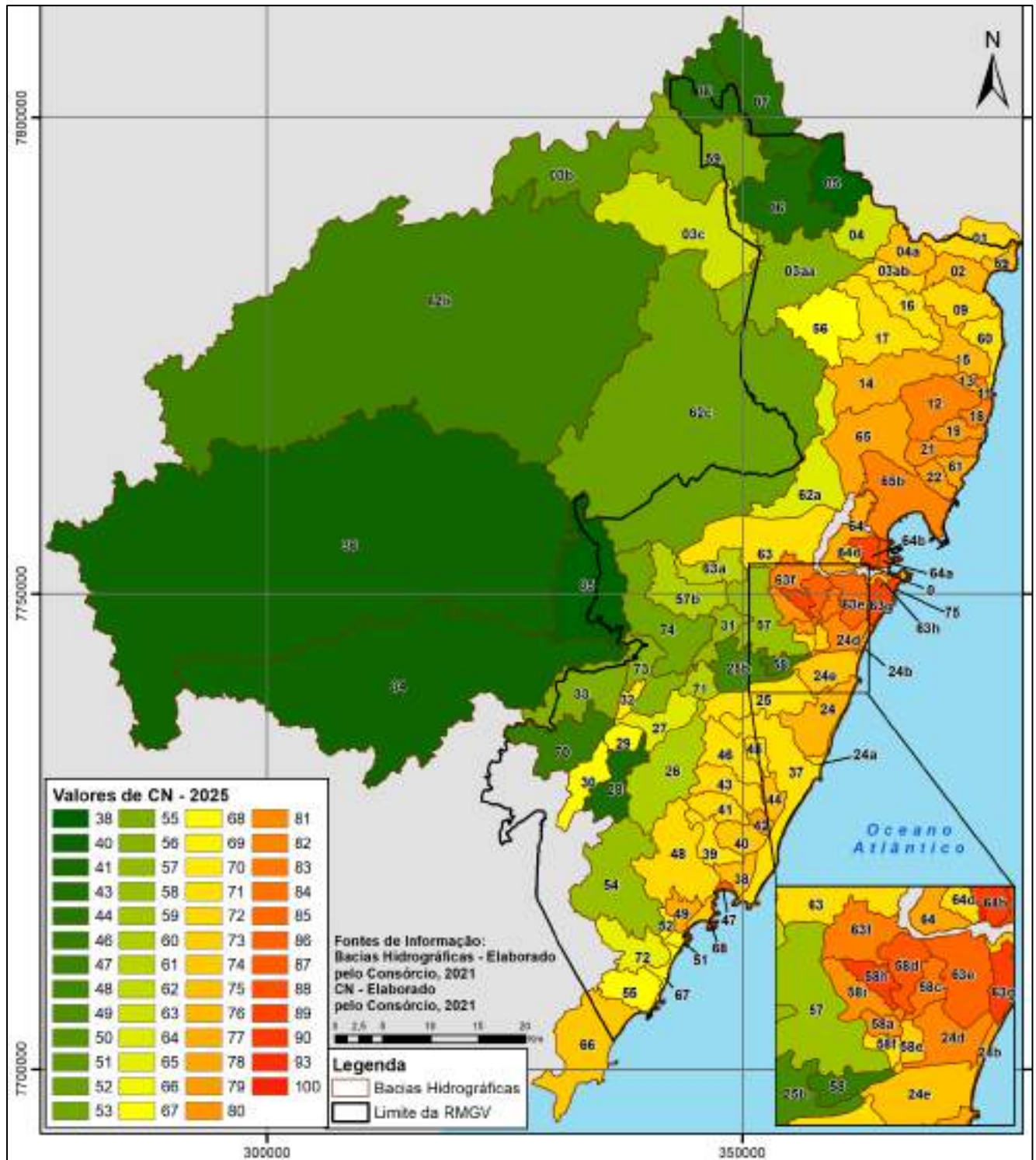
As figuras supracitadas apresentam o CN dos usos do solo para os anos de projeto na área de estudo. Porém, para a compatibilização desta informação de forma a ser inserida no modelo hídrico, foi necessária a obtenção de um CN médio para cada bacia hidrográfica. Este CN resultou da ponderação por área do CN nas bacias

hidrográficas. A Figura 60, Figura 61, Figura 62 e Figura 63 ilustram o CN médio calculado para cada uma das bacias da área de estudo, referentes ao uso do solo de 2020, 2025, 2032 e 2040, respectivamente. Em termos numéricos, a Tabela 11 apresenta a evolução do CN médio por bacia hidrográfica para os anos de projeto.



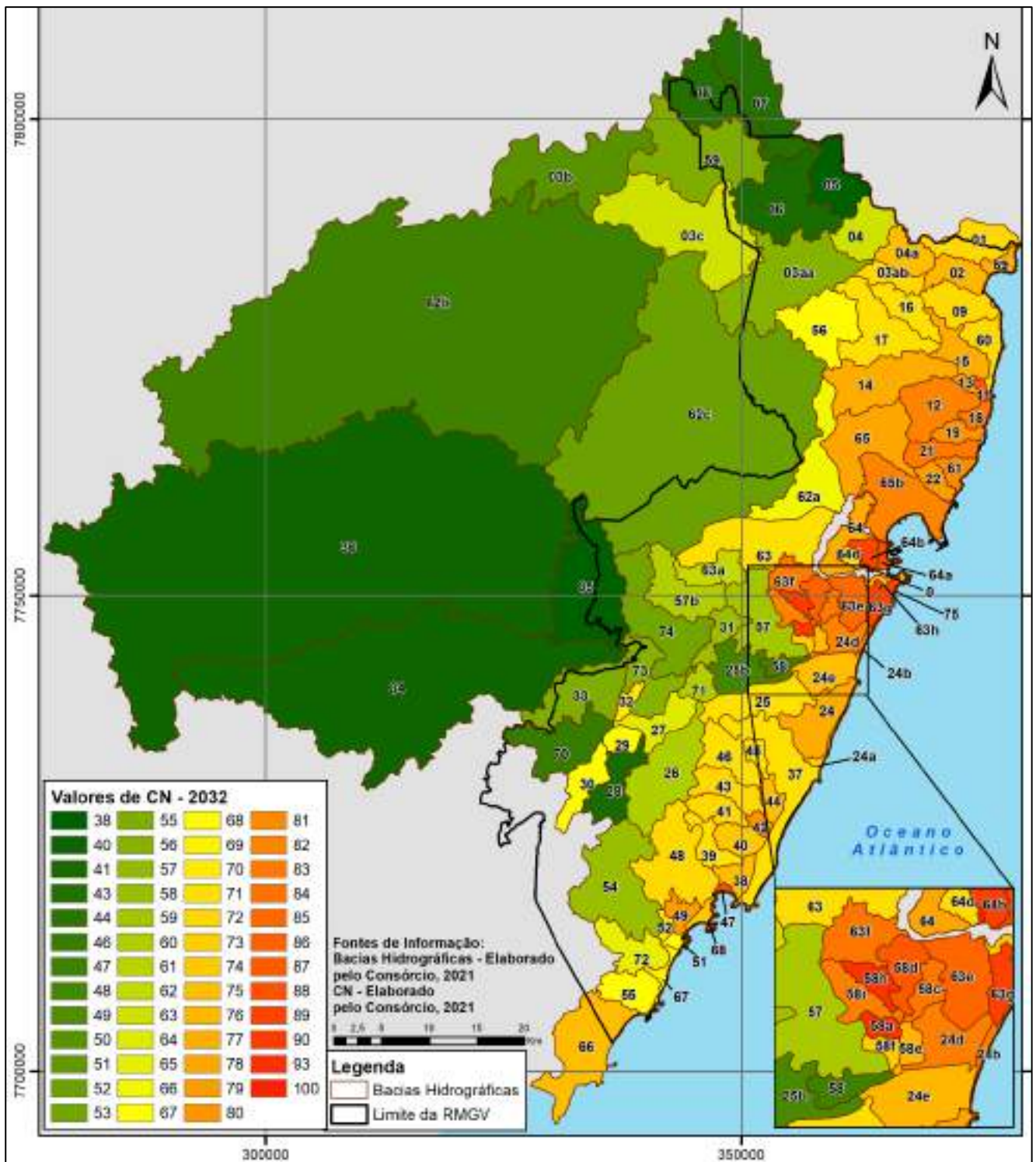
**Figura 60 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2020.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.



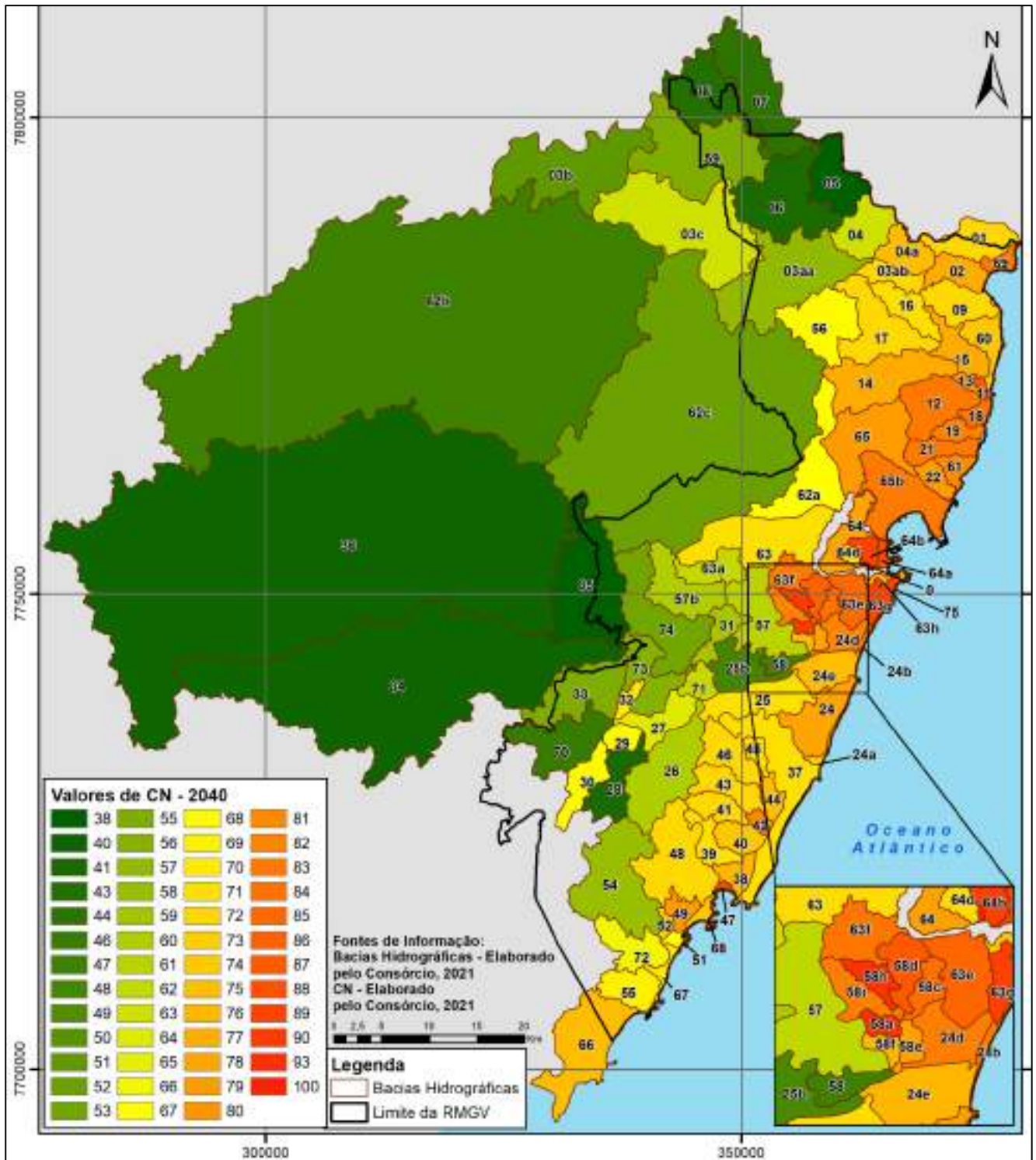
**Figura 61 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2025.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.



**Figura 62 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2032.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.



**Figura 63 – Mapa de Curve Number (CN) por bacia hidrográfica, referente ao uso do solo de 2040.**

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

**Tabela 11 – Evolução do CN médio para cada bacia hidrográfica nos anos de projeto (2020/2025/2032/2040).**

Código de Identificação da Bacia	CN de 2020	CN de 2025	CN de 2032	CN de 2040
0	93	93	93	93
1	71	72	72	72
2	76	76	76	77
3aa	56	56	56	57
3ab	72	72	72	72
3b	49	50	50	51
3c	63	63	63	63
4	63	63	63	63
4a	75	75	75	75
5	38	38	38	38
6	41	41	41	41
7	43	43	43	44
8	43	43	43	43
9	71	72	72	72
11	82	82	87	87
12	82	82	82	83
13	77	77	79	80
14	76	77	77	77
15	75	76	77	77
16	71	71	71	71
17	71	71	71	72
18	82	82	83	84
19	79	79	80	82
21	81	81	83	83
22	79	79	79	79
24	76	76	77	78
24a	71	71	73	73
24b	75	78	82	82
24d	79	81	82	82
24e	74	74	75	75
25	71	71	71	71
25b	48	48	48	48
26	60	60	60	60
27	64	64	64	64
28	41	41	41	41
29	68	68	68	68
30	68	68	68	68
31	57	57	58	59
32	70	70	70	70
33	55	55	55	55
34	40	40	40	40
35	38	38	38	38
36	40	40	40	40
37	71	71	71	71
38	75	75	75	76
39	71	71	71	71
40	73	74	74	74
41	71	72	72	72
42	77	78	80	81
43	72	72	72	72
44	75	75	75	75
45	71	71	71	71
46	71	71	71	72

Código de Identificação da Bacia	CN de 2020	CN de 2025	CN de 2032	CN de 2040
47	86	86	88	88
48	72	72	72	72
49	77	77	79	79
51	65	66	67	67
52	69	69	70	73
54	58	58	58	58
55	68	68	68	69
56	67	67	68	68
57	57	58	59	61
57b	60	60	60	60
58	47	46	47	47
58a	80	80	90	90
58c	83	83	83	84
58d	83	86	86	86
58e	73	73	75	78
58f	71	71	73	75
58h	89	89	90	90
58i	80	80	82	82
59	55	55	55	55
60	71	71	72	74
61	78	78	81	81
62a	63	64	66	67
62b	47	47	47	47
62c	52	52	52	52
63	71	71	71	71
63a	61	61	62	62
63e	84	85	85	85
63f	81	82	83	83
63g	89	89	89	89
63h	74	74	74	74
64	77	77	77	78
64a	88	88	88	88
64b	89	89	89	89
64d	71	71	71	71
65	77	78	78	79
65b	82	82	82	83
66	74	74	75	75
67	67	68	69	70
68	73	74	74	74
69	74	75	77	83
70	46	46	46	46
71	60	60	60	62
72	65	65	65	66
73	56	56	56	56
74	53	53	53	53
75	73	73	73	73

Fonte: Elaboração Própria, 2021.

Então, com este resultado em mão foi possível determinar a impermeabilização média das bacias hidrográficas da área de estudo. Percebe-se que, apesar de extremamente importante, apenas a urbanização de uma área não é suficiente para indicar a o valor de CN local, já que fatores pedológicos são essenciais para a obtenção de resultados fidedignos.

De maneira geral, a evolução dos CNs ao longo dos anos de projeto se dá de forma discreta nas bacias de grande porte, como por exemplo a bacia 34 e a bacia 36, que mesmo com alterações no uso do solo o impacto destas alterações no CN médio da bacia foi indiferente.

Em contrapartida, bacias menores apresentaram alta sensibilidade a mudanças de uso do solo ao longo dos anos de projeto, como é o caso das bacias 58a, 58d e 58e, por exemplo, cujo CN de 2020 figurava em 80, 83 e 73, respectivamente, enquanto em 2040 estes o valor destes CNs foi de 90, 86 e 78, nesta ordem.

Ademais, percebe-se que os valores de CNs corroboram fielmente ao uso do solo, que por sua vez apresenta a materialização do desenvolvimento dos eixos urbanos ao longo dos anos de projeto. Ilustrou-se então, a partir dos valores de CN apresentados neste capítulo, a evolução da impermeabilização intrínseca ao desenvolvimento urbano da RMGV nos anos de projeto.

## 2.5 Coeficiente de Manning

Durante um escoamento, a água fica submetida a ação de uma força aceleradora. Em reação a esta força, surge na região de contato entre a água e o perímetro molhado do canal, uma força de resistência aplicada ao fluido, que se opõem ao seu movimento. Esta força de resistência é o principal motivo de perda de carga em escoamentos. Ela é uma função da viscosidade do fluido e da rugosidade do canal (PORTO, 2006).

Para descrever a resistência ao escoamento devido a rugosidade do canal fluvial utiliza-se o coeficiente de Manning. Este coeficiente empírico está intimamente relacionado aos parâmetros geométricos da seção (raio hidráulico, área molhada e perímetro molhado) e a rugosidade hidráulica equivalente. A relação entre estes parâmetros, o coeficiente de Manning e a vazão, é a Fórmula de Manning.

Segundo Chow (1959) a fórmula (ou equação) de Manning é a formulação da resistência no escoamento em canais mais utilizada nos problemas práticos de hidrologia principalmente de condutos livres.

Essa expressão originalmente proposta para o escoamento uniforme foi estendida para o escoamento variado e mesmo o escoamento não permanente considerando-a válida localmente e instantaneamente.

A única restrição importante a validade da fórmula de Manning é que o escoamento seja turbulento rugoso, o que se verifica na maioria dos canais naturais dado ao elevado valor do número de Reynolds (CHOW, 1959).

O coeficiente de Manning pode ser específico para cada seção transversal ou para cada trecho fluvial. Este valor é afetado por diversos fatores, como: rugosidade do perímetro molhado; irregularidade e alinhamento do canal, deposição de partículas de sedimentos sólidos e a altura, densidade e tipo de vegetação.

CHOW (1959) apresenta várias tabelas com valores de coeficiente de Manning para

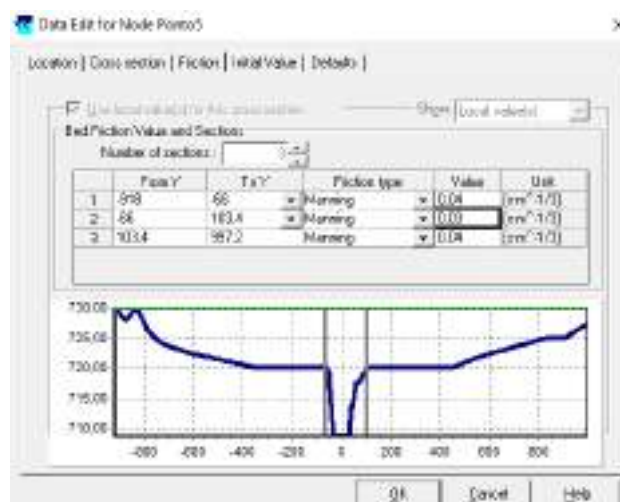
diferentes tipos de canais. Abaixo, reproduzimos uma delas referente a canais naturais (Tabela 12).

**Tabela 12 – Valores do Coeficiente de Manning para canais naturais.**

Tipo do canal e descrição	Mínimo	Normal	Máximo
1- Canais naturais			
1.1- Planícies de Inundações			
1.1.1- Pastagem			
Gramma curta	0.025	0.030	0.035
Gramma alta	0.030	0.035	0.050
1.1.2- Áreas cultivadas			
Nenhuma colheita	0.020	0.030	0.040
Colheitas maduras na fileira	0.025	0.035	0.045
Colheitas de campo maduras	0.030	0.040	0.050
1.1.3- Matagal			
Galhos dispersos	0.035	0.050	0.070
Matagal leve e árvores, no inverno	0.035	0.050	0.060
Matagal leve e árvores, no verão	0.040	0.050	0.080
Mato médio a denso, no inverno	0.045	0.070	0.110
Mato médio a denso, no verão	0.070	0.100	0.160
1.1.4- Árvores			
Salgueiros densos	0.110	0.150	0.200
Terra limpa com toco de árvores, sem broto	0.030	0.040	0.050
Terra limpa com toco de árvores, com brotos crescendo	0.050	0.060	0.080

Fonte: Ven Te Chow, 1959.

O Módulo SOBEK FLOW permite o uso de várias opções de parâmetros de rugosidade, como: Chézy, Manning, Strickler, White-Colebrook, Bos-Bijkerk. Para o modelo desse estudo, o conceito Manning foi aplicado. Os valores de rugosidade podem ser definidos para cada seção transversal individual. Além disso, alguns formatos de perfil de seção transversal permitem a variação dos valores de Manning ao longo da seção. Essa funcionalidade é importante quando as seções têm combinações de tipos de superfície, como concreto e vegetação. O uso dessa funcionalidade é mostrado na Figura 64 a seguir.



**Figura 64 - Exemplo do quadro de atrito (manning) dentro da Interface do SOBEK.**

Os fatores que podem exercer a maior influência sobre o coeficiente de rugosidade

em canais artificiais e naturais são citados por Chow (1959). A rugosidade básica é determinada de acordo com o material presente ao longo do perímetro molhado.

Para a presente modelagem os valores de coeficiente de Manning foram adotados de acordo com as características de cada corpo hídrico conforme indicado em (CHOW, 1959).



obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA). Esta estação está posicionada logo a jusante da saída da barragem da PCH São Pedro. Dessa forma a vazão que “entra” no modelo é a vazão lançada pela barragem da PCH. A partir desta posição o modelo considera a contribuição da área de drenagem até o limite da primeira bacia hidrográfica no interior da RMGV.

Para o Rio Jucú Braço Sul a borda de montante foi posicionada na estação fluviométrica PCH Jucú Jusante código 57200000, cujos dados de vazão foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA). Esta estação está posicionada logo a jusante da saída da barragem da PCH Jucú. Dessa forma a vazão que “entra” no modelo é a vazão lançada pela barragem da PCH Jucú. A partir desta posição o modelo considera a contribuição da área de drenagem até o limite da primeira bacia hidrográfica no interior da RMGV.

Para o Rio Santa Maria da Vitória a borda de montante foi posicionada na estação fluviométrica UHE Suíça Jusante código 57120080, cujos dados de vazão foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA). Esta estação está posicionada a jusante da saída da barragem da UHE Suíça. Dessa forma a vazão que “entra” no modelo é a vazão lançada pela barragem da UHE Suíça. A partir desta posição o modelo considera a contribuição da área de drenagem até o limite da primeira bacia hidrográfica no interior da RMGV.

Na Figura 66 são mostradas as posições das bordas de montante: Jucú Braço Sul, Jucú Braço Norte, Santa Maria da Vitória. São mostradas também as estações fluviométricas: PCH Jucú Jusante, PCH São Pedro Jusante e UHE Suíça Jusante.

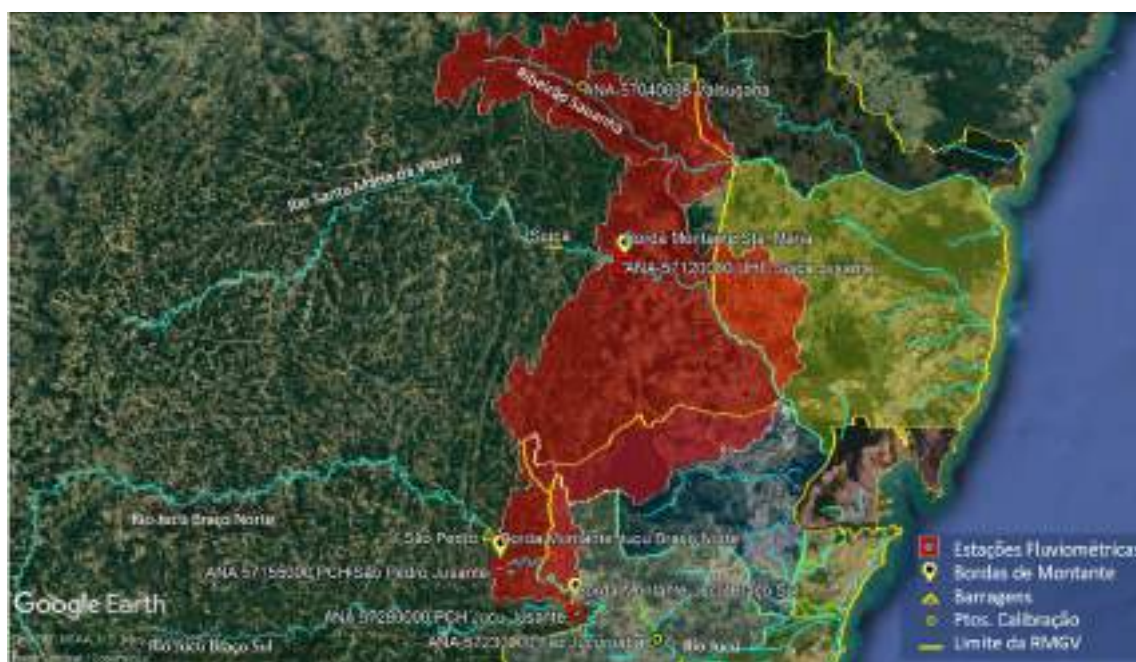


**Figura 66 – Bordas de montante do modelo e as respectivas estações fluviométricas associadas às bordas.**

Para o caso do Ribeirão Sauanha, optou-se por incluir toda a sua bacia na modelagem e, assim, obter o valor da sua vazão através do cálculo “chuva-vazão”.

Na Figura 67 são mostradas:

1. A bacia inteira do Ribeirão Sauanha desde a nascente até a “entrada” na RMGV. Dessa forma o modelo considerou o processo de “chuva vazão” nesta bacia e calculou o valor da vazão através da chuva precipitada.
2. A área de contribuição da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória desde o ponto da estação fluviométrica Suíça Jusante (Borda Montante) até o limite com as bacias no interior da RMGV.
3. A área de contribuição da Bacia do Rios Jucú Braço Norte desde o ponto da estação fluviométrica São Pedro Jusante (Borda Montante) até o limite com as bacias no interior da RMGV.
4. A área de contribuição da Bacia do Rios Jucú Braço Sul desde o ponto da estação fluviométrica Jucú Jusante (Borda Montante) até o limite com as bacias no interior da RMGV.



**Figura 67 – Localização das bordas de montante da modelagem, indicação das áreas de contribuição das bacias dos rios Jucú Braço Sul, Jucú Braço Norte, Santa Maria da Vitória e Ribeirão Sauanha, localização das estações fluviométricas e limite da RMGV.**

Para o Rio Jucú a jusante da confluência dos Braços Norte e Sul existe uma estação fluviométrica denominada Estação Fazenda Jucuruaba código 57230000. Os dados desta estação foram, também, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA). A obtenção destes dados possibilitou a comparação dos valores de vazão calculados pela modelo com os registros fluviométricos desta estação. Através desta comparação foi possível realizar a calibração do modelo para a bacia do Jucú e sub bacias a montante.

De modo semelhante, para o Ribeirão Sauanha, os dados de vazão, obtidos para a estação Valsugana Velha Montante código 57040008, possibilitaram a calibração do modelo para esta bacia a montante da estação.

As informações detalhadas das estações fluviométricas mencionadas nesta seção estão apresentadas na seção 4.1, quando da análise dos dados de vazão.

## 4 Análise dos Dados Pluviométricos, Fluviométricos e Maregráficos

Nesta seção são apresentados e analisados os dados de pluviometria, fluviometria e nível do mar. Os resultados das análises fornecem uma caracterização das marés, das vazões dos principais rios e das chuvas nas bacias. Fornece, também, as forçantes para a modelagem hidrológica.

Um grande problema que ocorre na elaboração de estudos deste tipo é a ausência de dados na forma de series temporais longas, contínuas, com intervalos de amostragens constantes e iguais ou inferiores a uma hora. Existe também uma deficiência em termos de cobertura espacial. Desta forma, como se faz na maioria dos casos, utilizaremos o máximo de dados disponíveis completando-os da melhor forma e utilizando as metodologias mais adequadas disponíveis para interpolações temporais e espaciais.

A RMGV recebe o aporte de três rios importantes, são eles: Rio Jucú, Rio Santa Maria da Vitória e Ribeirão Sauanha (ou Timbuí). Na esquematização da modelagem adotou-se como bordas de montante os rios Jucú Braço Norte, Jucú Braço Sul e Santa Maria da Vitória. A Bacia do Ribeirão Sauanha foi incluída inteira na modelagem chuva vazão.

As posições nas quais foram impostas as bordas de montante da modelagem para os três rios, Jucú Braço Norte e Braço Sul e Santa Maria da Vitória, estão apresentadas na Figura 52.

As posições das bordas são coincidentes com as estações fluviométricas existentes em cada um destes rios, a saber:

- Rio Jucú Braço Norte: Estação Fluviométrica PCH São Pedro Jusante código 57155000;
- Rio Jucú Braço Sul: Estação Fluviométrica PCH Jucú Jusante código 57200000;
- Rio Santa Maria da Vitória: Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante, Código 57120080.

Os dados de vazão das estações no Ribeirão Sauanha (Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante, Código 57040008) e no Rio Jucú (Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba, Código 57230000), foram utilizados para a calibração da modelagem.

Ainda, na Figura 52 são mostradas as áreas de contribuição das três bacias (Jucú Braços Norte e Sul e Santa Maria da Vitória) entre as estações (“entrada” de vazão no modelo) e a RMGV. Nesta Figura é mostrada também a bacia de contribuição do Ribeirão Sauanha desde a sua nascente até a entrada da RMGV.

Na sequência são apresentados e analisados os dados de vazão dos rios:

- Rio Jucú: Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba, Código 57230000;
- Rio Santa Maria da Vitória: Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante, Código 57120080;
- Ribeirão Sauanha: Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante, Código 57040008.

É importante destacar que, as estações fluviométricas utilizadas nas análises para os Rios Jucú e Santa Maria da Vitória estão localizadas a jusante de barragens.

A estação do Rio Jucú (Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba) fica a jusante das barragens da PCH São Pedro Jusante (Rio Jucú Braço Norte) e PCH Jucú (Rio Jucú Braço Sul).

A estação do Rio Santa Maria da Vitória, fica a jusante da UHE Suíça.

A PCH São Pedro Jusante (Rio Jucú Braço Norte) opera desde 2009 e a PCH Jucú (Rio Jucú Braço Sul) opera desde 1909. A UHE Suíça no Rio Santa Maria da Vitória está em funcionamento desde 1963.

Dessa forma os valores de vazão analisados são influenciados pela operação dos reservatórios e, portanto, não são válidos para algumas estimativas, como disponibilidade hídrica, por exemplo. Contudo, estes dados representam as vazões que efetivamente estavam presentes nos locais e datas das medidas e, neste caso, são extremamente úteis para a modelagem.

## **4.1 Análise dos Dados de Vazão**

Os dados de vazão, analisados a seguir, são provenientes das estações fluviométricas do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA) e foram obtidos a partir do site de séries históricas da HIDROWEB (ANA, 2021). A localização das estações é apresentada na Figura 67.

### **4.1.1 Metodologia de Análise para Vazão**

Para cada estação fluviométrica selecionada foram calculadas a vazão média e as vazões extremas. Estas vazões, representativas do sistema hidrológico investigado, são definidas a seguir.

#### **4.1.1.1 Vazão Média**

No presente estudo, como os dados de vazão das séries históricas da ANA são valores médios diários ao longo dos anos (e algumas poucas séries horárias de menor duração), utiliza-se o cálculo de dois tipos de vazão média:

1. A vazão média ao longo de toda a série (vazão média de longo período MLP), considerando a média de todos os valores médios diários;
2. A vazão média para cada mês, ao longo de todos os anos. Os valores médios

mensais mostram como a vazão varia, em média, ao longo dos meses indicando o seu comportamento sazonal.

#### 4.1.1.2 Vazões Extremas

Neste estudo são calculadas, também, as vazões máximas referentes aos períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para a determinação destas vazões foi aplicado um ajuste de funções utilizando as distribuições de Gumbel, GEV (distribuição de probabilidade generalizada de valores extremos) e Log Pearson III. Para avaliar o nível de aderência dos ajustes das distribuições aos dados, foram realizadas análises de comparação propostas por: Willmott e Wicks 1980 (apud WILLMOTT, 1982), Cortês (2004) e Walstra et al (2001).

O Índice de concordância (IOA) de Willmott e Wicks (1980) (apud WILLMOTT, 1982) com a classificação de Cortês (2004) é definido por:

$$IOA = 100 \times \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\text{observado}_i - \text{calculado}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\text{observado}_i - \overline{\text{observado}}| + |\text{calculado}_i - \overline{\text{observado}}|)^2} \right]$$

Onde:

$IOA$  = Índice de concordância de Willmott (%);

$\text{observado}_i$  e  $\text{calculado}_i$  = dados observados e valores calculados, respectivamente;

$\overline{\text{observado}}$  = média dos dados observados;

$\overline{\text{calculado}}$  = média dos valores calculados.

Cortês (2004) propôs a seguinte classificação para o índice de concordância de Willmott e Wicks (Tabela 13).

**Tabela 13 – Classificação para o IOA de Willmott e Wicks.**

IOA (%)	CLASSIFICAÇÃO
> 85	Ótimo
76 a 85	Muito Bom
66 a 75	Bom
61 a 65	Mediano
51 a 60	Sofrível
41 a 50	Mau
≤ 40	Péssimo

Fonte: Cortês, 2004.

Walstra et al. (2001) propôs o "Relative Mean Absolute Error" (RMAE), um parâmetro estatístico definido por:

$$RMAE = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n |\text{observado}_i - \text{calculado}_i|}{\sum_{i=1}^n |\text{observado}_i|}$$

Onde:

$observado_i$  e  $calculado_i$  = dados observados e valores calculados, respectivamente.

Walstra et al. (2001) apresentam uma tabela na qual classificam os valores dos erros, reproduzimos esta qualificação na Tabela 14 abaixo.

**Tabela 14 – Classificação do RMAE proposta por Walstra et al. (2001).**

ERRO PERCENTUAL (RMAE) (%)	QUALIFICAÇÃO
RMAE < 20	Excelente
20 < RMAE < 40	Bom
40 < RMAE < 70	Razoável
70 < RMAE < 100	Ruim
RMAE > 100	Péssimo

#### 4.1.2 Análise das Vazões para o Rio Jucú

Os dados de vazão do Rio Jucú são da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). A informações sobre coordenadas geográficas da estação, altitude, área de drenagem etc., são apresentados na Figura 68.



Dados Estação	
Código	57230000
Nome Estação	FAZENDA JUCURUABA
Código Adicional	
Bacia	S - ATLÂNTICO TREDHO LESTE
SubBacia	67 - BASS. TAPEIRAS (TAJAPONAS)
Rio	RIO JUCU
Estado	ESPRITO SANTO
Município	IANA
Responsável	ANA
Operadora	CPRE
Latitude	-20.415
Longitude	-40.4003
Altitude (m)	80
Área de Drenagem (Km²)	1830

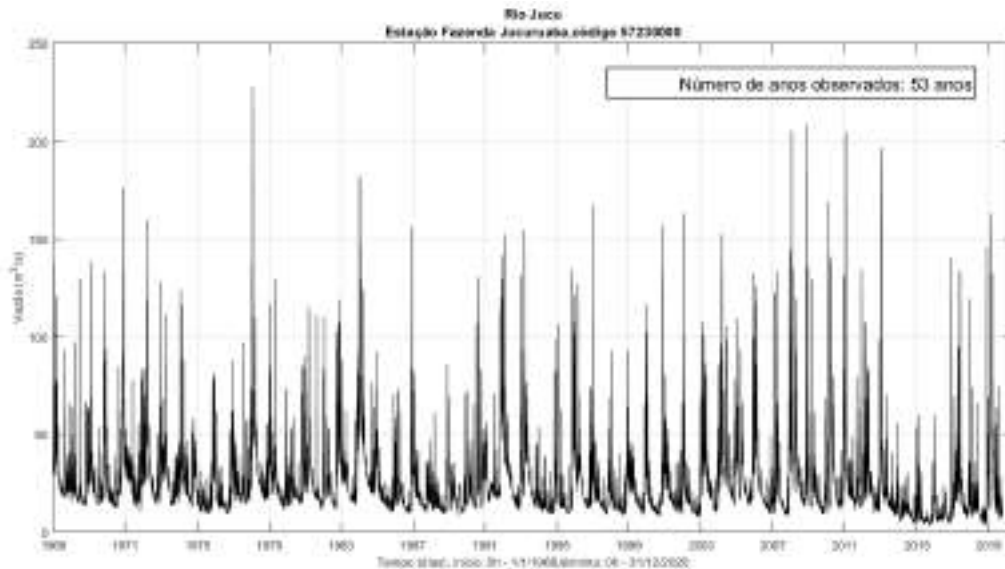
**Figura 68 – Informações sobre a estação fluviométrica utilizada para análise das vazões no Rio Jucú. Imagem extraída do site da HidroWeb**

Fonte: (ANA, 2021).

Para esta estação os registos estão disponíveis em duas formas, valores médios diários e dados com intervalo de amostragem e 15 min. As durações dos registos são as seguintes:

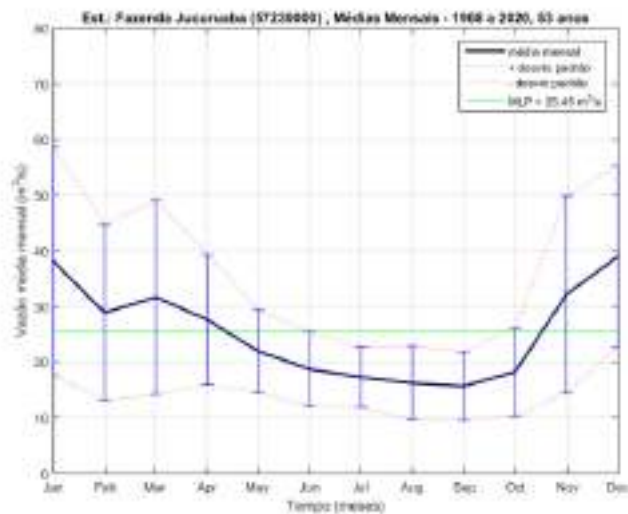
- Vazão média diária: de 1º de janeiro de 1968 a 31 de dezembro de 2020;
- Vazão (intervalo de 15 min): de 29 de novembro de 2010 a 12 de janeiro de 2020.

Na Figura 69 é apresentada a série temporal de vazão média diária.



**Figura 69 – Série temporal de vazão da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000).**

Na Figura 70 são apresentadas as análises para as estimativas das vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP), calculadas a partir dos dados de vazão obtidos na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000).

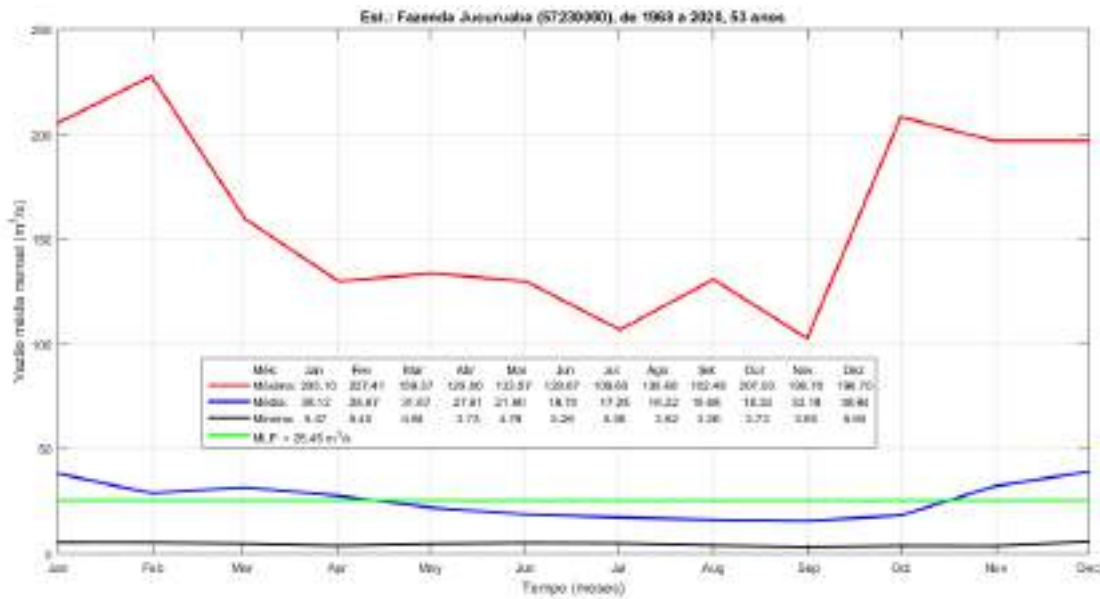


**Figura 70 – Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000), vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP).**

A análise mostra que os meses chuvosos (vazões acima da média) ocorrem entre novembro e abril e os meses de estiagem ocorrem entre maio e outubro. As maiores variabilidade pluviométrica ocorrem no período chuvoso (maior desvio padrão).

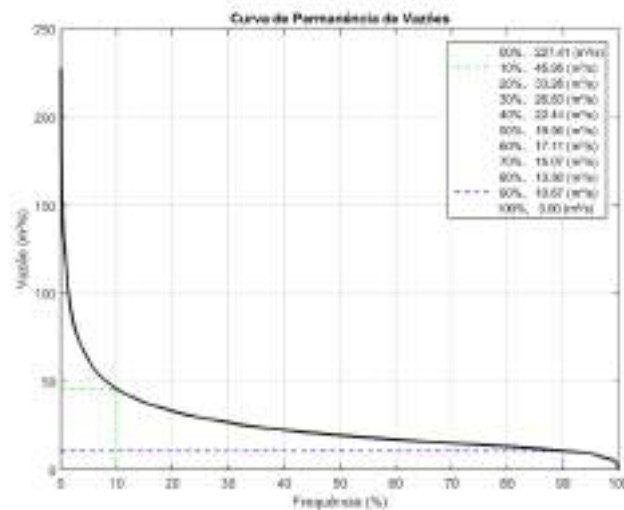
Na Figura 71 são apresentados os valores das vazões máximas, médias e mínimas mensais obtidas a partir dos dados da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). Esta análise mostra que, historicamente, os maiores valores

ocorrem entre os meses de outubro e fevereiro.



**Figura 71 – Estação Fazenda Jucuruaba (Código 57230000), vazões mensais médias, máximas e mínimas.**

Na Figura 72 é apresentada a curva de permanência dos valores das vazões média diárias obtidas a partir dos dados da Estação Fluvimétrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). Observa-se que somente 10% das vazões observadas são superiores a 46 m³/s.

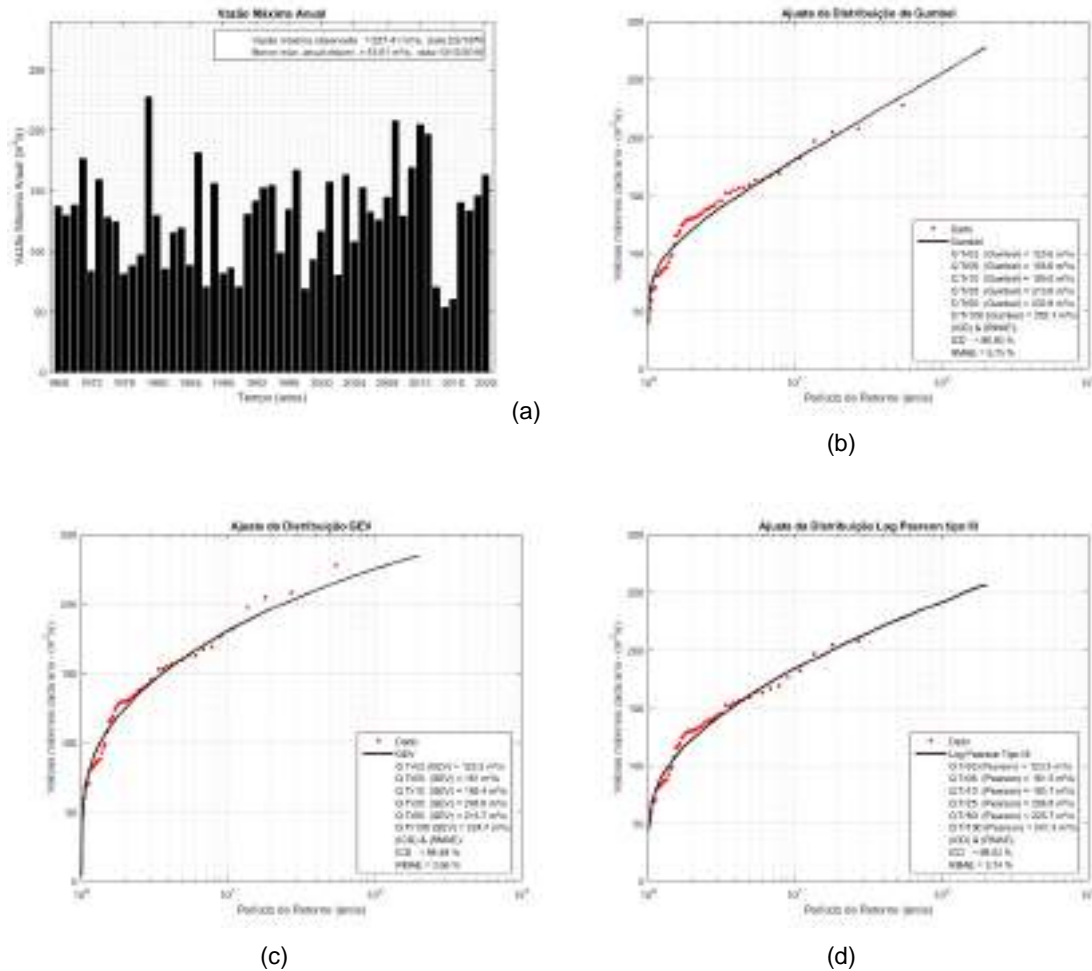


**Figura 72 – Curva de permanência de vazões para a Estação Fluvimétrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000).**

Na Figura 73 são apresentadas as análises para as estimativas das vazões máximas com períodos de retorno ( $T_r$ ) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, calculadas a partir dos dados de vazão obtidos no período de janeiro de 1968 a dezembro de 2020, na Estação Fluvimétrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). Foram testados três ajustes

usando três distribuições diferentes: Gumbel, GEV (“Generalized Extreme Value”) e Log Pearson tipo III.

Na Figura 73 (a) são apresentados os máximos anuais. Nas Figuras 58 (b), (c) e (d) são apresentadas as distribuições: Gumbel, GEV e Log Pearson III respectivamente. Observa-se que, de acordo com estas análises, o Tr de 1 ano é da ordem de 54 m<sup>3</sup>/s e que, ao longo de 53 anos, existem 21 anos nos quais os máximos anuais foram inferiores ao Tr de 2 anos (aproximadamente 123 m<sup>3</sup>/s).



**Figura 73– (a) Valores máximos anuais, (b) ajuste da distribuição de Gumbel, (c) GEV e (d) Log Pearson III.**

Os três ajustes apresentaram aderências ótimas para o critério (IOA) e excelente para o critério (RMAE). Contudo o ajuste com a distribuição Log Pearson III apresenta valores mais coerentes e mais conservadores. Portanto, para as estimativas de período de retorno foram utilizados os valores da distribuição Log Pearson III, dados por:

- Vazão com Tr02 anos: 123,35 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr05 anos: 161,53 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr10 anos: 183,68 m<sup>3</sup>/s;

- Vazão com Tr25 anos: 208,80 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr50 anos: 225,73 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr100 anos: 241,28 m<sup>3</sup>/s.

Contudo, as vazões máximas apresentadas acima são resultantes de registros médios diários obtidos na estação fluviométrica. Estes valores devem ser corrigidos para vazões máximas instantâneas por meio da aplicação de um coeficiente que relacione as duas. Existem vários estudos que apresentam relações deste tipo para diferentes regiões do mundo. Para o presente trabalho vamos adotar a relação proposta por Silva & Tucci (1998) dada por:

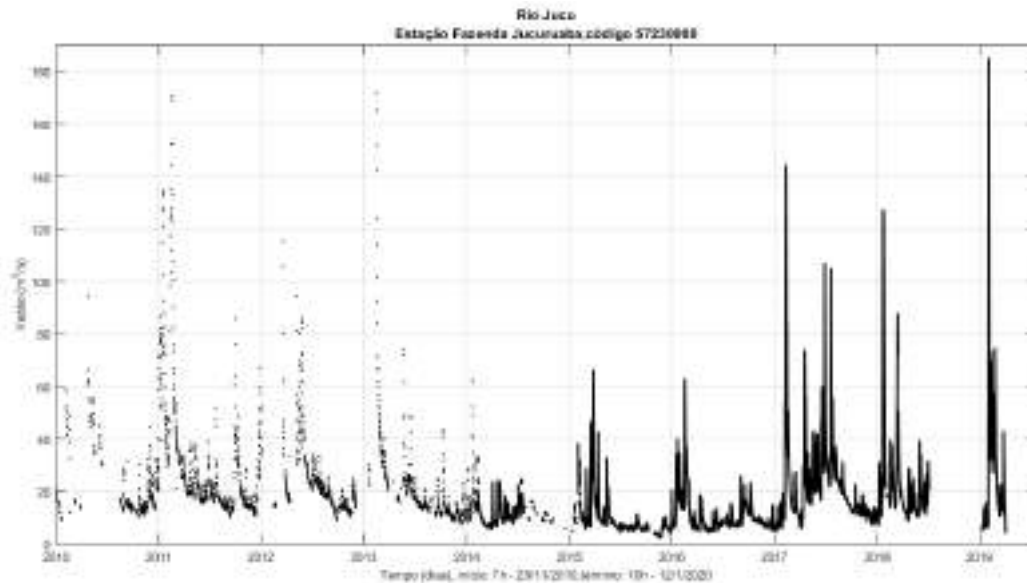
$$Q_{max. inst.} = Q_{max. med.} (1 + 15,03A^{-0.59})$$

Onde:  $A$  = Área da bacia (km<sup>2</sup>).

O valor para a área de drenagem da bacia, até a posição da Estação Fazenda Jucuruaba, fornecido pela Agência Nacional de Águas no site da HidroWeb (Figura 68) é de 1690 km<sup>2</sup>. O valor calculado a partir da divisão de bacias realizada neste estudo é de 1686,53 km<sup>2</sup>, uma diferença de 0,2 % em relação ao valor fornecido na HidroWeb. Aplicando a relação acima aos valores da distribuição Log Pearson III, obteve-se os seguintes resultados para as vazões máximas instantâneas:

- Vazão com Tr02 anos: 123,35 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 146,48 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr05 anos: 161,53 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 191,82 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr10 anos: 183,68 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 218,13 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr25 anos: 208,80 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 247,96 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr50 anos: 225,73 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 268,05 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr100 anos: 241,28 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 286,53 m<sup>3</sup>/s.

Os registros com intervalo de amostragem de 15 minutos, são do período de 29 de novembro de 2010 a 12 de janeiro de 2020. Este registro apresenta longos trechos sem amostragem (lacunas) o que torna difícil uma análise estatística, contudo fornece informações importantes quando utilizado em conjunto com dados de precipitação durante eventos críticos. Na Figura 74 é apresentada a série temporal destes dados para a Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000).



**Figura 74 – Série temporal de vazão da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000).**

O maior valor registrado,  $184,68 \text{ m}^3/\text{s}$ , ocorreu no dia 14 de novembro de 2019 às 19 h e 30 min. De acordo com as análises de eventos extremos, este é um valor que se aproxima do período de retorno ( $T_r$ ) de 5 anos. Observa-se que para o período no qual existem dados disponíveis com intervalo de amostragem de 15 min, este valor ( $184,68 \text{ m}^3/\text{s}$ ) foi o maior observado.

#### 4.1.3 Análise das Vazões para o Rio Santa Maria da Vitória

Os dados de vazão do Rio Santa Maria da Vitória são provenientes da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080). A informações sobre a estação são apresentadas na Figura 75.

Dados Estação	
Código	57120080
Nome Estação	UHE SUÍÇA JUSANTE
Código Adicional	
Bacia	3 - ATLÂNTICO, TRECHO LESTE
SubBacia	37 - RIOS ITAREMIRIM, TABAPOANA E
Rio	RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA
Estado	ESPRITO SANTO
Município	SANTA LEOPOLDINA
Responsável	STATKRAFT
Operadora	STATKRAFT
Latitude	-20 1016
Longitude	-40 5153
Altitude (m)	18
Área de Drenagem (Km²)	1020

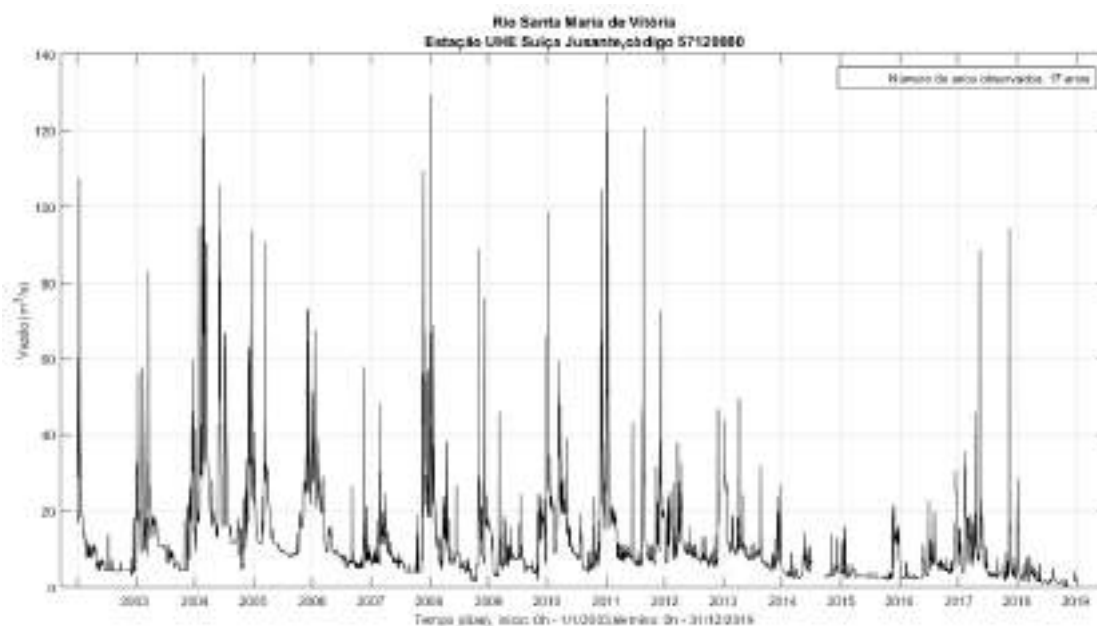
**Figura 75 – Informações sobre a estação fluviométrica utilizada para análise das vazões no Rio Santa Maria da Vitória. Imagem extraída do site da HidroWeb**

Fonte: (ANA, 2021).

Para esta estação os registos estão disponíveis em duas formas, valores médios diários e dados com intervalo de amostragem e 15 min. As durações dos registos são as seguintes:

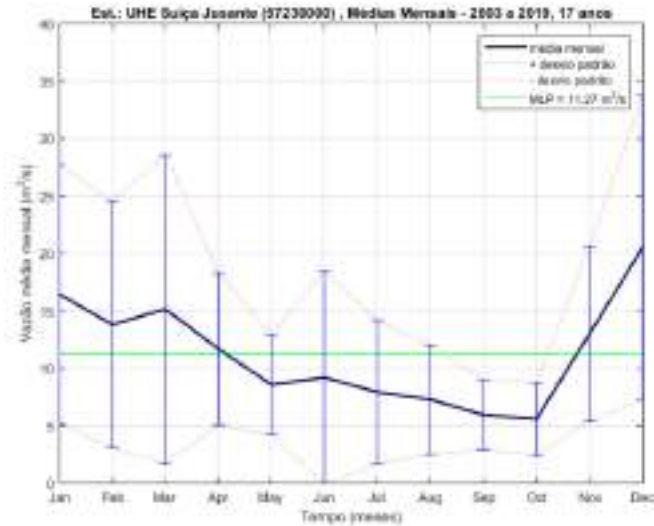
- Vazão média diária: de 1º de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2019;
- Vazão (intervalo de 15 min): de 2 de junho de 2014 a 2 de outubro de 2020.

Na Figura 76 é apresentada a série temporal de vazão média diária.



**Figura 76 – Série temporal de vazão média diária da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).**

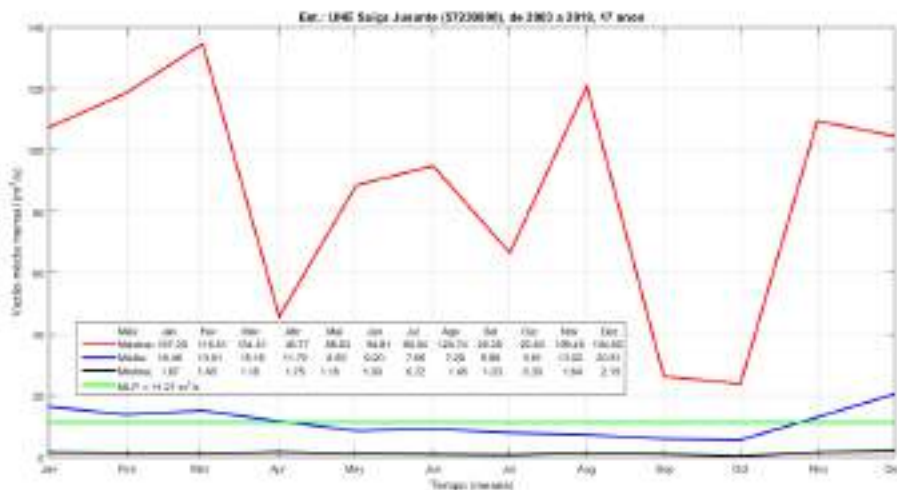
Na Figura 77 são apresentadas as análises para as estimativas das vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP), calculadas a partir dos dados de vazão obtidos na Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).



**Figura 77 – Estação Fluiométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080), vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP) = 11,27 m<sup>3</sup>/s.**

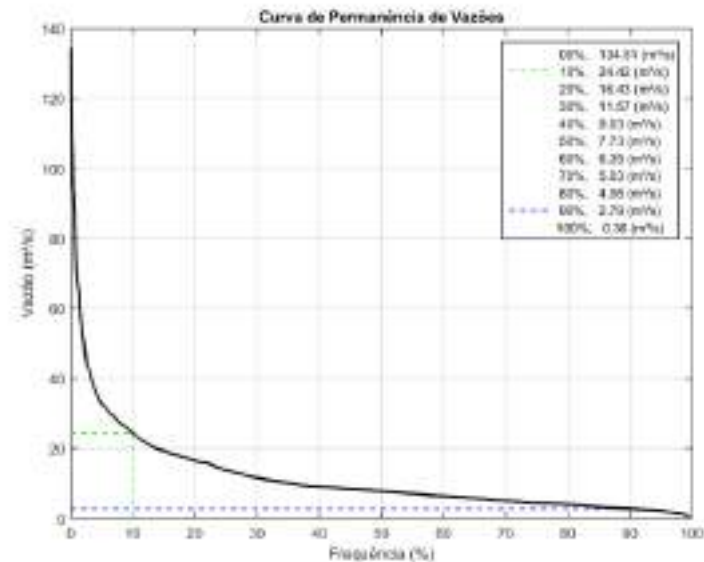
A análise mostra que os meses chuvosos (vazões acima da média) ocorrem entre novembro e abril e os meses de estiagem ocorrem entre maio e outubro. As maiores variabilidade pluviométrica ocorrem, em geral, no período chuvoso (maior desvio padrão).

Na Figura 78 são apresentados os valores das vazões máximas, médias e mínimas mensais obtidas a partir dos dados da Estação Fluiométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080). Esta análise mostra que, historicamente, os maiores valores ocorrem entre novembro e março.



**Figura 78 – Estação Fluiométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080), vazões mensais médias, máximas e mínimas.**

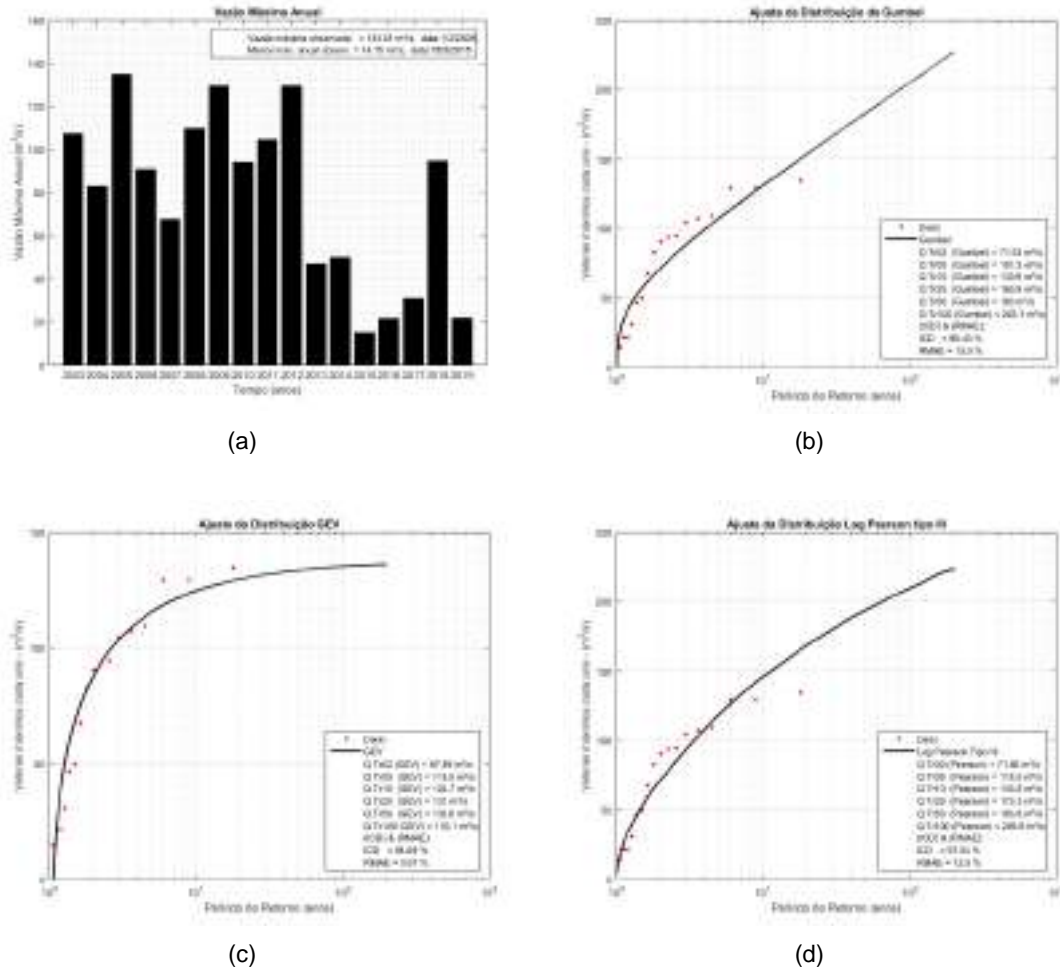
Na Figura 79 é apresentada a curva de permanência dos valores das vazões média diárias obtidas a partir dos dados da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080). Observa-se que somente 10% das vazões observadas são superiores a 24,42 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 79 – Curva de permanência de vazões para a Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).**

Na Figura 80 são apresentadas as análises para as estimativas das vazões máximas com períodos de retorno ( $T_r$ ) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, calculadas a partir dos dados de vazão obtidos no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2019, na Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080). Foram testados três ajustes usando três distribuições diferentes: Gumbel, GEV e Log Pearson tipo III.

Na Figura 80 (a) são apresentados os máximos anuais. Nas Figuras 65 (b), (c) e (d) são apresentadas as distribuições: Gumbel, GEV e Log Pearson III respectivamente. Observa-se que, de acordo com estas análises, o  $T_r$  de 1 ano é da ordem de 15 m<sup>3</sup>/s e que, ao longo de 17 anos, existem 7 anos nos quais os máximos anuais foram inferiores ao  $T_r$  de 2 anos (entre 72 e 88 m<sup>3</sup>/s).



**Figura 80– (a) Valores máximos anuais, (b) ajuste da distribuição de Gumbel, (c) GEV e (d) Log Pearson III, para a Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).**

Os três ajustes apresentaram aderências ótimas para o critério (IOA) e excelente para o critério (RMAE). Contudo, a que apresentou melhores índices e consequentemente maior aderência aos dados foi o ajuste com a distribuição GEV. Portanto, para as estimativas de período de retorno foram utilizadas as estimativas a partir desta distribuição, dados por:

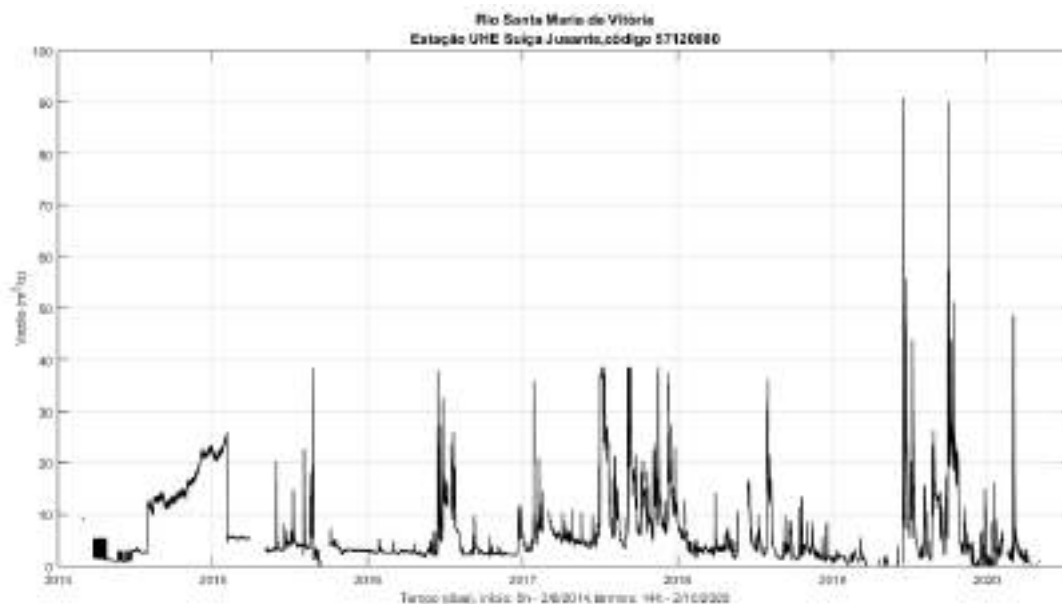
- Vazão com Tr02 anos: 87,89 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr05 anos: 115,5 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr10 anos: 124,70 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr25 anos: 131,00 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr50 anos: 133,56 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr100 anos: 135,10 m<sup>3</sup>/s.

Estes valores devem ser corrigidos para vazões máximas instantâneas por meio da aplicação de um coeficiente que relacione as duas. Para o presente trabalho adotou-se a relação proposta por Silva & Tucci (1998).

O valor para a área de drenagem da bacia, até a posição da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080), fornecido pela Agência Nacional de Águas no site da HidroWeb (Figura 75) é de 1020 km<sup>2</sup>. O valor calculado a partir da divisão de bacias realizada neste estudo é de 993,12 km<sup>2</sup>, uma diferença de 2,6 % em relação ao valor fornecido na HidroWeb. Aplicando a relação proposta por Silva & Tucci (1998) aos valores da distribuição GEV, obteve-se os seguintes resultados para as vazões máximas instantâneas:

- Vazão com Tr02 anos: 87,89 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 110,406m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr05 anos: 115,5 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 144,64m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr10 anos: 124,70 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 156,11 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr25 anos: 131,00 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 164,03 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr50 anos: 133,56 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 167,26 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr100 anos: 135,10 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 169,19m<sup>3</sup>/s.

Os registros com intervalo de amostragem de 15 minutos, são do período de 2 de junho de 2014 a 2 de outubro de 2020. Este registro apresenta alguns trechos sem amostragem (lacunas). Registros de vazão com intervalos de amostragem iguais ou inferiores a uma hora são muito importantes porque fornecem informações mais detalhadas quando utilizados em conjunto com dados de precipitação durante eventos críticos. Na Figura 81 é apresentada a série temporal destes dados para a Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080). Para este registro de vazões o maior valor registrado, 93,87 m<sup>3</sup>/s, ocorreu no dia 14 de novembro de 2019 às 14 h e 30 min. De acordo com as análises de eventos extremos, este é um valor que se aproxima do período de retorno (Tr) de 2 anos. Observa-se que para o período no qual existem dados disponíveis com intervalo de amostragem de 15 min, este valor (93,87 m<sup>3</sup>/s) foi o maior observado. O segundo maior valor observado foi de 90,38 m<sup>3</sup>/s e ocorreu no dia 2 de março de 2020 a 1 h e 30 min.



**Figura 81 – Série temporal de vazão da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080).**

#### **4.1.4 Análise das Vazões para o Ribeirão Sauanha (Timbuí)**

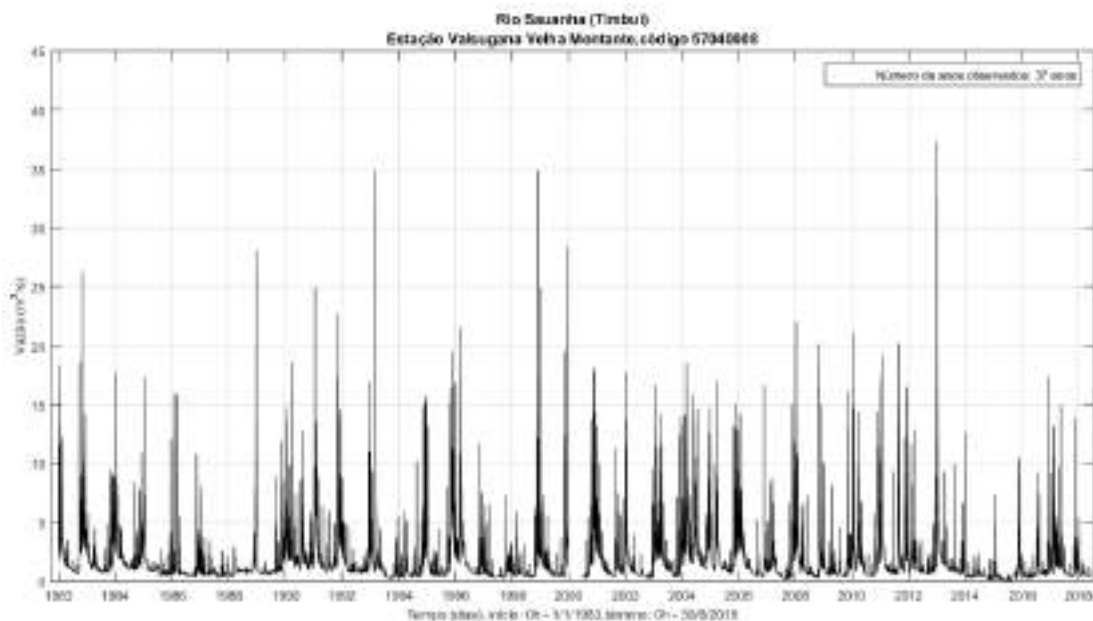
Os dados de vazão do Ribeirão Sauanha são provenientes da Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante, Código 57040008. A informações sobre a estação são apresentadas na Figura 82.

Dados Estação	
Código	57040008
Nome Estação	VALSUGANA VELHA MONTANTE
Código Adicional	
Bacia	5 - ATLÂNTICO, TRECHO LESTE
SubBacia	57 - RIOS ITAPEMIRIM, ITABAPOANA E
Rio	RIO TIMBUÍ
Estado	ESPIRITO SANTO
Município	SANTA TERESA
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-19.8642
Longitude	-40.5417
Altitude (m)	350
Área de Drenagem (Km²)	88

**Figura 82 – Informações sobre a estação fluviométrica utilizada para análise das vazões no Ribeirão Sauanha. Imagem extraída do site da HidroWeb.**

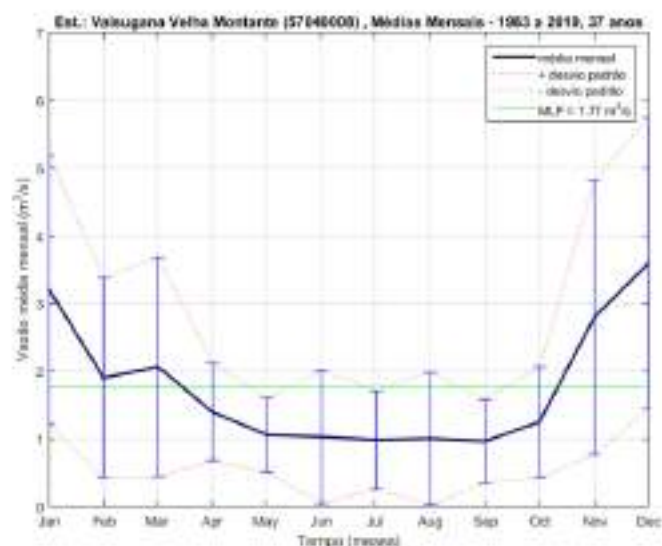
Fonte: (ANA, 2021).

Para esta estação só existem registos com valores médios diários, os quais são do período de 1º de janeiro de 1983 a 30 de junho de 2019. Na Figura 83 é apresentada a série temporal de vazão média diária.



**Figura 83 – Série temporal de vazão média diária da Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).**

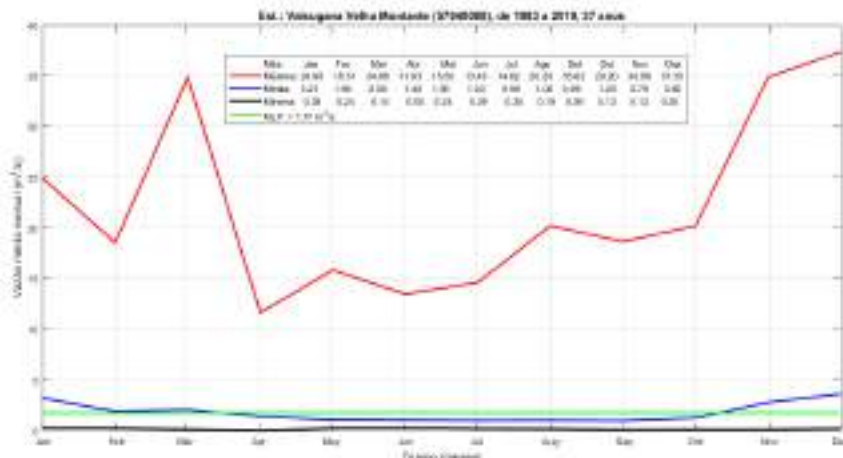
Na Figura 84 são apresentadas as análises para as estimativas das vazões médias mensais e vazão média de longo período (MLP), calculadas a partir dos dados de vazão obtidos na Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).



**Figura 84 – Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008), vazões médias mensais e vazão média de longo período (QMLP) = 1,77 m<sup>3</sup>/s.**

A análise mostra que os meses chuvosos (vazões acima da média) ocorrem entre novembro e março e os meses de estiagem ocorrem entre abril e outubro. As maiores variabilidade pluviométrica ocorrem, em geral, no período chuvoso (maior desvio padrão).

Na Figura 85 são apresentados os valores das vazões máximas, médias e mínimas mensais obtidas a partir dos dados da Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008). Esta análise mostra que, historicamente, os valores maiores ocorrem entre novembro e março.



**Figura 85 – Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008), vazões mensais médias, máximas e mínimas.**

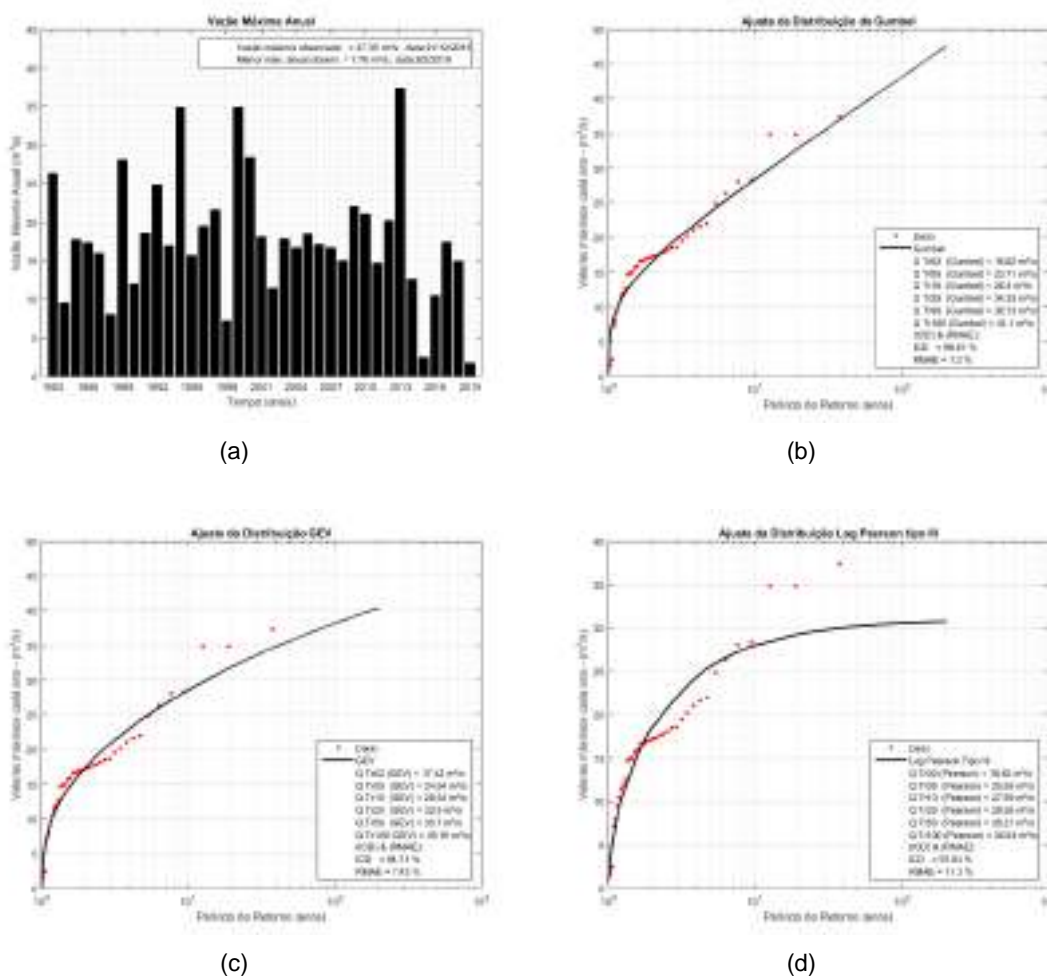
Na Figura 86 é apresentada a curva de permanência dos valores das vazões média diárias obtidas a partir dos dados da Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008). Observa-se que somente 10% das vazões observadas são superiores a 3,62 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 86 – Curva de permanência de vazões para a Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).**

Na Figura 87 são apresentadas as análises para as estimativas das vazões máximas com períodos de retorno ( $T_r$ ) de 2, 10, 50, 100 e 200 anos, calculadas a partir dos dados de vazão obtidos no período de 1º de janeiro de 1983 a 30 de junho de 2019, na Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008). Foram testados três ajustes usando três distribuições diferentes: Gumbel, GEV e Log Pearson tipo III.

Na Figura 87 (a) são apresentados os máximos anuais. Nas Figuras 72 (b), (c) e (d) são apresentados os ajustes das distribuições: Gumbel, GEV e Log Pearson III respectivamente. Observa-se que, de acordo com estas análises, o  $T_r$  de 1 ano é da ordem de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  e que, ao longo de 37 anos, somente em 11 anos nos os máximos anuais foram superiores ao  $T_r$  de 2 anos (aproximadamente  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



**Figura 87 – (a) Valores máximos anuais, (b) ajuste da distribuição de Gumbel, (c) GEV e (d) Log Pearson III, para a Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (Código 57040008).**

Os três ajustes apresentaram aderências ótimas para o critério (IOA) e excelente para o critério (RMAE). Contudo, as que apresentaram melhores índices foram as distribuições de Gumbel e GEV. Adotando uma abordagem conservadora, escolheu-se a distribuição que apresentou maiores valores de vazão para o período de retorno

mais altos (25, 50 e 100 anos), no caso o ajuste de Gumbel. Portanto, para as estimativas de período de retorno foram utilizadas as estimativas a partir desta distribuição.

Os valores de vazão para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, calculados através do ajuste com a distribuição de Gumbel devem ser corrigidos para valores de vazão máximos instantâneos, uma vez que estas estimativas foram feitas a partir de valores médios diários. Neste estudo vamos adotar a relação proposta por Silva & Tucci (1998).

O valor para a área de drenagem da bacia, até a posição da Estação Valsugana Velha Montante (Código 57040008), fornecido pela Agência Nacional de Águas no site da HidroWeb (Figura 82) é de 88 km<sup>2</sup>. O valor calculado a partir da divisão de bacias realizada neste estudo é de 89,8 km<sup>2</sup>, uma diferença de 0,2 % em relação ao valor fornecido na HidroWeb.

Aplicando a relação proposta por Silva & Tucci (1998) aos valores da distribuição de Gumbel, obteve-se os seguintes resultados para as vazões máximas instantâneas:

- Vazão com Tr02 anos: 16,62 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 34,41 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr05 anos: 23,71 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 49,09 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr10 anos: 28,40 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 58,81 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr25 anos: 34,33 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 71,10 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr50 anos: 38,73 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 80,21 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão com Tr100 anos: 43,10 m<sup>3</sup>/s, corrigido para vazão instantânea: 89,26 m<sup>3</sup>/s.

Os resultados das vazões com períodos de retorno (Trs) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, para os rios Jucú, Santa Maria da Vitória e Sauanha, serão utilizados para a validação das vazões obtidas através da modelagem hidrológica diagnóstica e prognóstica para os estes mesmos Trs. Ou seja, após as simulações, diagnóstica e prognóstica, os valores de vazão calculados pelo modelo para as posições das estações fluviométricas, dos rios citados, são comparados com os valores obtidos através da análise dos períodos de retorno realizada para os dados destas estações.

## 4.2 Análise dos Dados de Variação do Nível do Mar

Para o desenvolvimento da modelagem hidrológica, envolvendo a região litorânea, são necessárias as análises visando determinar os cenários críticos de vazão, precipitação e elevação do nível do mar.

As análises de nível do mar fornecem uma compreensão do comportamento da elevação do nível do mar na região, estabelecem os maiores valores possíveis de ocorrer e, principalmente, fornecem as forçantes para a borda de jusante do modelo na interface com o mar.

Assim, as análises apresentadas a seguir visam determinar a elevação do nível do mar para as condições de máximas marés astronômica e meteorológica.

As marés astronômicas são geradas pela ação conjunta das forças gravitacionais da Lua e do Sol. Estas forças atuam como forças de tração deslocando horizontalmente as massas de águas dos oceanos para os pontos sobre a superfície da Terra onde a atração é máxima. Estes deslocamentos provocam variação, subidas e descidas, do nível do mar. Uma preamar (maré alta), por exemplo, é produzida pela ação de empilhamento, resultante do escoamento horizontal de água em direção à região de máxima atração do efeito combinado das forças gravitacionais da Lua e do Sol. Uma preamar adicional é produzida na posição oposta da Terra, onde a força centrífuga se contrapõe à atração gravitacional do Sol e da Lua. As baixa-mares são originadas por uma remoção da água das regiões na Terra a meio caminho entre os dois bojos da maré alta. A alternância entre preamar e baixa-mar acontece devido à rotação diária da Terra em relação a estes dois bojos de maré e à depressão de maré.

As marés meteorológicas estão relacionadas às variações do Nível Médio do Mar (NMM) produzidas por eventos meteorológicos tais como passagem de sistemas frontais. Se, durante um período de cheia dos rios, houver coincidência com as marés altas (sizígia) e uma sobre-elevação meteorológica do tipo "storm surge" (tempestade, tormenta ou também chamado de maré meteorológica), o rio não consegue escoar, a água vai-se acumulando, fazendo subir o nível e originando, eventualmente, um transbordamento e uma inundação.

Nesta seção são apresentados e analisados os dados de variação do nível do mar para a RMGV. Os dados foram obtidos juntos as autoridades portuárias dos portos de Vitória, Tubarão e da Capitania dos Portos. Na Tabela 15 são apresentadas as informações dos registros de marés das estações maregráficas das três localidades.

**Tabela 15 – Informações sobre as estações maregráficas na RMGV e duração (início e término) dos registros disponíveis.**

<b>Porto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Início</b>	<b>Término</b>
Vitória	20° 19'.2 S	040° 19'.1 W	02/03/1961	20/02/1962
Vitória	20° 19'.2 S	040° 19'.1 W	03/05/1983	03/06/1983
Capitania dos Portos	20° 19'.1 S	040° 17'.8 W	18/11/1999	07/12/1999
Capitania dos Portos	20° 19'.1 S	040° 17'.8 W	04/12/2008	04/06/2009
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	23/01/2018	20/04/2018
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	07/01/2015	31/12/2017
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	01/04/2010	03/05/2010
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	21/05/2009	16/03/2010
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	11/12/2008	02/04/2009
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	01/08/1999	13/09/1999
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	21/07/1991	12/09/1991
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	01/05/1979	31/05/1979
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	07/06/1975	08/07/1975
Tubarão	20° 17'.3 S	040° 14'.6 W	09/11/1972	10/12/1972

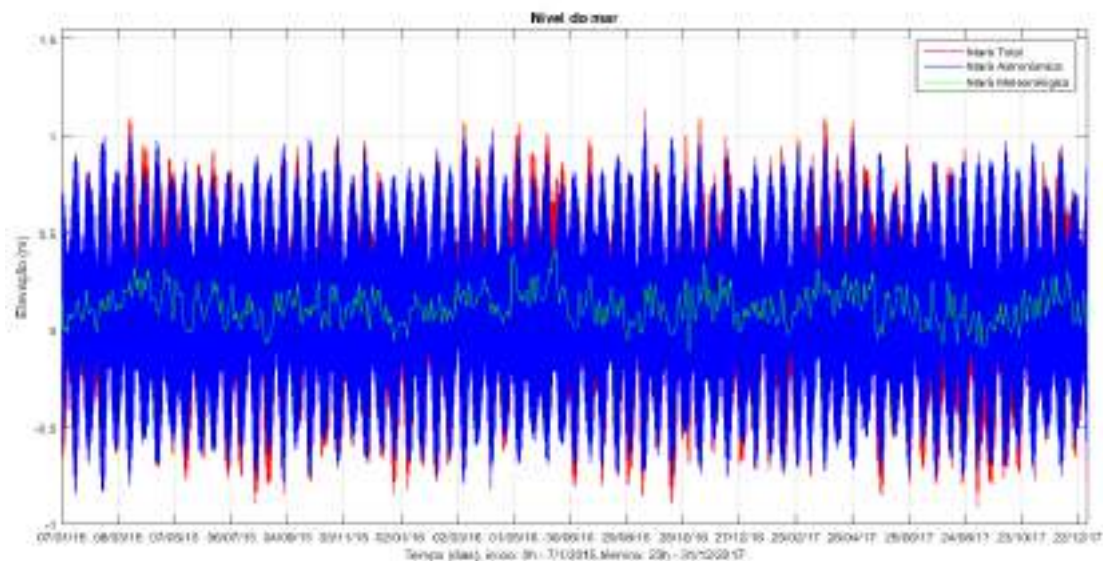
#### 4.2.1 Análise dos Dados de Maré do Porto de Tubarão

A série de maior duração e a segunda mais recente é a do Porto de Tubarão, referente ao período de 07 de janeiro de 2015 a 31 de dezembro de 2017. Na Figura 88 é apresentada a localização do mareógrafo do Porto de Tubarão.



**Figura 88 – Localização da estação mareográfica do Porto de Tubarão.**

Os dados de maré do Porto de Tubarão foram coletados com intervalos de amostragem de 1 hora, o que permite a caracterização de fenômenos com períodos acima desse intervalo. A partir desses dados, é possível identificar e caracterizar fenômenos associados à maré astronômica e à maré meteorológica. Na Figura 89 é apresentada a série temporal dos dados coletados na estação do Porto de Tubarão (vermelho representa a maré total; azul representa a maré astronômica e verde a maré meteorológica).



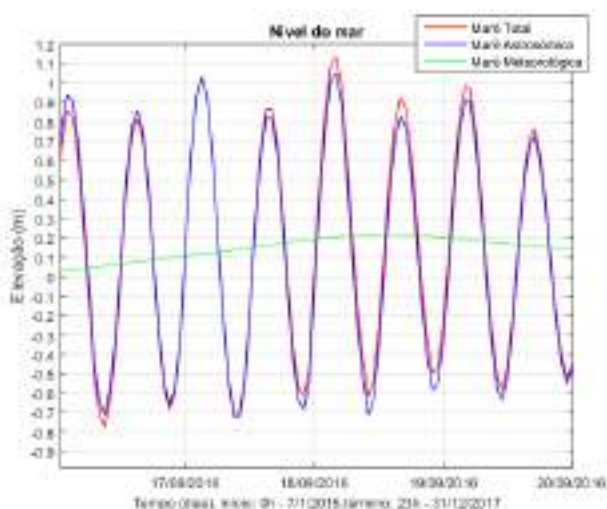
**Figura 89 – Série temporal de variação do nível do mar obtida na estação mareográfica do Porto de Tubarão, de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.**

Na Tabela 16 são apresentados os valores máximos para cada contribuição no período analisado, de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. Na Figura 90 é apresentado o dia da maré total máxima.

Para as análises de maré, apresentadas nesta seção, adotou-se o valor médio do nível do mar (MNM) igual a 0,12 m. Este valor foi definido a partir do nivelamento da régua de maré instalada na Capitania dos Portos. O processo de nivelamento da régua e a definição do nível de referências (NR) serão apresentados nas próximas seções. Na Figura 89, na Figura 90 considerou o nível do mar oscilando em torno do MNM (=0,12 m).

**Tabela 16 – Máximos valores para as contribuições de maré total, maré astronômica e maré meteorológica.**

	Em relação a zero	Em relação ao MNM
Valor médio do nível do mar (MNM)	0	0,12 m
Maré total máxima	1,02 m	1,14 m
Maré astronômica máxima	0,93 m	1,05 m
Maré meteorológica máxima	0,29 m	0,41 m



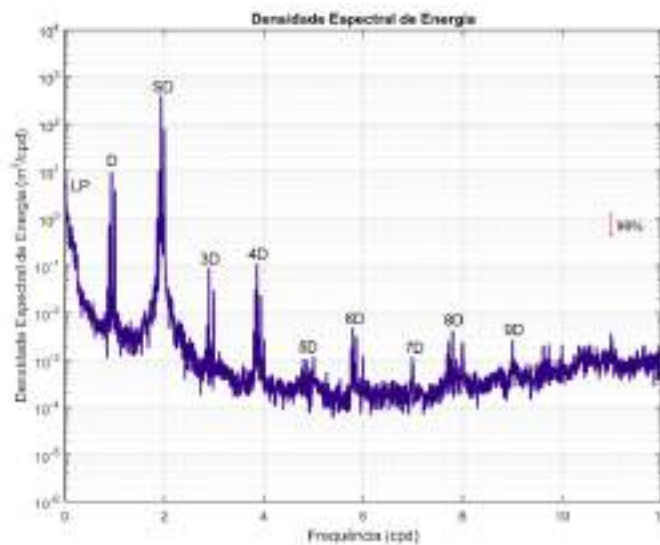
**Figura 90 – Trecho da série temporal de variação do nível do mar durante o instante da maré total máxima.**

A separação entre as marés: total, astronômica e meteorológica, foi obtida através da aplicação do filtro de Godin (1972).

A partir da série temporal apresentada na Figura 89, foi calculada a densidade espectral de energia. O gráfico de densidade espectral de energia (Figura 91) mostra a concentração de energia em todas as bandas de marés astronômicas: (diurna, semidiurna, 3D) e não linear excitada pelas marés astronômicas (4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, etc.). O

gráfico também mostra a barra de intervalo de confiança de probabilidade de 99% mostrando a significância estatística de todos os picos de energia associados às componentes de maré.

A partir da série temporal apresentada na Figura 89, foi realizada, também, uma análise harmônica de marés, utilizando o Método de Schureman (1958). A amplitude e a fase foram calculadas para 70 componentes harmônicos de maré. Os valores obtidos através da análise estão listados na Tabela 17.



**Figura 91 – Densidade espectral de energia para a série temporal de variação do nível do mar registrado no Porto de Tubarão no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.**

**Tabela 17 – Resultado da análise harmônica das marés para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (1090 dias).**

Componentes Harmônicos		Amplitude(cm)		Fase (graus)
01	Q1	2.53	70.84	
02	O1	8.89	90.45	
03	P1	1.67	161.86	
04	K1	5.22	167.84	
05	2Q1	0.35	34.91	
06	SIG1	0.42	45.87	
07	RHO1	0.55	80.72	
08	MP1	0.15	176.95	
09	M1	0.31	352.56	
10	CH11	0.06	89.64	
11	PI1	0.06	220.11	
12	S1	0.69	272.40	
13	PS11	0.22	224.55	
14	PH11	0.08	91.21	

<b>Componentes Harmônicos</b>		<b>Amplitude(cm)</b>		<b>Fase (graus)</b>
15	THE1	0.10	239.32	
16	J1	0.18	323.36	
17	SO1	0.07	21.99	
18	N2	9.48	68.59	
19	M2	44.64	91.54	
20	S2	20.68	101.10	
21	K2	5.37	90.99	
22	OQ2	0.34	220.60	
23	MNS2	0.49	55.10	
24	2N2	1.44	112.27	
25	MU2	1.76	91.63	
26	NU2	0.87	98.52	
27	OP2	2.74	222.42	
28	MKS2	2.47	344.58	
29	LAN2	0.30	327.78	
30	L2	2.33	82.34	
31	L2A48	0.23	144.76	
32	T2	1.23	198.83	
33	R2	1.08	331.89	
34	KJ2	0.08	241.49	
35	MSN2	0.37	299.27	
36	2SM2	0.20	278.34	
37	MO3	0.16	133.79	
38	M3	0.64	100.50	
39	SO3	0.10	115.50	
40	MK3	0.05	113.36	
41	SK3	0.36	209.56	
42	MN4	0.36	45.16	
43	M4	0.70	75.61	
44	SN4	0.05	126.21	
45	MS4	0.34	146.84	
46	MK4	0.07	154.35	
47	S4	0.10	291.33	
48	SK4	0.04	95.15	
49	2MK5	0.06	77.09	
50	2SK5	0.06	269.04	
51	2MN6	0.07	321.42	
52	M6	0.12	352.06	
53	MSN6	0.04	49.96	
54	2MS6	0.11	60.38	
55	2MK6	0.04	6.79	

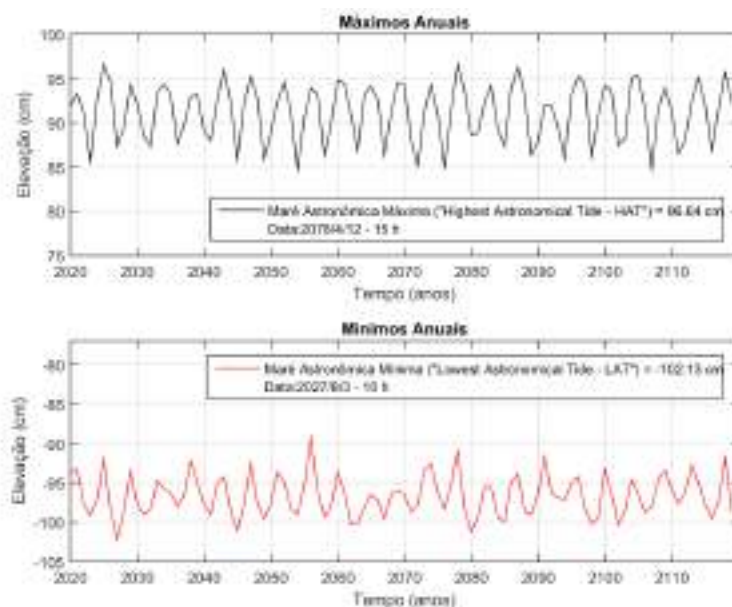
Componentes Harmônicos		Amplitude(cm)		Fase (graus)
56	2SM6	0.03	54.17	
57	MSK6	0.03	39.62	
58	S6	0.03	42.43	
59	M8	0.08	119.71	
60	3MS8	0.12	226.80	
61	2MS8	0.04	312.97	
62	2MSN8	0.03	182.67	
63	S8	0.06	27.80	
64	M10	0.03	54.42	
65	Mf	0.69	300.91	
66	Msf	1.33	193.38	
67	Mm	0.78	294.28	
68	MSM	0.75	61.19	
69	SSA	3.46	90.04	
70	SA	3.66	18.90	

Os principais componentes, o fator de forma da maré e o tipo de maré astronômica (DEFANT, 1961), são apresentados na Tabela 18. Conforme mostra a Tabela 18, o fator de forma calculado, segundo Defant (op. cit.), é igual a 0,22, o que classifica a maré em Tubarão como sendo semidiurna.

**Tabela 18 – Resultado dos principais componentes harmônicos de maré (amplitude), fator de forma das marés e o tipo de maré para os dados da estação maregráfica do Porto de Tubarão, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (1090 dias).**

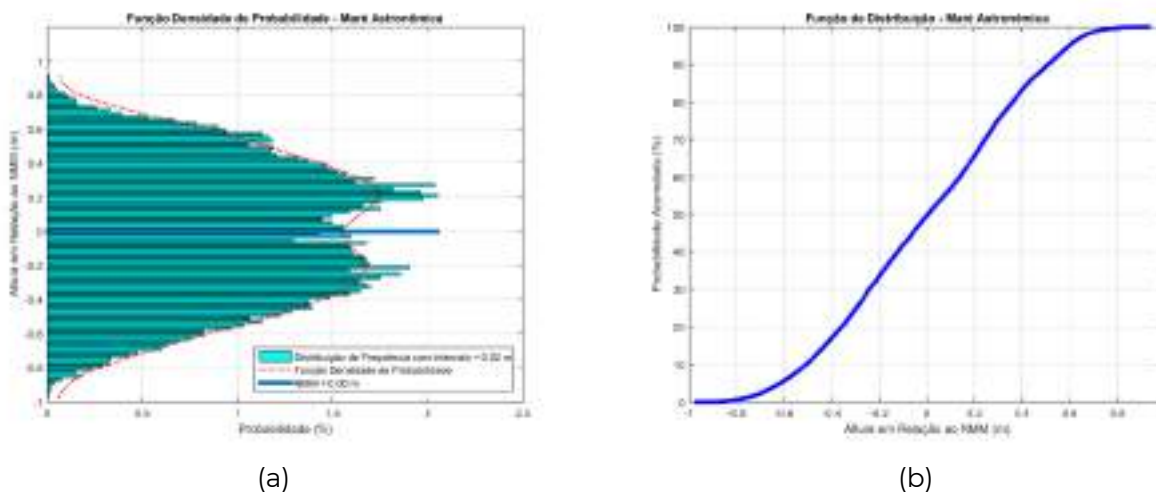
Estação	Amplitude dos componentes harmônicos de maré (cm)								Fator	Tipo
	Q1	O1	P1	K1	N2	M2	S2	K2		
Porto de Tubarão	2,53	8,89	1,67	5,22	9,48	44,64	20,68	5,37	0,22	Semidiurno

A Maré Astronômica Máxima (HAT) e a Maré Astronômica Mínima (LAT) (BEER, 1997) para a estação maregráfica do Porto de Tubarão foram obtidas através da análise e previsão harmônicas de marés para os próximos 100 anos. Os resultados são mostrados na Figura 92.



**Figura 92 – A maré astronômica mais alta (HAT) e a maré astronômica mais baixa (LAT) calculadas para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, para os próximos 100 anos. As datas da ocorrência da HAT e LAT estão apresentadas no formato: ano/mês/dia e hora.**

A partir da série temporal da maré astronômica (Figura 89, curva azul), foram calculadas: a Função de Densidade de Probabilidade e a Função de Distribuição (Figura 93). Observe que 100% dos valores da maré astronômica têm amplitude abaixo de 1,0 m e que 90% do tempo a amplitude é igual ou menor a 0,5 m. Nesta análise o valor do MNM (0,12m) foi subtraído dos dados originais, assim a análise apresenta somente a amplitude da maré astronômica.



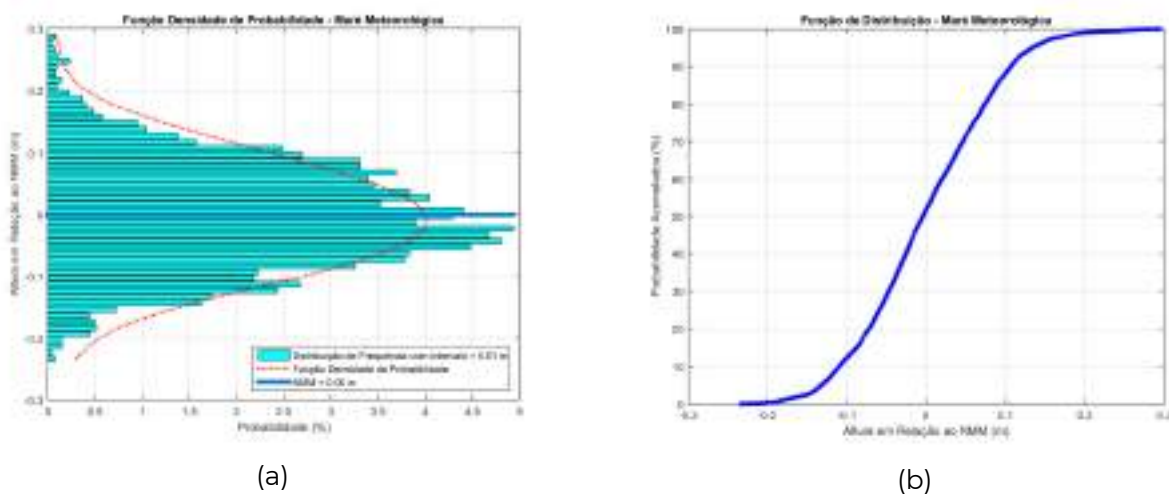
**Figura 93 – (a) Função de densidade de probabilidade e (b) função de distribuição para a maré astronômica na estação maregráfica do Porto de Tubarão.**

Os valores de: média das baixa-mares de sizígia (MLWS), média das baixa-mares de quadratura (MLWN), média das preamares de quadratura (MHWN) e média das preamares de sizígia (MHWS) (Tabela 19), foram calculados de acordo com Stephenson (2017) e Beer (1997) e, corroboram, a Função Densidade de Probabilidade (Figura 93).

**Tabela 19 – Valores da média das baixa-mares de sizígia (MLWS), média das baixa-mares de quadratura (MLWN), média das preamares de quadratura (MHWN) e média das preamares de sizígia (MHWS) para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 (1090 dias).**

<b>Média das baixa-mares de sizígia (MLWS)</b>	-65,32 cm
<b>Média das baixa-mares de quadratura (MLWN)</b>	-23,96 cm
<b>Média das preamares de quadratura (MHWN)</b>	23,96 cm
<b>Média das preamares de sizígia (MHWS)</b>	65,32 cm

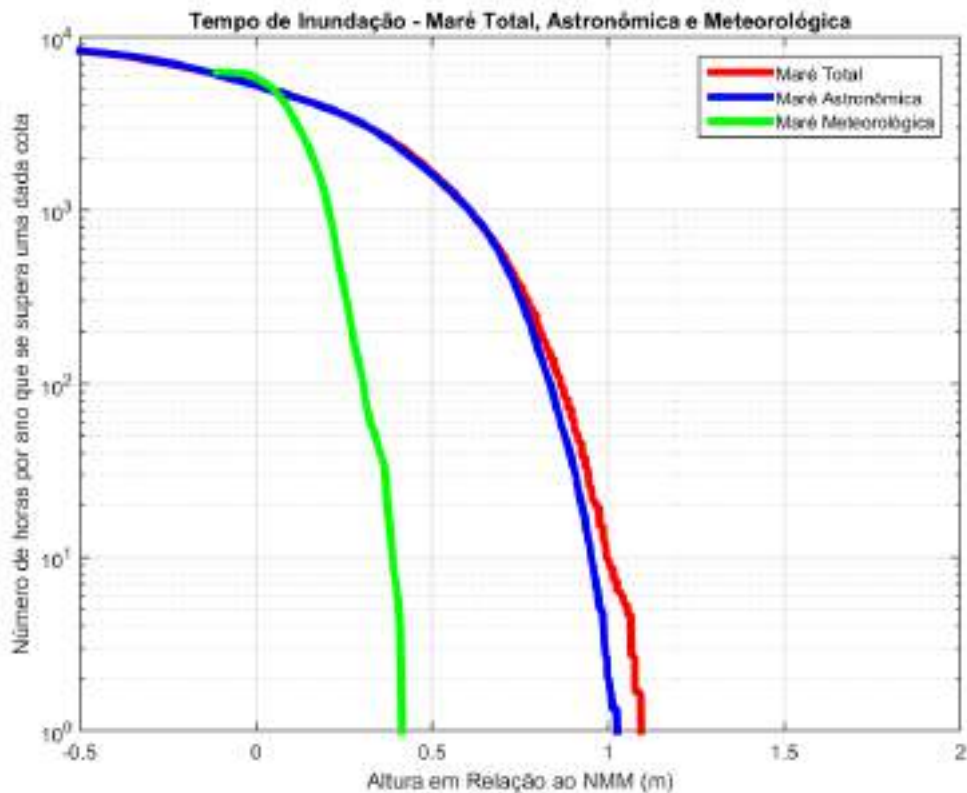
A partir da série temporal da maré meteorológica (Figura 89, curva verde), foram calculadas a Função de Densidade de Probabilidade e a Função de Distribuição (Figura 94). Observe que 100% dos valores da maré meteorológica estão abaixo de 0,30 m e que, por exemplo, cerca de 90% estão abaixo de 10 cm. Esta análise mostra que para a posição do Porto de Tubarão a contribuição da maré meteorológica é cerca de 30% da contribuição da maré astronômica.



**Figura 94 – (a) Função de densidade de probabilidade e (b) função de distribuição para a maré meteorológica na estação maregráfica do Porto de Tubarão.**

A próxima análise, mostrada na Figura 95, determina o tempo em horas por ano que a maré total fica acima de um determinado nível. Para essa análise foi considerado o valor médio do nível do mar (MNM) igual a 0,12 m, portanto, considerou-se a oscilação da maré total em torno desse valor.

Esta análise mostra, por exemplo, que para a maré total, a altura acima de 1 m (acima do MNM) ocorre cerca de 10 horas por ano, menos de meio dia por ano. Alturas acima de 0,5 m ocorrem cerca de 1800 h (75 dias) por ano.



**Figura 95 – Análise do tempo de elevação do nível do mar (total) em número de horas por ano na estação maregráfica do Porto de Tubarão.**

#### 4.2.2 Constantes Harmônicas de Marés Astronômica

Outra importante fonte de informações sobre análise harmônica de marés pode ser obtida da FEMAR (Fundação de Estudos do Mar). A FEMAR (2000) disponibiliza, online, um catálogo de estações maregráficas com 281 tabelas ao longo dos 17 estados litorâneos do Brasil. As tabelas da FEMAR contêm as seguintes informações: nome de cada estação; localização (Latitude, Longitude); organização responsável pelo mareógrafo; período analisado; o método utilizado na análise harmônica; a classificação da maré; nível médio do mar; médias das preamares e baixa-mares; quantidade de componentes analisadas; referências de nível; observações do local e os valores de amplitude e fase para 30 componentes harmônicos de maré.

Na Figura 96 são apresentadas as localizações das estações maregráficas com as constantes harmônicas de maré, fornecidas pela FEMAR para a RMGV. As estações maregráficas são as seguintes: Barrado Riacho, Piraquê Açu, Porto de Tubarão, Porto de Vitória, Guarapari, Meipe e Ponta do Ubu.



**Figura 96 – Localização das Estações Maregráficas (FEMAR) na região de estudo.**

Para as fozes dos rios Jucú, Santa da Maria da Vitória, Reis Magos e Jabuti, foram utilizadas as constantes harmônicas das estações de Tubarão, Piraquê Açu e Guarapari, respectivamente, por estarem mais próximas das referidas fozes.

Na Figura 97 é mostrada a tabela da FEMAR com as constantes harmônicas (amplitude e fase) para as principais componentes harmônicas de maré no Porto de Tubarão.

IBRAG - FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR Cadastro de Estações Marégrafas Brasileiras

Nome de Estação: TUBARÃO (PORTU) - BR					
Localização: Na Terminal Petrolero					
Orgão Responsável: CUBR / DAB					
Latitude: 29° 17' 31" S			Longitude: 49° 34' 51" W		
Período Analisado: 01/06/70 a 04/07/75			Nº de Componentes: 30		
Alturas Barométricas: Últimas Três Leiturae sucessivas					
Classificação: Maré Barométrica					
Estabelecimento do Porto (IBRAG)		35 11 30 mm	Nível Médio (EGC)		82 cm acima do SL
Médias das Previsões de Maré (MFWN)		1,00 cm acima do SL	Médias das Previsões de Quadratura (MFWN)		104 cm acima do SL
Médias das Baixas-marés de Maré (MELWS)		10 cm acima do SL	Médias das Baixas-marés de Quadratura (MELWS)		60 cm acima do SL
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componente	Semi-amplitude (H) em	Fase (g)	Componente	Semi-amplitude (H) em	Fase (g)
S <sub>0</sub>	-	-	M1 <sub>1</sub>	3,3	247
S <sub>1a</sub>	-	-	S <sub>2</sub>	3,3	169
M <sub>2</sub>	3,8	272	M2 <sub>1</sub>	3,3	352
M1	-	-	S <sub>3</sub>	44,2	188
M3M	-	-	L <sub>2</sub>	3,2	135
M <sub>4</sub>	11,3	169	K <sub>1</sub>	3,3	152
Q <sub>2</sub>	3,1	636	S <sub>4</sub>	23,0	192
O <sub>2</sub>	5,1	152	S <sub>5</sub>	5,2	167
M <sub>4</sub>	4,3	111	M2 <sub>2</sub>	8,2	278
P <sub>2</sub>	1,8	195	M <sub>3</sub>	6,3	218
K <sub>2</sub>	3,5	152	M3 <sub>1</sub>	8,3	175
P <sub>4</sub>	1,2	182	M3 <sub>2</sub>	8,3	123
Q <sub>4</sub>	1,5	113	S <sub>6</sub>	8,3	167
M2 <sub>3</sub>	-	-	S <sub>7</sub>	3,3	208
S <sub>8</sub>	1,3	163	M3 <sub>3</sub>	8,3	218
Referências de Nível: SL = 1 m abaixo de Faro, para as primeiras leituras					
Data: Última Média: 26/06/74 00:00h - 04/07/75 00:00h - TERMO: 1402701 - 1402704 00:00h					
A. FURR de acordo com o IBRAG					
Contato: IBRAG do MAR					

Código IBRAG-4024

Figura 97 – Constantes harmônicas de maré para a estação do Porto de Tubarão.

Na Figura 98 é mostrada a tabela da FEMAR para as principais componentes harmônicas de maré em Piraquê Açu.

IBRAG - FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR Cadastro de Estações Marégrafas Brasileiras

Nome de Estação: PIRAQUÊ-AÇU - BR					
Localização: Na foz do RL, localidade de Santa Cruz					
Orgão Responsável: DAB					
Latitude: 19° 27' 31" S			Longitude: 49° 35' 01" W		
Período Analisado: 04/05/70 a 04/07/75			Nº de Componentes: 30		
Alturas Barométricas: Últimas Três Leiturae sucessivas					
Classificação: Maré Barométrica					
Estabelecimento do Porto (IBRAG)		35 11 17 mm	Nível Médio (EGC)		73 cm acima do SL
Médias das Previsões de Maré (MFWN)		1,00 cm acima do SL	Médias das Previsões de Quadratura (MFWN)		103 cm acima do SL
Médias das Baixas-marés de Maré (MELWS)		17 cm acima do SL	Médias das Baixas-marés de Quadratura (MELWS)		31 cm acima do SL
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componente	Semi-amplitude (H) em	Fase (g)	Componente	Semi-amplitude (H) em	Fase (g)
S <sub>0</sub>	-	-	M1 <sub>1</sub>	3,0	171
S <sub>1a</sub>	-	-	S <sub>2</sub>	3,0	126
M <sub>2</sub>	8,3	118	S <sub>3</sub>	24,0	184
M1	-	-	S <sub>4</sub>	6,3	204
M3M	-	-	L <sub>2</sub>	3,3	184
M <sub>4</sub>	11,0	145	K <sub>1</sub>	3,3	164
Q <sub>2</sub>	3,1	162	S <sub>5</sub>	23,3	194
O <sub>2</sub>	8,2	148	S <sub>6</sub>	5,8	194
M <sub>4</sub>	8,2	114	M2 <sub>2</sub>	1,0	211
P <sub>2</sub>	8,7	118	M <sub>3</sub>	6,4	221
K <sub>2</sub>	7,0	148	M3 <sub>1</sub>	1,0	181
P <sub>4</sub>	1,2	175	M3 <sub>2</sub>	6,0	187
Q <sub>4</sub>	2,6	127	S <sub>7</sub>	1,8	191
M2 <sub>3</sub>	-	-	S <sub>8</sub>	9,0	191
S <sub>8</sub>	8,5	168	M3 <sub>3</sub>	1,4	186
Referências de Nível: SL (IBRAG) = 1 m abaixo do Faro, de acordo com o IBRAG					
Data: Última Média: 25/07/74 00:00h - 04/07/75 00:00h					
A. FURR de acordo com o IBRAG					
Contato: IBRAG do MAR					

Código IBRAG-4024

Figura 98 – Constantes harmônicas de maré para a estação de Piraquê Açu.

Na Figura 99 é mostrada a tabela da FEMAR para as principais componentes harmônicas de maré em e Guarapari.

TERMO FUNDADO DE ESTUDOS DO MAR - Cálculo de Estação Marégrafos Brasileiros

Nome do Estação: GUARAPARI - BARRAGEM - RE					
Localização: Prefeitura de Guarapari, em Cabo da Milena					
Órgão Responsável: OCEM					
Latitude: 23° 45' 0" S			Longitude: 46° 25' 0" W		
Período Analisado: 24/10/2010 a 26/11/2010			Nº de Componentes: 27		
Análise Realizada: Método Total (amplitude e fase)					
Classificação: Maré Semidiurna					
Estabelecimento do Porto (ENFERC): IV - H - 0 cm			Nível Médio (EGC):		71 cm acima do 00
Média das Pressões de Sólido (MPSO): 170 cm			Média das Pressões de Quebradora (MQWQ):		102 cm acima do 00
Média das Baixas-mareas de Sólido (MBSO): 73 cm			Média das Baixas-mareas de Quebradora (MBSQ):		88 cm acima do 00
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componente	Amplitude (cm)	Fase (graus)	Componente	Amplitude (cm)	Fase (graus)
S <sub>2</sub>	44,6	101	N <sub>2</sub>	9,48	068
K <sub>1</sub>	5,22	168	M <sub>2</sub>	20,68	091
O <sub>1</sub>	8,89	090	S <sub>1</sub>	21,90	092
M <sub>1</sub>	9,10	093	M <sub>1</sub>	5,90	092
M <sub>2</sub>	9,48	068	M <sub>2</sub>	2,31	5,09
M <sub>3</sub>	3,27	3,27	M <sub>3</sub>	1,45	3,41
M <sub>4</sub>	1,00	1,00	M <sub>4</sub>	5,57	8,98
M <sub>5</sub>	5,57	8,98	M <sub>5</sub>	3,23	5,66
M <sub>6</sub>	3,23	5,66	M <sub>6</sub>	1,45	3,41
M <sub>7</sub>	1,45	3,41	M <sub>7</sub>	3,41	9,78
M <sub>8</sub>	3,41	9,78	M <sub>8</sub>	1,09	1,09
M <sub>9</sub>	1,09	1,09	M <sub>9</sub>	1,09	1,09
M <sub>10</sub>	1,09	1,09	M <sub>10</sub>	1,09	1,09
M <sub>11</sub>	1,09	1,09	M <sub>11</sub>	1,09	1,09
M <sub>12</sub>	1,09	1,09	M <sub>12</sub>	1,09	1,09
M <sub>13</sub>	1,09	1,09	M <sub>13</sub>	1,09	1,09
M <sub>14</sub>	1,09	1,09	M <sub>14</sub>	1,09	1,09
M <sub>15</sub>	1,09	1,09	M <sub>15</sub>	1,09	1,09
M <sub>16</sub>	1,09	1,09	M <sub>16</sub>	1,09	1,09
M <sub>17</sub>	1,09	1,09	M <sub>17</sub>	1,09	1,09
M <sub>18</sub>	1,09	1,09	M <sub>18</sub>	1,09	1,09
M <sub>19</sub>	1,09	1,09	M <sub>19</sub>	1,09	1,09
M <sub>20</sub>	1,09	1,09	M <sub>20</sub>	1,09	1,09
M <sub>21</sub>	1,09	1,09	M <sub>21</sub>	1,09	1,09
M <sub>22</sub>	1,09	1,09	M <sub>22</sub>	1,09	1,09
M <sub>23</sub>	1,09	1,09	M <sub>23</sub>	1,09	1,09
M <sub>24</sub>	1,09	1,09	M <sub>24</sub>	1,09	1,09
M <sub>25</sub>	1,09	1,09	M <sub>25</sub>	1,09	1,09
M <sub>26</sub>	1,09	1,09	M <sub>26</sub>	1,09	1,09
M <sub>27</sub>	1,09	1,09	M <sub>27</sub>	1,09	1,09

Referências de Nível: 00 = 1984 (medida no posto para o nível do mar) e 0000 (medida do Rio Guarapari)

Obs.: São as referências entre parênteses.

Código: BDEG-4071

**Figura 99 – Constantes harmônicas de maré para a estação de Guarapari.**

Os valores de amplitude e fase dos componentes harmônicos de maré calculados para o Porto de Tubarão, a partir da série temporal apresentada na Figura 74, podem ser comparados às constantes fornecidas pela FEMAR. Na Tabela 20, a seguir, é apresentada uma comparação entre as principais constantes de maré calculadas a partir dos dados do marégrafo do Porto de Tubarão e as constantes fornecidas pela FEMAR. Nesta comparação utilizou-se somente os componentes harmônicos com amplitudes superiores a 5 cm.

**Tabela 20 – Comparação entre as constantes calculadas para o Porto Tubarão e as constantes fornecidas pela FEMAR.**

Principais Componentes Harmônicos de maré com amplitudes > 5 cm						
Componentes	O1	K1	N2	M2	S2	K2
Análise Harmônica realizada para os dados do Porto de Tubarão						
Amplitude (cm)	8,89	5,22	9,48	44,64	20,68	5,37
Fase (graus)	090	168	068	091	101	091
Constantes da FEMAR						
Amplitude (cm)	9,10	5,50	9,80	44,20	21,90	5,90
Fase (graus)	093	159	069	088	092	092
Erro percentual na amplitude (%)						
	2,31	5,09	3,27	1,00	5,57	8,98
Erro percentual na fase (%)						
	3,23	5,66	1,45	3,41	9,78	1,09

A comparação mostra que o erro médio percentual na amplitude e na fase é de 4%. Esta análise mostra que se pode usar as constantes obtidas através da análise dos dados do marégrafo do Porto de Tubarão ou as constantes das FEMAR, indistintamente, para previsão e reconstrução do sinal da maré astronômica.

Observação: O registro de dados utilizado para a análise harmônica de marés apresentada pela FEMAR, é do período de 07 de junho a 08 de julho de 1975 (Figura 97), praticamente um mês. Este é um período curto para estimativas de componentes harmônico com períodos maiores do que uma semana. Este é o caso, por exemplo, do componente  $M_{sf}$  com período de 14,77 dias. A estimativa da amplitude deste componente pela FEMAR foi de 11,3 cm, um valor muito elevado. Dada a duração do registro (um mês) e o período deste componente 14,77 dias, entendemos que sua estimativa tem baixa significância e não deve ser considerada.

#### **4.2.3 Análise dos Dados de Nível do Mar para Marés Meteorológicas**

Para a análise e estimativas da maré meteorológica foram utilizados os dados de variação do nível médio do mar provenientes das reanálises do CFSR ("Climate Forecast System Reanalysis") da NOAA ("National Oceanic and Atmospheric Administration").

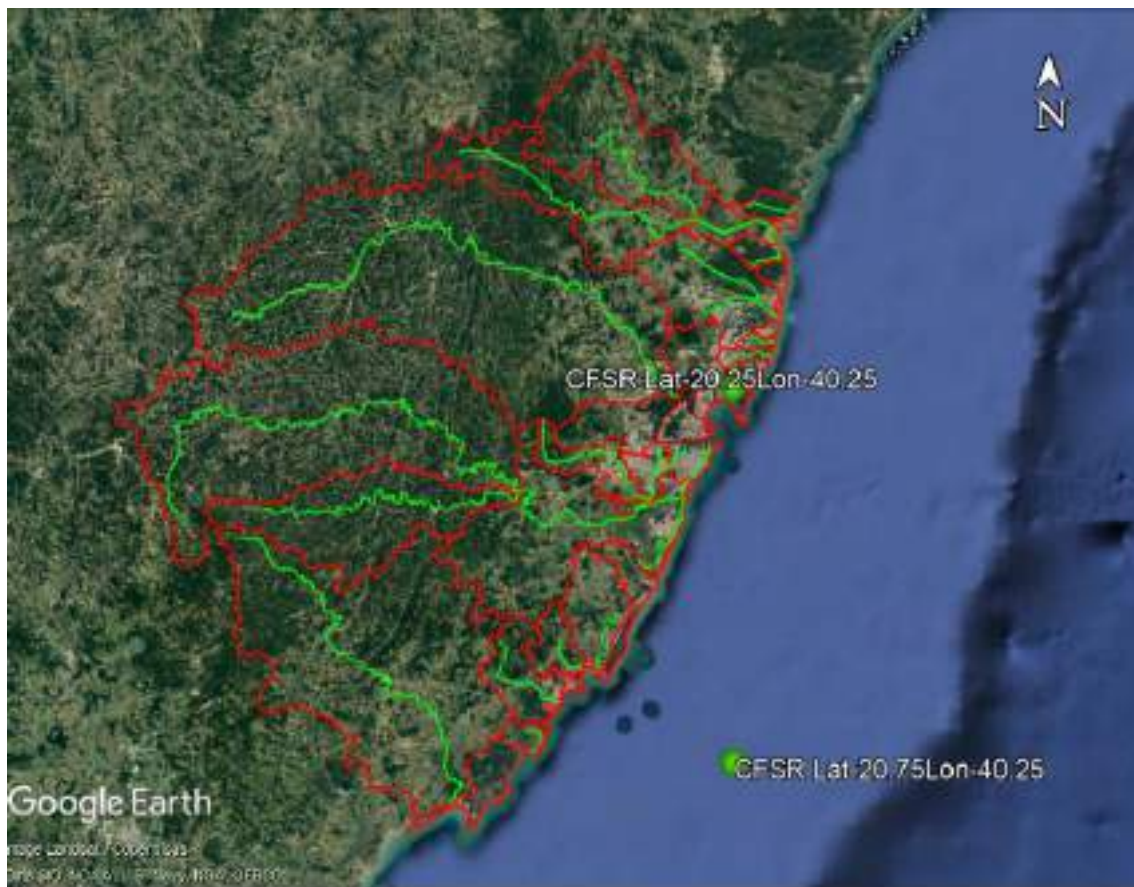
Dada a dificuldade de se obter séries longas e contínuas de dados meteorológicos para o planeta e, principalmente, para o hemisfério sul, diversos centros de previsão do tempo e clima vêm fornecendo produtos de reanálise. Estes produtos são séries de dados meteorológicos e oceanográficos gerados através da assimilação. A principal vantagem destas séries é serem razoavelmente longas e sem falhas. O CFSR possui séries históricas de reanálise desde 1948 até a atualidade.

O CFSR é gerado pelo Centro Norte-Americano para Previsão Ambiental, NCEP (National Center for Environmental Prediction), e distribuído pela Central Norte-Americana de Dados Climáticos, NCDC (National Data Climate Centre). As reanálises são disponibilizadas em (NCAR, 2021). O conjunto de assimilação de dados acopla os sistemas oceano-superfície-atmosfera e continente-gelo, em escala global e em alta resolução, disponibilizando informações sobre estes domínios no período desde 1948. A resolução espacial fornecida pela CFSR é de 0,3 graus e a resolução temporal é horária.

A utilização destes dados (reanálises) foi necessária para a reconstrução da elevação do nível do mar nas datas dos eventos selecionados para calibração e para a determinação dos valores extremos para diferentes períodos de retorno. Além disso, para as estimativas dos períodos de retorno são necessários registros com longa duração.

Estes dados (reanálises) são, originariamente, referenciados a um geoide e para adotá-los como variação do nível médio do mar, deve-se subtrair o valor da média e adicionar o valor do nível médio do mar (MNM) local, assim estes dados ficam com o mesmo referencial do porto ou estação maregráfica de interesse.

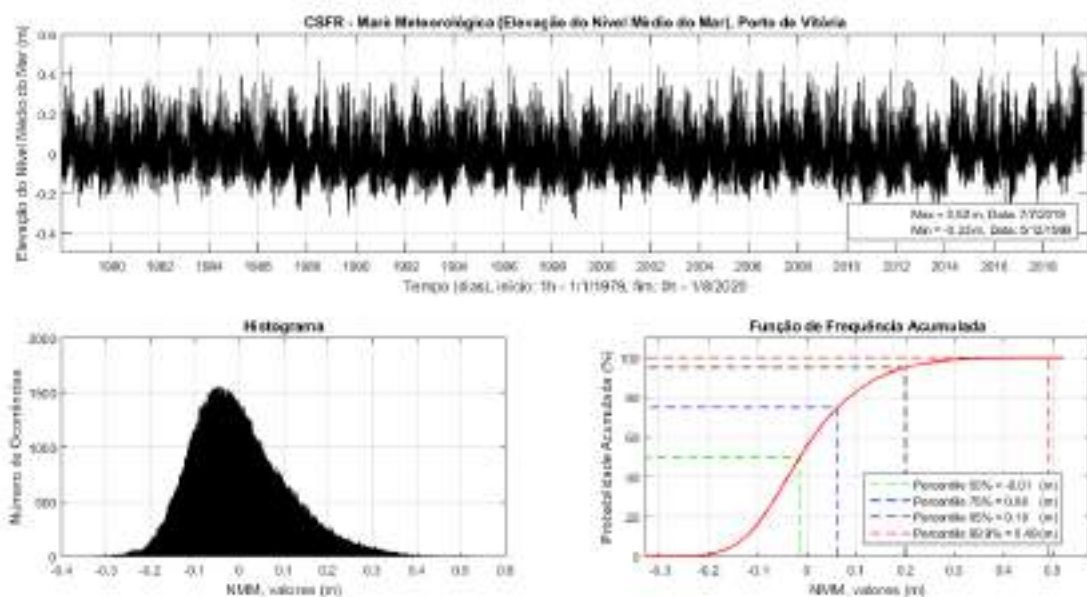
A localização dos dados (reanálises) e suas respectivas coordenadas, estão apresentados na Figura 100. Para as duas posições, próximas a Vitória e a Guarapari, as reanálises são referentes ao período de janeiro de 1979 a dezembro de 2020.



**Figura 100 – Localização referente às reanálises do CFSR para o litoral do ES.**

Na Figura 101 (superior) é apresentada a série temporal de variações do NMM para as reanálises referentes às coordenadas Latitude -20.25 e Longitude -40.25, nas proximidades do Porto de Vitória. Nesta Figura estão indicados os extremos de máximo e mínimo observados no período. O máximo (0,52 m) ocorreu em 7 de julho de 2019 e o mínimo (- 0,33 m) ocorreu em 5 de dezembro de 1999. Os valores observados são referentes ao nível zero adotado arbitrariamente como sendo o nível médio.

As Figuras inferiores mostram, o histograma (função de densidade de probabilidade) dos dados (reanálises) de NMM e a função de frequência acumulada (função de distribuição), construída a partir do histograma. Na função de frequência acumulada, são apresentados, também os valores dos percentis de 50, 75, 95 e 99.9 %. Os percentis indicam que, por exemplo, 99.9 % do tempo os valores de NMM observados nessa posição ficam abaixo de 0,49 m.



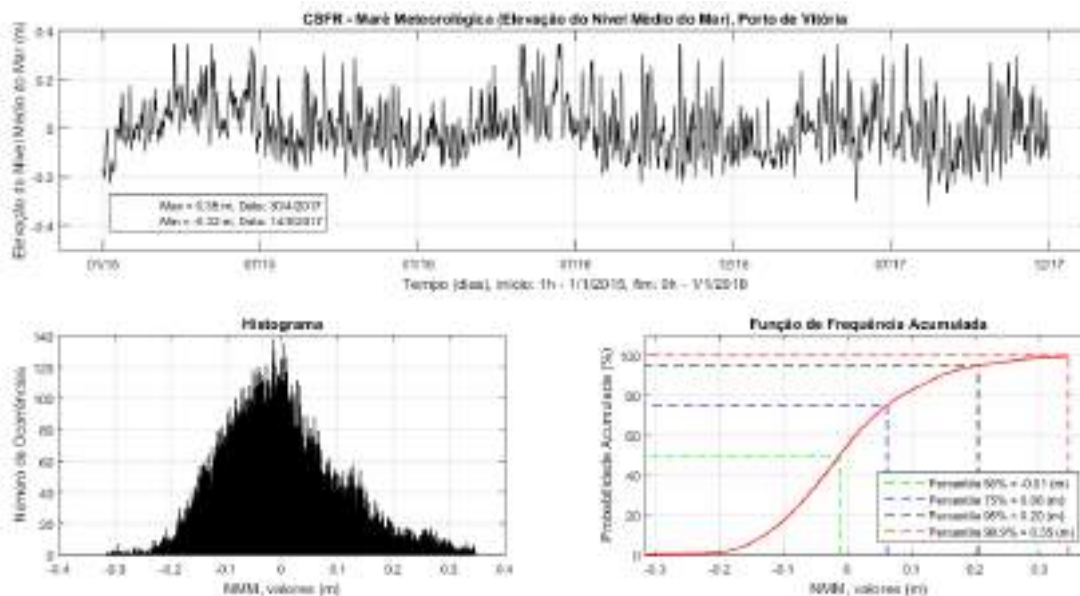
**Figura 101 – Série temporal de variação do NMM proveniente do CSFR para o litoral do ES. Na parte inferior estão o histograma e a função de frequência acumulada, calculados a partir da série temporal.**

Pode-se comparar os valores da reanálise (CSFR) para o mesmo período dos dados do Porto de Tubarão (Figura 89), cujo período de medições foi de janeiro de 2015 a dezembro de 2017.

As análises do histograma e da função de frequência acumulada dos dados (reanálises) de NMM para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017, são apresentados na Figura 102.

- Para os dados obtidos no marégrafo do Porto de Tubarão o máximo observado para maré meteorológica foi 0,29 m (Sem considerar o MNM = 0,12 m, ou seja, oscilando em torno de zero).
- Para a reanálise (CSFR) o máximo observado para maré meteorológica foi 0,35 m (Sem considerar o MNM = 0,12 m, ou seja, oscilando em torno de zero).

A diferença entre a maré meteorológica máxima estimada para o Porto de Tubarão e a fornecida pela reanálise do CSFR é de 6 cm. Se considerarmos que a maré total máxima observada é de 1,02 m, o erro percentual da estimativa através do CSFR é de no máximo 6 %.



**Figura 102 – Série temporal de variação do NMM proveniente do CFSR para o litoral do ES, para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. Na parte inferior estão o histograma e a função de frequência acumulada, calculados a partir da série temporal.**

Na Figura 103 são apresentados os valores máximos anuais obtidos a partir da série do CFSR próxima ao Porto de Vitória.



**Figura 103 – Valores máximos anuais reanálise (CFSR) próximos ao Porto de Vitória.**

A partir dos máximos anuais foram calculados os valores de elevação do NMM, para a posição próxima ao Porto de Vitória, para os períodos de retorno ( $T_r$ ) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para estes cálculos foram testados ajustes com três distribuições: Gumbel, GEV (“Generalized Extreme Value Distribution”) e Log Pearson III.

Para avaliar o nível de aderência dos ajustes das distribuições aos dados, foram realizadas as análises de comparação:

- “Index of Agreement” (IAO) proposta por Willmott e Wicks (1980) (apud WILLMOTT, 1982) com a classificação de Cortês (2004);

- "Relative Mean Absolute Error" (RMAE) proposta por Walstra et al. (2001).

Estas duas estatísticas de comparação foram descritas anteriormente neste documento.

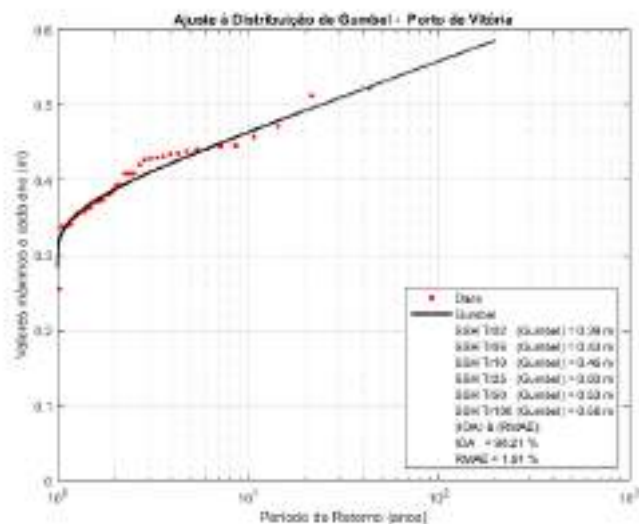
Na Figura 104 e são mostradas as distribuições (Gumbel, GEV e Log Pearson III) ajustadas aos máximos anuais. São mostrados os valores dos períodos de retorno de e, também, os valores dos coeficientes IOA e RMAE.

Para esta posição, próxima ao Porto de Vitória, a melhor combinação de ajustes foi obtida com a distribuição de Gumbel, IOA igual a 98,21% (ótimo) e o RMAE igual a 1,91 % (excelente).

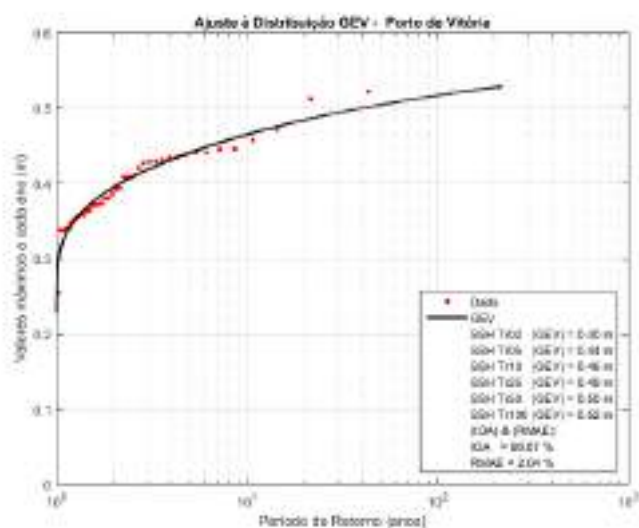
Além dos índices estatísticos indicarem excelentes ajustes entre as observações e a distribuição de Gumbel, uma observação visual, mostra que este ajuste também é a mais adequado para os valores extremos (valores mais altos) observados. Assim, adotou-se os valores, estimados através de Gumbel, para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, para a posição próxima ao Porto de Vitória:

- TR 02 anos = 0,39 m;
- TR 05 anos = 0,43 m;
- TR 10 anos = 0,46 m;
- TR 25 anos = 0,50 m;
- TR 50 anos = 0,53 m;
- TR 100 anos = 0,56 m.

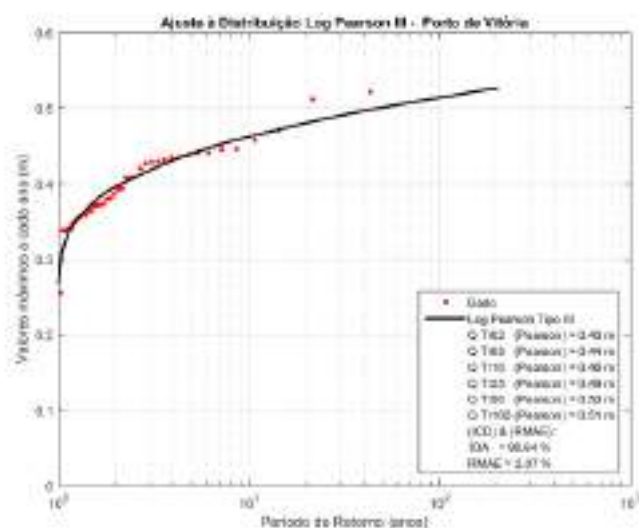
Estes valores são referentes ao nível zero adotado arbitrariamente como sendo o nível médio.



(a)



(b)

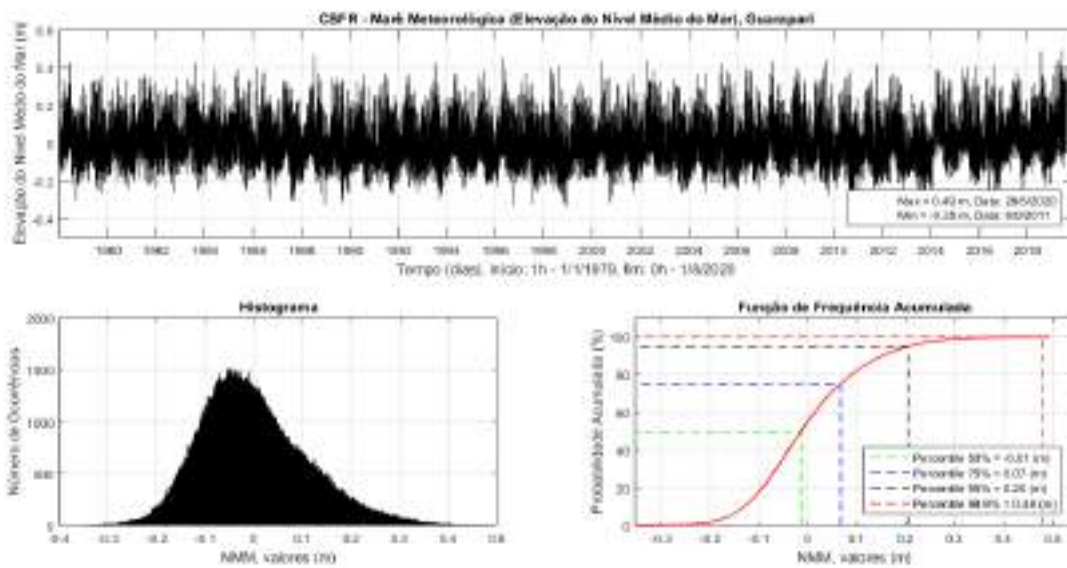


(c)

**Figura 104 – Distribuições (Gumbel, GEV e Log Pearson III) ajustadas aos máximos anuais dos dados (reanálises) próximos ao Porto de Vitória.**

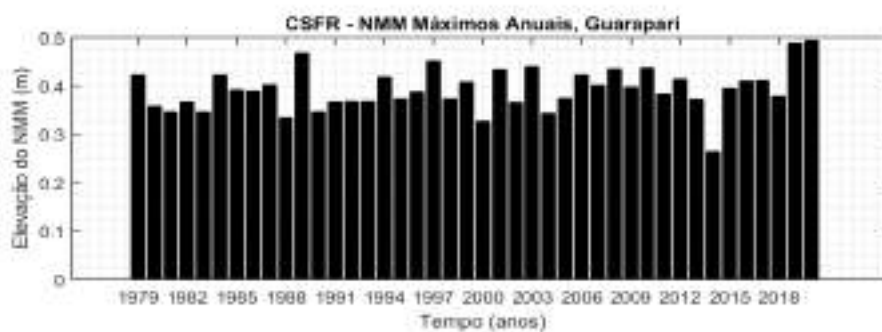
Na Figura 105 (superior) é apresentada a série temporal de variações do NMM para os dados referentes às coordenadas Latitude -20.75 e Longitude -40.25, nas proximidades de Guarapari. Nesta Figura estão indicados os extremos de máximo e mínimo observados no período. O máximo (0,49 m) ocorreu em 28 de maio de 2020 e o mínimo (- 0,35 m) ocorreu em 6 de setembro de 2011. Os valores observados são referentes ao nível zero adotado arbitrariamente como sendo o nível médio do mar.

Figura 105 (inferior) mostra, o histograma dos dados de NMM e a função de frequência acumulada, construída a partir do histograma. Na função de frequência acumulada, são apresentados, também os valores dos percentis de 50, 75, 95 e 99.9 %. Os percentis indicam que, por exemplo, 99.9 % do tempo os valores de nível do mar observados nessa posição ficam abaixo de 0,48 m.



**Figura 105 – Série temporal de variação do NMM proveniente do CSFR para o litoral do ES, nas proximidades de Guarapari. Na parte inferior estão o histograma e a função de frequência acumulada, calculados a partir da série temporal.**

Na Figura 106 são apresentados os valores máximos anuais obtidos a partir da série do CSFR próxima a Guarapari.



**Figura 106 – Valores máximos anuais dos dados (reanálises) próximos a Guarapari.**

A partir dos máximos anuais foram calculados os valores de elevação do NMM, para a posição próxima a Guarapari, para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para estes cálculos foram testadas três distribuições: Gumbel, GEV (“Generalized Extreme Value Distribution”) e Log Pearson III.

Para avaliar o nível de aderência dos ajustes das distribuições aos dados, foram realizadas as análises de comparação dadas por:

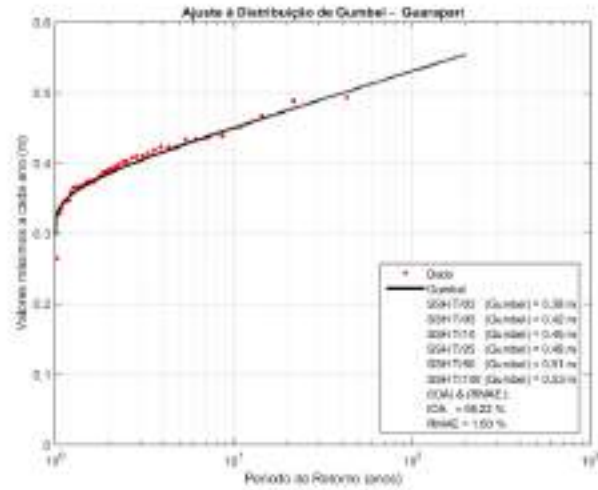
O “Index of Agreement” (IOA) de Willmott e Wicks (1980) (apud WILLMOTT, 1982), com a classificação de Cortês (2004) e “Relative Mean Absolute Error” (RMAE) de Walstra et al. (2001).

Na Figura 107 e são mostradas as distribuições (Gumbel, GEV e Log Pearson III) ajustadas aos máximos anuais. São mostrados os valores dos períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos e, também, os valores dos coeficientes IOA e RMAE.

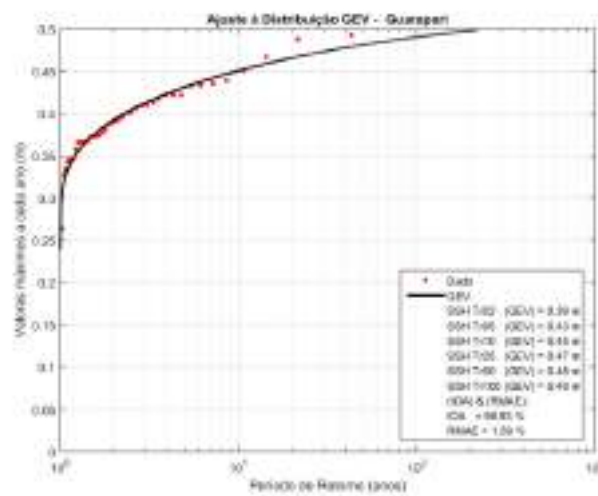
Para esta posição, próxima a Guarapari, o melhor ajuste foi obtido com a distribuição GEV, IOA igual a 98,93% (ótimo) e o RMAE igual a 1,39 % (excelente). Contudo, uma observação visual, mostra que a distribuição de Gumbel apresenta um ajuste mais conservador para os valores mais altos observados e seu índices IOA e RMAE são também “ótimo” e “excelente”, respectivamente. Assim, adotou-se os valores estimados através de Gumbel para os períodos de retorno:

- TR 02 anos = 0,38 m;
- TR 05 anos = 0,42 m;
- TR 10 anos = 0,45 m;
- TR 25 anos = 0,48 m;
- TR 50 anos = 0,51 m;
- TR 100 anos = 0,53 m.

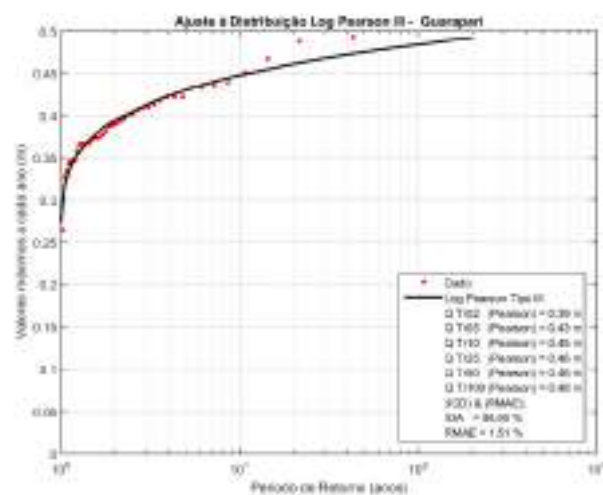
Estes valores são referentes ao nível zero adotado arbitrariamente como sendo o nível médio.



(a)



(b)



(c)

**Figura 107 – Distribuições (Gumbel, GEV e Log Pearson III) ajustadas aos máximos anuais dos dados (reanálises) próximos à Guarapari.**

#### **4.2.4 Reconstrução da Maré Total usando Previsão Harmônica e Reanálise do CFSR**

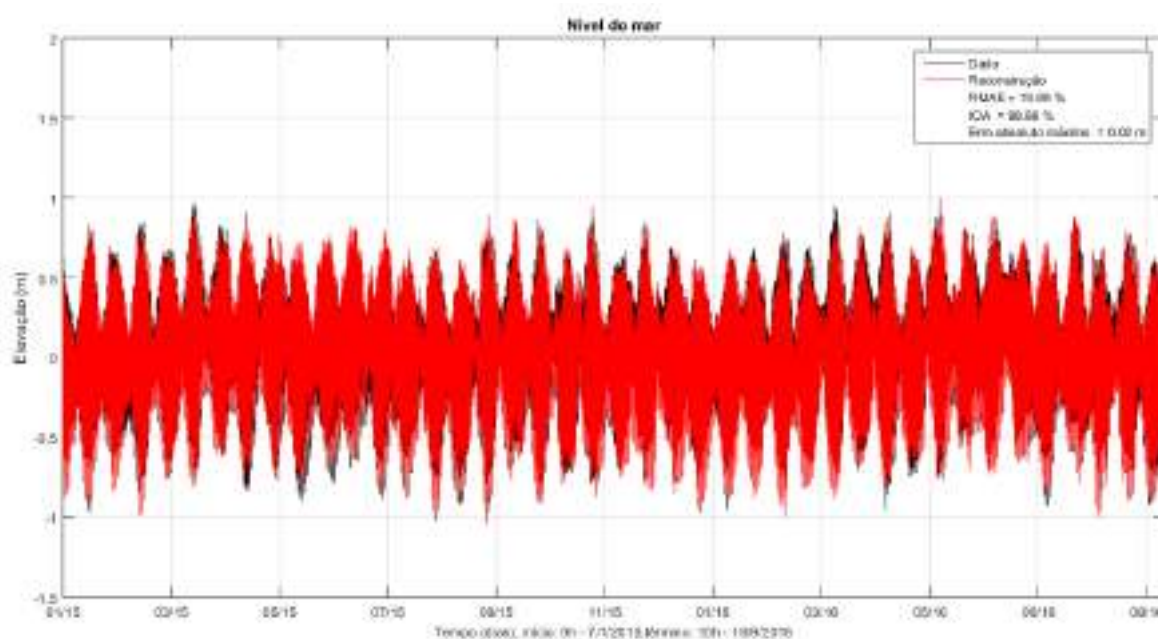
Os valores de variação do NMM do CFSR foram utilizados na reconstrução do nível do mar para as datas referentes às simulações de calibração e validação. Isso porque não existem dados de maré disponíveis nas datas dos eventos críticos selecionados.

Assim sendo foi utilizada a previsão harmônica da maré astronômica somada à variação do NMM do CFSR, para reconstruir a maré total. As marés reconstruídas foram impostas nas bordas de jusante do modelo hidrológico, na posição das fozes dos rios. Portanto, estas reconstruções foram realizadas para as datas de calibração e validação e, também, para as simulações diagnóstica e prognósticas. Nestas últimas os valores do NMM referentes aos Trs de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos foram utilizados no cenário diagnóstico de 2020 e prognósticos de, 2025, 2032 e 2040.

Para verificar a validade da reconstrução do sinal de maré total a partir de previsão harmônica de maré somada às variações do NMM do CFSR, foi realizada uma simulação considerando:

1. Previsão utilizando as constantes harmônicas obtidas da análise apresentada na Tabela 17, calculadas a partir da série histórica de marés do Porto de Tubarão.
2. Série temporal de NMM do CFSR para o mesmo período da série histórica do marégrafo do Porto de Tubarão.
3. Soma dos dois sinais (reconstrução): previsão harmônica mais NMM do CFSR.

Na Figura 108 é apresentada uma comparação entre os dados medidos no marégrafo do porto (curva preta) e os valores reconstruídos (curva vermelha). O "Index of Agreement" (IOA) resultou em 98,86 % sendo classificado como ótimo e o "Relative Mean Absolute Error" (RMAE) resultou em 19,98 % (excelente). O erro absoluto entre os máximos ficou em 2 cm. Esta análise de aderência classifica a reconstrução como estando sendo excelente e ótima para a representação da maré total.



**Figura 108 – Comparação entre os dados originais e a reconstrução para a maré total no porto de Tubarão.**

#### **4.2.5 Definição do Nível de Referência (NR) Adotado**

Para o estabelecimento do nível de referência (NR) adotado no presente estudo, foi realizada uma campanha para o nivelamento da régua da Estação Maregráfica da Capitania dos Portos do Espírito Santo.

A referida estação maregráfica está localizada nas coordenadas: 364558.00 m E e 7752731.84 m S, Datum: SIRGAS 2000, UTM: 24 S (Figura 109).

A régua do marégrafo tem altura de 4m e, na extremidade superior, a cota medida foi de 2,679 m (IBGE), Figura 109. Considerando esta medida, o “zero” da régua está na cota -1,321 m (IBGE).



**Figura 109 – Nivelamento da régua do marégrafo da Capitania dos Portos do ES.**

Na descrição da Estação Maregráfica da Capitania dos Portos e ES, apresentada em Marinha do Brasil (2010) são apresentados quatro pontos de referência (RN-9000, RN1-ENTERPA, RN2-ENTERPA e MT-23071), reproduzidos na Figura 110. Em março de 2021 a equipe do Consórcio Tetra Tech-CONCREMAT realizou o levantamento em três destes pontos, Figura 111.

Em Marinha do Brasil (op. cit.) é apresentado, também, um diagrama com a indicação das altitudes dos pontos de referência adotados em relação ao zero da régua: NR, NM e RN1 – ENTERPA (Figura 112). A comparação entre os pontos de levantados em março de 2021 pela equipe do Consórcio Tetra Tech-CONCREMAT e os apresentados em Marinha do Brasil (op. cit.), permitiu a determinação do valor do nível médio do mar (NM), ou mais precisamente média do nível médio do mar.

O valor obtido para a média do nível médio do mar (MNM) foi de 0,12 m (IBGE).

Cabe aqui alguns esclarecimentos sobre os conceitos de “Nível Médio do Mar”, “variação do Nível Médio do Mar” e “Média do Nível Médio do Mar”.

Antunes (2010): a variação do Nível Médio do Mar pode ser causada por diversos fatores tais como: alterações climáticas, meteorológicos e oceânicos, sendo estes dois últimos associados à incidência de sistemas frontais.

Carvalho (2015): O comportamento do Nível Médio do Mar (NMM) chama cada vez mais a atenção já que a sua elevação ou seu decréscimo está relacionado a sérios danos, e a episódios de ressacas, erosão costeira, galgamento das estruturas construídas na orla e “afogamento” das galerias de águas pluviais. O principal fator de alteração do NMM é a ação dos ventos e a sua relação com a maré meteorológica. Maré meteorológica é um evento não determinístico já que é produto de variações do campo de vento, não podendo assim ser perfeitamente determinada em um longo prazo.

Neves (2005). Análises de registros maregráficos indicam a ocorrência de várias oscilações do nível do mar, associadas quase certamente a eventos meteorológicos e oceanográficos de mesoescala. Essas variações na costa sudeste brasileira têm períodos que podem variar desde cinco dias até seis meses e apresentam tendências ou oscilações decenais.

IBGE (2016b). Os resultados do relatório (Análise do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG) indicam um aumento do nível médio do mar nas estações da RMPG, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, associado a efeitos meteorológicos mais extremos, como baixas pressões, ventos, ondulação forte etc.

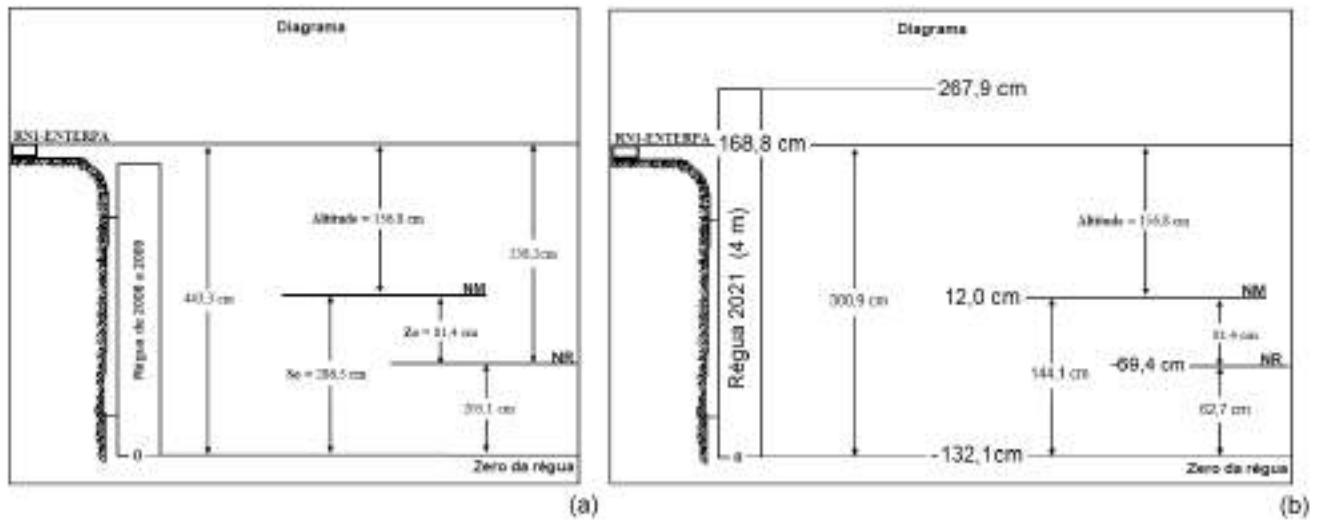
Estas referências, dentre muitas outras, esclarecem que o nível médio do mar (NMM) varia, por exemplo, na escala de tempo da passagem de sistemas frontais. Mas, podemos definir uma média para a variação do NMM. No presente estudo, esta média (MNM) foi adotada como sendo 0,12 m (IBGE).



**Figura 110 – Pontos de referência, fonte: Marinha do Brasil (2010).**



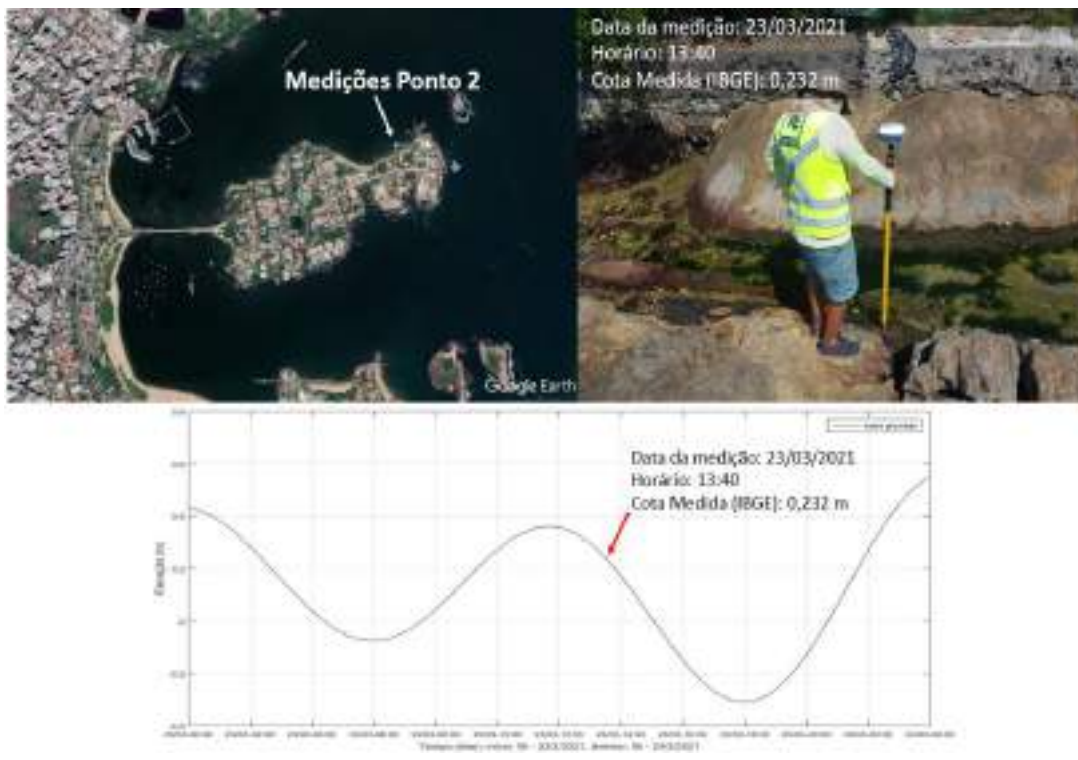
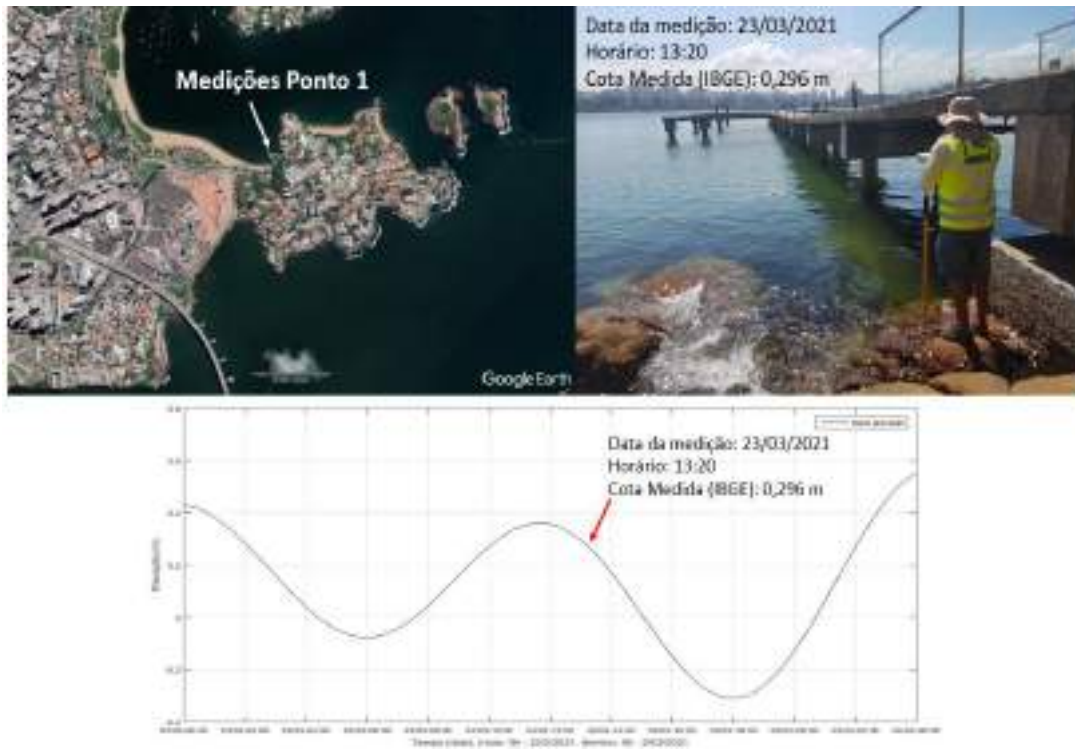
Figura 111 – Pontos de medição, fonte: Marinha do Brasil (2010).

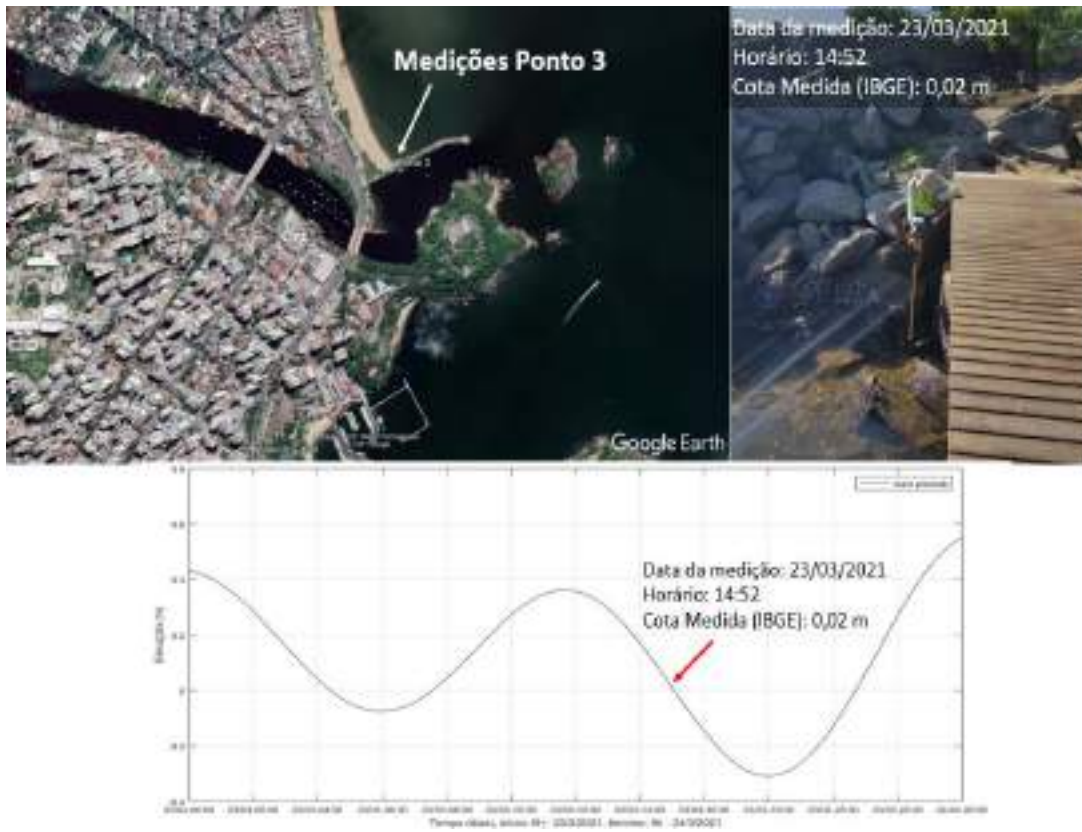


**Figura 112 – Comparação entre os pontos de referência apresentados em (a) Marinha do Brasil (2010) e os levantados pelo Consórcio Tetra Tech-CONCREMAT. (a) fonte: adaptado de Marinha do Brasil (2010), (b).**

fonte: Consórcio Tetra Tech-CONCREMAT.

Para validar o estabelecimento do valor da MNM igual a 0,12 m, foram levantados os níveis d'água em outros 3 posições, em locais com pouca influência de ondas. As informações são apresentadas a seguir, bem como o resultado da previsão harmônica de marés nos respectivos instantes de medição, considerando MNM = 0,12m, Figura 113 (a), (b) e (c).





(c)  
**Figura 113 – Levantamento dos níveis d'água em 3 posições e instantes diferentes para a validação do MNM adotado.**

### 4.3 Análise dos Dados de Precipitação

Visando obter dados para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos e a determinação dos eventos extremos ocorridos na RMGV, e considerados na modelagem, foram levantadas as estações pluviométricas existentes no interior na região. Para isso, foram utilizadas as seguintes bases:

- Agência Nacional de Águas - ANA através da HIDROWEB (ANA, 2021);
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021);
- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2021).

Os dados provenientes da ANA são séries longas, com duração de até 94 anos, ideais para a caracterização de valores extremos de precipitação, caracterização sazonal ou normais climatológicas e para a verificação de tendências (mudanças) climáticas. Contudo são dados acumulados diários e, portanto, não fornecem hietogramas possam ser usados nas simulações de calibração e validação da modelagem hidrológica.

Os dados do INMET são valores acumulados horários e têm duração máxima de 14 anos. Eles podem ser utilizados nas simulações de calibração e validação, fornecendo hietogramas para os eventos críticos. Contudo existem somente 3 estações pruviométricas na área da RMGV.

Os registros do CEMADEN são séries temporais obtidas desde 2015. Estes registros têm intervalos de integração variando de 10 min a 1h e, a rede de estações, tem cobertura em todos os municípios da RMGV. Estas são, portanto, as séries mais adequadas para o fornecimento de hietogramas para as simulações dos eventos críticos.

As localizações das estações pluviométricas, com dados disponíveis para a RMGV, estão apresentadas na Figura 114.

A seguir são apresentadas as análises dos dados da ANA e INMET para a caracterização dos eventos críticos históricos. Em seguida são apresentados os dados do CEMADEN utilizados nas simulações de calibração e validação da modelagem, ressaltando que os dados do INMET também foram utilizados nas simulações.



**Figura 114 – As localizações das estações pluviométricas ANA, INMET e CEMADEN existentes na RMGV e com dados disponíveis.**

### 4.3.1 Análise dos Dados de Precipitação ANA e INMET

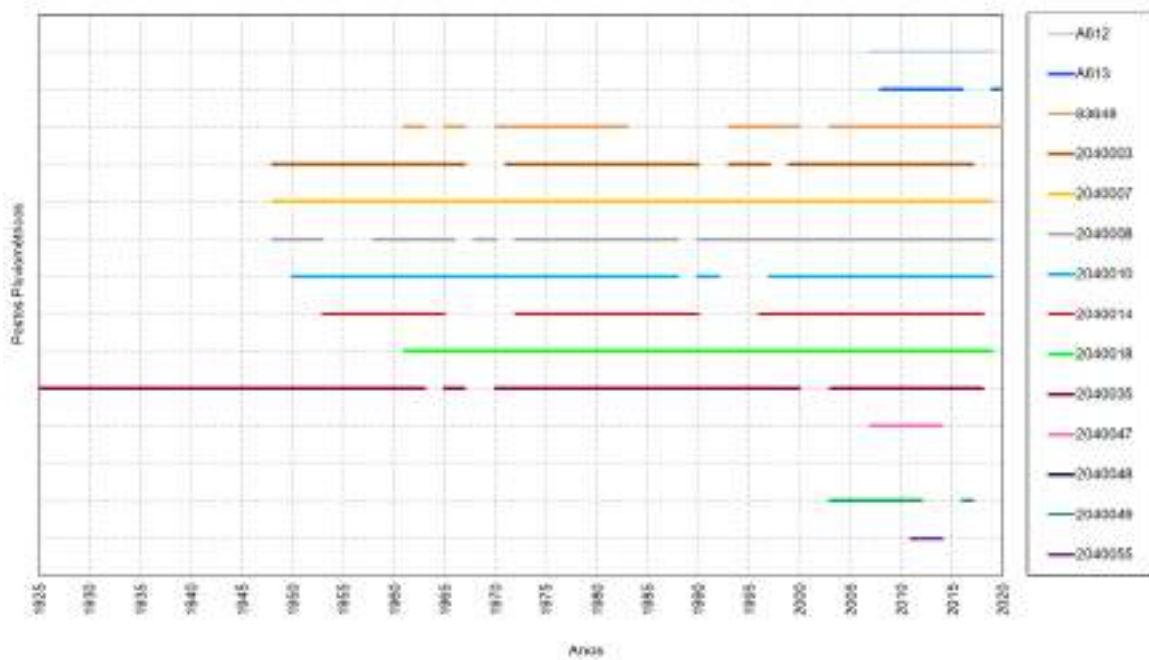
No cadastro da Agência Nacional de Águas - ANA e no site do INMET, foram identificadas, ao todo, 107 estações pluviométricas, no entanto apenas 33 apresentam dados pluviométricos.

As estações pluviométricas, que possuem dados, são apresentadas na Tabela 21, juntamente com seu intervalo de dados consistidos, quantidade de anos com dados e quantidade de anos sem dados ou com falhas (10% de falhas ao longo do ano).

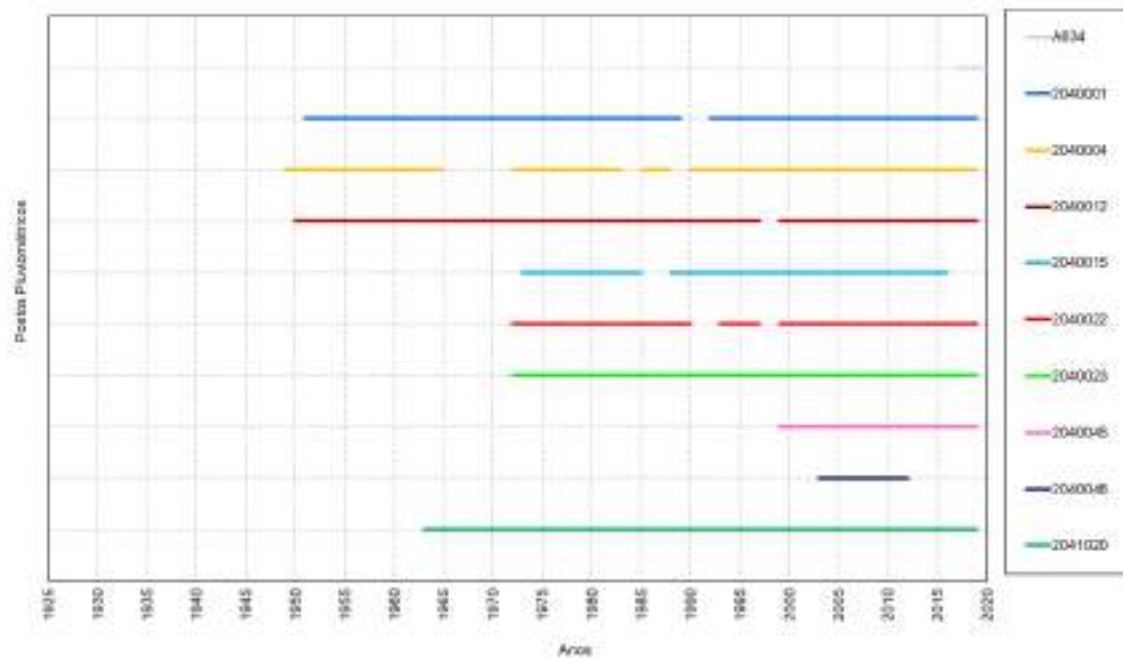
**Tabela 21 – Postos pluviométricos selecionados na área de estudo (ANA, INMET).**

<b>Posto</b>	<b>1940007</b>	<b>1940010</b>	<b>2040001</b>	<b>2040003</b>	<b>2040004</b>	<b>2040007</b>	<b>2040008</b>
Início	jul/48	abr/56	jan/51	jan/47	jul/48	out/47	dez/47
Final	fev/20	fev/20	dez/20	jan/20	jan/20	fev/20	fev/20
Tot. Anos	72	64	70	73	72	73	73
c/ dados	68	60	67	63	62	70	64
s/ dados	4	4	3	10	10	3	9
<b>Posto</b>	<b>2040012</b>	<b>2040014</b>	<b>2040015</b>	<b>2040018</b>	<b>2040020</b>	<b>2040022</b>	<b>2040023</b>
Início	out/49	mai/52	jan/71	mai/59	dez/98	jan/70	jan/70
Final	fev/20	set/19	set/17	fev/20	fev/20	fev/20	fev/20
Tot. Anos	71	67	46	61	56	50	50
c/ dados	68	53	41	58	54	45	47
s/ dados	3	14	5	3	2	5	3
<b>Posto</b>	<b>2040046</b>	<b>2040047</b>	<b>2040048</b>	<b>2040049</b>	<b>2040055</b>	<b>2041020</b>	<b>A612</b>
Início	out/02	nov/03	set/15	out/02	nov/10	jan/67	out/06
Final	abr/13	dez/18	dez/18	dez/19	dez/18	jan/20	out/20
Tot. Anos	11	15	3	17	8	57	14
c/ dados	9	8	0	13	3	56	14
s/ dados	2	7	3	4	5	1	0
<b>Posto</b>	<b>83043</b>	<b>83647</b>	<b>83648</b>	<b>2040009</b>	<b>2040010</b>	<b>2040011</b>	
Início	jan/79	nov/76	jan/61	fev/48	out/49	nov/49	
Final	dez/06	jan/05	out/20	fev/20	fev/20	fev/20	
Tot. Anos	27	28	59	72	71	71	
c/ dados	6	18	48	68	62	68	
s/ dados	21	10	11	4	9	3	
<b>Posto</b>	<b>2040035</b>	<b>2040042</b>	<b>2040045</b>	<b>INMET A613</b>	<b>INMET A615</b>	<b>INMET A634</b>	
Início	jan/25	jan/79	jul/99	ago/07	nov/06	fev/17	
Final	jun/19	dez/98	fev/20	set/20	set/20	out/20	
Tot. Anos	94	19	21	13	14	3	
c/ dados	88	19	20	13	14	3	
s/ dados	6	0	1	0	0	0	

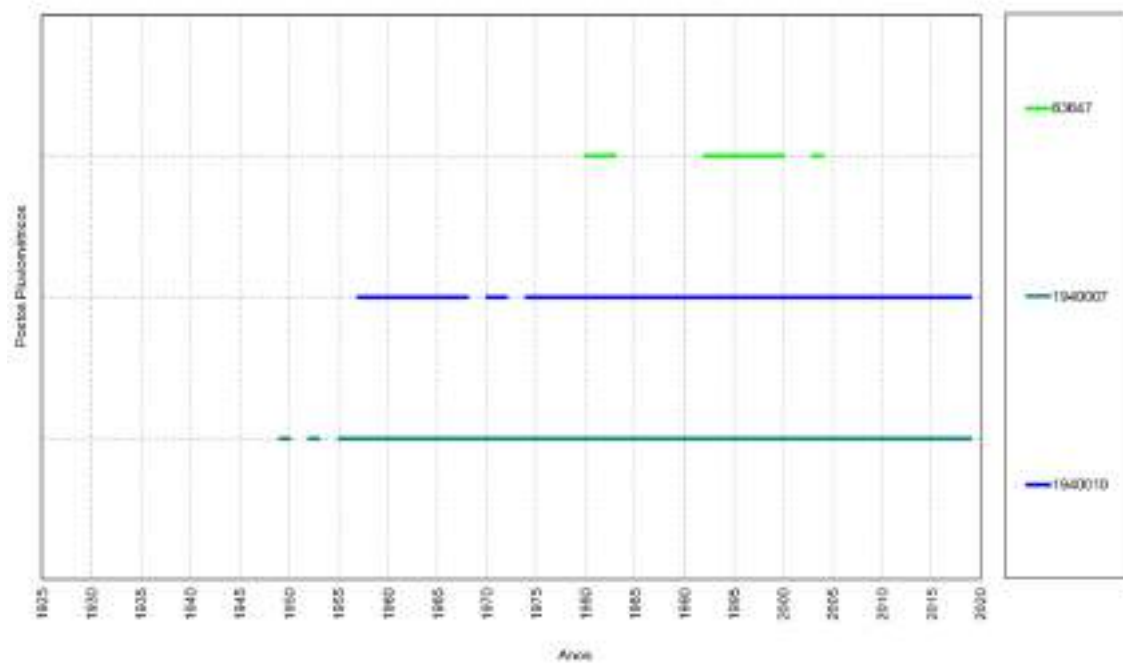
As Figuras a seguir (Figura 115, Figura 116 e Figura 117) apresentam o diagrama de cobertura temporal dos dados pluviométricos das estações na RMCV, provenientes da ANA e INMET.



**Figura 115 – Diagrama de Cobertura Temporal das Estações Pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**



**Figura 116 – Diagrama de Cobertura Temporal das Estações Pluviométricas selecionadas na Bacia do Rio Jucú e estações próximas.**



**Figura 117 – Diagrama de Cobertura Temporal das Estações Pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

#### 4.3.1.1 Chuva Total Mensal Média e Máxima - ANA e INMET

Com os dados das estações selecionadas, foi calculado para cada estação a média do acumulado mensal. Esses valores estão apresentados na Tabela 22, Tabela 23, Tabela 24 e na Figura 118, Figura 119 e Figura 120.

**Tabela 22 – Média do Total Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**

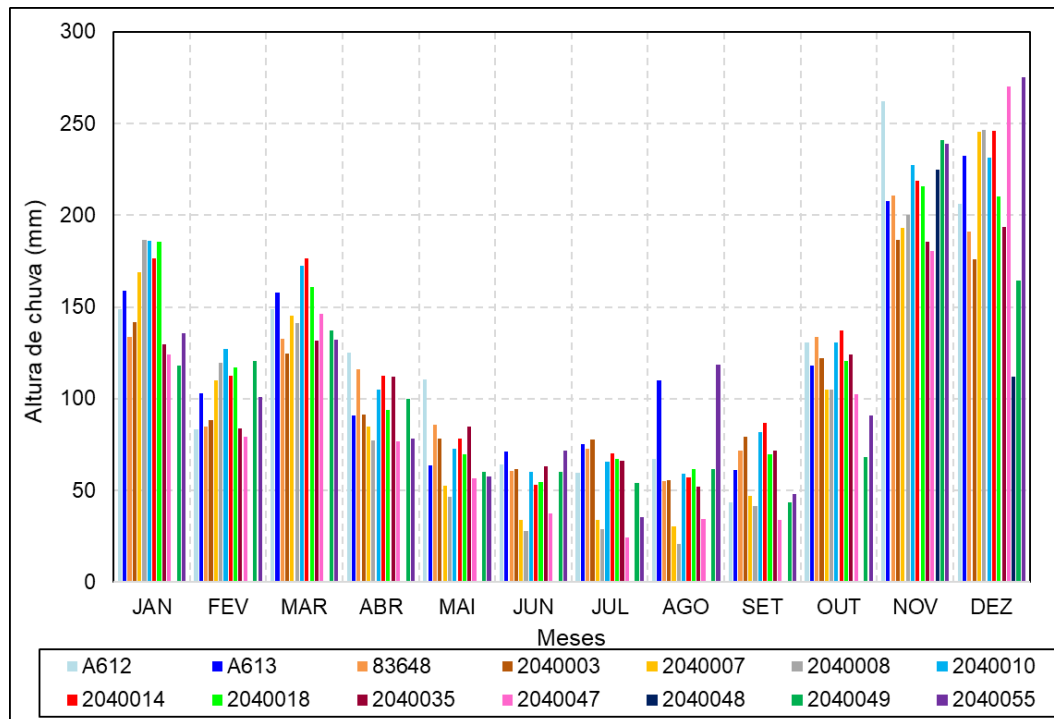
Posto	A612	A613	8364 8	20400 03	20400 07	20400 08	20400 10	20400 14	20400 18	20400 35	20400 47	20400 48	20400 49	20400 55
<b>JAN</b>	149,0	158,9	133,6	141,7	169,1	186,3	186,2	176,3	185,6	129,6	123,9	0,0	118,3	135,8
<b>FEV</b>	83,3	102,8	85,0	88,3	109,9	119,8	127,1	112,6	117,0	84,0	79,5	0,0	120,8	101,1
<b>MAR</b>	148,9	157,9	132,5	124,7	145,5	141,3	172,5	176,4	161,0	131,6	146,3	0,0	137,1	132,4
<b>ABR</b>	124,9	90,9	116,1	91,4	84,8	77,4	105,1	112,3	93,8	112,1	76,7	0,0	99,9	78,4
<b>MAI</b>	110,3	63,7	85,8	78,1	52,3	46,8	72,6	78,3	69,9	84,7	56,4	0,0	60,2	57,4
<b>JUN</b>	64,3	71,5	60,6	61,6	34,1	27,8	60,0	52,9	54,4	63,4	37,5	0,0	59,9	71,5
<b>JUL</b>	59,6	75,1	73,0	77,6	34,1	28,9	65,8	70,4	67,3	66,1	24,2	0,0	53,9	35,4
<b>AGO</b>	67,1	110,0	55,0	55,8	30,6	20,9	59,1	57,0	61,4	52,2	34,3	0,0	61,8	118,8
<b>SET</b>	43,3	61,2	71,9	79,3	47,0	41,4	82,0	87,1	69,6	71,7	33,9	0,0	43,5	48,0
<b>OUT</b>	130,5	118,2	133,6	121,9	104,8	105,1	130,9	137,0	120,5	124,3	102,4	0,0	68,3	90,9
<b>NOV</b>	261,9	207,9	210,8	186,8	193,3	200,4	227,4	219,0	215,8	185,6	180,7	225,0	241,2	239,2
<b>DEZ</b>	206,1	232,5	191,1	176,2	245,3	246,3	231,4	245,9	210,0	193,8	270,0	111,8	164,3	275,2

**Tabela 23 – Média do Total Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Jucú e estações próximas.**

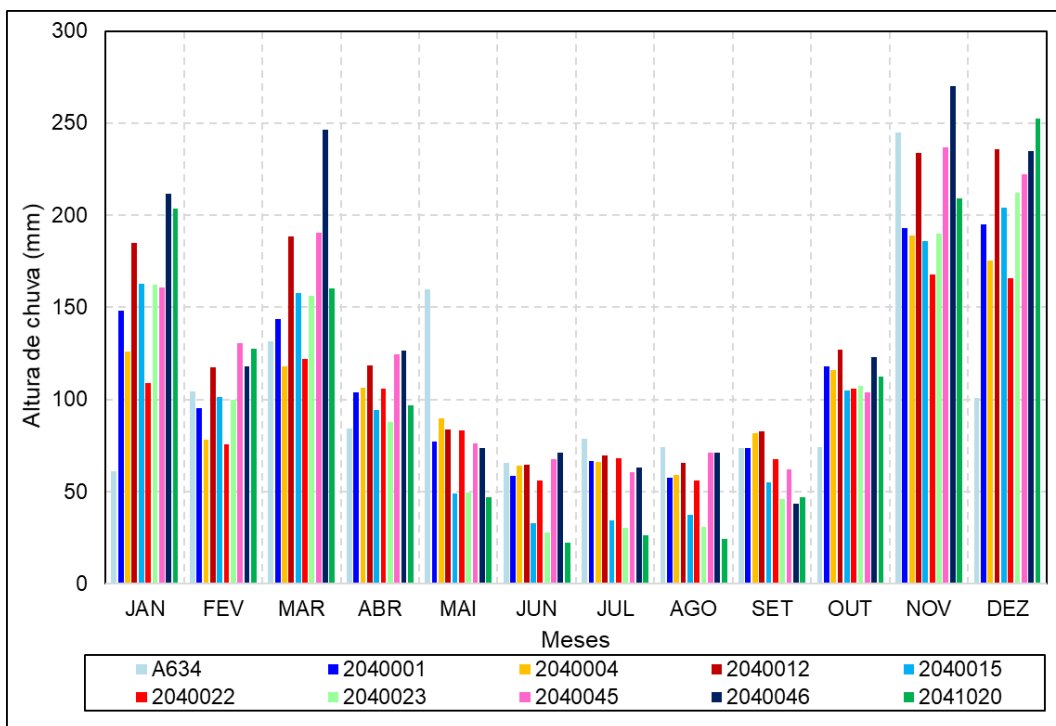
Posto	A634	2040001	2040004	2040012	2040015	2040022	2040023	2040045	2040046	2041020
<b>JAN</b>	60,9	148,0	125,9	184,8	163,1	108,7	162,1	161,0	211,8	203,6
<b>FEV</b>	104,6	93,5	78,0	117,4	101,6	75,8	99,9	130,7	118,2	127,4
<b>MAR</b>	131,8	143,0	118,0	188,6	157,6	122,1	156,4	190,7	246,5	160,2
<b>ABR</b>	84,2	103,7	106,4	118,3	94,3	105,8	87,7	124,5	126,4	97,1
<b>MAI</b>	159,9	76,3	90,0	83,8	48,8	83,4	49,6	76,3	73,5	46,8
<b>JUN</b>	65,6	56,7	64,1	64,6	32,9	55,8	27,6	67,7	71,2	22,5
<b>JUL</b>	78,6	62,6	66,1	69,8	34,4	68,2	30,4	60,8	62,9	26,5
<b>AGO</b>	74,2	54,9	59,2	65,4	37,5	55,8	30,9	71,4	71,1	24,3
<b>SET</b>	73,7	70,0	82,0	82,7	54,8	67,6	46,0	62,2	43,4	46,7
<b>OUT</b>	74,1	112,7	116,1	127,2	104,9	106,1	107,3	103,7	123,0	112,4
<b>NOV</b>	244,7	189,0	188,8	233,7	185,9	167,6	190,1	236,7	270,3	209,0
<b>DEZ</b>	100,8	192,7	175,2	236,0	204,2	165,8	212,0	222,1	234,9	252,7

**Tabela 24 – Média do Total Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

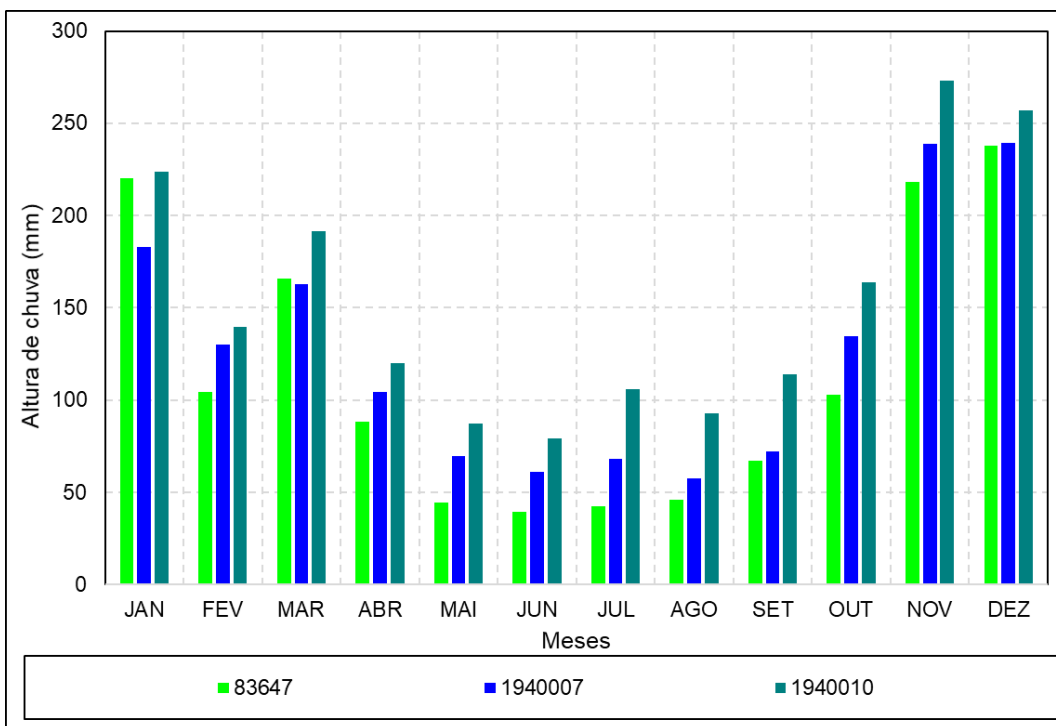
Posto	83647	1940007	1940010
JAN	220,1	182,8	223,8
FEV	104,4	130,0	139,8
MAR	165,7	162,9	191,6
ABR	88,5	104,4	120,1
MAI	44,2	69,6	87,4
JUN	39,2	61,2	79,3
JUL	42,3	68,4	105,9
AGO	45,9	57,5	92,7
SET	67,1	72,2	114,2
OUT	102,9	134,6	163,8
NOV	218,0	238,8	273,2
DEZ	237,9	239,4	257,2



**Figura 118 – Alturas médias das chuvas totais mensais para as estações da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**



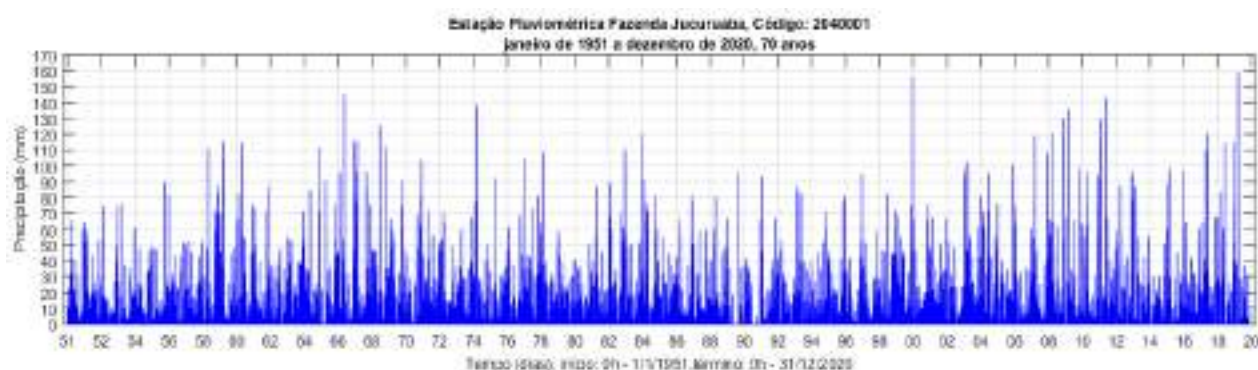
**Figura 119 – Alturas médias das chuvas totais mensais para as estações da Bacia do Rio Jucú e estações próximas**



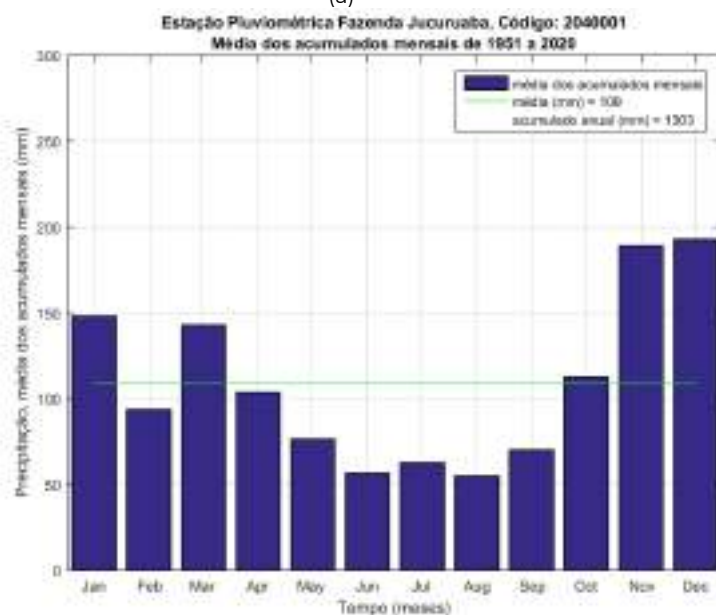
**Figura 120 – Alturas médias das chuvas totais mensais para as estações da Bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

Para ilustrar a análise realizada (Média dos Acumulados Mensais) segue abaixo, na Figura 121, um exemplo de aplicação para a estação pluviométrica Fazenda Jucuruaba código 2040001, localizada no Município de Viana (coordenadas: Latitude de  $-20,415^{\circ}$  S e Longitude de  $-40.4853^{\circ}$  W, Datum: SIRGAS 2000). Indicada também na Tabela 23.

Na Figura 121 (a) é apresentada a série temporal de pluviometria com os valores acumulados diários. Os registros são do período de janeiro de 1951 a dezembro de 2020. Na Figura 121 (b) são apresentados os valores acumulados mensais e o acumulado médio anual.



(a)

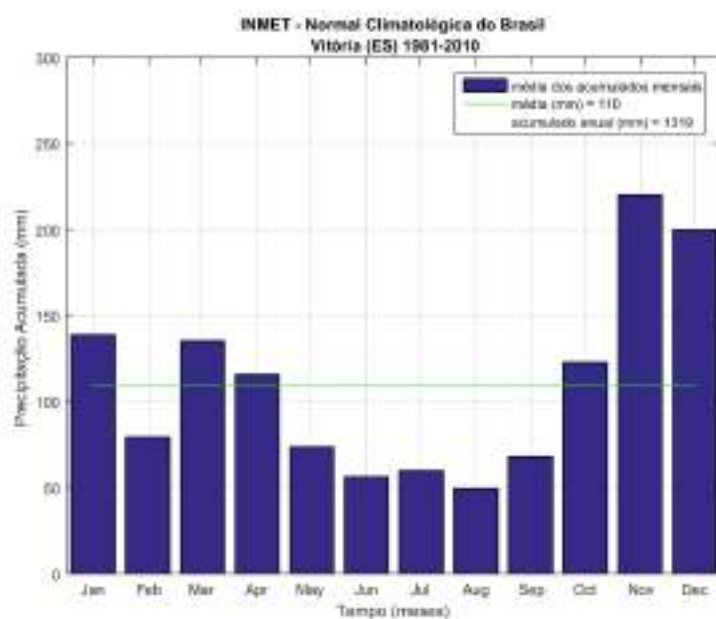


(b)

**Figura 121 – Alturas médias das chuvas acumuladas (totais) mensais para a estação pluviométrica Fazenda Jucuruaba código 2040001, Bacia do Rio Jucú.**

Os resultados apresentados na Figura 121 (b) podem ser comparados às normais climatológicas fornecidas pelo INMET (disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>), para a estação pluviométrica código: 83648 de Vitória, apresentadas na Figura 122.

Ambas as figuras (análises) mostram que na RMGV os meses chuvosos ocorrem, principalmente, entre outubro e abril com máximos, em geral, em novembro e dezembro. Os mínimos ocorrem nos meses de junho, julho e agosto.



**Figura 122 – Alturas médias das chuvas acumuladas (totais) mensais fornecidas pelo INMET para a estação pluviométrica 83648 de Vitória.**

Utilizando os dados das estações selecionadas foi calculado, também, para cada estação, a média das máximas mensais. Esses valores estão apresentados na Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27 a seguir. A Figura 123, Figura 124 e Figura 125 ilustram esses valores.

**Tabela 25 – Média da Máxima Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**

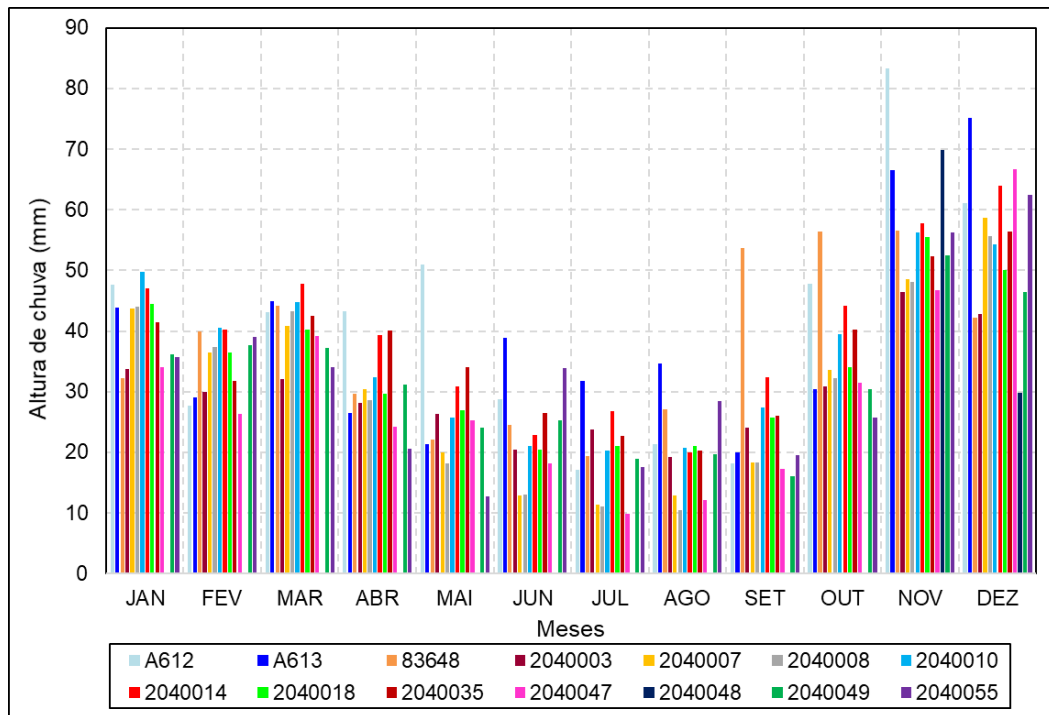
Posto	A612	A613	83648	2040003	2040007	2040008	2040010	2040014	2040018	2040035	2040047	2040048	2040049	2040055
JAN	47,6	43,9	32,2	33,7	43,7	44,0	49,7	47,1	44,4	41,4	34,0	0,0	36,2	35,7
FEV	27,8	29,0	40,0	30,0	36,4	37,3	40,6	40,3	36,5	31,8	26,3	0,0	37,7	39,0
MAR	43,1	45,0	44,2	32,1	40,9	43,2	44,8	47,8	40,2	42,5	39,2	0,0	37,2	34,0
ABR	43,3	26,5	29,7	28,2	30,4	28,6	32,3	39,4	29,7	40,1	24,2	0,0	31,2	20,6
MAI	51,0	21,4	22,2	26,4	20,0	18,2	25,7	30,9	26,9	34,0	25,3	0,0	24,0	12,8
JUN	28,7	38,9	24,5	20,5	12,9	13,1	21,0	22,8	20,5	26,5	18,1	0,0	25,3	33,9
JUL	17,1	31,7	19,4	23,7	11,3	11,1	20,3	26,8	21,0	22,7	9,8	0,0	19,0	17,5
AGO	21,3	34,6	27,0	19,3	12,9	10,4	20,8	20,0	21,1	20,3	12,1	0,0	19,7	28,4
SET	18,2	20,0	53,7	24,1	18,3	18,3	27,4	32,4	25,7	26,0	17,3	0,0	16,1	19,5
OUT	47,7	30,4	56,5	30,8	33,6	32,2	39,5	44,2	34,0	40,3	31,5	0,0	30,4	25,7
NOV	83,3	66,5	56,5	46,5	48,6	48,1	56,3	57,7	55,5	52,3	46,8	69,8	52,5	56,3
DEZ	61,2	75,2	42,2	42,8	58,7	55,6	54,3	63,9	50,0	56,4	66,6	29,8	46,4	62,5

**Tabela 26 – Média da Máxima Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Jucú e estações próximas.**

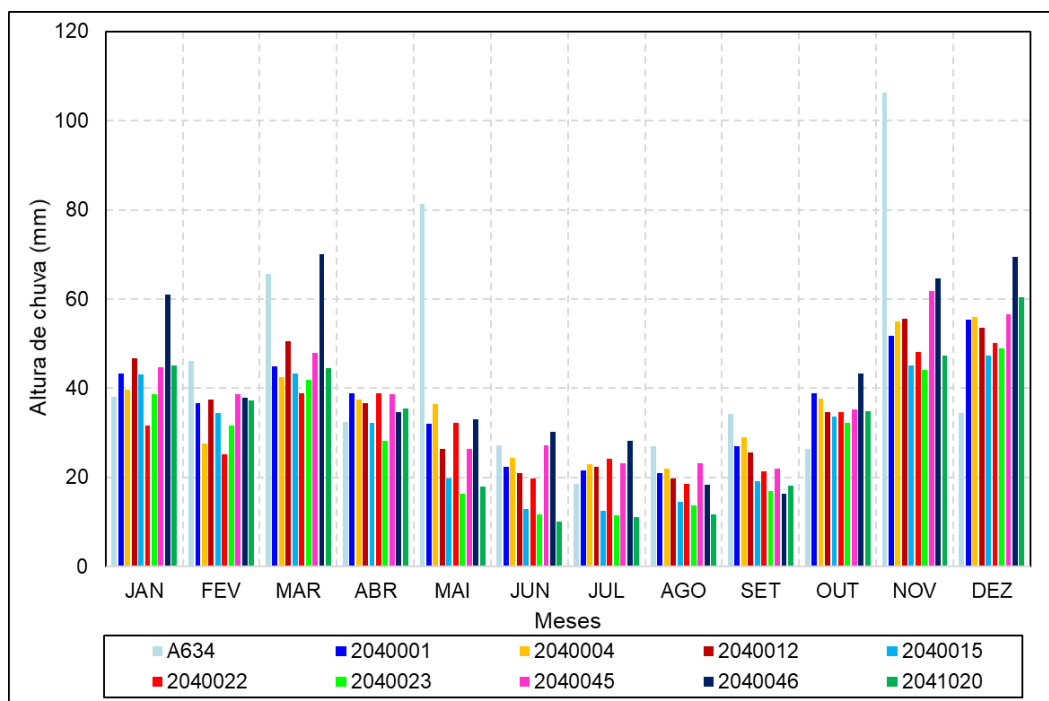
Posto	A634	2040001	2040004	2040012	2040015	2040022	2040023	2040045	2040046	2041020
<b>JAN</b>	38,1	43,3	39,6	46,7	43,2	31,6	38,6	44,8	61,0	45,2
<b>FEV</b>	46,1	36,0	27,7	37,5	34,4	25,1	31,7	38,6	37,8	37,3
<b>MAR</b>	65,6	44,9	42,6	50,6	43,3	38,8	41,9	47,9	70,0	44,6
<b>ABR</b>	32,5	38,8	37,5	36,7	32,3	38,9	28,3	38,7	34,6	35,5
<b>MAI</b>	81,3	32,1	36,4	26,4	19,8	32,3	16,4	26,3	33,1	18,0
<b>JUN</b>	27,3	22,4	24,3	21,0	12,9	19,8	11,7	27,2	30,2	10,0
<b>JUL</b>	18,7	21,5	22,9	22,4	12,5	24,2	11,5	23,1	28,2	11,2
<b>AGO</b>	27,1	21,0	21,9	19,7	14,5	18,6	13,7	23,2	18,4	11,8
<b>SET</b>	34,3	27,0	29,0	25,6	19,1	21,3	16,9	22,0	16,3	18,2
<b>OUT</b>	26,5	38,9	37,7	34,7	33,7	34,7	32,3	35,3	43,4	34,9
<b>NOV</b>	106,2	51,8	54,9	55,5	45,2	48,1	44,1	61,8	64,6	47,4
<b>DEZ</b>	34,5	55,4	55,9	53,6	47,4	50,1	49,0	56,6	69,5	60,5

**Tabela 27 – Média da Máxima Mensal (em mm) nas estações da bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

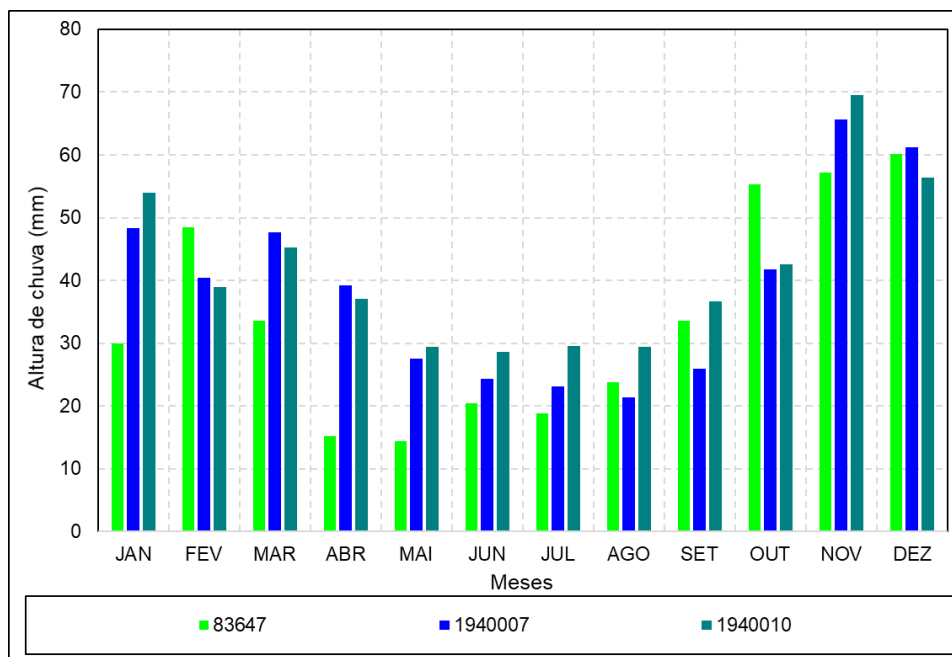
Posto	83647	1940007	1940010
<b>JAN</b>	29,9	48,3	54,0
<b>FEV</b>	48,5	40,4	38,9
<b>MAR</b>	33,6	47,7	45,3
<b>ABR</b>	15,2	39,2	37,1
<b>MAI</b>	14,4	27,5	29,4
<b>JUN</b>	20,4	24,3	28,6
<b>JUL</b>	18,8	23,1	29,6
<b>AGO</b>	23,7	21,4	29,4
<b>SET</b>	33,6	25,9	36,7
<b>OUT</b>	55,3	41,7	42,5
<b>NOV</b>	57,1	65,6	69,5
<b>DEZ</b>	60,1	61,2	56,4



**Figura 123 – Altura média da máxima mensal para as estações da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas**



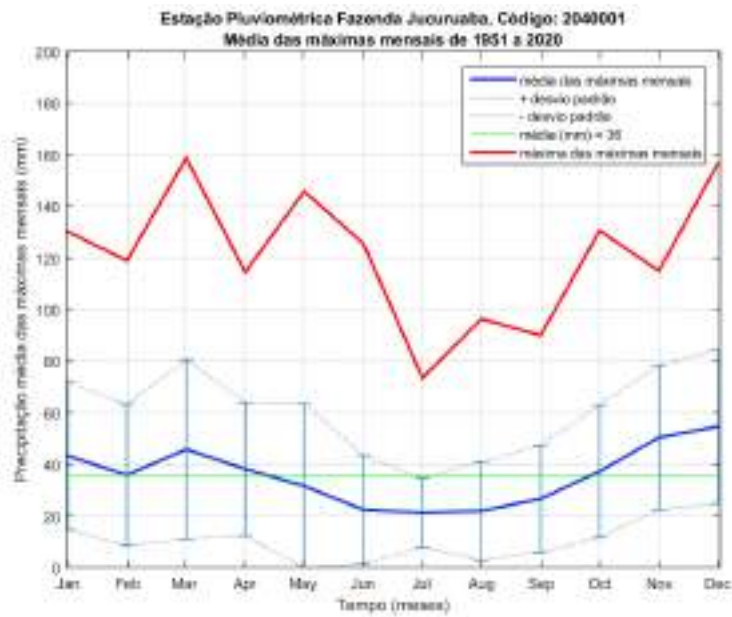
**Figura 124 – Altura média da máxima mensal para as estações da Bacia do Rio Jucú e estações próximas.**



**Figura 125 – Altura média da máxima mensal para as estações da Bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

Novamente, para ilustrar a análise realizada (Média das Máximas Mensais) segue abaixo, na Figura 126, um exemplo de aplicação para a estação pluviométrica Fazenda Jucuruaba código 2040001, localizada no Município de Viana (coordenadas: Latitude de -20,415° S e Longitude de -40.4853° W, Datum: SIRGAS 2000). Indicada também na Tabela 26.

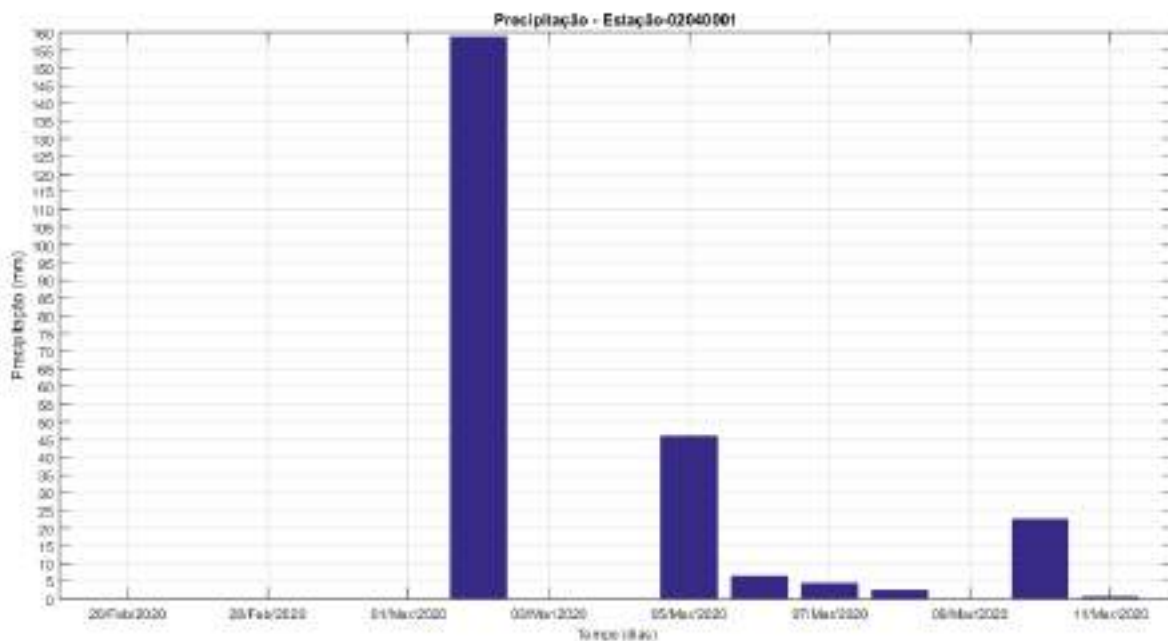
Na Figura 126 são apresentadas: as médias das máximas mensais (curva azul) e as máximas das máximas mensais (curva vermelha). Os registros são do período de janeiro de 1951 a dezembro de 2020. Na Figura 123 (b) são apresentados os valores acumulados mensais e o acumulado médio anual.



**Figura 126 – Médias das máximas mensais, para o posto pluviométrico Fazenda Jucuruaba código 2040001.**

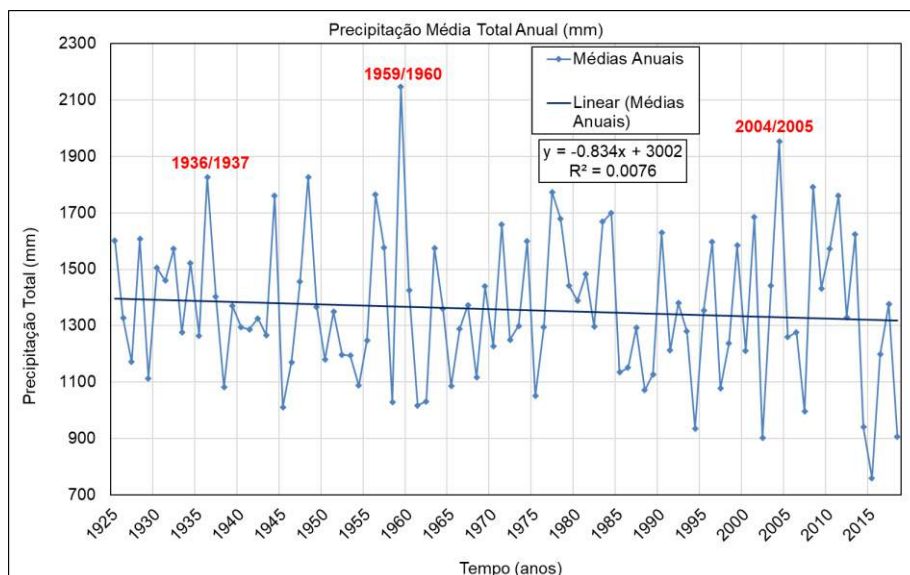
Para esta estação, a máxima histórica ocorreu no mês de março (dia 2 de março de 2020) e o valor atingido foi de 158,7 mm. Na Figura 127 é apresentado um trecho da série temporal de pluviometria mostrado o máximo histórico atingido nesta data.

Observa-se que este valor de precipitação ocorrido em um único dia é maior do que o dobro da média histórica para o mês de maio. A média da precipitação acumulada para o mês de maio é igual a 76,3 mm, vide Figura 121 (b).

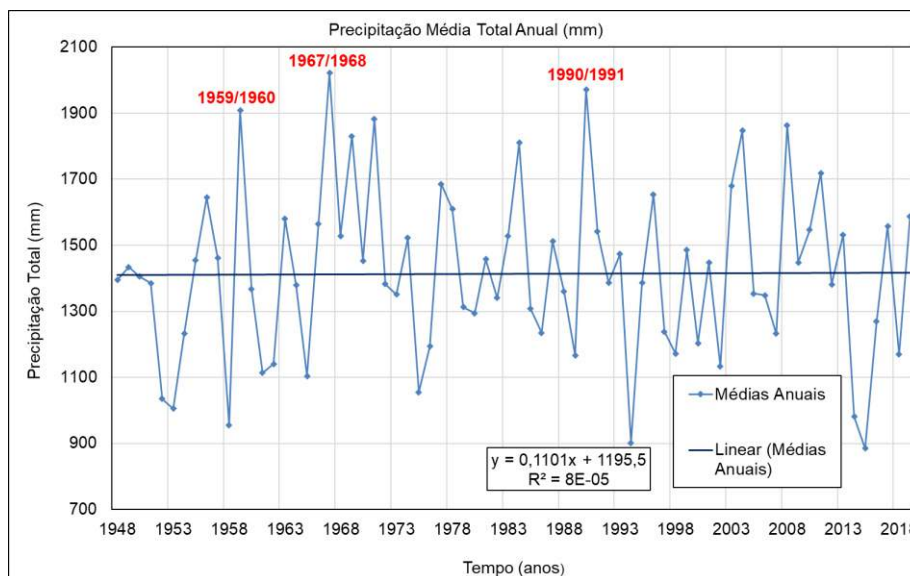


**Figura 127 – Máximo histórico para o posto pluviométrico Fazenda Jucuruaba código 2040001.**

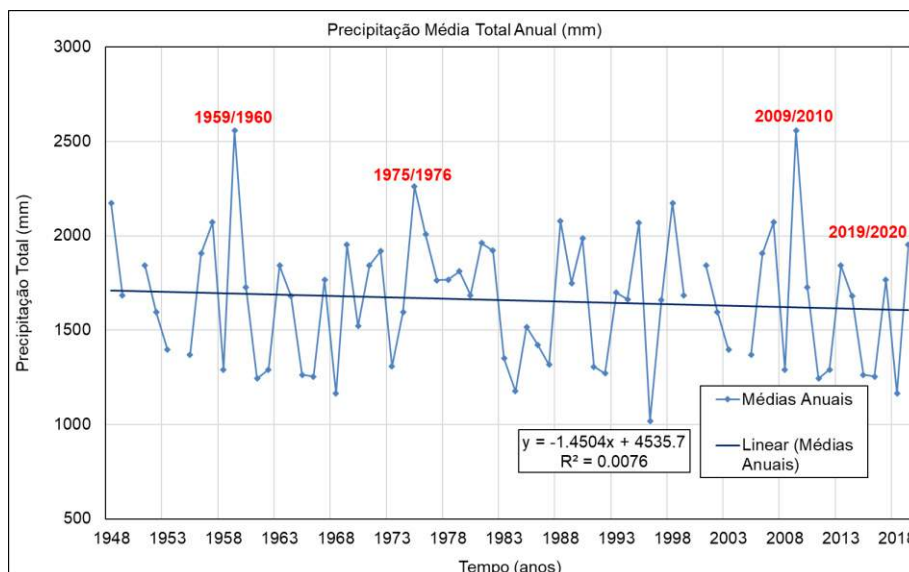
Nas figuras (Figura 128 Figura 129 e Figura 130) a seguir são mostrados os valores das médias, entre os postos pluviométricos selecionados, das chuvas totais anuais para a região das Bacias do Santa Maria da Vitória, Jucú e Reis Magos, evidenciando os anos com os maiores valores. Foi feita, também, uma análise de regressão linear para os valores obtidos. É interessante observar uma tendência de diminuição no acumulado de chuva anual numa taxa máxima de -1,45 mm/ano.



**Figura 128 – Médias das chuvas totais anuais, para os postos pluviométricos selecionados para a Bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**

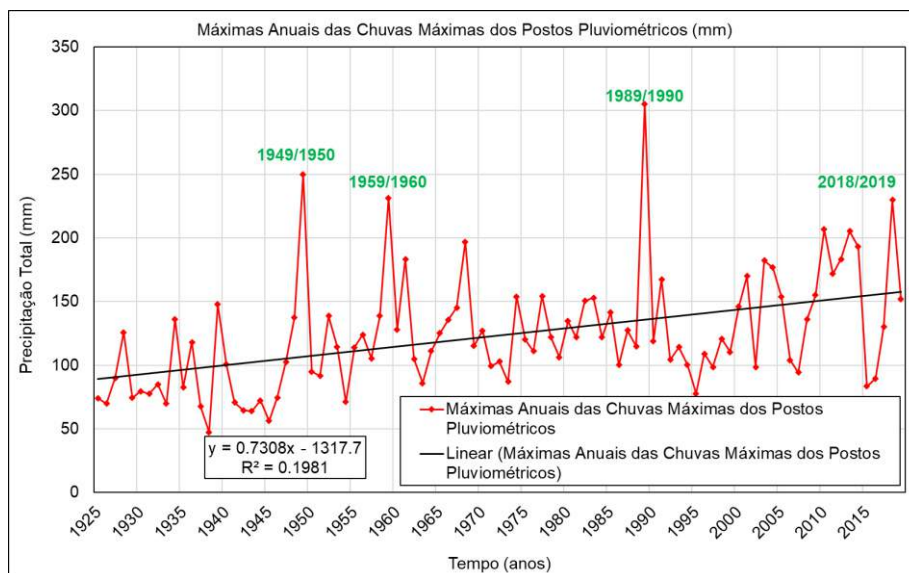


**Figura 129 – Médias anuais das chuvas totais anuais para os postos pluviométricos selecionados para a Bacia do Rio Jucu e estações próximas.**

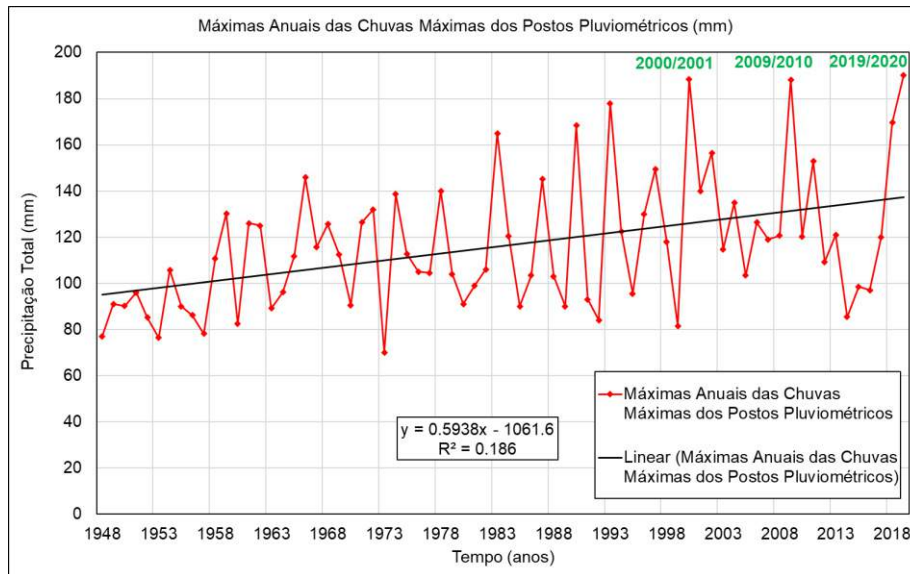


**Figura 130 – Médias anuais das chuvas totais anuais para os postos pluviométricos selecionados para a Bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

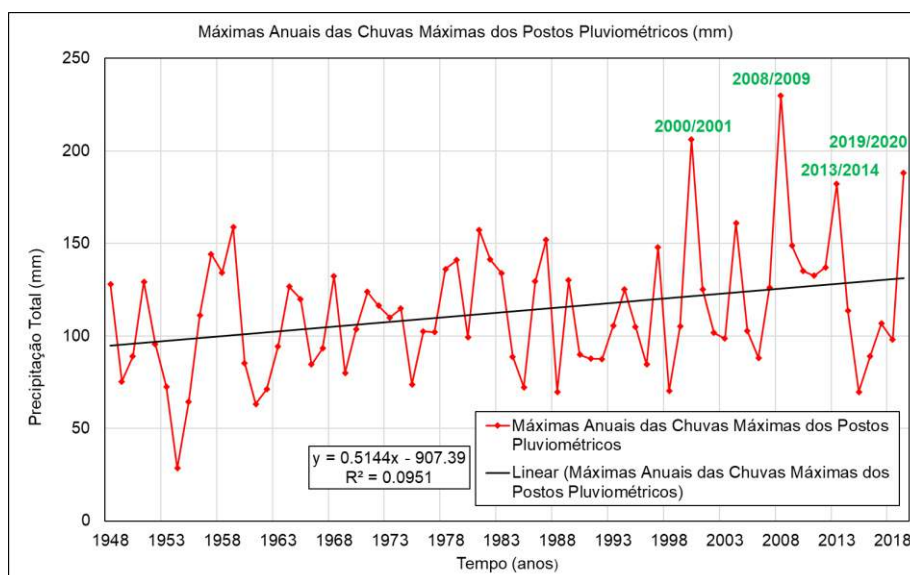
Nas figuras (Figura 131, Figura 132 e Figura 133) a seguir são mostradas as máximas das chuvas máximas anuais de cada estação pluviométrica selecionada para a região das Bacias do Santa Maria da Vitória, Jucú e Reis Magos. Foi feita, também, uma análise de regressão linear para os valores obtidos. É interessante observar uma tendência de aumento na intensidade das chuvas máximas, numa taxa máxima de 0,73 mm/ano.



**Figura 131 – Máximas das chuvas máximas anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**

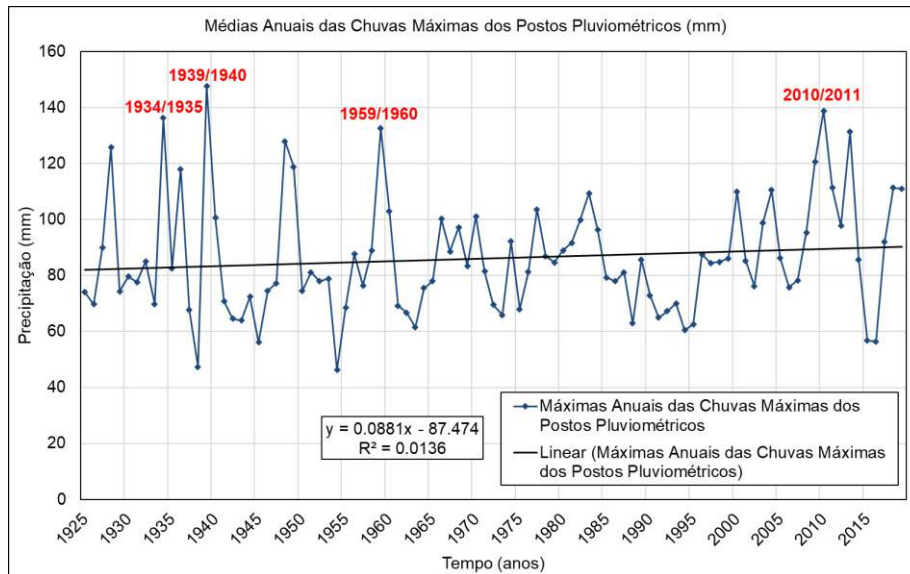


**Figura 132 – Máximas das chuvas máximas anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Jucú e estações próximas.**

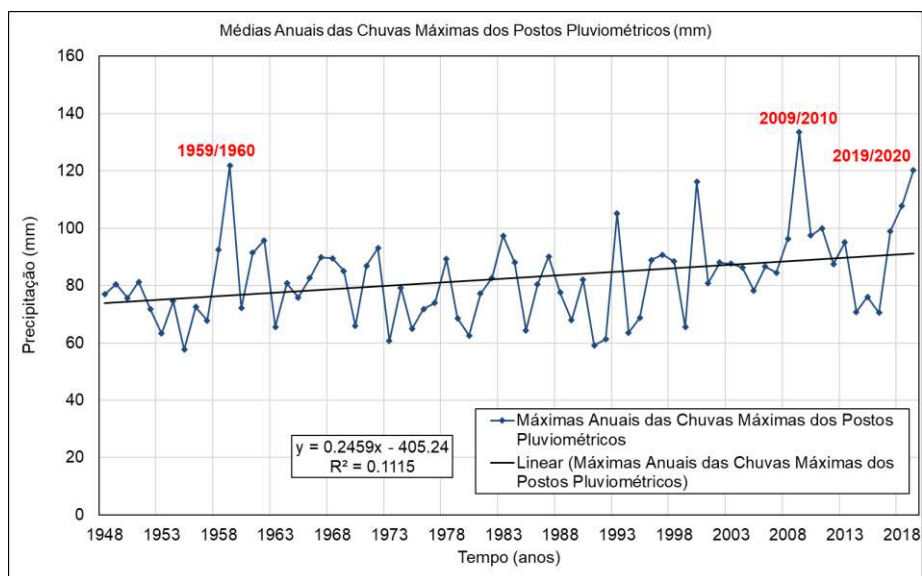


**Figura 133 – Máximas das chuvas máximas anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

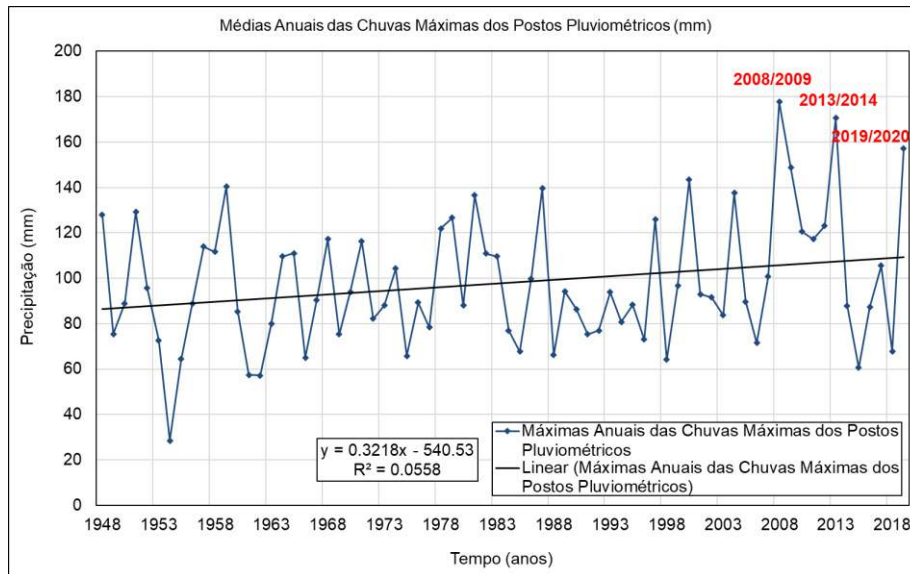
Nas figuras (Figura 134, Figura 135 e Figura 136) a seguir são mostradas as médias das chuvas máximas anuais para as estações selecionadas para a região das Bacias do Santa Maria da Vitória, Jucú e Reis Magos. Foi feita, também, uma análise de regressão linear para os valores obtidos. Observa-se, novamente, uma tendência de aumento na intensidade média das chuvas máximas, numa taxa máxima de 0,32 mm/ano.



**Figura 134 – Médias das Chuvas Máximas Anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Santa Maria da Vitória e estações próximas.**



**Figura 135 – Médias das Chuvas Máximas Anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Jucú e estações próximas.**



**Figura 136 – Médias das Chuvas Máximas Anuais das estações pluviométricas selecionadas na bacia do Rio Reis Magos e estações próximas.**

### 4.3.2 Análise dos Dados de Precipitação CEMADEN

Na Tabela 28 são apresentadas as estações do CEMADEN (para a RMGV) seus nomes, códigos e as suas coordenadas geográficas, ao todo são 50 estações. As séries temporais pluviométricas obtidas nestas estações são registradas desde 2015 (algumas a partir de 2016). São séries com tempo de integração de 10 min a 1 h.

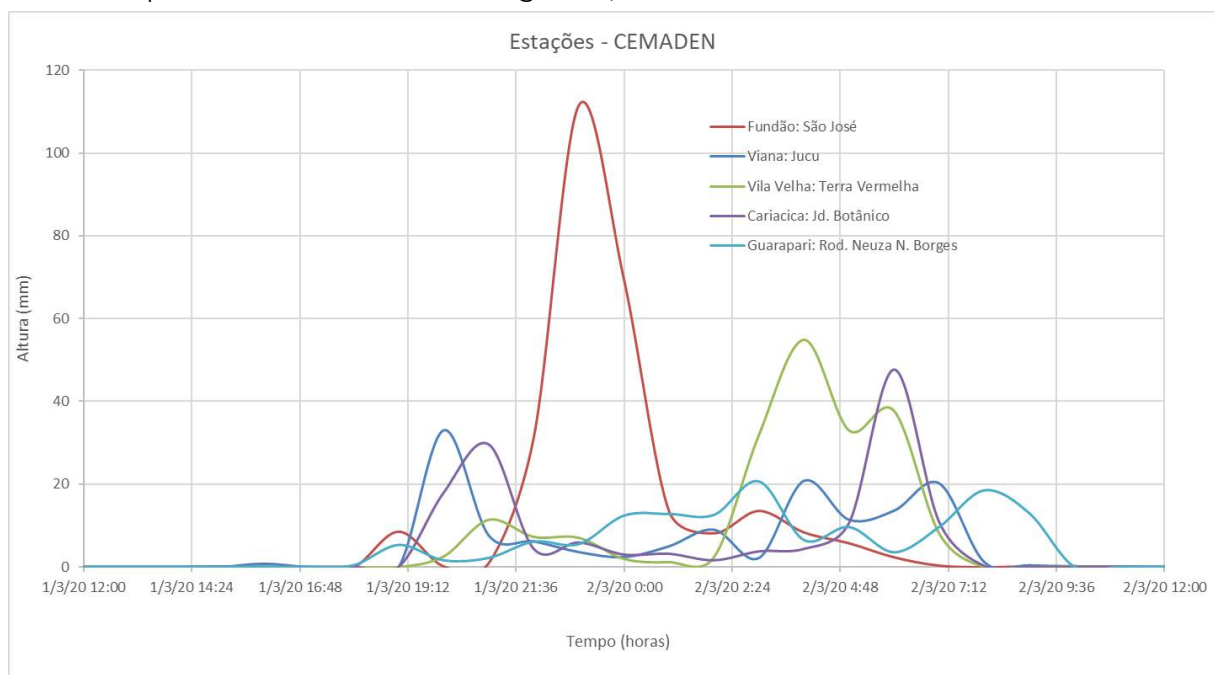
**Tabela 28 – Informações sobre as estações pluviométricas INMET e CEMADEN existentes na RMGV.**

Município	Código	uf	Estação Nome	Latitude	Longitude
CARIACICA	320130801A	ES	Santa Luzia	-40.402	-20.281
CARIACICA	320130802A	ES	Nova Valverde	-40.391	-20.32
CARIACICA	320130803A	ES	Itaquari	-40.362	-20.328
CARIACICA	320130804A	ES	Nova Rosa da Penha I	-40.389	-20.263
CARIACICA	320130805A	ES	Aparecida	-40.375	-20.306
CARIACICA	320130806A	ES	Bela Vista	-40.371	-20.369
CARIACICA	320130807A	ES	Centro	-40.371	-20.339
CARIACICA	320130808A	ES	Padre Gabriel	-40.39	-20.374
CARIACICA	320130809A	ES	Areinha	-40.425	-20.262
CARIACICA	320130810A	ES	Jardim Botanico	-40.372	-20.389
CARIACICA	320130811A	ES	Maracanã	-40.373	-20.361
FUNDÃO	320220701A	ES	Praia Grande	-40.19	-20.038
FUNDÃO	320220702A	ES	São José	-40.408	-19.935
GUARAPARI	320240501A	ES	Centro	-40.501	-20.674
GUARAPARI	320240502A	ES	Rod. Neuza Nader Borges	-40.541	-20.645
GUARAPARI	320240503A	ES	Aeroporto	-40.491	-20.646
GUARAPARI	320240504A	ES	Posto da PRF	-40.6131	-20.6584
SERRA	320500201A	ES	Carapina	-40.268	-20.214
SERRA	320500202A	ES	Centro	-40.307	-20.125
SERRA	320500203A	ES	Planalto Serrano	-40.288	-20.134
SERRA	320500204A	ES	Nova Carapina I	-40.273	-20.156
SERRA	320500205A	ES	Carapina Grande	-40.281	-20.219
SERRA	320500206A	ES	Jacaraípe	-40.193	-20.132
SERRA	320500207A	ES	Nova Almeida	-40.201	-20.056
SERRA	320500208A	ES	Serra Dourada II	-40.248	-20.137
SERRA	320500209A	ES	Novo Horizonte	-40.25	-20.219
SERRA	320500210A	ES	Cantinho do Céu	-40.277	-20.201
SERRA	320500211A	ES	Hélio Ferraz	-40.269	-20.241
SERRA	320500212A	ES	Barcelona	-40.258	-20.171
SERRA	320500213A	ES	Cidade Continental	-40.219	-20.211
VIANA	320510101A	ES	Areinha	-40.429	-20.367
VIANA	320510102A	ES	Viana Sede	-40.495	-20.39
VIANA	320510103A	ES	Marcílio de Noronha	-40.423	-20.351
VIANA	320510104A	ES	Jucu	-40.461	-20.427
VILA VELHA	320520002A	ES	Centro	-40.296	-20.336
VILA VELHA	320520003A	ES	Aribiri	-40.321	-20.34
VILA VELHA	320520004A	ES	Vale encantado	-40.35	-20.373
VILA VELHA	320520005A	ES	Guaranhuns	-40.321	-20.378
VILA VELHA	320520006A	ES	Terra Vermelha	-40.352	-20.444
VILA VELHA	320520007A	ES	Jaburuna	-40.302	-20.333
VILA VELHA	320520008A	ES	Vila Garrido	-40.34	-20.34
VILA VELHA	320520009A	ES	Coqueiral de Itaparica	-40.299	-20.36
VILA VELHA	320520010A	ES	Divino Espirito Santo	-40.292	-20.345
VILA VELHA	A634	ES	INMET Jucu	-40.400	-20.470
VITÓRIA	320530901A	ES	Santa Luiza	-40.304	-20.292
VITÓRIA	320530905A	ES	Vale do Mulembá	-40.323	-20.274
VITÓRIA	320530906A	ES	Romão	-40.322	-20.313
VITÓRIA	320530908A	ES	Jardim Camburi	-40.268	-20.257
VITÓRIA	320530909A	ES	Mario Ciprests	-40.354	-20.321
VITÓRIA	320530910A	ES	Jesus de Nazareth	-40.304	-20.318

Na Figura 137 são apresentados, a título de ilustração, exemplos de trechos de hietogramas provenientes de cinco estações pluviométricas do CEMADEN. Estes trechos são referentes ao período no qual se registrou o maior acumulado horário de altura de precipitação, ocorrido no dia 1º de março de 2020 às 23 horas na estação São José (código: 320220702A) no Município de Fundão, cujo valor foi: 111.6 mm.

Para este mesmo evento, no período entre o dia 1º de março de 2020 às 19 h e o dia 3 de março de 2020 às 23 h, os valores de altura acumulada registrados são:

- Fundão - São José: 282,6 mm;
- Viana - Jucú 138,8 mm;
- Vila Velha - Terra Vermelha 200,41 mm;
- Cariacica - Jardim Botânico 144,19 mm;
- Guarapari - Rod. Neuza Nader Borges 141,07 mm.



**Figura 137 – Exemplos de hietogramas do CEMADEN, os trechos apresentados são referentes ao período no qual ocorreu o máximo acumulado horário (1º de março de 2020 às 23 horas) em Fundão - Estação São José.**

### 4.3.3 Seleção dos Postos Pluviométricos

A partir dos dados de chuvas de cada um dos postos levantados a partir das bases: INMET, ANA e CEMADEN, divididos entre as bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Rio Jucú e Rio Reis Magos e, considerando estações fora dessas bacias, mas que apresentam influência na região estudada, foram elaborados diagramas de cobertura temporal para os postos pluviométricos, vide Figura 115, Figura 116 e Figura 117 e acrescidos com os postos da Tabela 27. Estes análise permitiu determinar o maior período de dados comuns a todos os postos por sub bacia avaliada. Procurou-se selecionar os postos pluviométricos com período igual ou maior ao definido para a avaliação da distribuição espacial das chuvas, o qual englobou os anos relacionados aos

principais eventos de chuvas intensas. Também se preocupou garantir uma boa cobertura espacial com o maior número de postos para, deste modo, obter confiabilidade nos resultados.

#### **4.3.4 Distribuição Espacial das Chuvas – INMET e CEMADEN**

A distribuição espacial das chuvas é de grande importância para a análise do comportamento das precipitações nas bacias, para a determinação dos padrões de tormenta dos principais eventos de chuvas intensas e, também, para fornecer as forçantes que são utilizadas nos cenários de calibração e validação.

A distribuição espacial da precipitação foi obtida através da interpolação d

os dados dos postos pluviométricos do CEMADEN e INMET selecionados, dentro de um mesmo período, e traçados de forma automática pelo software de geoprocessamento Qgis, capaz de gerar mapas.

O método adotado para interpolação espacial foi o do inverso da distância, esse método foi escolhido por ser um dos mais adequado para avaliação da precipitação média na área.

#### **4.3.5 Equações de Intensidade Duração e Frequência (IDF) para a RMGV**

Os hietogramas utilizados na elaboração dos cenários diagnósticos e prognósticos foram criados a partir de equações IDF's. Os municípios da RMGV e adjacentes, para os quais foram levantadas as equações IDF's utilizadas são os seguintes (Figura 138):

1. Vitória;
2. Vila Velha;
3. Viana;
4. Cariacica;
5. Serra;
6. Guarapari;
7. Fundão;
8. Domingos Martins;
9. Marechal Floriano;
10. Santa Leopoldina;
11. Santa Maria do Jetibá;
12. Santa Teresa.



**Figura 138 – Municípios da RMGV e adjacentes, para os quais foram levantadas as equações IDF's.**

Foram utilizados os seguintes estudos e referências:

CPRM (2017) Atlas Pluviométrico do Brasil Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias).

Angeli (2015) Ajuste de Equações Intensidade, Duração e Frequência a Registros Pluviométricos no Estado Do Espírito Santo.

Sarmiento (1974) Equação: Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas na região de Vitória - Espírito Santo (apud ZAPE, 2020)

Para o Município de Vitória foi adotada a equação de Sarmiento (1974) que desenvolveu o trabalho “Equação: Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas na região de Vitória - Espírito Santo” utilizado a uma série histórica de 43 anos. O autor atualizou as curvas 11 anos depois considerando mais 10 anos de registros pluviográficos gerando a equação apresentada a seguir (Zape, 2020).

$$i = \frac{973,47T^{0,19}}{(t + 20)^{0,77}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/h;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Para o Município Vila Velha foi utilizada a IDF fornecida pela CPRM (2017a) elaborada a partir da Estação Pluviométrica: Vitória - INMET, Código ES-83678 e dada por:

Para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,6056; b = 18,8010; c = 10,8568; d = 30,9441 \text{ e } \delta = 12$$

$$i = \{[(6,6056 \ln(T) + 18,8010) \ln(t + (12/60))] + 10,8568 \ln(T) + 30,9441\}t$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,3127; b = 17,9560; c = 11,2954; d = 32,1643 \text{ e } \delta = 8$$

$$i = \{[(6,3127 \ln(T) + 17,9560) \ln(t + (8/60))] + 11,2954 \ln(T) + 32,1643\}t$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos.

$i$  = intensidade da chuva em mm/h;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em horas.

Para o Município de Viana foi utilizada a IDF apresentada em ANGELI (2015).

$$i = \frac{14,396T^{0,148}}{(t + 10,529)^{0,737}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Para o Município de Cariacica foi utilizada a IDF apresentada em CPRM (2017b).

Para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 8,4869; b = 16,6190; c = 13,9588; d = 27,3260 \text{ e } \delta = 12.$$

$$i = \{[(8,4869 \ln(T) + 16,6190) \ln(t + (12/60))] + 13,9588 \ln(T) + 27,3260\}t$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 8,0778; b = 15,7942; c = 14,6191; d = 28,6212 \text{ e } \delta = 7.$$

$$i = \{[(8,0778 \ln(T) + 15,7942) \ln(t + (7/60))] + 14,6191 \ln(T) + 28,6212\}t$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos.

$i$  = intensidade da chuva em mm/h;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em horas.

Para o Município de Serra foi utilizada a IDF apresentada em ANGELI (2015).

$$i = \frac{11,225T^{0,239}}{(t + 10,517)^{0,737}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Para o Município de Guarapari foi utilizada a IDF apresentada em ANGELI (2015).

$$i = \frac{12,123T^{0,215}}{(t + 8,979)^{0,719}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Para o Município de Fundão foi utilizada a IDF apresentada em ANGELI (2015).

$$i = \frac{12,806T^{0,188}}{(t + 8,021)^{0,708}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Para o Município de Domingos Martins foi utilizada a IDF apresentada em CPRM (2016).

Para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 7,0089$ ;  $b = 18,1419$ ;  $c = 10,6082$ ;  $d = 27,3625$  e  $\delta = 14$

$$i = \{[(7,0089LL(T) + 18,1419) \ln(t + (14/60))] + 10,6082 \ln(T) + 27,3625\}/t$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 6,2055$ ;  $b = 16,0180$ ;  $c = 7,6824$ ;  $d = 19,7942$  e  $\delta = 62$

$$i = \{[(6,2055LL(T) + 16,0180) \ln(t + (62/60))] + 7,6824 \ln(T) + 19,7942\}/t$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos.

$i$  = intensidade da chuva em mm/h;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em horas.

Para o Município de Marechal Floriano foi utilizada a IDF apresentada em CPRM (2014).

Para durações de 5 minutos a 1 hora:

$$i = \frac{283,7T^{0,1529}}{(t + 3,6)^{0,4815}}$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas:

$$i = \frac{1266,3T^{0,1541}}{(t + 14)^{0,8123}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/h;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em minutos.

Para o Município de Santa Leopoldina foi utilizada a IDF apresentada em CPRM (2017c).

Para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 8,3374$ ;  $b = 14,5331$ ;  $c = 13,1802$ ;  $d = 22,9150$  e  $\delta = 13$

$$i = \{[(8,3374LL(T) + 14,5331) \ln(t + (1360))] + 13,1802 \ln(T) + 22,9150\}/t$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 7,7409$ ;  $b = 13,5185$ ;  $c = 13,7934$ ;  $d = 24,0119$  e  $\delta = 8,5$

$$i = \{[(7,7409LL(T) + 13,5185) \ln(t + (8,560))] + 13,7934 \ln(T) + 24,0119\}/t$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos.

$i$  = intensidade da chuva em mm/h;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em horas.

Para o Município de Santa Maria do Jetibá foi utilizada a IDF apresentada em ANGELI (2015).

$$i = \frac{11,449T^{0,238}}{(t + 9,747)^{0,728}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Para o Município de Santa Teresa foi utilizada a IDF apresentada em ANGELI (2015).

$$i = \frac{12,252T^{0,208}}{(t + 8,387)^{0,712}}$$

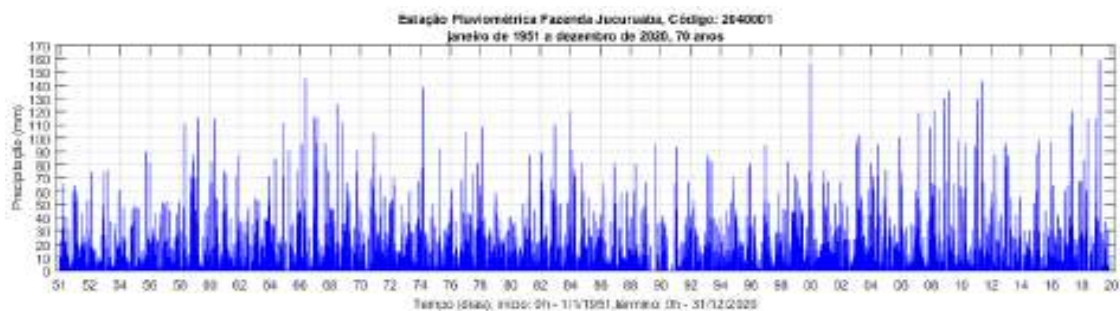
$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

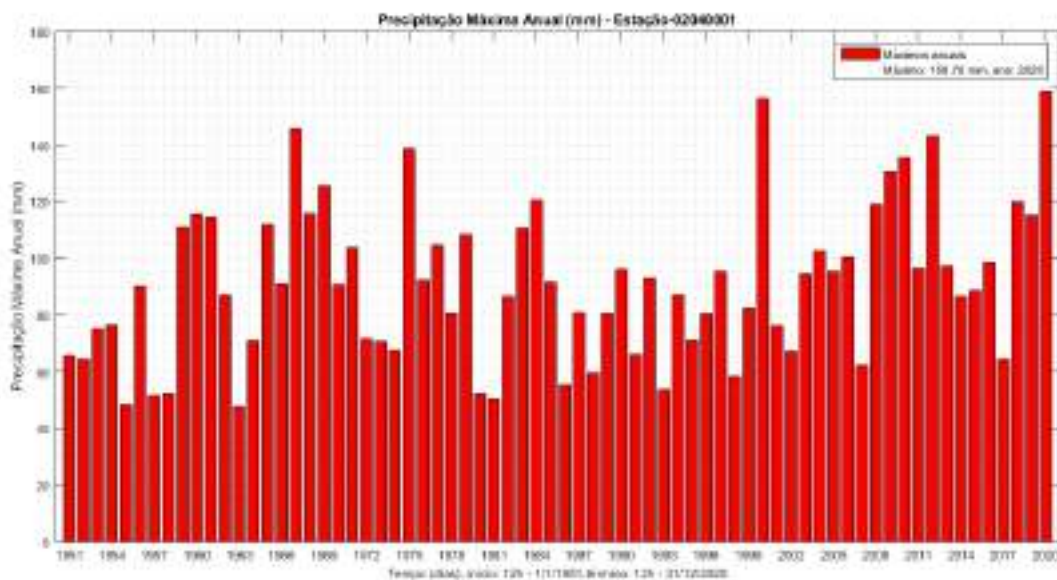
$t$  = duração em min.

As equações IDF's apresentadas acima foram avaliadas quanto a sua adequação para a modelagem. Para isso foram comparados os resultados das intensidades calculadas através das IDF's com as análises de extremos realizadas a partir das séries históricas da ANA.

A seguir é apresentado, como exemplo, um dos casos avaliados: A partir da série histórica de pluviometria, da Estação Fazenda Jucuruaba (Município de Viana), com registros de 1951 a 2020 (Figura 139 a) foram obtidos os máximos anuais (Figura 139 b)



(a)



(b)

**Figura 139 –(a) Série histórica no período de janeiro de 1951 a dezembro de 2020, (b) máximos anuais.**

Com os máximos anuais ordenados do menor para o maior foram realizados ajustes

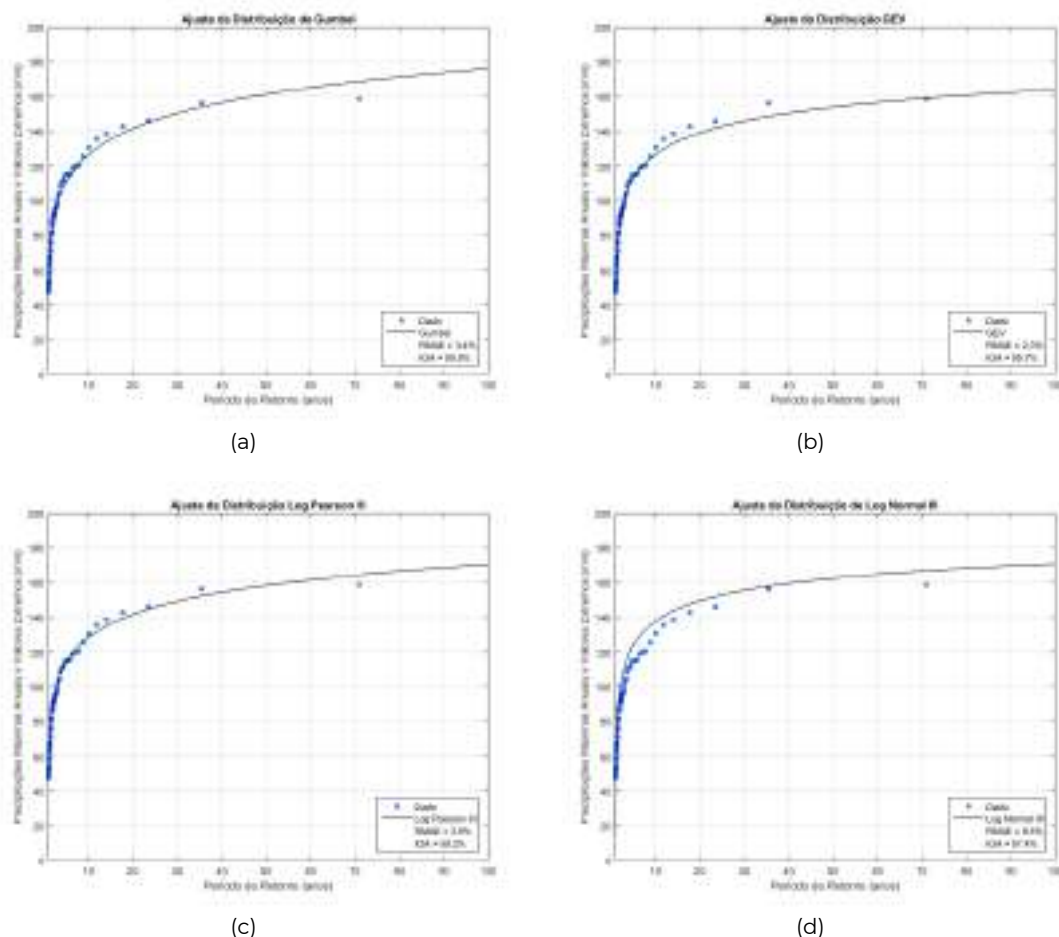
as distribuições de Gumbel, Log Normal III, GEV ("Generalized Extreme Value Distribution") e Log Pearson III.

Na Figura 140 (b, b, c e d), a seguir, são apresentados os ajustes dos máximos anuais às distribuições e as respectivas comparações entre os valores calculados, através das distribuições, e os máximos registrados.

Para avaliar o nível de aderência dos ajustes das distribuições aos valores máximos observados, foram realizadas as análises de comparação:

- "Index of Agreement" (IAO) proposta por Willmott e Wicks (1980) (apud WILLMOTT, 1982) com a classificação de Cortês (2004);
- "Relative Mean Absolute Error" (RMAE) proposta por Walstra et al. (2001).

Estas duas estatísticas de comparação foram descritas anteriormente neste documento. Os quatro ajustes apresentaram aderências ótimas para o critério (IOA) e excelente para o critério (RMAE). Contudo, o ajuste com a distribuição GEV apresentou o melhor resultado. Portanto, a distribuição GEV, será adotada a para as estimativas de período de retorno.



**Figura 140 – Distribuições (a) Gumbel, (b) GEV, (c) Log Pearson III e (d) Log Normal III ajustadas aos máximos anuais dos dados de chuva.**

Lembrando que, como estes registros pluviométricos são obtidos originalmente em altura acumulada em (mm) durante o período de 1 dia, foi necessário utilizar a metodologia descrita em (CETESB, 1979) para obter a chuva acumulada com durações menores. Esta metodologia, conhecida como desagregação (ou Método das Relações das Durações), permite obter chuvas com durações inferiores a um dia a partir de valores acumulados diários. Na Tabela 29, a seguir, é apresentada a relação entre as durações.

**Tabela 29** - Relação entre as durações de chuva. Fonte: CETESB (1979).

Razão entre as durações	Relação entre as durações (R)
24h/1d	1,14
12h/24h	0,85
10h/24h	0,82
8h/24h	0,78
6h/24h	0,72
1h/24h	0,42
30min/1h	0,74
25min/30min	0,91
20min/30min	0,81
15min/30min	0,7
10min/30min	0,54
5min/30min	0,34

Angeli (2015) obteve uma Equação IDF para os dados de precipitação desta mesma estação (Fazenda Jucuruaba código: 02040001 em Viana). Dessa forma é possível comparar os ajustes das distribuições aos valores calculados através da IDF para os períodos de retorno variando de 1 a 100 anos e para diferentes durações. A Equação IDF de Angeli (2015) é dada por:

$$i = \frac{14,396T^{0,148}}{(t + 10,529)^{0,737}}$$

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = período de retorno em anos;

$t$  = duração em min.

Na Figura 141 é apresentada uma comparação entre o ajuste da GEV com valores desagregados, para diferentes durações e períodos de retorno, e os respectivos valores calculados pela equação IDF obtida por (Angeli, 2015).

Para quantificar o nível de aderência dos ajustes da distribuição aos valores calculados através da Equação IDF, foram realizadas as análises de comparação propostas por Willmott e Wicks 1980 (apud WILLMOTT, 1982) índice de concordância (IOA) e a proposta por Cortês (2004) e Walstra et al (2001) "Relative Mean Absolute Error" (RMAE).

Foram testadas as durações de 10 min, 1h e 24h. Os resultados mostraram que os ajustes da IDF aos dados podem ser qualificados como excelente (RMAE) e ótimo (IOA). Portanto entende-se que esta IDF está adequada para as estimativas de intensidade e altura de precipitação das chuvas de projeto.

As demais IDF's utilizadas foram, também, avaliadas e apresentaram resultado igualmente satisfatórios.

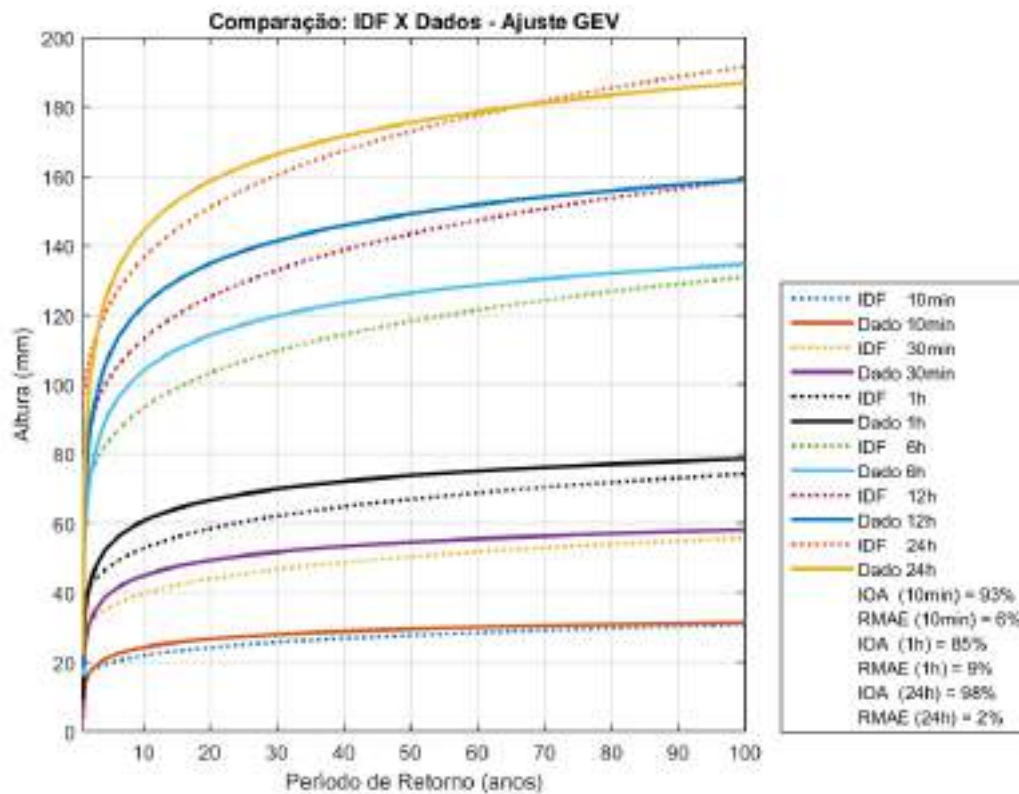


Figura 141 – Comparação entre o ajuste da distribuição GEV com os respectivos valores desagregados, para diferentes durações e períodos de retorno, e os valores calculados pela equação IDF obtida por (Angeli, 2015), referentes à na Estação Pluviométrica Fazenda Jucuruaba – 02040001.

### 4.3.6 Método de Huff Para a Geração de Hietogramas

As alturas de precipitação para os períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos e para diferentes durações foram utilizadas para a geração de hietogramas de precipitação (distribuição temporal da precipitação) utilizando-se o Método de Huff (Huff e Angel, 1992). O Método de Huff fornece a curva acumulada de chuva referente a cada duração (quartil) e deve ser utilizado da seguinte forma:

- Primeiro quartil para chuvas menores ou iguais a 6 horas;
- Segundo quartil para chuvas de 6,1 a 12 horas;
- Terceiro quartil para chuvas entre 12,1 e 24 horas;
- Quarto quartil para chuvas maiores que 24 horas.

As curvas acumuladas normalizadas de Huff para os respectivos quartis são apresentadas na Tabela 30. Após escolha do quartil, aplica-se o método de Huff multiplicando-se a altura pelos valores da porcentagem de chuva acumulada da Tabela 30.

**Tabela 30 - Curvas acumuladas de Huff e respectivos quartis,**

% Duração Chuva	% Chuva acumulada			
	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q
0	0	0	0	0
5	12	3	2	2
10	25	6	5	4
15	38	10	8	7
20	51	14	12	9
25	62	21	14	11
30	69	30	17	13
35	74	40	20	15
40	78	52	23	18
45	81	63	27	21
50	84	72	33	24
55	86	78	42	27
60	88	83	55	30
65	90	87	69	34
70	92	90	79	40
75	94	92	86	47
80	95	94	91	57
85	96	96	94	74
90	97	97	96	88
95	98	98	98	95
100	100	100	100	100

Fonte: (Huff e Angel, 1992).

## 5 Eventos Seleccionados para a Calibração da Modelagem

Nesta seção são apresentados os eventos críticos de precipitação e inundação selecionados para as simulações de calibração da modelagem hidrológica.

Lembrando que o conceito de inundação está associado ao transbordamento de um curso de água quando este não é capaz de conter a vazão gerada pela chuva.

O critério de seleção baseou-se em três possíveis causas que podem estar associadas à inundação:

1. Maior vazão instantânea. Utilizando registros históricos de vazão, com intervalos de amostragem de 15 minutos, foram selecionados os maiores valores registrados.
2. Maior precipitação para períodos inferiores a 24 horas (máxima horária): Através da análise de registros históricos de precipitação, com intervalo de amostragem de 1 hora, foram selecionados os eventos acumulados horários mais intensos.
3. Maior precipitação acumulada diária. Analisando-se registros históricos de precipitação acumulada no período de um dia, foram selecionados os eventos mais intensos.

Estes critérios foram utilizados somente para orientar a busca dos eventos críticos, a decisão sobre os quais deveriam ser utilizados nas simulações passou, ainda, por uma análise mais criteriosa envolvendo uma verificação da simultaneidade dos eventos de chuva e vazão.

Na esquematização adotada para a modelagem hidrológica existem três rios que foram utilizados como borda de montante no domínio da modelagem, são eles: Rio Jucú Braço Norte, Rio Jucú Braço Sul e o Rio Santa Maria da Vitória.

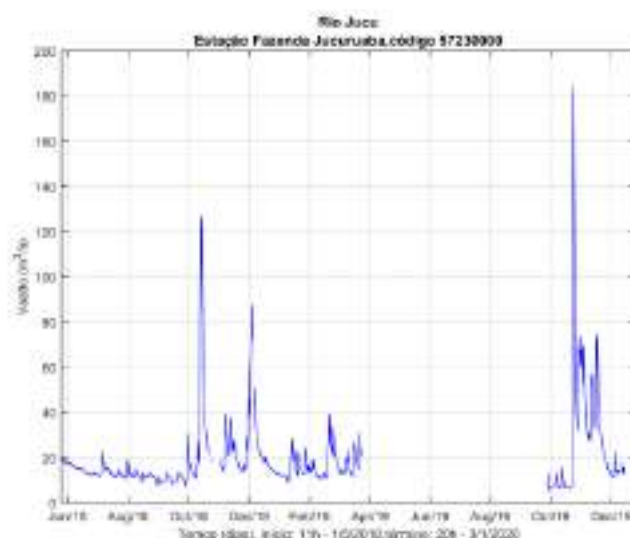
Para estes três rios foram selecionados eventos com valores extremos de vazão. Sendo que, nesta seleção analisou-se, também, os valores das precipitações ocorridas simultaneamente nas bacias a jusante destes rios. Esta análise conjunta envolvendo, vazões e precipitações, foi importante para garantir que os eventos selecionados sejam realmente críticos em termos de inundação.

## 5.1 Vazões e Precipitações Máximas Históricas

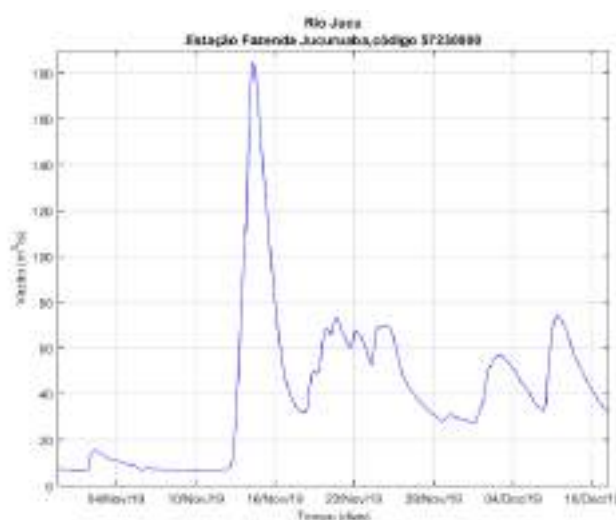
A análise das séries históricas de vazão e precipitação indicou os seguintes eventos extremos apresentados a seguir.

### 5.1.1 Evento de máxima vazão nos Rios Jucú e Santa Maria da Vitória

A análise da série histórica de vazões, com intervalo de amostragem de 15 min, extraída da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba no Rio Jucú, indicou um evento máximo com intensidade de  $184,68 \text{ m}^3/\text{s}$ , ocorrido no dia 14 de novembro de 2019 às 19 h e 30 min. A Figura 142(a) mostra um trecho do registro no período entre maio de 2018 e janeiro de 2020. Na Figura 142(b) é mostrado o detalhe do evento ocorrido no dia 14 de novembro de 2019.



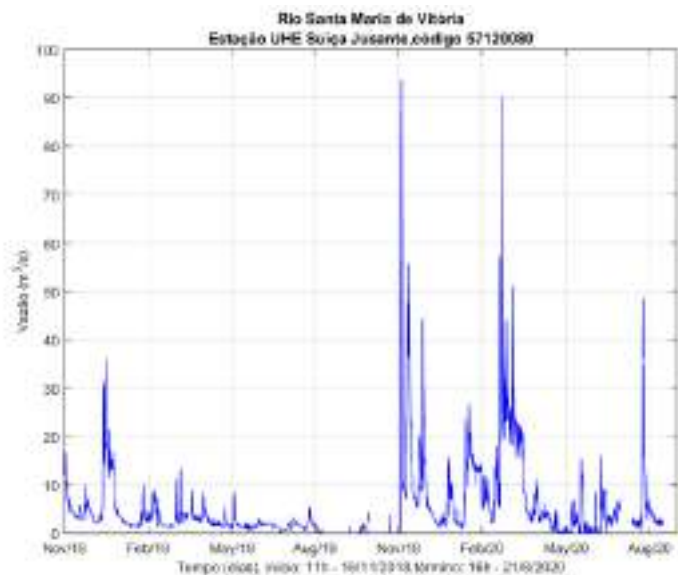
(a)



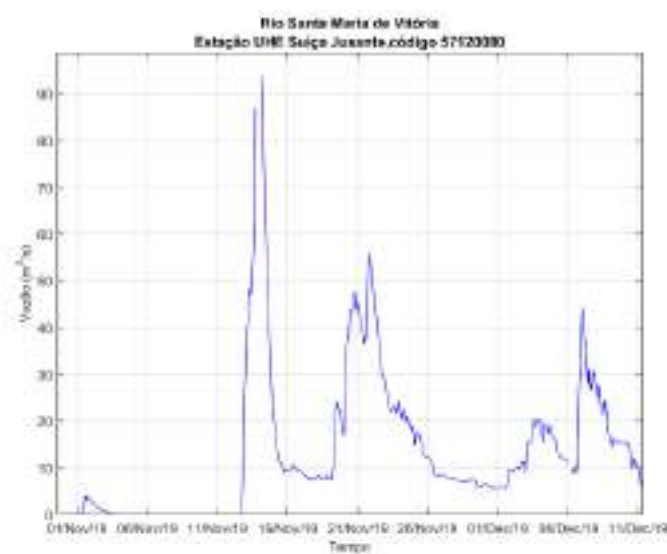
(b)

**Figura 142 – Evento de máxima vazão no Rio Jucú. (a) Série histórica no período de maio de 2018 a janeiro de 2020, (b) detalhe do evento extremo de vazão ocorrido no dia 14 de novembro de 2019.**

A análise da série histórica de vazões, com intervalo de amostragem de 15 min, extraída da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante no Rio Santa Maria da Vitória, indicou um evento máximo com intensidade de  $93,87 \text{ m}^3/\text{s}$ , ocorrido no dia 14 de novembro de 2019 às 14 h e 30 min. A Figura 143 (a) mostra um trecho do registro no período entre novembro de 2018 e agosto de 2020 e, na Figura 143 (b) o detalhe do evento ocorrido no dia 14 de novembro de 2019.



(a)

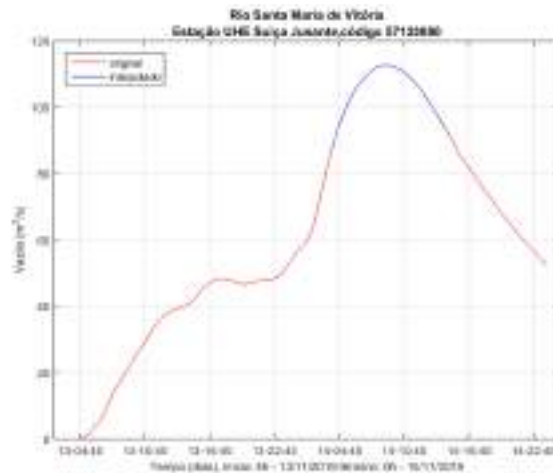


(b)

**Figura 143 – Evento de máxima vazão horária no Rio Santa Maria da Vitória. (a) Série histórica no período de nov. de 2018 a ago. de 2020, (b) detalhe do evento extremo de vazão ocorrido no dia 14 de novembro de 2019.**

Infelizmente o registro possui falhas neste dia (14 de novembro de 2019), sendo que entre 04 h e 15 min e 14 h 15 min não existem valores registrados. Para o preenchimento desta lacuna de dados foi realizada uma interpolação utilizando o método “*spline*” e os valores calculados foram utilizados para o preenchimento da

lacuna. Na Figura 144 é apresentado o resultado da interpolação.

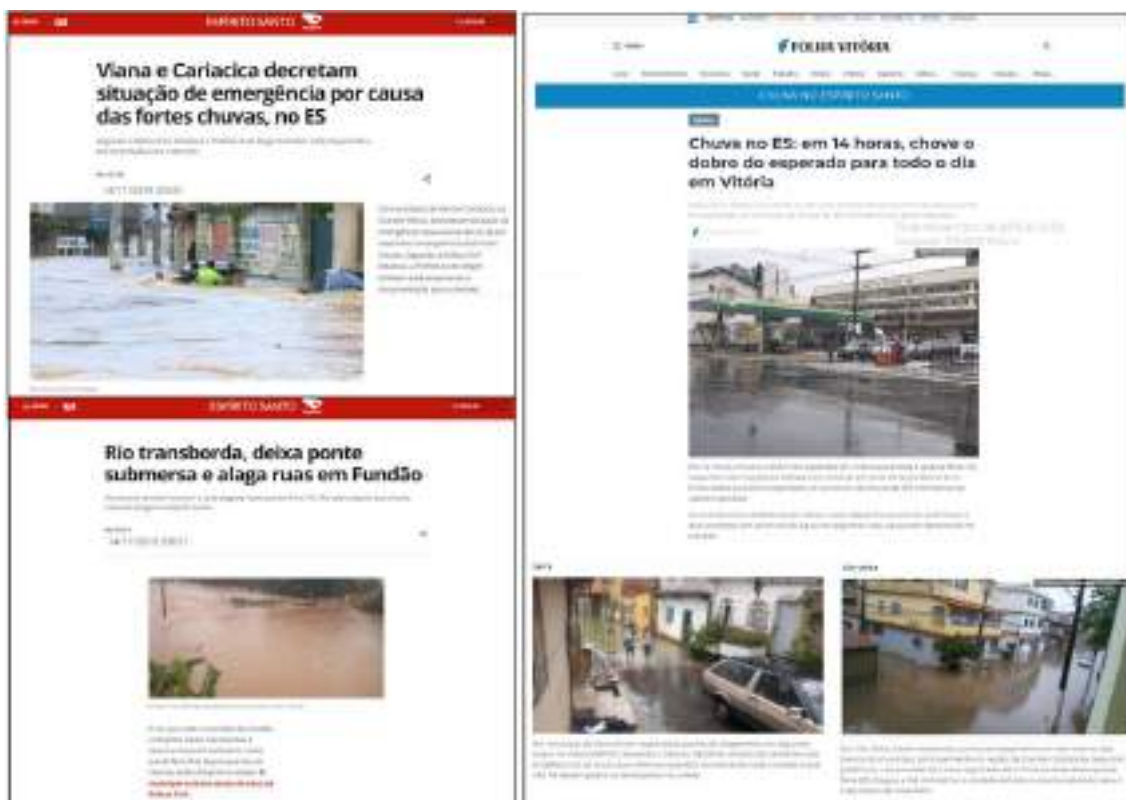


**Figura 144 – Evento de máxima vazão horária no Rio Santa Maria da Vitória com interpolação “spline”.**

Portanto, o evento de 14 de novembro de 2019, também pode ser utilizado com um evento extremo de vazão para o Rio Santa Maria da Vitória.

Uma pesquisa nos noticiários indicou a ocorrência de inundações nos municípios de: Vitória, Vila Velha, Serra, Viana, Cariacica e Fundão, no período de 13 a 14 de novembro de 2019. Na Figura 145 abaixo é apresentada uma compilação de notícias sobre este evento. As informações foram extraídas de:

- G1, 2019a. <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2019/11/14/viana-cariacica-decretam-situacao-de-emergencia-por-cao-da-fortes-chuvas-no-es.ghtml>> acesso em: jun. 2021;
- G1, 2019b. <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2019/11/14/rio-transborda-deixa-ponte-submersa-e-alaga-ruas-em-fundao-es.ghtml>> acesso em: jun. 2021;
- Folha Vitória, 2019. <<https://www.folhavitória.com.br/geral/noticia/11/2019/chuva-no-es-em-14-horas-chove-o-dobro-do-esperado-para-todo-o-dia-em-vitoria>> acesso em: jun. 2021.



**Figura 145 – Eventos de inundação ocorridos entre 13 e 14 de novembro de 2019.**

Fontes: G1, 2019a; G1, 2019b e Folha Vitória, 2019.

A análise dos registros de pluviometria horária, disponível para este período, indicou valores extremos de precipitação. As séries pluviométricas analisadas foram obtidas a partir das estações existentes nos sete município da RMGV.

Na Tabela 31 são apresentadas as estações de cada município e os valores de precipitação acumulada entre a zero hora do dia 12 e as 23 horas do dia 14 de novembro de 2019. O valor acumulado médio, neste período, foi de 153,44 mm e o máximo acumulado foi de 286,8 mm registrado no Município de Viana, na estação pluviométrica Jucú (código: 320510104A).

**Tabela 31 – Valores de precipitação acumulada entre a zero hora do dia 12 e as 23 horas do dia 14 de novembro de 2019 para as estações pluviométrica de cada município.**

Estação	Código	Acumulado (mm)
<b>CARIACICA</b>		
Aparecida	320130805A	199.67
Bela Vista	320130806A	190.69
Centro	320130807A	186.15
Itaquari	320130803A	179.8
Jardim Botânico	320130810A	179.36
Maracanã	320130811A	278.29
Nova Rosa da Penha I	320130804A	104.18
Nova Valverde	320130802A	227.51
Padre Gabriel	320130808A	200.68
<b>FUNDÃO</b>		
Praia Grande	320220701A	13.41
São José	320220702A	229
<b>GUARAPARI</b>		
Rod. Neuza Nader Borges	320240502A	40.03
<b>SERRA</b>		
Barcelona	320500212A	119.8
Cantinho do Céu	320500210A	97.78
Carapina	320500201A	104.94
Carapina Grande	320500205A	118.53
Centro	320500202A	168.57
Cidade Continental	320500213A	125.4
Hélio Ferraz	320500211A	99.07
Jacaraípe	320500206A	104.32
Nova Almeida	320500207A	206.82
Nova Carapina I	320500204A	136.54
Novo Horizonte	320500209A	126.04
Planalto Serrano	320500203A	176.94
Serra Dourada II	320500208A	123.29
<b>VIANA</b>		
Jucu	320510104A	286.8
<b>VILA VELHA</b>		
Aribiri	320520003A	133.24
Centro	320520002A	127.64
Coqueiral de Itaparica	320520009A	105.48
Divino Espírito Santo	320520010A	86.6
Guaranhuns	320520005A	141.89
Jaburuna	320520007A	119.65
Terra Vermelha	320520006A	141.17
Vale encantado	320520004A	165.16
Vila Garrido	320520008A	237.92
INMET	A634	186.6
<b>VITÓRIA</b>		
Jardim Camburi	320530908A	114.37
Jesus de Nazareth	320530910A	107.63
Mario Ciprests	320530909A	185.6
Romão	320530906A	155.14
Santa Luiza	320530901A	149.65
Vale do Mulembá	320530905A	158.85
INMET	A612	257.6

A partir desta análise, o evento entre os dias 13 e 14 de novembro de 2019, foi adotado como um evento extremos para os municípios de Vitória, Vila Velha, Viana, Serra, Cariacica e Fundão.

### **5.1.2 Maior precipitação para períodos inferiores a 24 horas (maior acumulado horário)**

A análises pluviométrica da RMGV indicou que as maiores precipitações, para períodos inferiores a 24 horas (acumulado horário máximo), ocorreram no período entre as 19 h do dia 1º e as 14 h do dia 2 de março de 2020. O maior valor horário registrado, neste período, foi de 111,6 mm e ocorreu na Estação São José (código: 320220702A) em Fundão, no dia 1º de março de 2020 às 23 h.

Na Tabela 32 são apresentados os valores acumulados no período entre a 19 h do dia 1º e as 23 h do dia 3 de março de 2020, para as estações e municípios indicados. Neste período o maior acumulado foi de 282,6 mm, também, na Estação São José (código: 320220702A) em Fundão.

**Tabela 32 – Valores de precipitação acumulada entre as 19 horas do dia 1º e as 23 horas do dia 3 de março de 2020, para as estações pluviométrica de cada município.**

Estacao	Código	Acumulado (mm)
CARIACICA		
Itaquari	320130803A	95.72
Aparecida	320130805A	97.1
Bela Vista	320130806A	115.65
Centro	320130807A	115.71
Padre Gabriel	320130808A	128.91
Jardim Botanico	320130810A	144.19
Maracanã	320130811A	143.13
FUNDÃO		
Praia Grande	320220701A	43.52
São José	320220702A	282.6
GUARAPARI		
Rod. Neuza Nader Bor	320240502A	141.66
SERRA		
Carapina	320500201A	42.3
Centro	320500202A	62.34
Planalto Serrano	320500203A	53.65
Nova Carapina I	320500204A	53.88
Carapina Grande	320500205A	43.84
Jacaraípe	320500206A	40.13
Nova Almeida	320500207A	30.33
Serra Dourada II	320500208A	34.48
Novo Horizonte	320500209A	40.29
Cantinho do Céu	320500210A	3
Hélio Ferraz	320500211A	41.78
Barcelona	320500212A	40.91
Cidade Continental	320500213A	36.2
VIANA		
Jucu	320510104A	139.6
VILA VELHA		
Centro	320520002A	63.78
Aribiri	320520003A	90.91
Vale encantado	320520004A	117.32
Guaranhuns	320520005A	159.53
Terra Vermelha	320520006A	200.41
Jaburuna	320520007A	56.49
Vila Garrido	320520008A	83.6
Coqueiral de Itaparic	320520009A	118.19
Divino Espirito Santo	320520010A	88.01
Jucu	A634	192.4
VITÓRIA		
Santa Luiza	320530901A	56.61
Vale do Mulembá	320530905A	69.95
Jardim Camburi	320530908A	57.44
Mario Ciprests	320530909A	87.81
Jesus de Nazareth	320530910A	48.08

De acordo com a análise dos registros de precipitação, os municípios mais afetados foram: Vila Velha, Viana, Guarapari, Fundão e Cariacica.

Informes noticiários datados do dia 2 de março de 2020 relatam inundações nos municípios de Fundão, Vila Velha e Cariacica. Na Figura 146 abaixo é apresentada uma compilação de notícias sobre este evento. As informações foram extraídas de:

- G1, 2020a. <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/03/02/chuva invade carros-casas-e-comercio-em-cariacica-no-es.ghtml>> acesso em: jun. 2021;
- G1, 2020b. <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/03/02/es-tem mais-de-450-pessoas-fora-de-casa-apos-chuva.ghtml>> acesso em: jun. 2021.

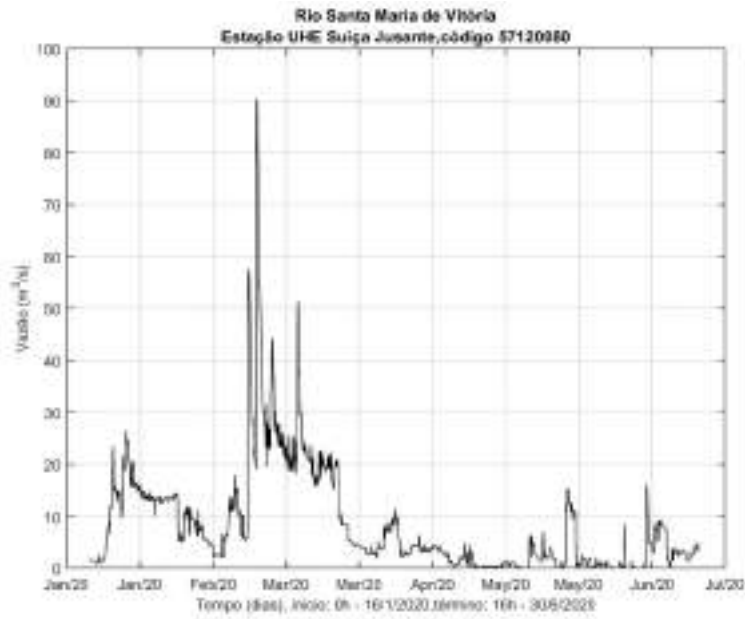


**Figura 146 – Eventos de inundação ocorridos no dia 2 de março de 2020.**

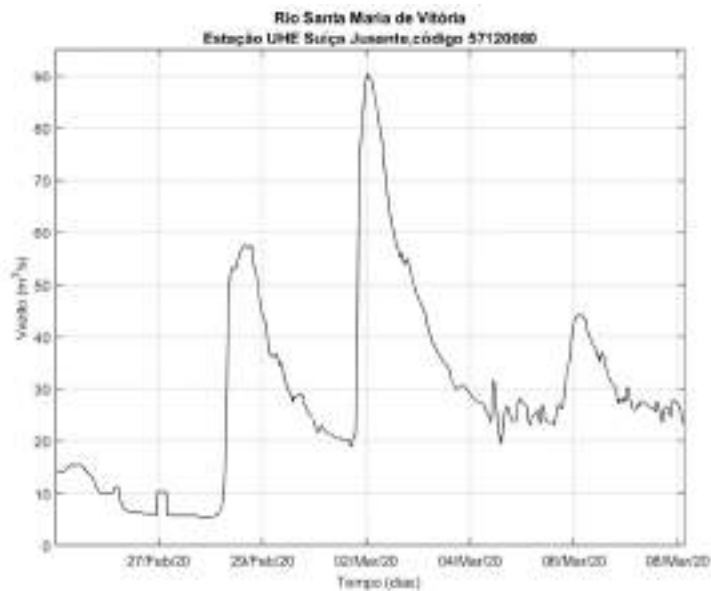
Fontes: G1, 2020a; G1, 2020b.

Para este período (2 de março de 2020) foram analisados, também, os dados de vazão para os rios Santa Maria da Vitória e Jucú.

Para o Rio Santa Maria da Vitória, foram analisados os dados provenientes da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080) com intervalo de amostragem de 15 minutos. Na Figura 147(a) é apresentado um trecho da série histórica no período de janeiro a junho de 2020 e, na Figura 147 (b), é apresentado, em detalhe, o registro nos dias 1, 2 e 3 de março de 2020. O pico de vazão no dia 2 de março atingiu o valor de 90,40 m<sup>3</sup>/s.



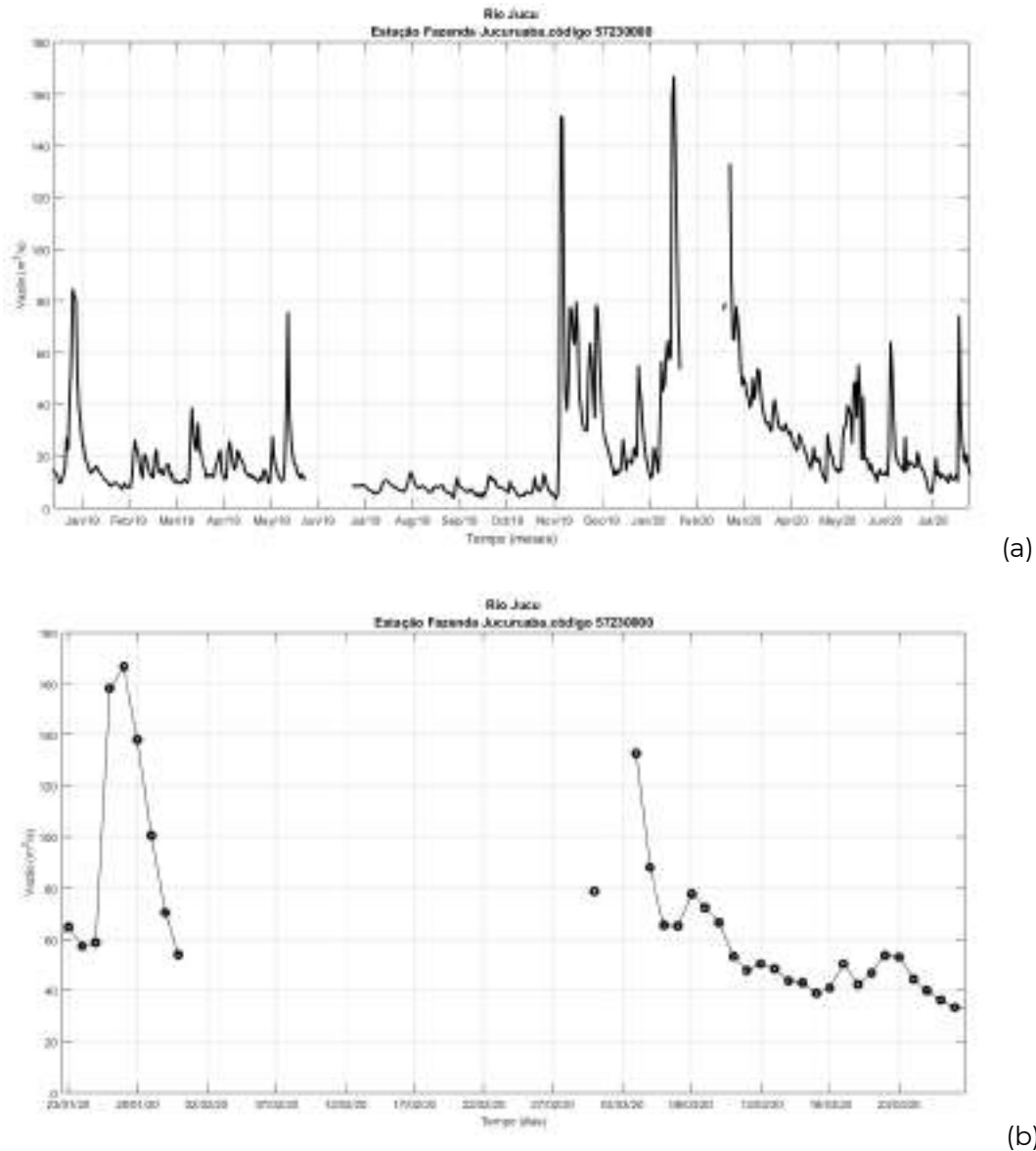
(a)



(b)

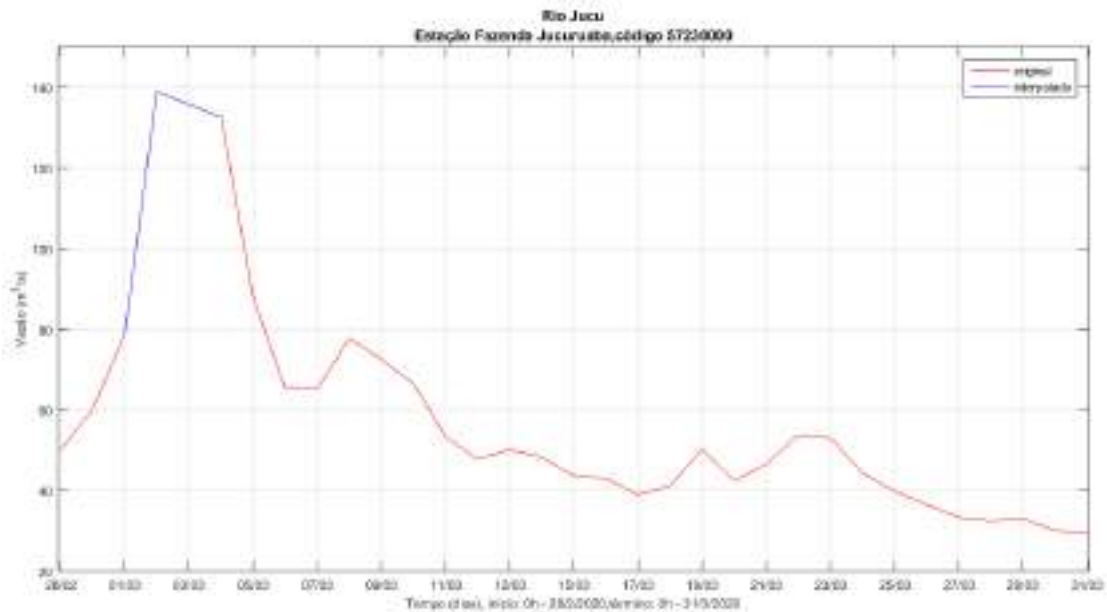
**Figura 147 – Vazão no Rio Santa Maria da Vitória. (a) Série histórica no período de jan. a jun. de 2020, (b) detalhe da vazão no evento ocorrido no dia 2 de março de 2020.**

Para o Rio Jucú, os dados de vazão disponíveis, para este período, são somente valores médios diários registrados na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). Na Figura 148(a) é apresentado um trecho da série histórica no período de janeiro de 2019 a agosto de 2020 e, na Figura 148(b), é apresentado, em detalhe, o registro nos dias 1, 2 e 3 de março de 2020.



**Figura 148 – Vazão média diária no Rio Jucú. (a) Série histórica no período de jan. de 2019 a ago. de 2020, (b) detalhe da vazão no evento ocorrido no dia 2 de março de 2020.**

Observa-se que na data de interesse, dias 1, 2 e 3 não existem registros de vazão, houve uma falha na medição da vazão nestes dias, neste período o maior valor registrado foi de 132,67 m<sup>3</sup>/s e ocorreu no dia 4 de março. Assim, para preencher esta lacuna, nesta data foi feita uma interpolação utilizando-se o método “*spline*” e a série foi completada. A Figura 149 mostra a série completada após a interpolação.



**Figura 149 – Evento de máxima vazão no Jucú, para o evento ocorrido no dia 2 de março de 2020, completado com interpolação “spline”.**

A partir desta análise, o evento ocorrido entre os dias 1º e 3 de março de 2020, foi adotado como um evento extremos para os municípios de Vila Velha, Viana, Cariacica, Fundão e Guarapari.

### 5.1.3 Maior precipitação acumulada diária

A análises dos dados de pluviometria das estações nas RMGV indicou que as maiores precipitações acumuladas diárias ocorreram no dia 18 de maio de 2019. A maior precipitação acumulada diária atingiu o valor de 248,47 mm e ocorreu na estação Maracanã (código: 320130811A) em Cariacica, durante o dia 18 de maio de 2019. A segunda maior precipitação acumulada diária atingiu o valor de 236,4 mm e ocorreu na estação Cidade Continental (código: 320500213A) em Serra, também durante o dia 18 de maio de 2019.

Na Tabela 33 são apresentados os valores acumulados no período entre a zero hora do dia 17 e as 23 horas do dia 18 de maio de 2019, para cada estação em cada município.

**Tabela 33 – Valores de precipitação acumulada entre a zero hora do dia 17 e as 23 horas do dia 18 de maio de 2019, para as estações pluviométrica de cada município.**

Estacao	Código	Acumulado (mm)
<b>CARIACICA</b>		
Nova Valverde	320130802A	234.53
Itaquari	320130803A	107.07
Nova Rosa da Penha I	320130804A	54.16
Aparecida	320130805A	222.23
Bela Vista	320130806A	117.56
Areinha	320130809A	173.17
Jardim Botânico	320130810A	155
Maracanã	320130811A	302.77
<b>FUNDÃO</b>		
São José	320220702A	91.2
<b>GUARAPARI</b>		
Centro	320240501A	180.83
Rod. Neuza Nader Borges	320240502A	42.56
Aeroporto	320240503A	268.73
<b>SERRA</b>		
Planalto Serrano	320500203A	214.09
Nova Carapina I	320500204A	75.75
Carapina Grande	320500205A	269.69
Jacaraípe	320500206A	180.88
Nova Almeida	320500207A	193.72
Novo Horizonte	320500209A	105.74
Cantinho do Céu	320500210A	107.93
Hélio Ferraz	320500211A	2.8
Cidade Continental	320500213A	319.4
<b>VIANA</b>		
Viana Sede	320510102A	42.29
Marcilio de Noronha	320510103A	98.32
Jucu	320510104A	244
<b>VILA VELHA</b>		
Aribiri	320520003A	9.2
Vale encantado	320520004A	219.49
Guaranhuns	320520005A	64.4
INMET Jucu	A634	206.4
<b>VITÓRIA</b>		
Vale do Mulembá	320530905A	217
Romão	320530906A	117.05
Jardim Camburi	320530908A	64.29

De acordo com a análise dos registros de precipitação, os municípios mais afetados foram: Vitória, Vila Velha, Viana, Serra, Guarapari e Cariacica.

Os noticiários de 17 e 18 de maio de 2019 registram inundações na região da Grande Vitória.

Na Figura 150 abaixo é apresentada uma compilação de notícias sobre este evento. As informações foram extraídas de (G1, 2019c).

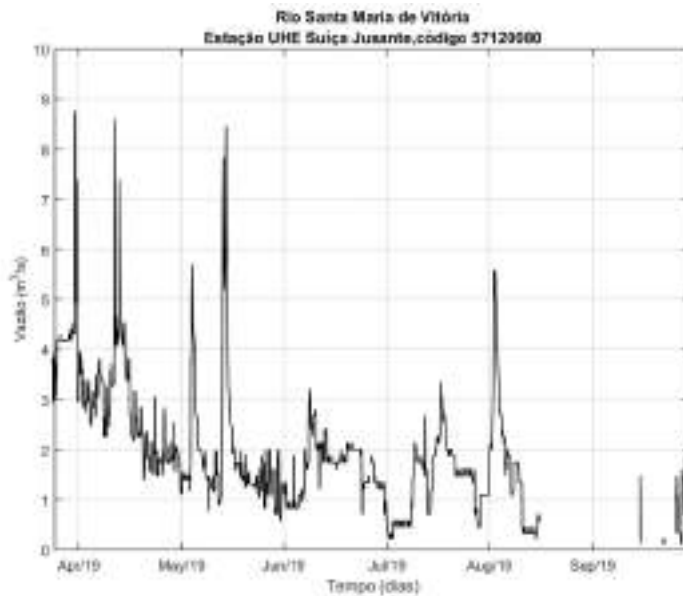


Figura 150 – Eventos de inundação ocorridos no dia 18 de maio de 2019.

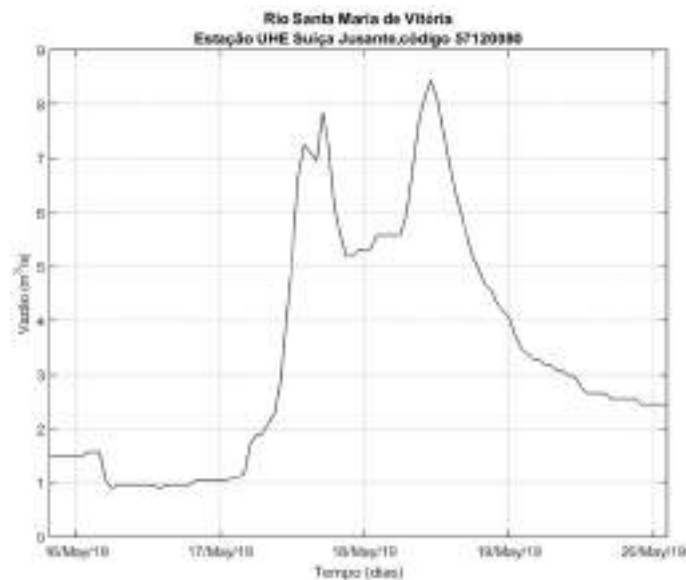
Fonte: G1, 2019c.

Para este período (17 e 18 de maio de 2019) foram analisados, também, os dados de vazão para os rios Santa Maria da Vitória e Jucú.

Para o Rio Santa Maria da Vitória, foram analisados os dados provenientes da Estação Fluviométrica UHE Suíça Jusante (Código 57120080) com intervalo de amostragem de 15 minutos. Na Figura 151 (a) é apresentado um trecho da série histórica no período de abril a outubro de 2019 e, na Figura 151 (b), é apresentado, em detalhe, o registro nos dias 17 e 18 de maio de 2019. O pico de vazão no dia 18 de maio atingiu o valor de 8,45 m<sup>3</sup>/s.



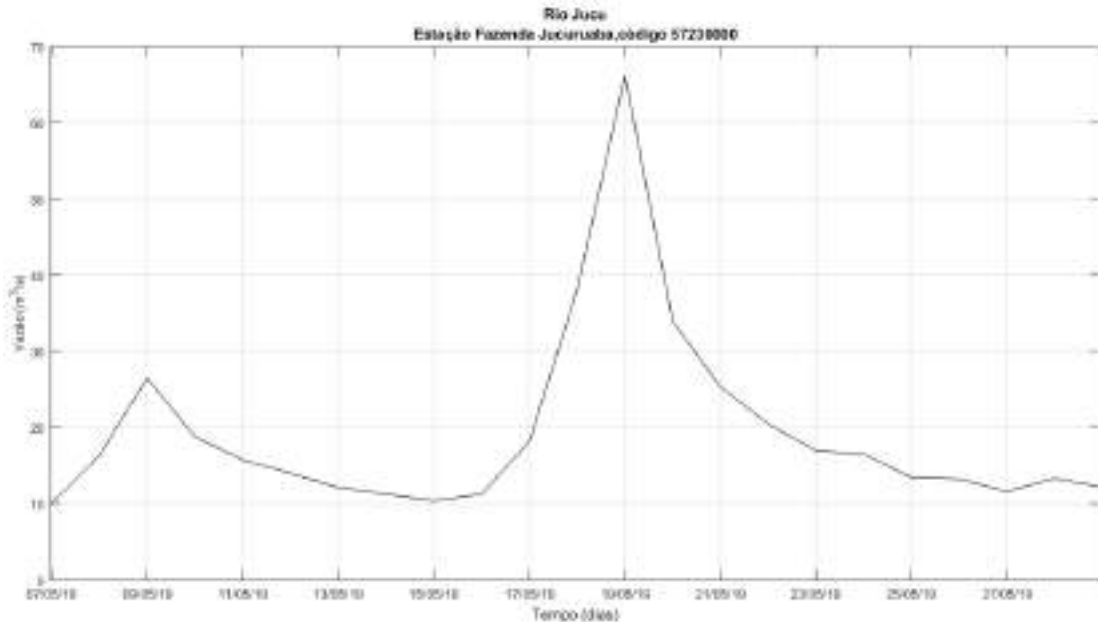
(a)



(b)

**Figura 151 – Vazão no Rio Santa Maria da Vitória. (a) Série histórica no período abril a outubro de 2019, (b) detalhe da vazão no evento ocorrido no dia 18 de maio de 2019.**

Para o Rio Jucú, os dados de vazão disponíveis, para este período, são somente valores médios diários registrados na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código 57230000). Na Figura 152 é apresentado um trecho da série histórica no período de 07 a 29 de maio de 2019 indicando a ocorrência de um máximo de vazão no dia 19 de maio com valor de 66,13 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 152 – Vazão média diária no Rio Jucú com o detalhe da vazão no evento ocorrido no dia 19 de maio de 2019.**

A partir desta análise, o evento ocorrido entre os dias 17 e 19 de maio de 2019, foi adotado como um evento extremos para os municípios de Vila Velha, Viana, Cariacica, Fundão e Guarapari.

## 6 Construção das Forçantes

As simulações foram separadas em: simulações de calibração e validação e simulações diagnosticas e prognósticas. A seguir é apresentada uma descrição da metodologia adotada para a construção das forçantes aplicadas nestes dois tipos e simulação.

### 6.1 Construção das Forçantes para as simulações de calibração e validação

No presente estudo o processo de construção das forçantes da modelagem para a simulação de calibração baseou-se em três aspectos decisivos distribuídos nas seguintes etapas:

#### 6.1.1 A escolha dos eventos críticos (1ª Etapa)

Como mostrado a na seção 5, a escolha dos eventos críticos baseou-se em três possíveis causas:

1. Maior vazão instantânea;
2. Maior precipitação horária;
3. Maior precipitação acumulada diária.

Baseou-se, também, ainda na simultaneidade dessas causas. Por exemplo, se a maior vazão vem acompanhada de chuvas intensas no interior da RMGV e vice versa.

Ao final, os eventos selecionados foram:

Evento de máxima vazão nos Rios Jucú e Santa Maria da Vitória ocorrido no dia 14 de novembro de 2019. De fato, no período ente os dias 13 e 14 de novembro de 2019 existem registros de inundações nos municípios de Vitória, Vila Velha, Serra, Viana, Cariacica e Fundão.

Evento de máxima precipitação horária, ocorrido no período entre o dia 1º e do dia 2 de março de 2020. Para esta data existem registros de inundações nos municípios de Vila Velha, Viana, Cariacica, Guarapari e Fundão.

Evento de máxima precipitação acumulada diária ocorrida no dia 18 de maio de 2019. Os municípios mais afetados foram: Vitória, Vila Velha, Viana, Cariacica, Serra e Guarapari.

O passo seguinte é verificar a existência de dados disponíveis e adequados para reproduzir estes eventos.

#### 6.1.2 A disponibilidade de dados (2ª Etapa)

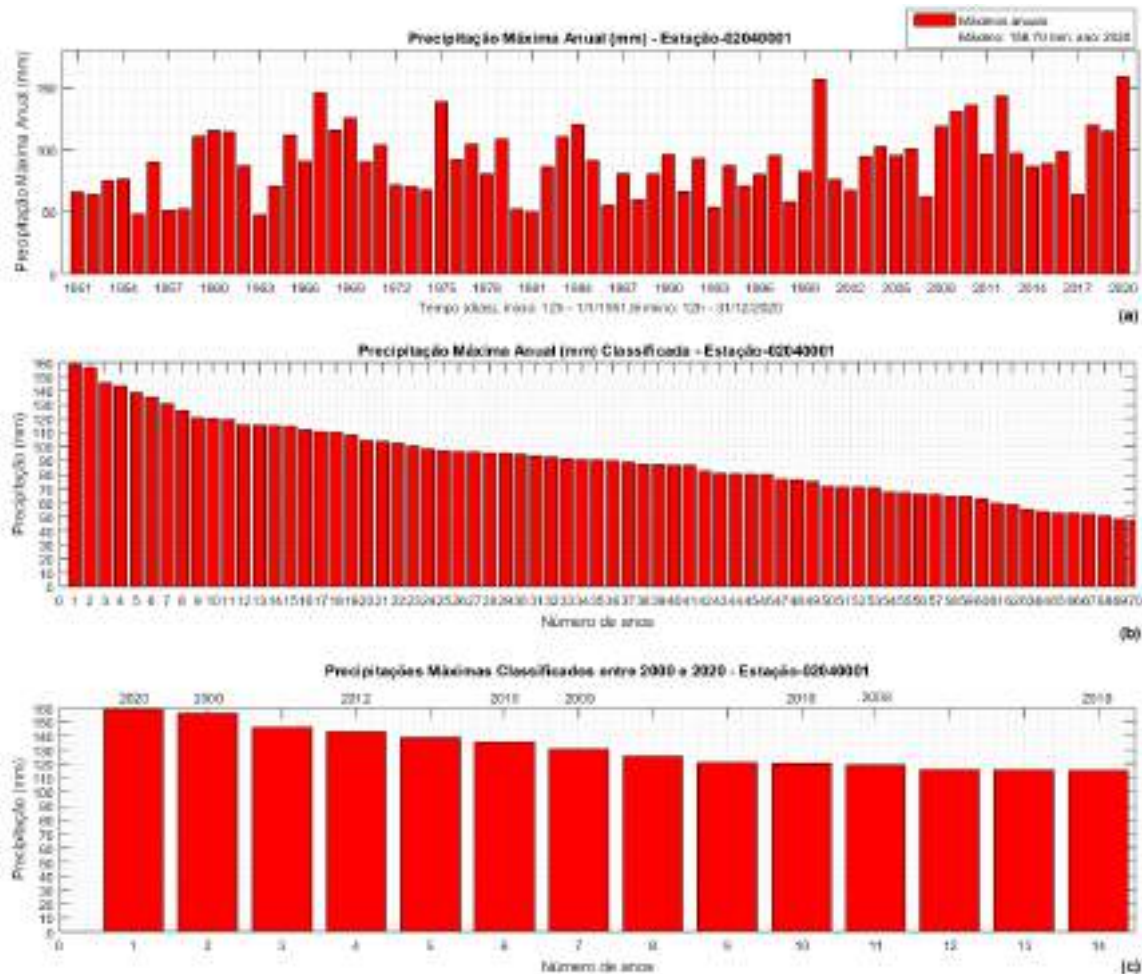
Disponibilidade de dados de vazão, chuva e nível do mar para serem utilizados como forçantes e nas comparações com os resultados da modelagem. Este último consiste

em verificar se os valores de vazões e níveis calculados pelo modelo se aproximam dos valores reais observados.

Preferencialmente, estes dados devem ter intervalos de amostragem menor do que um dia para poderem captar a variabilidade e a intensidade dos eventos críticos que se pretende reproduzir.

Os locais de medição devem estar em posições que sejam importantes e úteis para o esquema da modelagem, por exemplo: as vazões que entram nas bordas de montante devem ser originárias de estações de medições próximas às bordas. Outros pontos de medição de vazão devem estar no interior da RMGV para que possam ser utilizados na comparação com os resultados da modelagem. As chuvas devem ser originárias de postos no interior da RMGV e em municípios adjacentes de modo que possam ser interpolados para a cobrir espacialmente todas as bacias modeladas. E, claro, as marés devem estar nas bordas de jusante nas fozes dos rios.

Analisando as datas selecionadas, na 1ª Etapa, em comparação com eventos pluviométricos críticos históricos verificou-se que os eventos selecionados estão entre os maiores observados. Na Figura 153 (a) abaixo, são mostrados os máximos anuais extraídos do registro pluviométrico da estação Fazenda Jucuruaba localizada no Município de Viana. Na Figura 153 (b) os 70 valores máximos são classificados do maior para o menor. Na Figura 153 (c) são apresentados os 14 maiores valores, nos quais oito (8) ocorreram entre 2000 e 2020.



**Figura 153 – (a) Máximos anuais entre 1951 e 2020 para a estação pluviométrica Fazenda Jucuruaba, Bacia do Rio Jucú. (b) Máximos anuais classificado em ordem decrescente. (c) Os 14 maiores valores dos quais oito estão entre os anos de 2000 e 2020.**

Dessa forma, os eventos selecionados estão entre os 14 maiores registrados em 70 anos. Sendo que o evento de março de 2020 (máxima precipitação horária) é, também, o máximo histórico, para essa estação pluviométrica.

O mais importante é que para estes três eventos (18 de maio de 2019, 14 de novembro de 2019, e 1 a 2 de março de 2020) existem dados de pluviometria do CEMADEN com registros acumulados entre 10 min e 1 hora e com cobertura em toda a RMGV e municípios adjacentes mais três estações do INMET com dados horários. Todos estes dados são perfeitamente adequados para a geração das forçantes de chuva e reprodução destes eventos através da modelagem.

Com relação às vazões, para as datas dos eventos selecionados, na época de elaboração da modelagem (julho de 2021), os dados disponíveis eram os seguintes:

Para o evento de 18 de maio de 2019 (máxima precipitação acumulada diária) os dados são:

- Na Borda do Rio Jucú Braço Norte: os dados disponíveis são da estação PCH São

Pedro Jusante código: 57155000, estes dados são valores médios diários.

- Na Borda do Rio Jucú Braço Sul: os dados disponíveis são da estação PCH Jucú Jusante código:57200000, são dados médios diários.
- Na Borda do Rio Santa Maria da Vitória: os dados disponíveis são da estação UHE Suíça Jusante código: 57120080, dados com intervalo de amostragem e 15 min.
- Para o ponto de calibração no Rio Jucú (para comparação com os valores de vazão calculados pelo modelo) os dados disponíveis são da estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código: 57230000, estes são valores médios diários. Infelizmente, nesta data (maio de 2019) a série com intervalo de amostragem de 15 min não tem registros, nesta série existe uma lacuna entre os dias 18 de abril a 21 de outubro de 2019.
- Para o ponto de calibração no Ribeirão Sauanha na estação Valsugana Velha Montante código: 57040008, os dados disponíveis são valores médios diários.

Para o evento de 14 de novembro de 2019 (máxima vazão instantânea), os dados disponíveis, na data de preparação da modelagem (julho de 2021), eram os seguintes:

- Na Borda do Rio Jucú Braço Norte: os dados disponíveis são da estação PCH São Pedro Jusante código: 57155000, são dados médios diários.
- Na Borda do Rio Jucú Braço Sul: os dados disponíveis são da estação PCH Jucú Jusante código:57200000, são dados médios diários.
- Na Borda do Rio Santa Maria da Vitória: os dados disponíveis são da estação UHE Suíça Jusante código: 57120080, dados com intervalo de amostragem e 15 min.
- Para o ponto de calibração no Rio Jucú (para comparação com os valores de vazão calculados pelo modelo) os dados disponíveis são da estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código: 57230000, com intervalo de amostragem de 15 min.
- Para o ponto de calibração no Ribeirão Sauanha na estação Valsugana Velha Montante código: 57040008, não existem dados para novembro de 2019, os dados vão somente até junho de 2019.

Para o evento de 1 a 2 de março de 2020 (máxima precipitação horária) os dados são:

- Na Borda do Rio Jucú: os dados disponíveis são da estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código: 57230000, estes dados são valores médios diários. Para esta estação os registros com intervalo de amostragem de 15 minutos, são do período de 29 de novembro de 2010 a 12 de janeiro de 2020.
- Na Borda do Rio Santa Maria da Vitória: os dados disponíveis são da estação UHE Suíça Jusante código: 57120080, dados com intervalo de amostragem e 15 min.
- Para o ponto de calibração no Ribeirão Sauanha na estação Valsugana Velha Montante código: 57040008 não tem dados para março de 2020, os dados vão

até junho de 2019.

Portanto, para a realização da calibração utilizando a comparação entre os resultados de vazão, calculados pelo modelo, e os valores medidos, só foi possível para os eventos de maio e novembro de 2019.

Para o evento de março de 2020, os dados disponíveis foram utilizados somente como forçantes, e os resultados obtidos foram comparados através de inspeção visual com as manchas de inundação dos estudos de suscetibilidade a risco de inundações apresentadas nos Planos Diretores Municipais de Macrodrenagem, nos Planos Municipais de Saneamento Básico, nas Cartas de Suscetibilidade à Inundações e em imagens aéreas.

O conjunto de dados de variação do nível do mar disponíveis (vide Tabela 15) não possui dados nas datas dos eventos selecionados. Dessa forma foi necessária a reconstrução dos dados de nível do mar utilizando a análise e previsão harmônica de marés astronômica com a sobreposição das reanálises de nível médio do mar, conforme apresentado na seção 4.2.4 (Reconstrução da Maré Total usando Previsão Harmônica e Reanálise do CFSR).

### **6.1.3 Esquematização adotada (3ª Etapa)**

Uma vez definidas as datas dos eventos críticos selecionados e verificada a existência (ou reconstrução) de dados disponíveis para esta data, a etapa final é a montagem de uma esquematização espacial e temporal que permita a simulação dos eventos e a comparação dos resultados com os valores de vazão observados nas estações, bem como a comparação visual das manchas de inundação geradas pelo modelo com as manchas de inundação levantada em estudos anteriores.

## **6.2 Construção das Forçantes para as simulações diagnósticas e prognósticas**

Para as simulações diagnósticas e prognósticas é necessária a utilização de previsões realizadas através de estudos de extremos para o cálculo dos valores de vazões, precipitações e marés meteorológicas referentes aos períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para a maré astronômica é necessária a realização de previsão harmônica.

A seguir são apresentados os valores de vazão, precipitação e marés obtidos para os períodos de retorno considerados neste estudo.

### 6.2.1 Vazões calculadas para os períodos de retorno

Conforme apresentado na seção 4.1 (Análise dos Dados de Vazão) os valores de vazão calculados para os rios Jucú, Santa Maria da Vitória e Sauanha, para os períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos são os seguintes:

1. Rio Jucú na posição da estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código: 57230000:

Vazão com Tr02 anos: 146,48 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr05 anos: 191,82 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr10 anos: 218,13 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr25 anos: 247,96 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr50 anos: 268,05 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr100 anos: 286,53 m<sup>3</sup>/s.

2. Rio Santa Maria da Vitória na posição da estação UHE Suíça Jusante código: 57120080:

Vazão com Tr02 anos: 110,406m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr05 anos: 144,64m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr10 anos: 156,11 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr25 anos: 164,03 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr50 anos: 167,26 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr100 anos: 169,19m<sup>3</sup>/s.

3. Rio Sauanha na posição da estação Valsugana Velha Montante código 57040008:

Vazão com Tr02 anos: 34,41 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr05 anos: 49,09 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr10 anos: 58,81 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr25 anos: 71,10 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr50 anos: 80,21 m<sup>3</sup>/s;

Vazão com Tr100 anos: 89,26 m<sup>3</sup>/s.

### 6.2.2 Marés Meteorológicas calculadas para os períodos de retorno

Conforme apresentado na seção 4.2 (Análise dos Dados de Variação do Nível do Mar) os valores de maré meteorológica calculados para os períodos de retorno e a previsão de maré astronômica são os seguintes:

1. Para a posição próxima ao Porto de Vitória (estes valores são referentes ao nível zero adotado arbitrariamente como sendo o nível médio):

TR 02 anos = 0,39 m;

TR 05 anos = 0,43 m;

TR 10 anos = 0,46 m;

TR 25 anos = 0,50 m;  
TR 50 anos = 0,53 m;  
TR 100 anos = 0,56 m.

2. Para as proximidades de Guarapari (estes valores são referentes ao nível zero adotado arbitrariamente como sendo o nível médio):

TR 02 anos = 0,38 m;  
TR 05 anos = 0,42 m;  
TR 10 anos = 0,45 m;  
TR 25 anos = 0,48 m;  
TR 50 anos = 0,51 m;  
TR 100 anos = 0,53 m.

A Maré Astronômica Máxima (HAT), para a estação maregráfica do Porto de Tubarão, foi obtida através da análise e previsão harmônicas de marés para os próximos 100 anos. O valor calculado foi de 0,97 m.

O valor obtido para a média do nível médio do mar (MNM) foi de 0,12 m (IBGE).

### **6.2.3 Chuvas calculadas para os períodos de retorno**

Para a geração dos hietogramas aplicados nos cenários diagnóstico e prognósticos foram utilizadas as equações IDF's apresentadas na seção 4.3.5 (Equações de Intensidade Duração e Frequência (IDF) para a RMGV).

Após o cálculo das alturas de precipitação para os TRs de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, aplicou-se a metodologia (CETESB, 1979) para obter a chuva acumulada com durações inferiores a um dia. Em seguida, utilizou-se o método de Huff (Huff e Angel, 1992) para, finalmente, gerar os hietogramas.

Uma etapa importante do processo foi a determinação da duração crítica da bacia (ou tempo de concentração). Esta análise está descrita em detalhes nas próximas seções.

## 7 Calibração e Validação da Modelagem

As bacias hidrográficas da RMGV foram simuladas utilizando-se o modelo SOBEK. Este modelo incorpora várias metodologias de transformação “chuva-vazão”, neste estudo a metodologia adotada foi a do “Curve Number” (CN) do “Soil Conservation Service” (SCS). Para esta metodologia o modelo utiliza os seguintes parâmetros na sua formulação:

- Área de drenagem das bacias (km<sup>2</sup>);
- Declividade média (m/m);
- Cota média (altura média da bacia) (m);
- Curve Number (CN) derivado da pedologia e do uso e ocupação do solo;
- Coeficiente de Manning.

Com exceção do coeficiente de Manning, todos os demais parâmetros foram medidos ou calculados e tiveram os seus valores aplicados diretamente no modelo. Na seção 2 (Características Físicas das Bacias e dos Corpos Hídricos) os parâmetros citados acima tiveram os seus valores apresentados.

No caso do coeficiente de Manning os valores adotados seguiram a classificação apresentada em (CHOW, 1959).

Uma vez implementados os valores (medidos, calculados ou estimados) dos parâmetros citados acima, seguiram-se as simulações e a obtenção dos resultados para as variáveis: vazão (hidrogramas), níveis (cotograma). O modelo fornece também, como resultado, as manchas de inundação com a espessura da lâmina d’água sobre o terreno.

A seguir são apresentadas as comparações entre os hidrogramas resultantes da modelagem e os valores de vazão obtidos nas estações fluviométricas adotadas para calibração.

Ao final são apresentadas comparações qualitativas entre as manchas de inundação geradas pelo modelo e as manchas obtidas em estudos anteriores e imagens aéreas do Google Earth.

### 7.1 Síntese dos dados utilizados para a calibração da modelagem

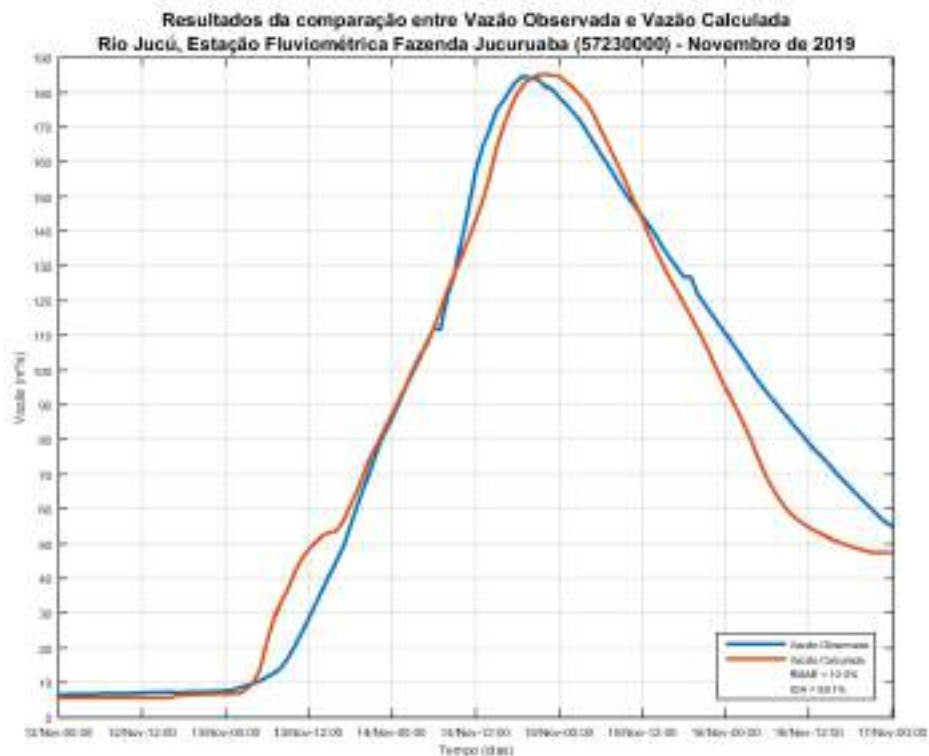
No processo de calibração foram utilizados os seguintes dados descritos em detalhe anteriormente e sumarizados a seguir:

- Dados de vazão da Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código 57230000 no Rio Jucú;
- Dados de vazão da Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante código 57040008 no Ribeirão Sauanha.

## 7.2 Comparação entre os hidrogramas gerados pela modelagem e os valores de vazão observados

Os resultados da modelagem para o ponto de calibração no Rio Jucú (Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código 57230000), para o evento do dia 14 de novembro de 2019, está apresentado na Figura 154. Nesta figura é mostrada, também, uma comparação entre a vazão calculada pelo modelo (curva vermelha) e a observada (curva azul). Para quantificar esta comparação foram utilizadas as análises estatísticas propostas por Willmott e Wicks 1980 (apud WILLMOTT, 1982) índice de concordância (IOA) e a proposta por Cortês (2004) e Walstra et al (2001) "Relative Mean Absolute Error" (RMAE), ambas descritas anteriormente neste documento. Os índices obtidos foram 99 % para o IOA e 10% para o RMAE.

Assim, as comparações foram classificadas como ótima (para o IOA) e excelente (para o RMAE). Observa-se, portanto, que o resultado obtido através da modelagem reproduz satisfatoriamente o comportamento do hidrograma no ponto adotado para calibração.

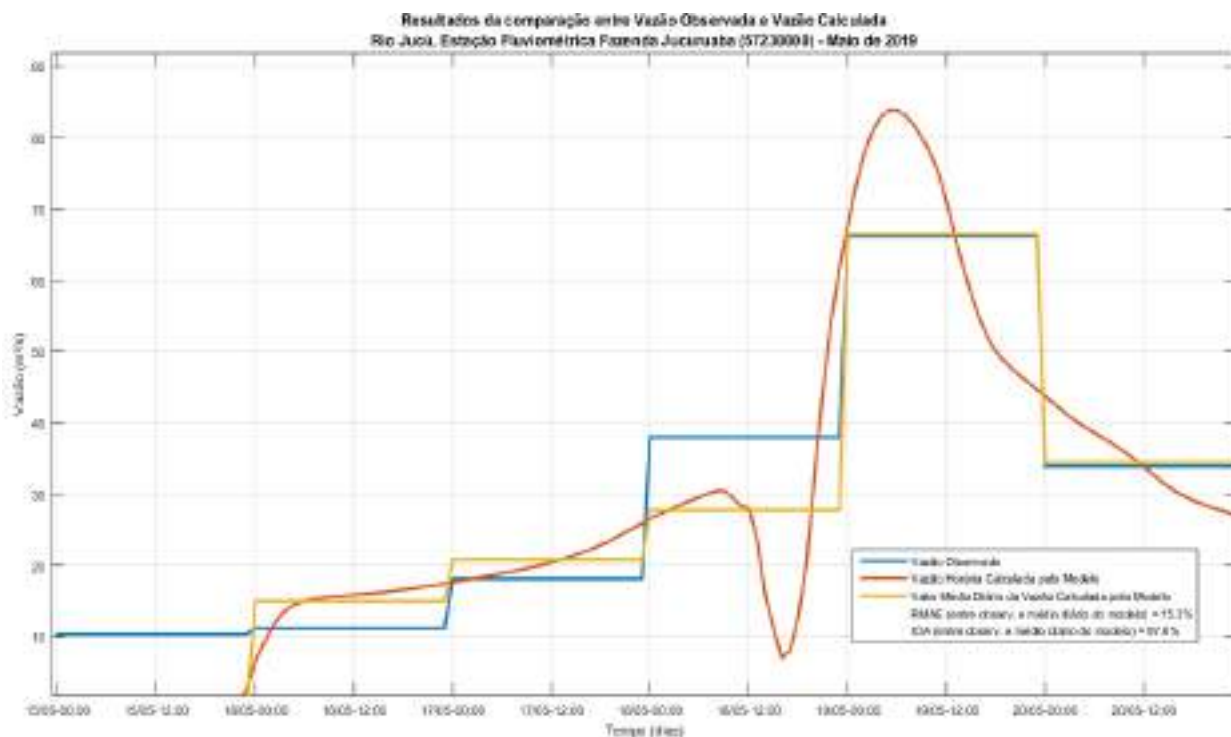


**Figura 154 – Comparação entre o hidrograma gerado pela modelagem e os valores de vazão observados no Rio Jucú na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (código 57230000), para o evento do dia 14 de novembro de 2019.**

Para o evento do dia 18 de maio de 2019, os resultados da modelagem para ponto de calibração no Rio Jucú (Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código 57230000), são apresentados na Figura 155.

Para este evento e esta posição, os dados de vazão disponíveis são valores médios diários. Como os resultados da modelagem são valores horários, houve a necessidade de calcular os valores médios diários do modelo para poder-se realizar uma comparação quantitativa entre “modelo e dado”. A curva obtida através do cálculo da média diária do modelo está representada na figura pela curva de cor amarela. Os índices de comparação RMAE e IOA são respectivamente 15,3 % e 97,5 % o que qualifica as comparações como excelente e ótima. Observa-se ótima aderência do modelo às observações principalmente para os momentos de pico da vazão.

Esta análise qualifica os resultados da modelagem como sendo representativos do comportamento da vazão durante o evento nesta posição do Rio Jucú.

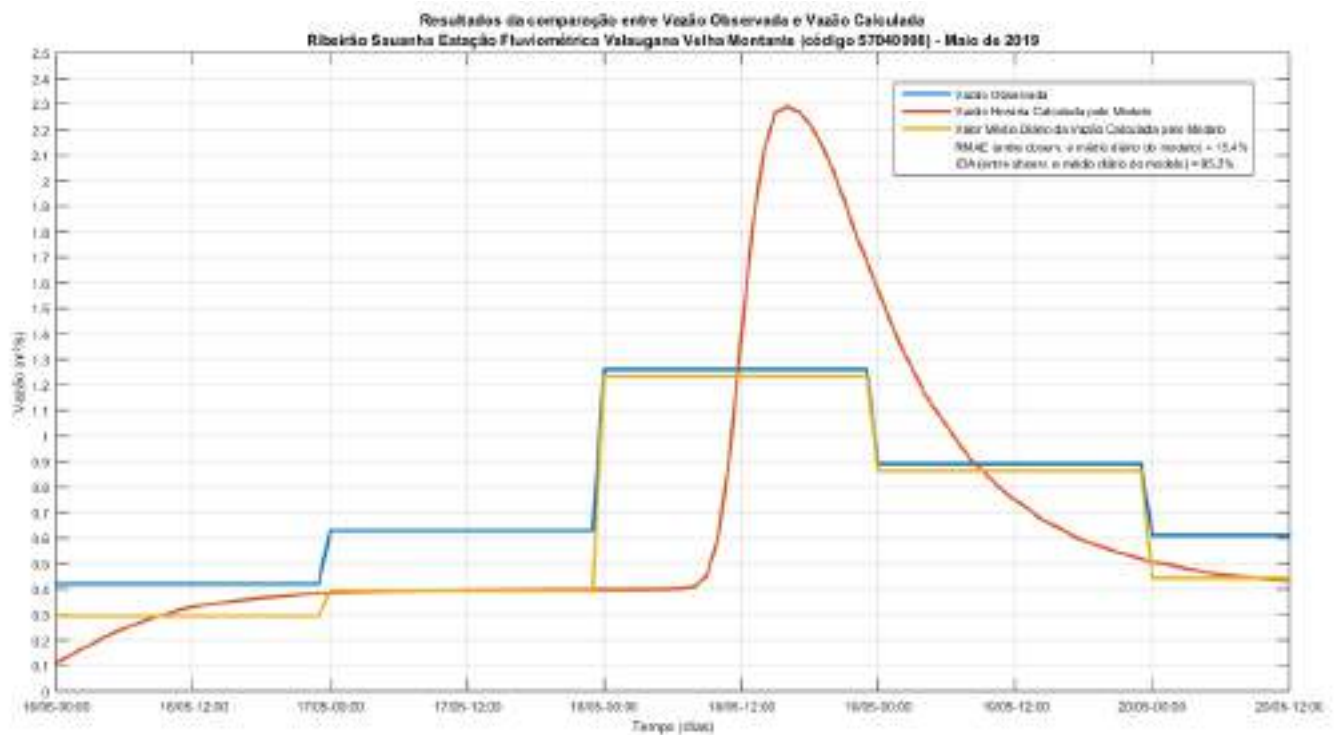


**Figura 155 – Comparação entre o hidrograma gerado pela modelagem e os valores de vazão observados no Rio Jucú na Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba (código 57230000), para o evento do dia 18 de maio de 2019.**

Ainda, para o evento do dia 18 de maio de 2019, os resultados da modelagem para ponto de calibração no Ribeirão Sauanha na Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante código 57040008, estão apresentados na Figura 156.

Para esta posição e data os dados disponíveis são, também, valores médios diários. Dessa forma houve, a necessidade de se calcular os valores médios diários das vazões obtidas através da modelagem, para podermos comparar com as vazões observadas. Assim, a curva resultante da média diária do modelo está representada na figura pela cor amarela. Os índices de comparação RMAE e IOA são respectivamente 15,4% e 95,2% o que qualifica as comparações como excelente e ótima.

Esta análise demonstra que os resultados da modelagem representam de forma satisfatória o comportamento da vazão durante o evento nesta posição do Ribeirão Sauanha.



**Figura 156 – Comparação entre o hidrograma gerado pela modelagem e os valores de vazão observados Ribeirão Sauanha na Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante (código 57040008), para o evento do dia 18 de maio de 2019.**

### **7.3 Comparação entre as manchas de inundação geradas pelo modelo e as fornecidas em mapas de risco e imagens aéreas**

Para avaliar a capacidade do modelo em reproduzir as manchas de inundação ocorridas durante os eventos selecionados, fez-se uma comparação visual entre as manchas geradas pela modelagem e as manchas fornecidas por diferentes fontes de informação. Foram consultadas as seguintes referências: Planos Diretores Municipais de Macrodrenagem, Plano Municipais de Saneamento Básico, Cartas de Suscetibilidade à Inundações do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e imagens aéreas do Google Earth.

Com relação ao Google Earth é interessante destacar que existem imagens sobre um evento de inundação ocorrido em dezembro de 2013 e que, embora tenha sido um evento de inundação importante, ele apresentou valores acumulados de precipitação inferiores aos dos eventos selecionados para calibração. Além disso para esta data (dezembro de 2013) não encontramos registros pluviométricos com intervalo de integração menor do que um dia, o que impossibilita a geração do hietograma com a duração específica da chuva ocorrida. Contudo, este evento é importante para avaliar visualmente as manchas de inundação geradas numericamente para os eventos selecionados.

Na Figura 157, a seguir, são apresentados os hietogramas dos eventos selecionados (maio e novembro de 2019 e março de 2020) em comparação com o evento de dezembro de 2013, todos referentes ao posto pluviométrico Fazenda Jucuruaba código 2040001, localizada no Município de Viana. Para facilitar a comparação, todos são, também, valores acumulados diários.

Observa-se que os eventos selecionados: dia 2 de março de 2020 (Figura 157 a), 13 e 14 de novembro de 2019 (Figura 157 b), 18 e 19 de maio de 2019 (Figura 157 c), têm alturas de precipitação superiores aos do evento de 17 de dezembro de 2013.

Apesar de apresentar um acumulado diário menor, o evento de dezembro de 2013 teve uma duração de sete dias o que, aparentemente, ocasionou uma extensa inundação em boa parte da RMGV. É importante destacar que este foi o único evento de inundação registrado em imagens aéreas no Google Earth (até a última consulta que realizamos em julho de 2021).

Conforme explicado acima, dada a ausência de informações sobre as manchas de inundação decorrentes de chuvas intensas na RMGV, a estratégia adotada para avaliar os resultados das simulações dos eventos selecionados (maio e novembro de 2019 e março de 2020) foi comparar as amanchas obtidas com imagens aéreas de outro evento (dezembro de 2013) e com estudos de mapas de risco.

Inicialmente, são apresentadas as comparações com as imagens aéreas. Nas figuras (Figura 158 a Figura 162) são apresentadas imagens das áreas afetadas na seguinte sequência: sem inundação, com a inundação e os resultados da modelagem. Em seguida (na Figura 163), são apresentadas as comparações entre os resultados da modelagem e manchas de inundação apresentadas em Planos Municipais.

Finalmente, da Figura 164 a Figura 170 são apresentadas as comparações entre os pontos críticos de inundação, ocasionada pelo transbordamento de corpos hídricos pertencentes à macrodrenagem e as manchas de inundação resultantes da simulação diagnóstica para o ano de 2020, com período de retorno de 100 anos. Estes pontos críticos foram levantados a partir do ciclo de Seminários Virtuais realizado pela equipe do Plano Diretor de Águas Urbanas em maio de 2021.

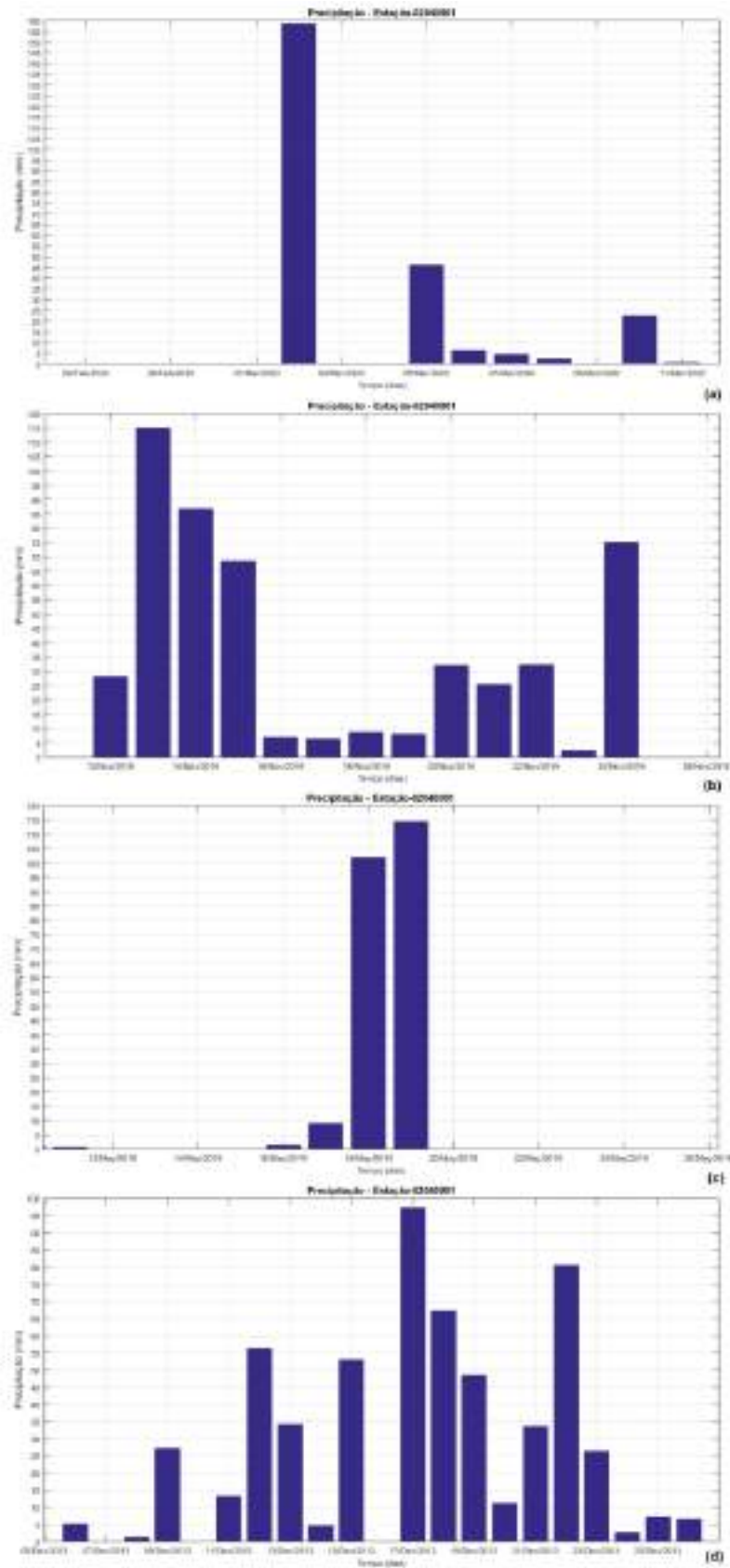
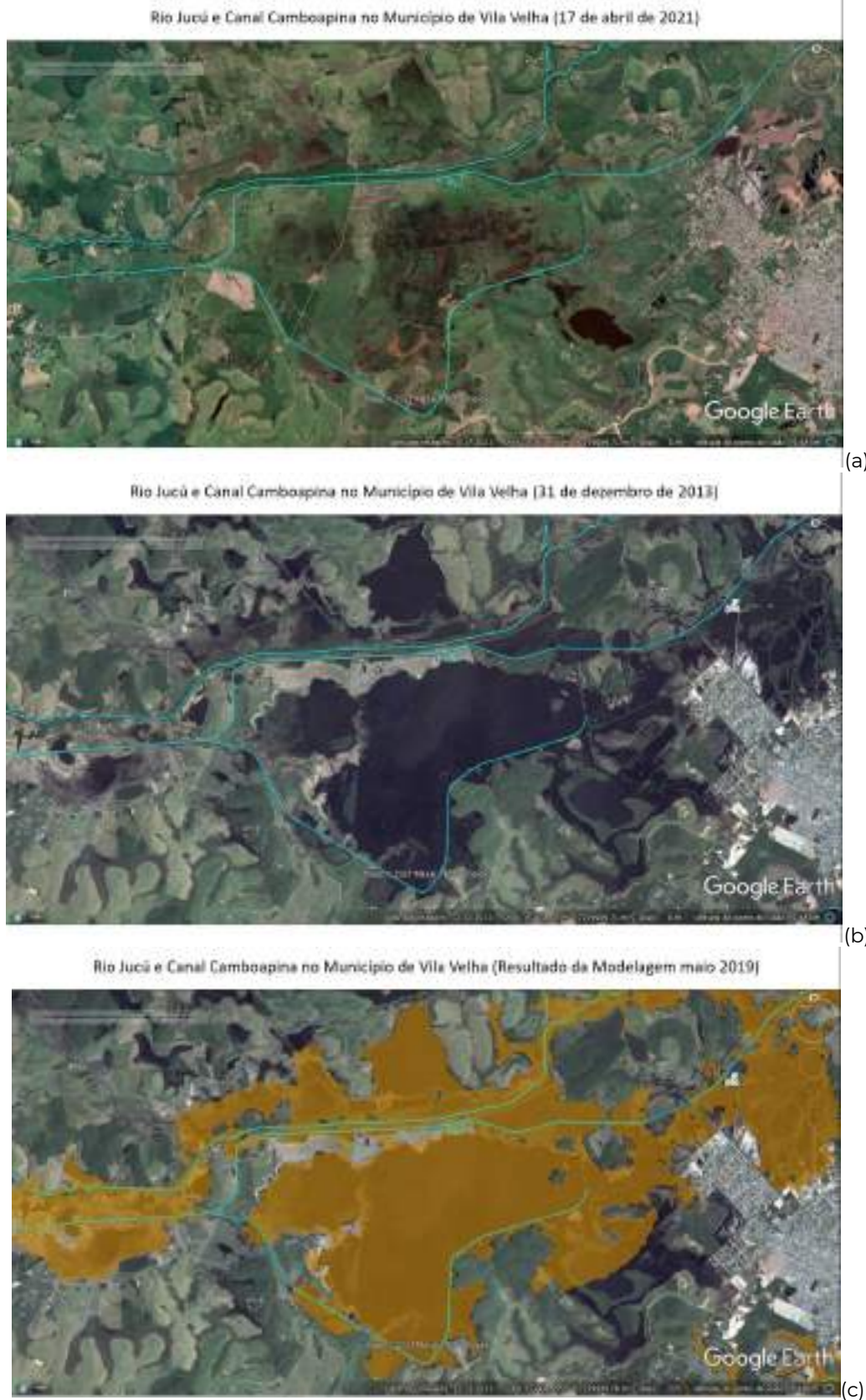


Figura 157 – Hietogramas dos eventos selecionados (a, b, c) e o evento de dezembro de 2013 (d).



**Figura 158 –Município de Viana. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação nov. 2019.**



**Figura 159 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação mai. 2019.**



**Figura 160 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação nov. 2019.**

Rio Jucú, Canal Camboapina, Rio Marinho, Canais do Dique, Guaranhuns, Araças, Diagonal, Córrego Jardim de Aluá, Rio Formate no Município de Vila Velha [17 de abril de 2021]



(a)

Rio Jucú, Canal Camboapina, Rio Marinho, Canais do Dique, Guaranhuns, Araças, Diagonal, Córrego Jardim de Aluá, Rio Formate no Município de Vila Velha [26 de dezembro de 2013]



(b)

Rio Jucú, Canal Camboapina, Rio Marinho, Canais do Dique, Guaranhuns, Araças, Diagonal, Córrego Jardim de Aluá, Rio Formate no Município de Vila Velha (Resultado da Modelagem novembro 2019)



(c)

**Figura 161 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação nov. 2019.**



**Figura 162 –Município de Vila Velha. (a) sem inundação, (b) inundação em dez. 2013 e (c) simulação mar. 2020.**



Áreas suscetíveis a inundações e alagamentos (vermelho), Fonte: Viana (Programa Municipal de Redução de Risco, 2014)  
Modelagem para março de 2020 amarelo



Áreas suscetíveis a inundações e alagamentos (vermelho), Fonte: Viana (Programa Municipal de Redução de Risco, 2014)  
Modelagem para novembro de 2019 azul



**Figura 163 – Viana, (a) áreas suscetíveis a inundações e alagamentos, Programa Municipal de Redução de Risco Consórcio Zemlya Avante (2014), (b) Modelagem mar. 2020, (c) Modelagem nov.2019.**

No período de maio de 2021, a equipe do Plano Diretor de Águas Urbanas realizou um ciclo de Seminários Virtuais tendo como um dos objetivos a identificação dos pontos críticos de alagamentos e inundações nos municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória.

Os seminários reuniram representantes da sociedade civil, associações e lideranças comunitárias, membros das Prefeituras Municipais, Secretarias de Estado, Câmaras Municipais e Assembleia Legislativa, componentes de Fóruns, Federações, Institutos, Conselhos, Movimentos de Preservação Ambiental, Comitês de Bacia e a população em geral.

A partir das informações levantadas durante os eventos, a equipe construiu um biomapa (no formato kmz) com a identificação dos pontos críticos. Foram levantados ao todo 192 pontos georreferenciados de alagamentos e inundações.

A partir deste levantamento foi realizada uma análise para a identificação dos pontos críticos associados ao processo de inundação, ocasionada pelo transbordamento de corpos hídricos pertencentes à macrodrenagem considerada no presente estudo.

Estes pontos críticos (associados à macrodrenagem) e as manchas de inundação resultantes da simulação diagnóstica para o ano de 2020, com período de retorno de 100 anos, são apresentados a seguir, da Figura 164 a Figura 170, respectivamente, para os municípios de Guarapari, Viana, Vila Velha, Cariacica, Vitória, Serra e Fundão, respectivamente.

A análise visual das figuras mostra uma perfeita aderência dos pontos críticos de inundação da macrodrenagem com as manchas de inundação obtidas através da modelagem. Todos os pontos são atingidos pelas manchas estimadas pela modelagem.

Esta análise comparativa demonstra a capacidade do modelo de representar (reproduzir) os eventos de inundação provenientes do transbordamento dos corpos hídricos de macrodrenagem



**Figura 164 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Guarapari.**



**Figura 165 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Viana.**



**Figura 166 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Vila Velha.**



**Figura 167 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Cariacica.**



**Figura 168 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Vitória.**



**Figura 169 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Serra.**



**Figura 170 – Pontos críticos associados à inundação de corpos hídricos de macrodrenagem (círculos amarelos) e manchas de inundação obtidas da simulação para o ano de 2020 com chuva de projeto para o período de retorno de 100 anos, Município de Fundão.**

## 7.4 Discussão sobre os resultados da calibração

Os parâmetros adotados no modelo foram todos medidos ou calculados de modo que não foram realizados ajustes. O único parâmetro estimado com base na literatura foi o coeficiente de Manning, cujos valores seguiram a classificação apresentada em (CHOW, 1959).

Com relação às vazões calculadas pelo modelo para os pontos adotados para a calibração no Rio Jucú (Estação Fazenda Jucuruaba código 57230000) (18 de maio e 14 de novembro de 2019) e Ribeirão Sauanha (Estação Valsugana Velha Montante código 57040008) (18 de maio de 2019), os resultados da modelagem apresentaram aderências satisfatórias às observações sendo qualificadas como ótima e excelente de acordo com os índices estatísticos comparativos adotados.

Com relação às manchas de inundação geradas pela modelagem, estas se mostraram visualmente compatíveis com as imagens aéreas registradas em eventos anteriores e, também, em relação as manchas dos mapas de risco de inundação e alagamento elaborados em estudos anteriores e, principalmente aos pontos críticos de inundação, da macrodrenagem identificados nos Seminários Virtuais realizado pela equipe do Plano Diretor de Águas Urbanas.

## 8 Elaboração dos Cenários Atual e Futuros

Após a calibração e validação da modelagem seguiram-se as simulações diagnóstica e prognósticas, respectivamente, para os anos de 2020 e 2025, 2032 e 2040 e para os períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

A simulação diagnóstica representa o cenário atual, no qual foi reproduzida as condições atuais de urbanização, uso e ocupação do solo e os sistemas de drenagem existentes. Este último, considerando as estruturas hidráulicas e as operações realizadas, bem como, as condições de assoreamentos na qual se encontram os corpos hídricos em 2020.

Os cenários simulados no modo diagnóstico permitem a avaliação da eficiência do sistema atual e apontam as possíveis medidas de controle, estruturais e não estruturais, que podem ser aplicadas para o aprimoramento do sistema de drenagem e a redução dos riscos e prejuízos associados a inundações.

As simulações prognósticas, também chamadas de cenários tendenciais, reproduzem como será o impacto sobre o sistema de drenagem, considerando as condições futuras de uso e ocupação do solo, expansão da mancha urbana e subsequente aumento da impermeabilização. Estas simulações também consideraram a presença das obras de contenção de inundações que estão em implantação entre 2020 e 2025. Assim, estes cenários reproduzem como seriam a extensão e intensidade das inundações com a implantação de medidas de controle estruturais. Os cenários tendenciais fornecem todos os elementos necessários para a compreensão das medidas a serem adotadas na próxima etapa dos estudos.

Os resultados de ambos os tipos de simulação são apresentados na forma de manchas de inundação e na forma de hidrogramas e cotagramas para todas as posições importantes da rede de macrodrenagem simulada.

A primeira análise realizada é a definição da duração crítica da chuva em cada bacia, isso pois cada bacia responde de forma específica à forçante precipitação, sendo esta resposta função de várias de suas características, tais como: forma, declividade, cobertura, extensão e condições iniciais do solo no início da chuva. A duração crítica é a duração da chuva que produz, em pontos específicos e importantes da bacia, picos de vazão e de elevação do nível d'água. A duração crítica é, também, chamada de tempo de concentração.

Em seguida são apresentadas e analisadas as manchas de inundação para as simulações diagnóstica e prognóstica e as curvas hidrograma e cotagrama para pontos específicos e importantes das bacias.

## 8.1 Análise da duração crítica ou tempo de concentração da bacia

Tempo de concentração é definido como sendo o tempo que leva para a água da chuva percorrer a distância desde o ponto mais distante da bacia hidrográfica, até uma determinada posição de interesse dentro da bacia. Esta posição de interesse é em geral uma seção do rio que está sendo estudado.

Ou, dito de outra forma, após um certo tempo, toda a área da bacia irá contribuir para o escoamento na seção de interesse, este tempo será igual ou superior ao tempo de concentração. Obviamente o “tempo” dito aqui é o tempo de duração da chuva e a seção de interesse está, claro, posicionada imediatamente a jusante da respectiva área de contribuição.

Os fatores que influenciam no tempo de concentração de uma dada bacia são (FRAGOSO; FERREIRA e MARQUES, 2009):

- Forma da bacia;
- Declividade média da bacia;
- Tipo de cobertura vegetal;
- Comprimento e declividade do curso principal e dos afluentes;
- Distância horizontal entre o ponto mais afastado da bacia e o ponto de interesse, ou a saída (exutório);
- Condições do solo em que a bacia se encontra no início da chuva.

Em geral adota-se a duração da chuva crítica (ou chuva de projeto) igual ou próxima do tempo de concentração da bacia porque, desta forma, fica garantido que o hidrograma atinja o seu pico e a vazão atinge o valor máximo possível.

Para durações maiores do que o tempo de concentração a intensidade da chuva tende a decrescer e, para durações menores, não há tempo suficiente para que toda a área da bacia contribua para a seção de interesse.

Existem várias formulações e metodologias para o cálculo do tempo de concentração, dentre elas pode-se destacar:

A fórmula de Kirpich (1940) recomendada para bacias de até 50 ha (0,5 km<sup>2</sup>) (TOMAZ, 2011) e (PMSP, 2012).

A fórmula de Dooge (1956) para bacias com áreas na faixa de 140 a 930 km<sup>2</sup> (PMSP, 2012) e Tomaz (2011)

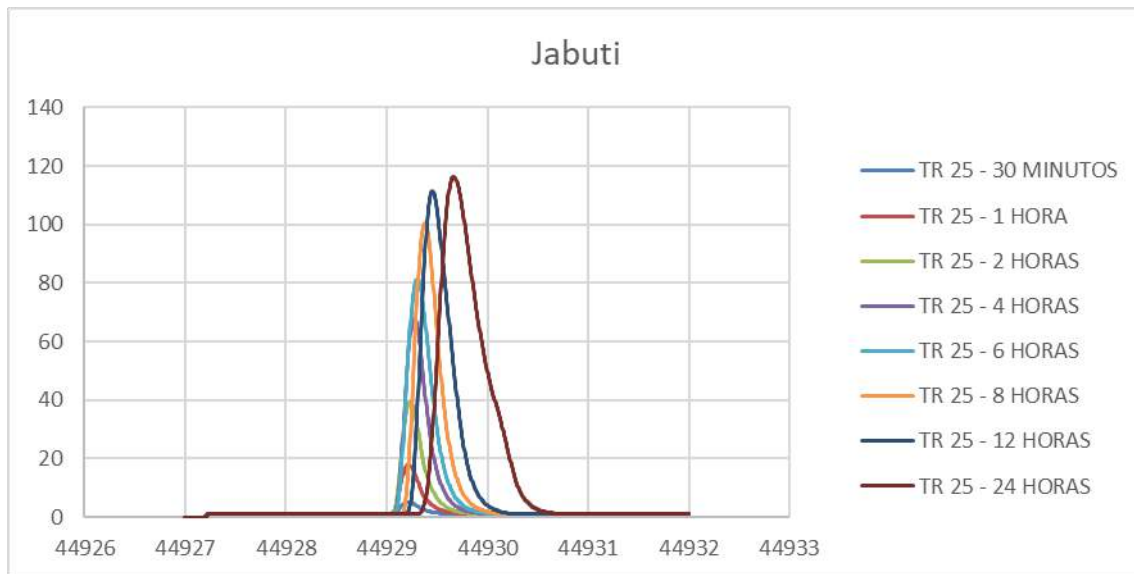
O Método Cinemático (PMSP, 2012) que permite considerar o escoamento na bacia de forma mais detalhada e mais fundamentada do ponto de vista físico.

Contudo, no caso em estudos, para a RMGV muitas bacias estão em planícies de inundação com divisores de água não muito bem definidos e com vários casos de

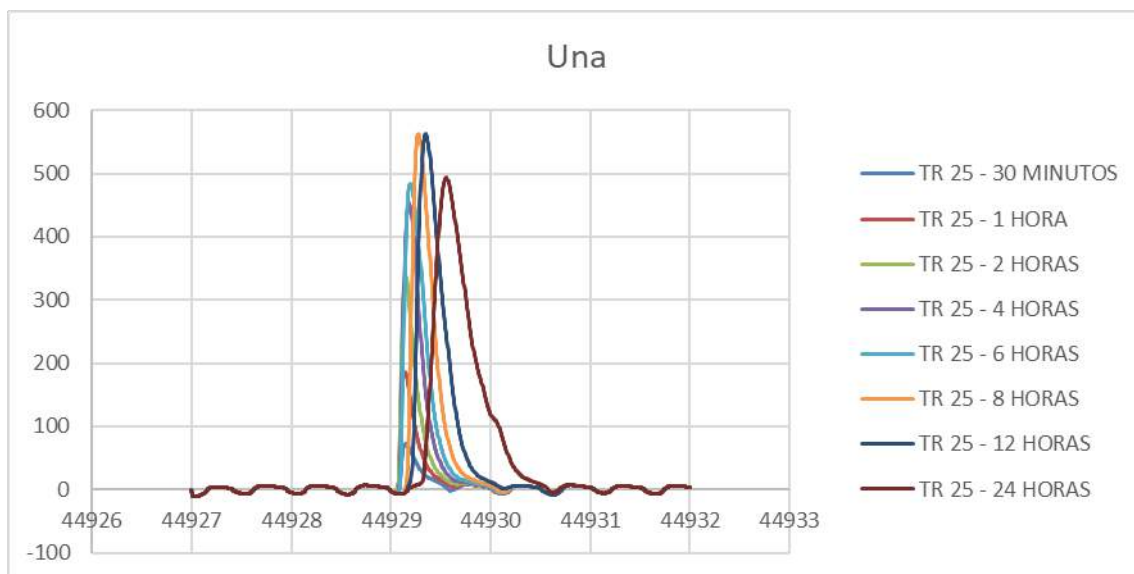
transposição de bacia. Dada estas condições optou-se por adotar o método mais preciso que consiste em utilizar a própria modelagem para a determinação do tempo de concentração.

Para isso, foram realizadas simulações teste, para todo o domínio da modelagem, considerando o período e retorne ( $T_r$ ) de 25 anos e as seguintes durações de chuva: 30 min, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas. A partir destas simulações verificou-se para qual duração obtém-se o maior pico de vazão no hidrograma, em cada bacia.

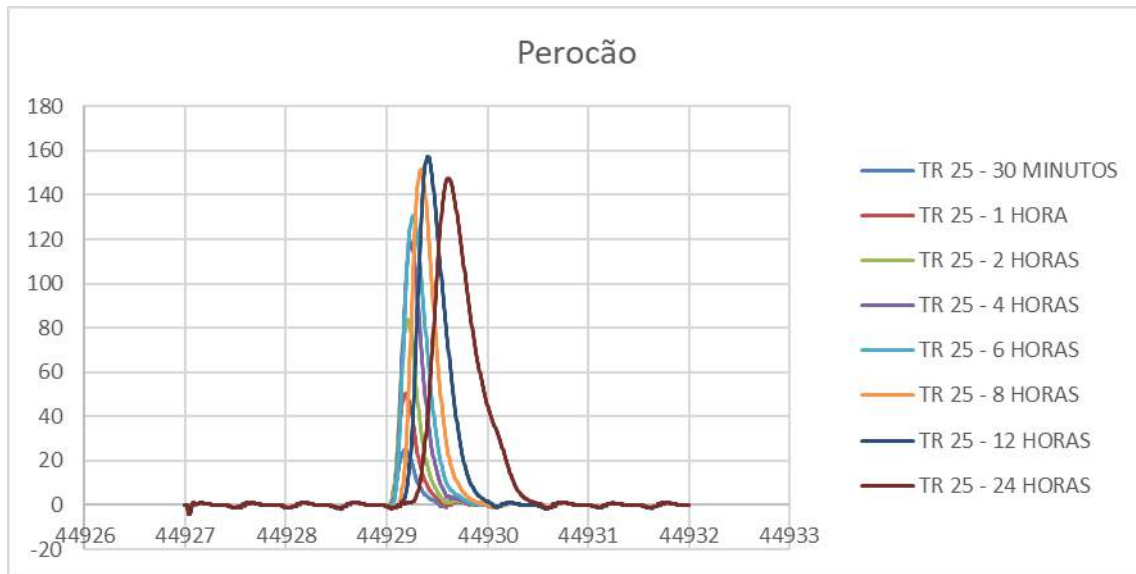
A seguir da Figura 171 à Figura 197, são apresentados os hidrogramas calculados pela modelagem, para os corpos hídricos identificados como os mais importantes para cada município.



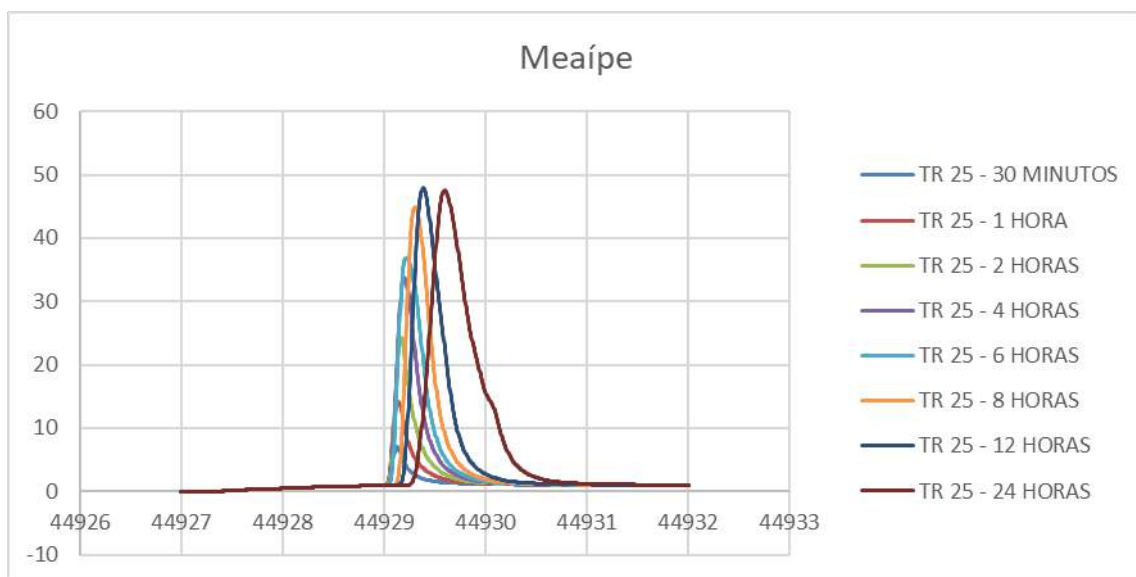
**Figura 171 – Hidrogramas calculados para o Rio Jabuti, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**



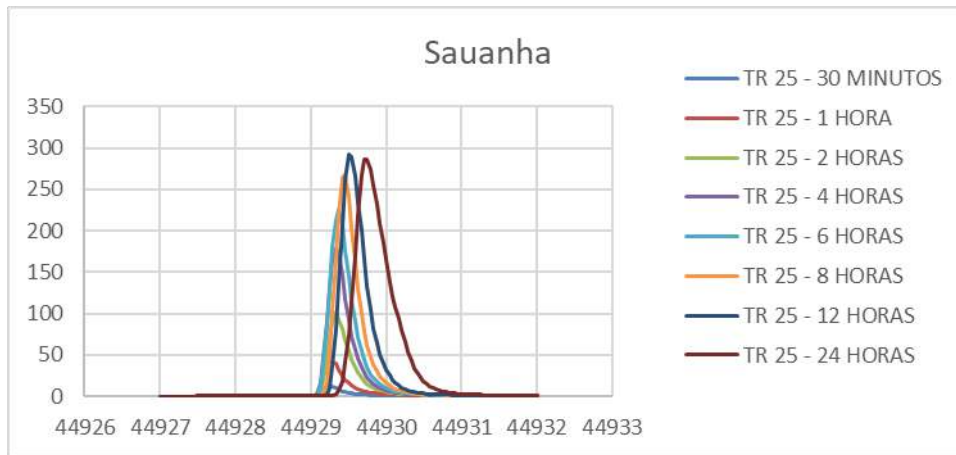
**Figura 172 – Hidrogramas calculados para o Rio Una, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



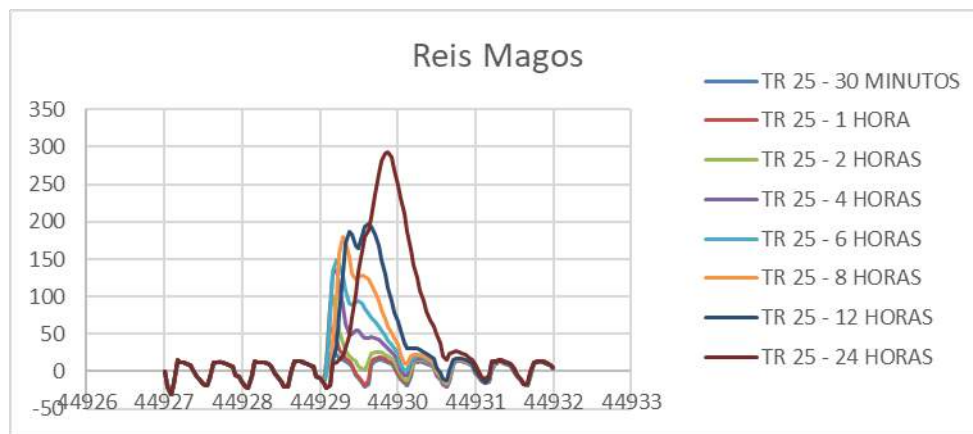
**Figura 173 – Hidrogramas calculados para o Rio Perocão, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



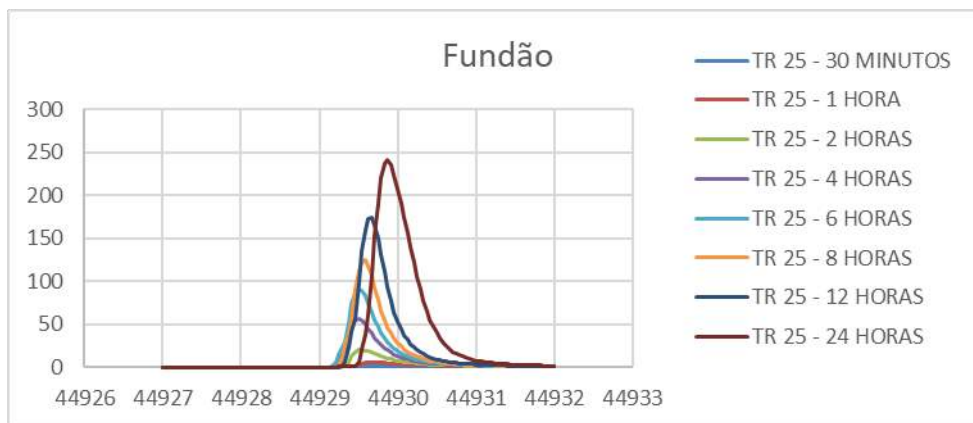
**Figura 174 – Hidrogramas calculados para o Rio Meaípe, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



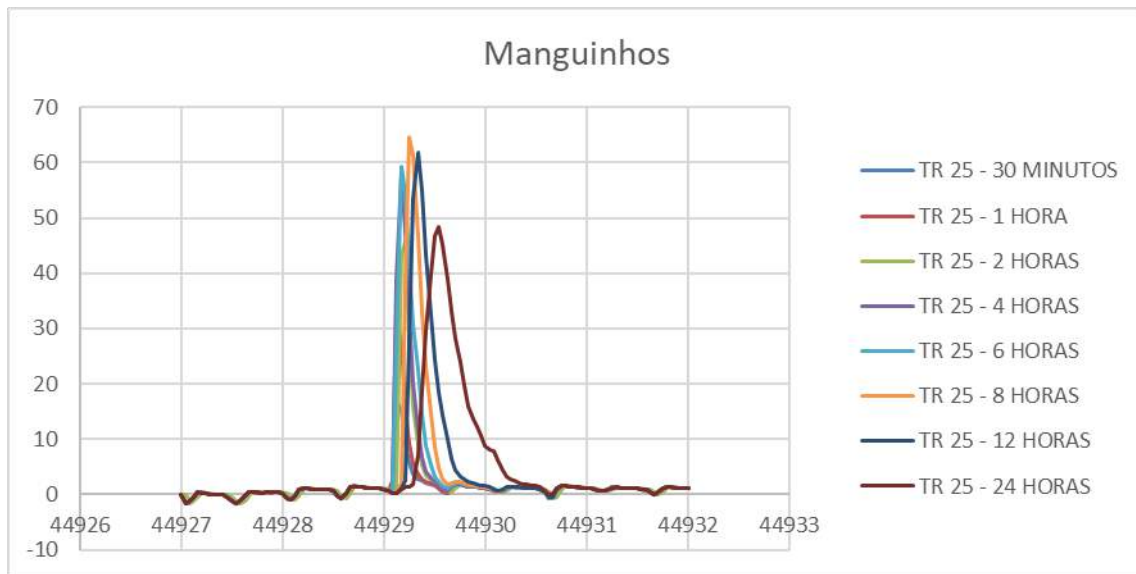
**Figura 175 – Hidrogramas calculados para o Ribeirão Sauanha, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



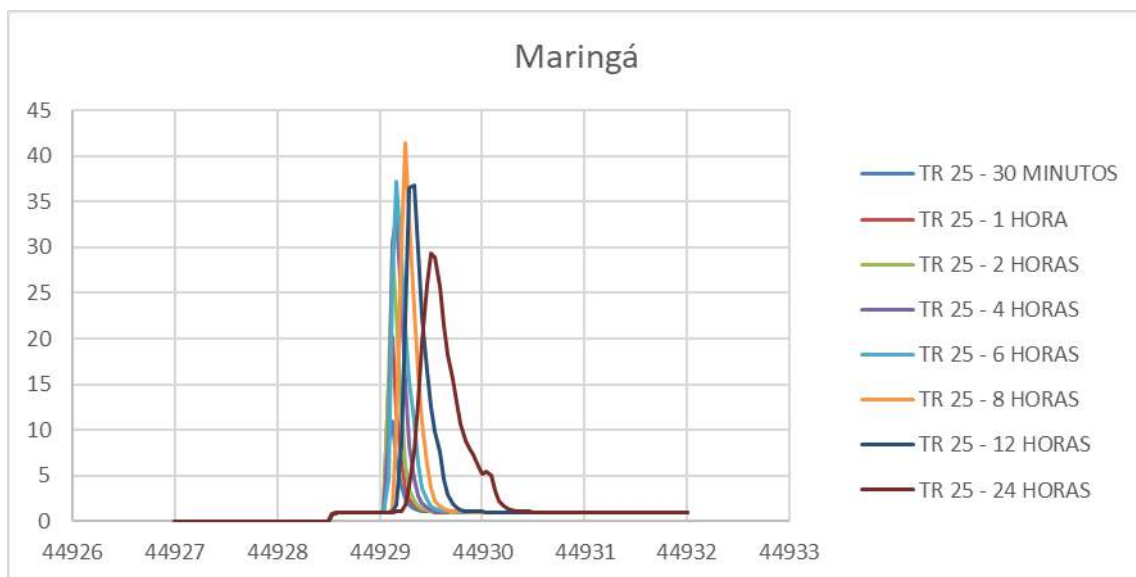
**Figura 176 – Hidrogramas calculados para o Rio Reis Magos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**



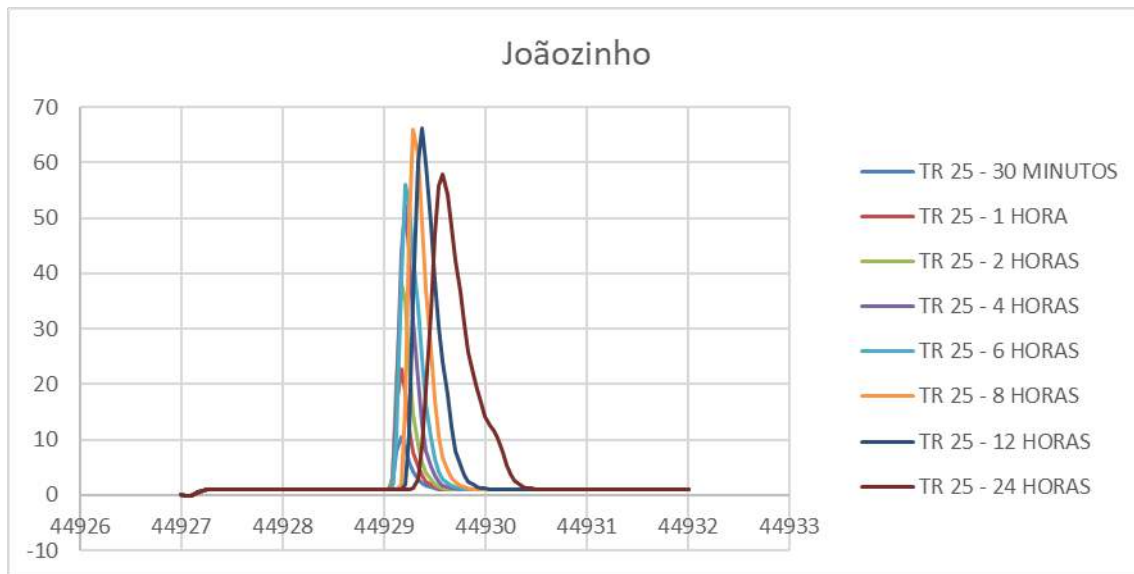
**Figura 177 – Hidrogramas calculados para o Rio Fundão, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**



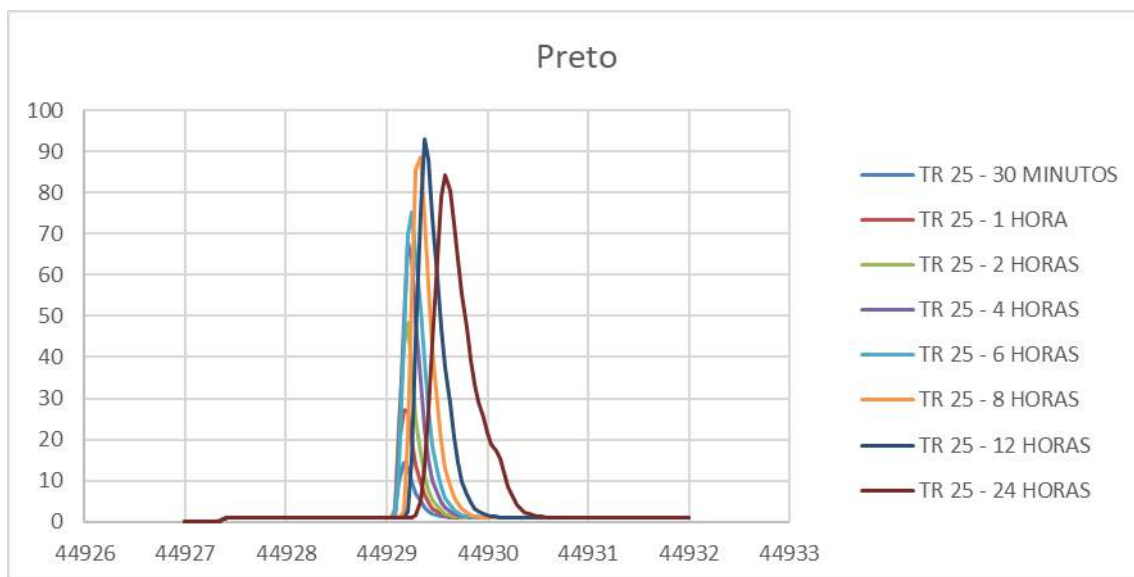
**Figura 178 – Hidrogramas calculados para o Rio Manguinhos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



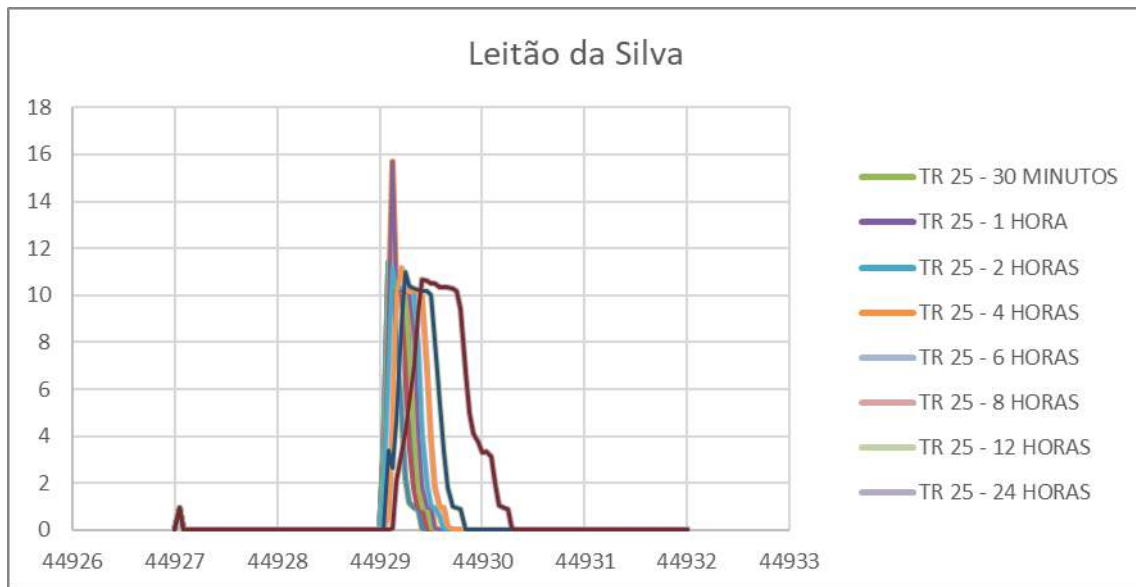
**Figura 179 – Hidrogramas calculados para o Rio Maringá, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



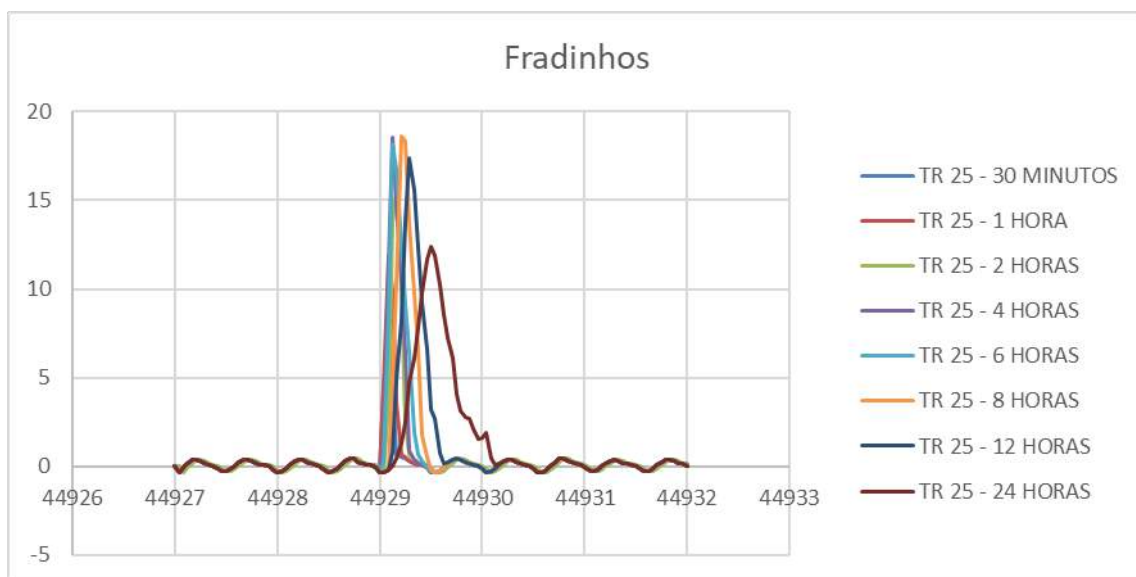
**Figura 180 – Hidrogramas calculados para o Rio Joãozinho, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



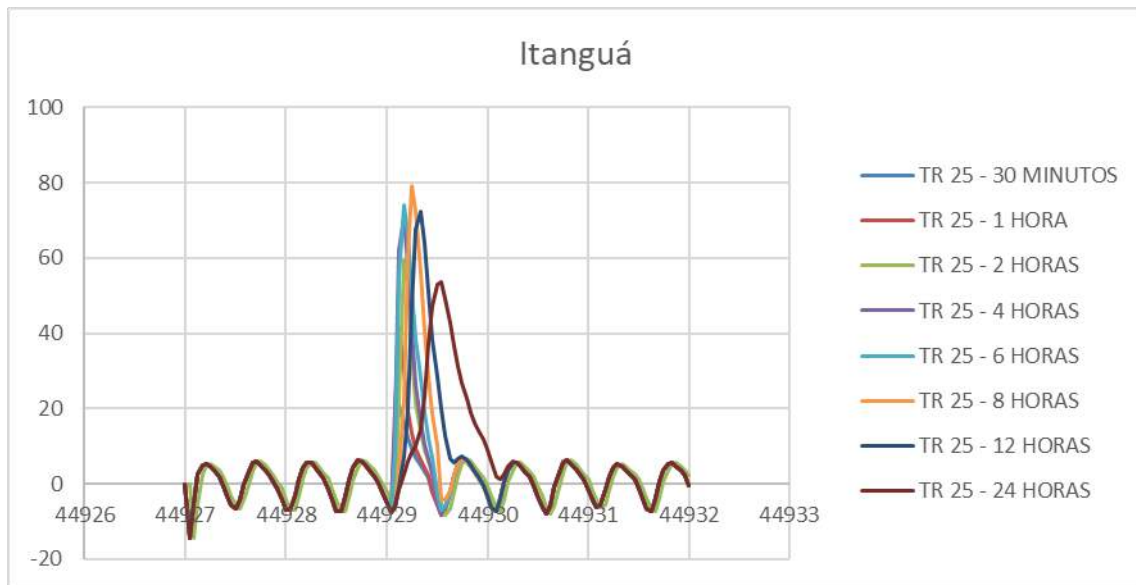
**Figura 181 – Hidrogramas calculados para o Rio Preto, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



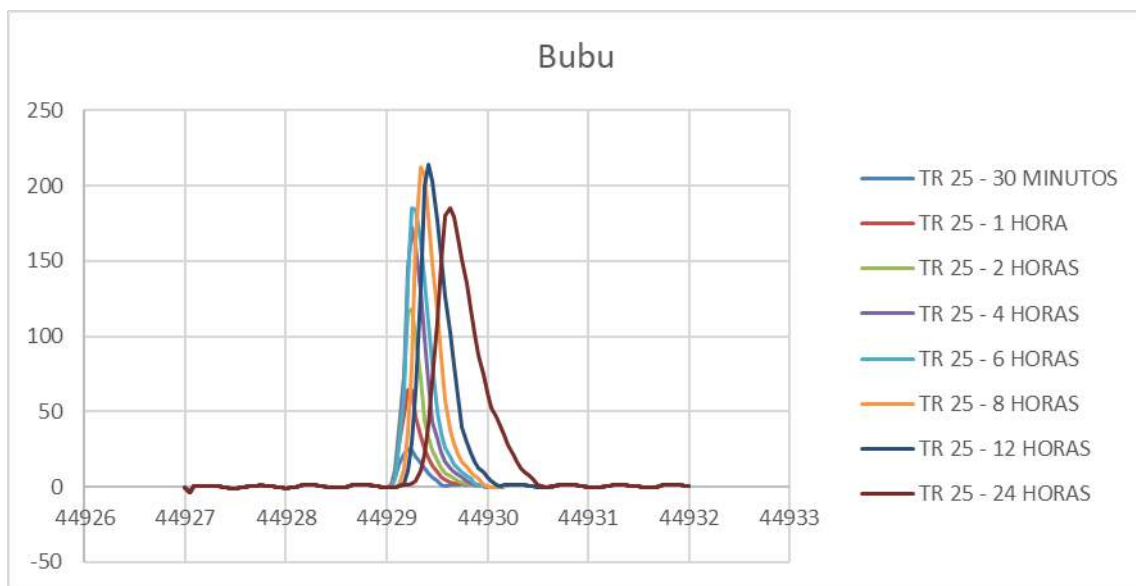
**Figura 182 – Hidrogramas calculados para o Canal Leitão da Silva, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 4 horas.**



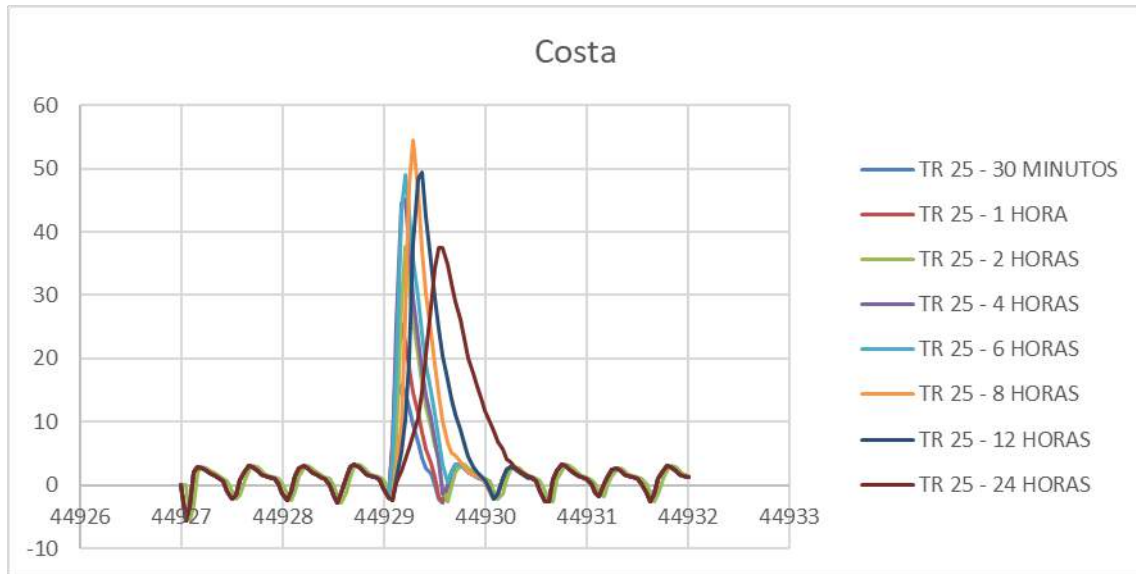
**Figura 183 – Hidrogramas calculados para o Córrego Fradinhos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



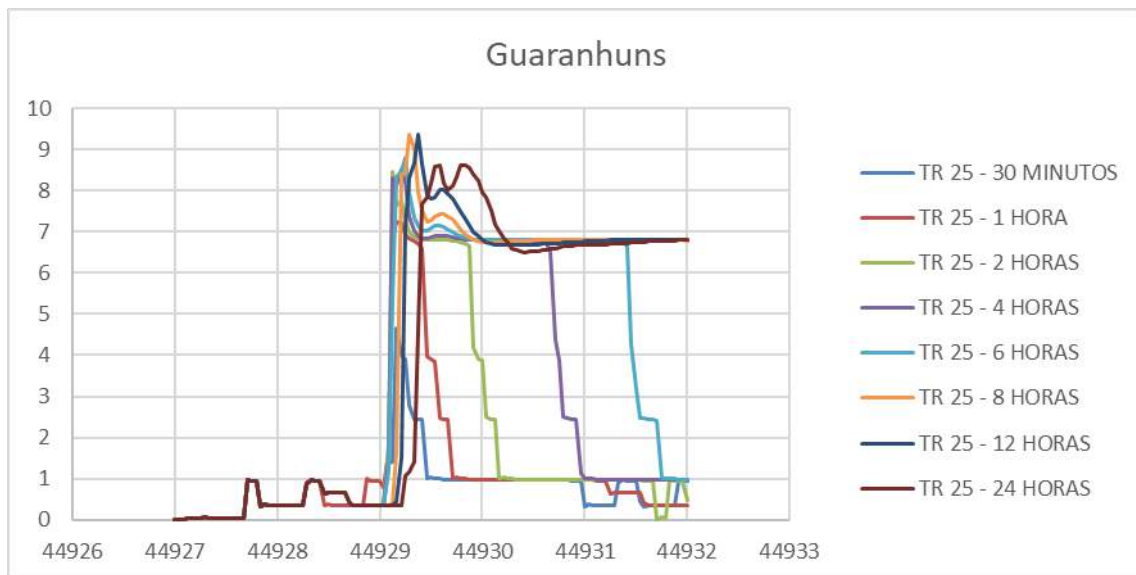
**Figura 184 – Hidrogramas calculados para o Rio Itanguá, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



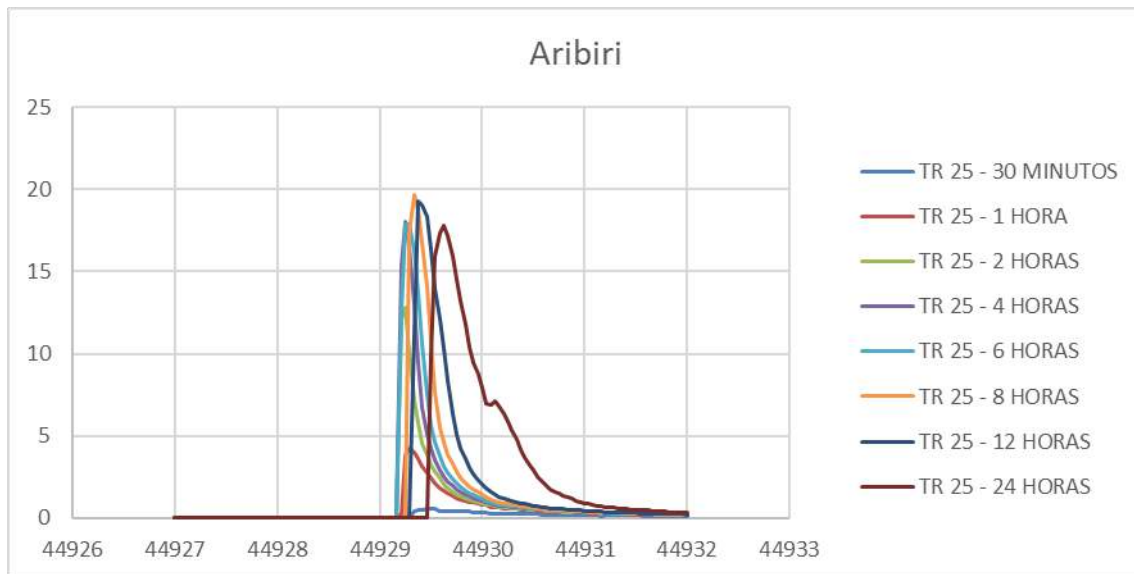
**Figura 185 – Hidrogramas calculados para o Rio Bubu, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



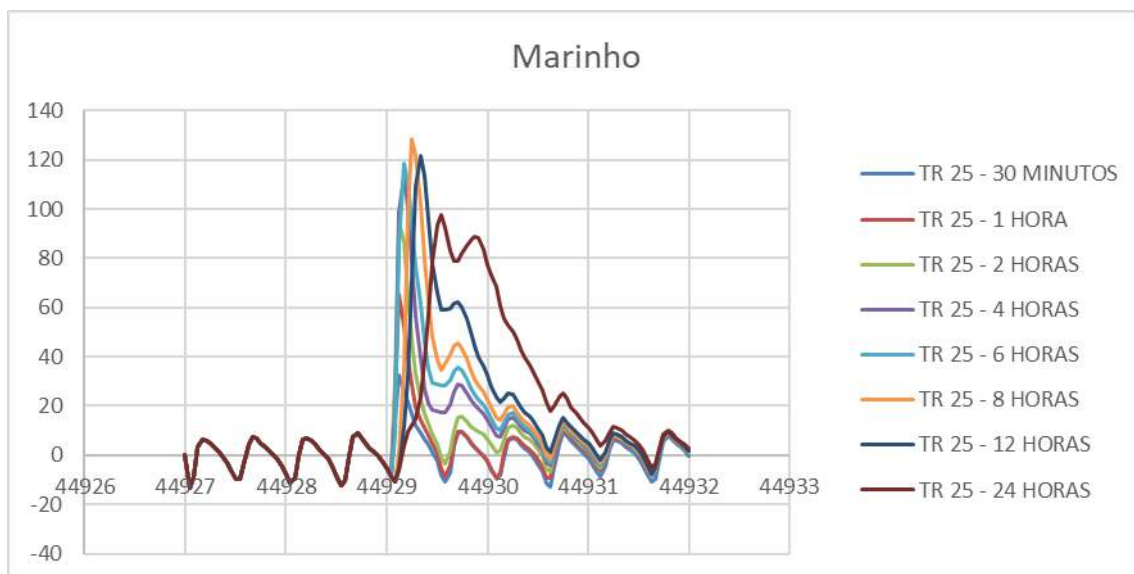
**Figura 186 – Hidrogramas calculados para o Canal da Costa, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



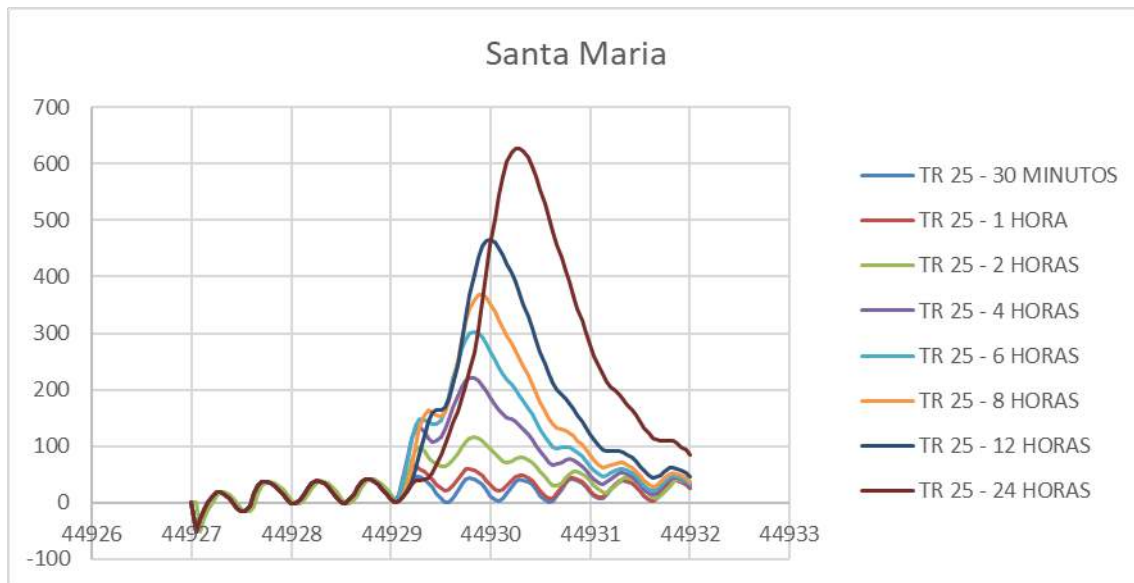
**Figura 187 – Hidrogramas calculados para o Canal Guaranhuns, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



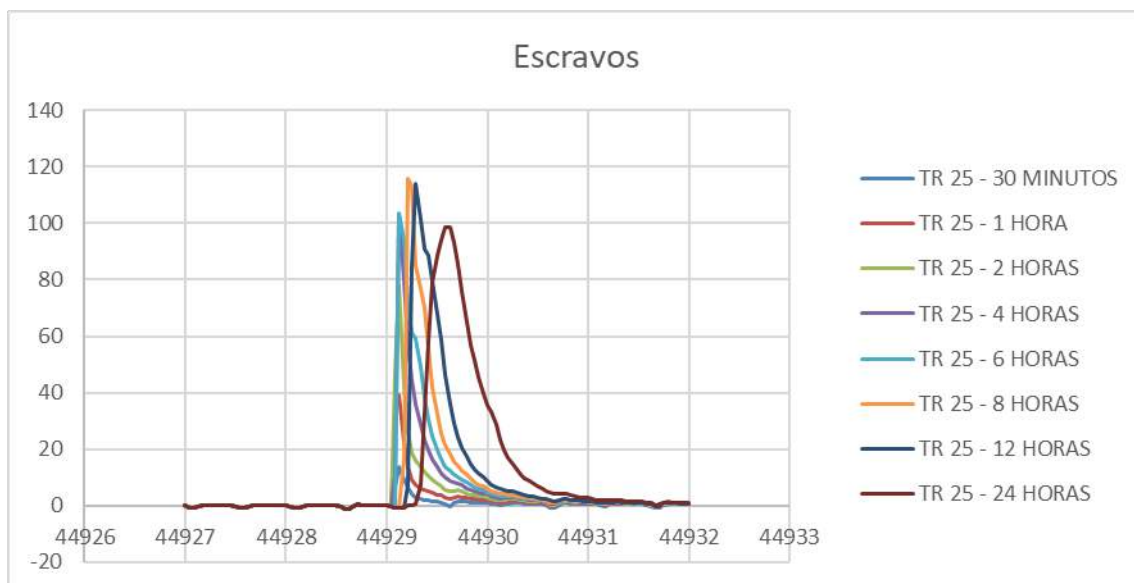
**Figura 188 – Hidrogramas calculados para o Rio Aribiri, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



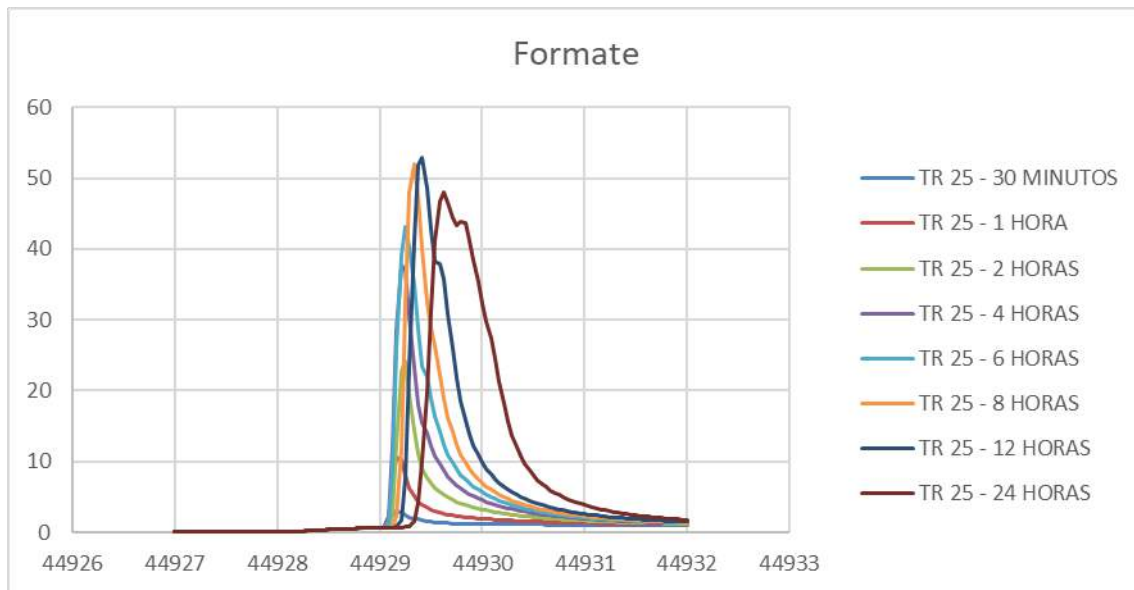
**Figura 189 – Hidrogramas calculados para o Canal Marinho, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



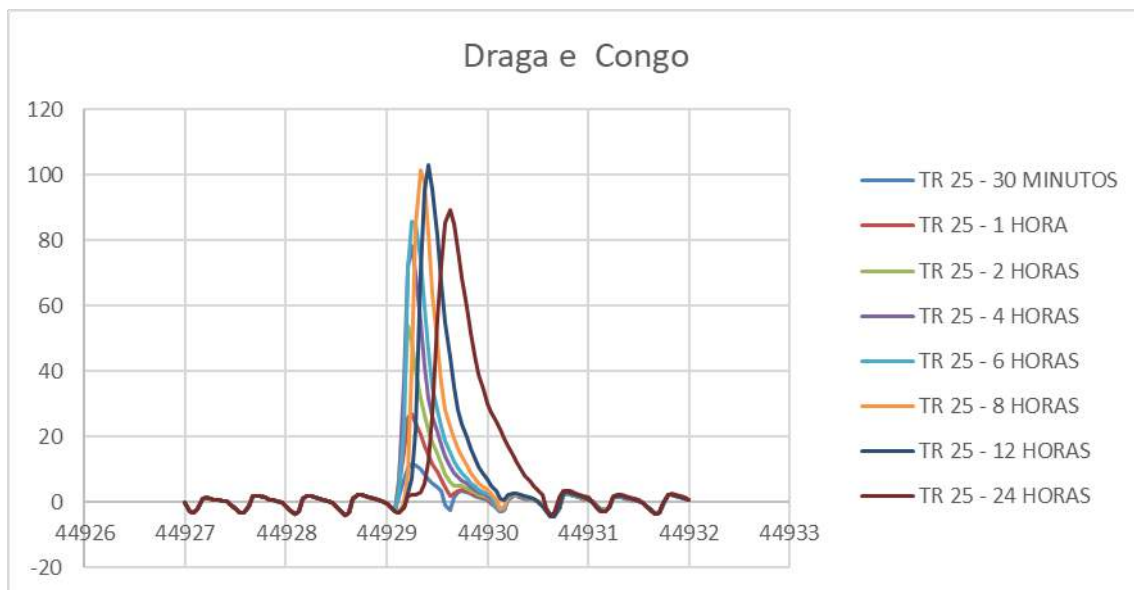
**Figura 190 – Hidrogramas calculados para o Rio Santa Maria da Vitória, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**



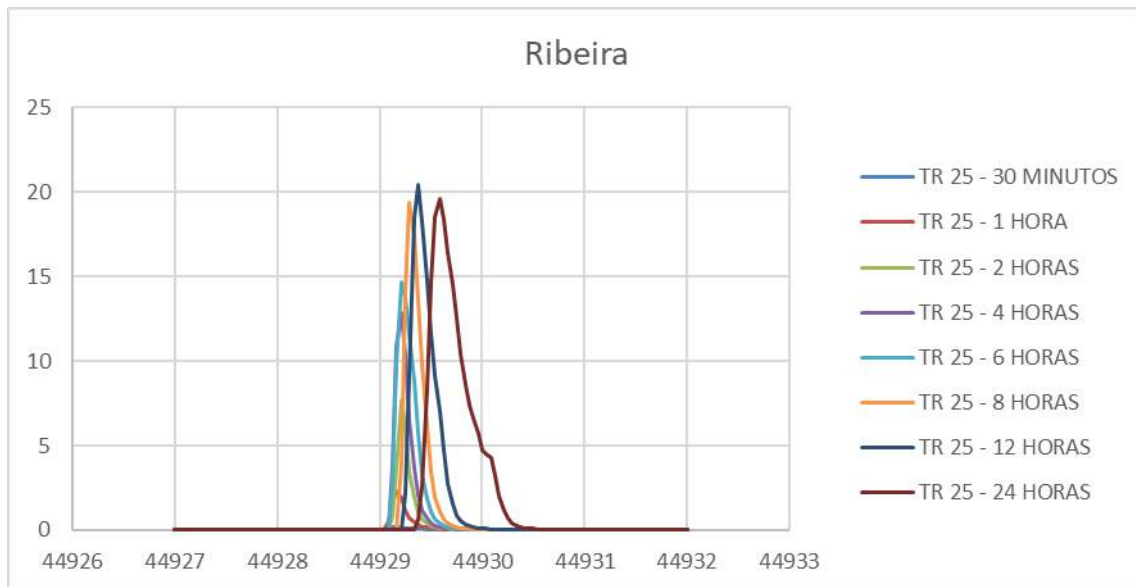
**Figura 191 – Hidrogramas calculados para o Rio Escravos, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 8 horas.**



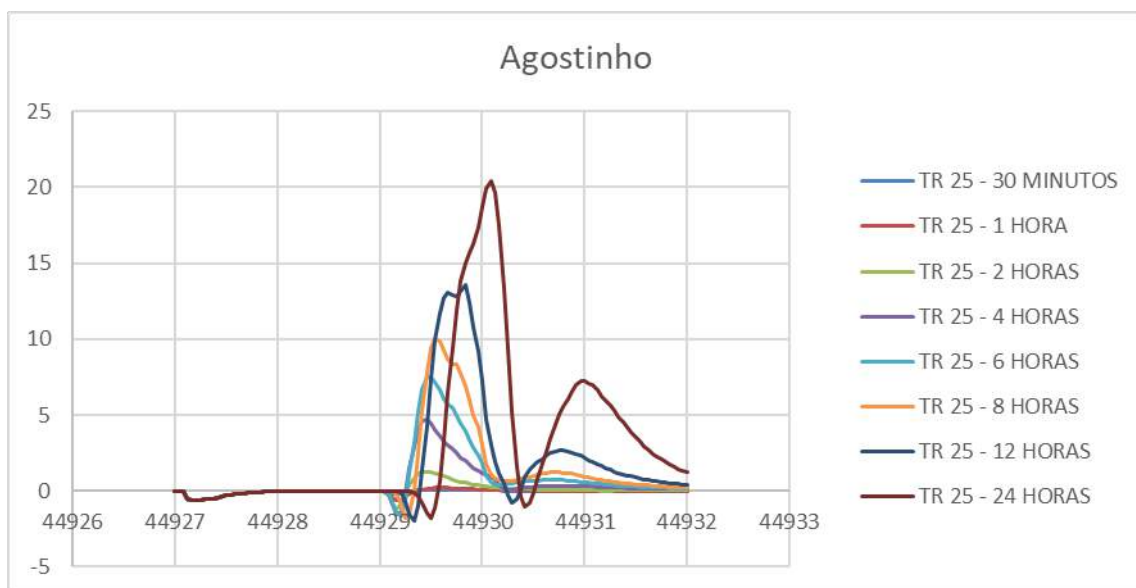
**Figura 192 – Hidrogramas calculados para o Rio Formate, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



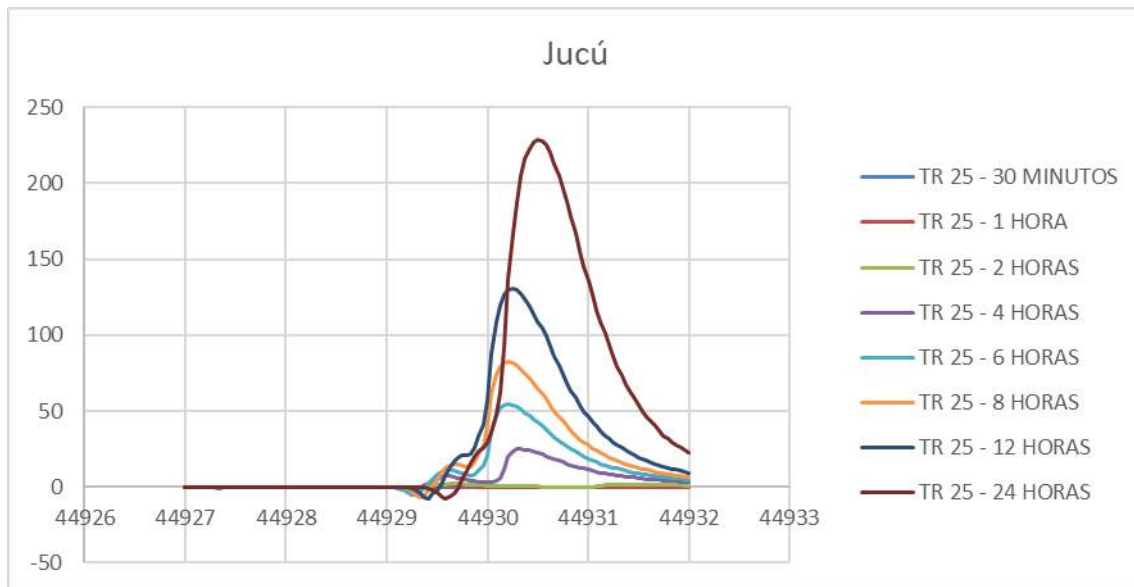
**Figura 193 – Hidrogramas calculados para o Rio da Draga e Córrego do Congo, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



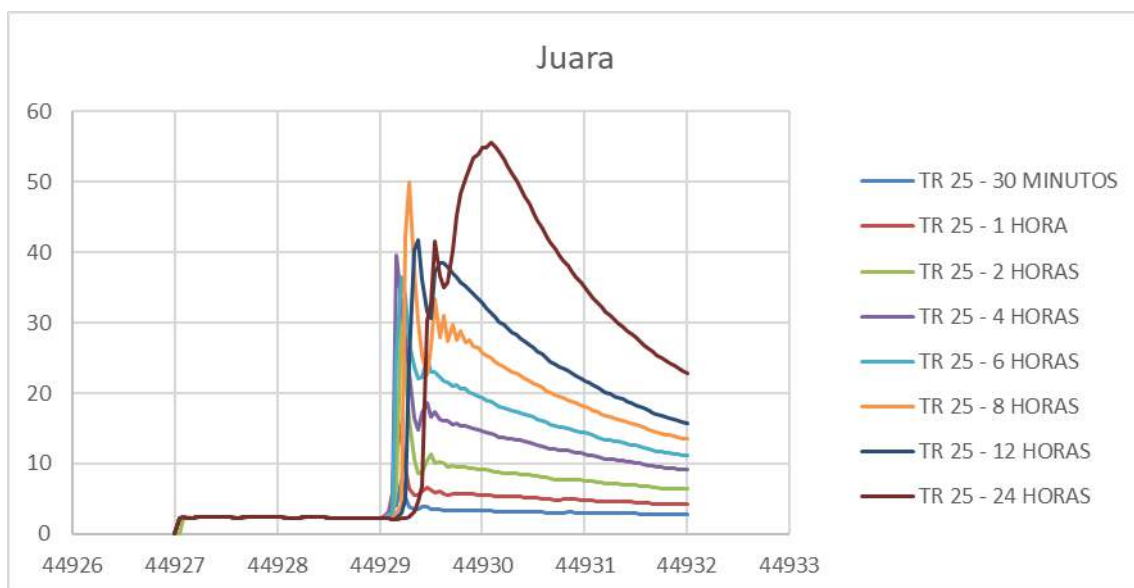
**Figura 194 – Hidrogramas calculados para o Córrego Ribeira, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 12 horas.**



**Figura 195 – Hidrogramas calculados para o Rio Santo Agostinho, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**



**Figura 196 – Hidrogramas calculados para o Rio Jucú, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**



**Figura 197 – Hidrogramas calculados para o Lagoa Juara e Ribeirão Juara, com durações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 h e Tr 25 anos, o maior pico ocorreu para a duração de 24 horas.**

A Tabela 34, a seguir, resume os resultados para a determinação das durações críticas nos principais corpos hídricos considerados em cada bacia e município:

**Tabela 34 – Duração crítica (ou Tempo de concentração) para os principais corpos hídricos simulados.**

Municípios da RMGV	Corpos Hídricos Modelados	Período de Retorno (anos)	Duração Crítica (horas)
Vitória	Canal Leitão da Silva	25	4
	Córrego Fradinhos	25	8
	Escravos	25	8
	Sta. Maria da Vitória	25	24
Vila Velha	Canal da Costa	25	8
	Rio Aribiri	25	8
	Rio e Canal Marinho	25	8
	Canal Guaranhuns	25	8
	Rio da Draga e Córrego do Congo	25	12
Cariacica	Itanguá	25	8
	Rio Formate	25	12
	Rio Bubu	25	12
Serra	Ribeirão Sauanha	25	12
	Rio Reis Magos	25	24
	Lagoa Juara e Ribeirão Juara	25	24
	Córrego Joãozinho	25	12
	Córrego Maringá	25	8
	Córrego Manguinhos	25	8
Viana	Córrego Ribeira	25	12
	Rio Santo Agostinho	25	24
	Rio Jucú	25	24
Fundão	Rio Fundão	25	24
	Rio Preto	25	12
Guarapari	Rio Jabuti	25	24
	Rio Una	25	8
	Rio Mearipe	25	12
	Rio Perocão	25	12

## 9 Resultados das Simulações Diagnóstica 2020 e Prognóstica 2025

Nesta seção são apresentados os resultados das simulações diagnóstica para o ano de 2020 e prognóstica para os anos de 2025.

As simulações realizadas consideraram as durações críticas das chuvas em cada bacia, cujos valores foram investigados e apresentados na seção anterior, consideraram também os valores atuais e futuros das condições de permeabilidade das bacias expressos pelo "Curve Number" (CN) e, finalmente, a presença das obras de controle de inundações a partir das simulações de 2025.

No apêndice A deste documento (TOMO I) são apresentados os mapas de inundação obtidos para os anos de 2020 e 2025 e para os períodos de retorno ( $T_r$ ) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Os mapas de inundação fornecem a altura (ou espessura) máxima da lâmina d'água em cada posição. Cabe explicar que a mancha de inundação sofre mudanças durante o evento, aumentando e diminuindo e que o resultado na forma de mapa de inundação apresenta o valor máximo da altura da lâmina d'água em cada posição. Portanto, este resultado não corresponde a nenhum instante do evento, mas expressa o máximo de inundação ocorrido em cada posição e a extensão máxima da mancha.

A seguir é apresentada uma análise específica para a uma dada região de Vila Velha e para as bacias dos afluentes da margem esquerda do Rio Marinho no Município de Cariacica (Vala América, Córrego Maria Preta, Córrego Campo Grande, Córrego Jardim de Alah).

A importância desta análise deve-se ao fato de, nesta região, estar em andamento (na data da elaboração deste relatório, novembro de 2021) a implantação de obras para controle de inundações. As obras consideradas no presente estudo, e incluídas nas simulações a partir de 2025, são as seguintes (Figura 198):

1. EBAP - Foz da Costa ( $20 \text{ m}^3/\text{s}$  inicial com possibilidade de expansão até  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ );
2. EBAP – Aribiri ( $5 \text{ m}^3/\text{s}$  inicial com possibilidade de expansão até  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ );
3. EBAP – Cobilândia ( $10 \text{ m}^3/\text{s}$  inicial);
4. EBAP e Galeria – Marilândia ( $10 \text{ m}^3/\text{s}$  inicial com possibilidade de expansão até  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ );
5. EBAP – Marinho ( $20 \text{ m}^3/\text{s}$  inicial com possibilidade de expansão até  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ );
6. EBAP – Laranja ( $20 \text{ m}^3/\text{s}$  inicial com possibilidade de expansão até  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

A região de influência destas obras é apresentada, também, na Figura 198.

Os resultados das simulações, entre os anos de 2020 e 2025, indicaram que, para esta região, a presença das estruturas de controle de inundações produziu uma redução na extensão e no volume das manchas entre os anos de 2020 e 2025.



**Figura 198 – Obras de controle de inundações em Vila Velha, consideradas nas simulações a partir de 2025.**

Para o Tr de 5 anos as reduções ocorreram principalmente no entorno dos Canais do Dique e Diagonal (Figura 199). Os resultados mostram ainda que, em toda esta região de Vila Velha e Cariacica, para o ano de 2020 e o Tr de 5 anos:

- A altura média calculada foi de 0,56 m;
- A área inundada foi de 20.897.100,00 m<sup>2</sup> (20,90 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 11.783.542,16 m<sup>3</sup>.

Para o ano de 2025 e o Tr de 5 anos:

- A altura média calculada foi de 0,59 m;
- A área inundada foi de 19.682.100,00 m<sup>2</sup> (19,68 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 11.533.393,17 m<sup>3</sup>.

Assim, de 2020 para 2025, para o Tr 5 anos:

- A altura média sofreu um aumento de 3,77 %;
- A área sofreu uma redução de 6,17 %;
- O volume teve uma redução de 2,17 %.



**Figura 199 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 5 anos.**

Para o Tr de 10 anos, além dos canais do Dique e Diagonal, ocorreu, também uma redução significativa, no Canal Guaranhuns (Figura 200).

Nesta região para o ano de 2020 e o Tr de 10 anos:

- A altura média calculada foi de 0,66 m;
- A área inundada foi de 25.766.100,00 m<sup>2</sup> (25,77 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 16.984.723,69 m<sup>3</sup>.

Para o ano de 2025 e o Tr de 10 anos:

- A altura média calculada foi de 0,69 m;
- A área inundada foi de 22.887.000,00 m<sup>2</sup> (22,89 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 15.765.831,35 m<sup>3</sup>.

Assim, de 2020 para 2025, considerando o Tr de 10 anos:

- A altura média sofreu um aumento de 4,31 %;
- A área sofreu uma redução de 12,58 %
- O volume teve uma redução de 7,73 %



**Figura 200 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 10 anos.**

Para o Tr de 25 anos a comparação entre as manchas de inundação obtidas para os anos de 2020 e 2025 é apresentada na Figura 201.

Nesta região de Vila Velha e Cariacica para o ano de 2020 e o Tr de 25 anos:

- A altura média calculada foi de 0,93 m;
- A área inundada foi de 29.615.400,00 m<sup>2</sup> (29,62 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 27.681.732,31 m<sup>3</sup>.

Para o ano de 2025 e o Tr de 25 anos:

- A altura média calculada foi de 0,86 m;
- A área inundada foi de 29.401.200,00 m<sup>2</sup> (29,40 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 25.302.913,91 m<sup>3</sup>.

Assim, de 2020 para 2025, considerando o Tr de 25 anos:

- A altura média sofreu uma redução de 8,61 %;
- A área sofreu uma redução de 0,73 %
- O volume teve uma redução de 9,40 %



**Figura 201 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 25 anos.**

Para o Tr de 50 anos a comparação entre as manchas de inundação obtidas para os anos de 2020 e 2025 é apresentada na Figura 202.

Nesta região de Vila Velha e Cariacica para o ano de 2020 e o Tr de 50 anos:

- A altura média calculada foi de 1,09 m;
- A área inundada foi de 32.177.700,00 m<sup>2</sup> (32,18 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 34.919.495,83 m<sup>3</sup>.

Para o ano de 2025 e o Tr de 50 anos:

- A altura média calculada foi de 1,00 m;
- A área inundada foi de 31.872.600,00 m<sup>2</sup> (31,87 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 32.030.270,04 m<sup>3</sup>.

Assim, de 2020 para 2025, considerando o Tr de 50 anos:

- A altura média sofreu uma redução de 7,99%;
- A área sofreu uma redução de 0,96 %
- O volume teve uma redução de 9,02 %



**Figura 202 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 50 anos.**

Para o Tr de 100 anos a comparação entre as manchas de inundação obtidas para os anos de 2020 e 2025 é apresentada na Figura 203.

Nesta região de Vila Velha e Cariacica para o ano de 2020 e o Tr de 100 anos:

- A altura média calculada foi de 1,24 m;
- A área inundada foi de 35.208.000,00 m<sup>2</sup> (35,21 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 43.485.611,94 m<sup>3</sup>.

Para o ano de 2025 e o Tr de 100 anos:

- A altura média calculada foi de 1,20 m;
- A área inundada foi de 35.329.500,00 m<sup>2</sup> (35,33 km<sup>2</sup>);
- O volume máximo foi de 42.349.267,53 m<sup>3</sup>.

Assim, de 2020 para 2025, considerando o Tr de 100 anos:

- A altura média sofreu uma redução de 3,04 %;
- A área sofreu uma redução de 0,34 %
- O volume teve uma redução de 2,68 %



**Figura 203 – Comparação entre as manchas de inundação para os anos de 2020 (vermelho) e 2025 (amarelo) ambas para o Tr de 100 anos.**

Estes resultados mostram uma redução das manchas de inundação (em área e volume) na região de influência das obras. Confirmado, portanto, a eficácia destas estruturas.

As reduções ocorreram para todos os períodos de retorno (Trs) mas com maior intensidade nos Trs de 10, 25 e 50 anos.

Na tabela a seguir (Tabela 35) são sumarizados os resultados das variações das manchas de inundação, entre os anos de 2020 e 2025, para o período de retorno (Tr) de 100 anos, nos municípios de Fundão, Serra, Cariacica, Vitória, Viana, Vila Velha e Guarapari. Nesta análise é apresentado somente o Tr de 100 anos por ser o mais extremo. São considerados também os municípios completos, diferentemente da análise apresentada acima, realizada exclusivamente para a região de Vila Vela e Cariacica afetada pelas obras.

Com relação à variação da altura média de 2020 para 2025, pose-se observar que:

- Em Fundão e Serra (na Bacia dos Reis Magos) ocorreu o aumento decorrente do aumento de "Curve Number" (CN), que expressa a impermeabilidade das bacias e que tem a tendência de aumentar com o passar dos anos como consequência da ação antrópica.
- No restante do Município de Serra e nos municípios de Viana e Vitória as variações foram insignificantes.
- Em Cariacica e Guarapari houve uma redução da altura média, decorrente do aumento das áreas das manchas de inundação com uma lâmina d'água muito fina, o que ocasionou a contribuição de valores muito baixos de altura no

cálculo da média reduzindo-a.

- Em Vila velha ocorreu uma redução da altura média em decorrência do efeito combinado do aumento da área, mas com lâmina d'água muito fina, e a introdução das obras de contenção de inundações.

Com relação à variação das áreas inundadas no período entre 2020 e 2025, os resultados das simulações mostram um aumento das áreas em quase todos os municípios. As exceções foram Serra, Viana e Vitória cujas variações das áreas foram insignificantes ou nulas.

Com relação à variação dos volumes das manchas de inundação no período entre 2020 e 2025, os resultados das simulações mostram um aumento em todos os municípios, menos em Vila Velha onde ocorreu uma diminuição do volume em decorrência a introdução das obras de controle de inundação, a partir de 2025.

As diferenças na evolução das espessuras das lâminas d'água, podem ser observadas, também, nos mapas das manchas de inundação apresentados no apêndice A deste relatório.

**Tabela 35 – Variação da altura média da lâmina de água, da área de inundação e do volume total máximo de inundação para o Tr de 100 anos, entre os anos de 2020 e 2025.**

Município	Altura Média (m)		Diferença (%)	Área Máxima (m <sup>2</sup> )		Diferença (%)	Volume Integrado (m <sup>3</sup> )		Diferença (%)
	Anos			Anos			Anos		
	2020	2025		2020	2025		2020	2025	
<b>Tr 100 anos</b>									
Fundão	1,89	1,91	1,10 %	2.523.600,00	2.534.400,00	0,43 %	4.769.194,05	4.842.908,55	1,52 %
Fundão/Serra (Bacia dos Reis Magos, Sauanha e Fundão)	1,72	1,73	0,23 %	39.428.775,00	39.481.425,00	0,13 %	67.999.500,84	68.244.903,87	0,36 %
Serra	1,63	1,63	0,00 %	107.230.500,00	107.316.900,00	0,08 %	174.920.922,25	175.433.804,50	0,29 %
Cariacica	1,29	1,28	-0,44 %*	13.175.100,00	13.284.000,00	0,82 %	16.976.117,83	17.041.560,02	0,38 %
Viana	1,96	1,96	0,00 %	22.279.050,00	22.281.075,00	0,01 %	43.586.668,01	43.682.876,78	0,22 %
Vitória	0,47	0,47	0,00 %	2.157.300,00	2.157.300,00	0,00 %	1.004.301,54	1.004.301,54	0,00 %
Vila Velha	1,42	1,40	-1,42 %	60.346.800,00	60.498.000,00	0,25 %	85.458.164,38	84.468.640,97	-1,17 %
Guarapari	1,34	1,33	-0,14 %*	23.607.450,00	23.641.875,00	0,15 %	31.550.825,65	31.551.396,96	0,00 %

\*a redução na altura média ocorreu em virtude do aumento das áreas das manchas de inundação com uma lâmina d'água muito fina o que ocasionou a contribuição de valores muito baixos de altura reduzindo a média, mesmo com o aumento da área e do volume.

No apêndice B deste relatório (Tomo I) são apresentadas as curvas de hidrogramas e cotogramas dos corpos hídricos simulados, bem como o mapa de localização dos pontos (seções) nos quais foram extraídas estas curvas. As curvas são referentes aos anos de 2020 e 2025 e para os Trs 5, 10, 25, 50 e 100 anos. As curvas referentes aos anos de 2032 e 2040 são apresentadas no Tomo II deste relatório.

Os cotogramas mostram a elevação do nível d'água (em metros) em relação ao nível médio do mar durante os eventos de precipitação ao longo do tempo, mostram, também, o tempo de permanência da inundação em cada local. O hidrograma mostra a variação da intensidade da vazão (em  $m^3/s$ ) durante os eventos de precipitação.

Os corpos hídricos no Município de Vila Velha e afluentes da margem esquerda do Rio Marinho em Cariacica considerados para a apresentação de hidrogramas e cotogramas são os seguintes:

- Canal da Costa;
- Córrego Bigossi ou Canal Capixaba;
- Rio Aribiri;
- Canal Aribiri;
- Canal Marilândia;
- Canal Cobilândia;
- Canal Marinho;
- Rio Marinho;
- Canal Guaranhuns;
- Canal do Dique;
- Canal Pontal das Garças;
- Córrego do Congo;
- Rio da Draga;
- Canal Araçás;
- Canal Diagonal;
- Canal Camboapina;
- Rio Jucú;
- Vala América;
- Córrego Maria Preta;
- Córrego Campo Grande;
- Córrego Jardim de Alah;
- Rio Formate.

Os corpos hídricos nos Municípios de Fundão, Serra, Cariacica, Vitória, Viana e Guarapari, considerados para a apresentação de hidrogramas e cotagramas são os seguintes:

- Rio Fundão;
- Rio Sauanha;
- Rio Reis Magos;
- Rio Perocão;
- Rio Una;
- Córrego Leitão da Silva;
- Córrego Fradinhos;
- Rio Bubu;
- Rio Itanguá;
- Rio Jabuti;
- Rio Meaipe;
- Lagoa Jacunem;
- Ribeirão Juara;
- Córrego Joãozinho;
- Rio Maringá;
- Córrego Manguinhos;
- Rio Preto;
- Rio Santo Agostinho;
- Córrego Ribeira;
- Canal dos Escravos;
- Rio Santa Maria da Vitória.

Na Figura 204 são apresentados, a título de ilustração, os hidrogramas e cotagramas em uma seção no Canal da Costa para os anos de 2020 e 2025 e para os períodos de retorno (Trs) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Ainda a título de exemplo, uma análise das curvas mostra o aumento de intensidade da vazão e do nível com o aumento dos Trs.

Pode-se observar a diferença do comportamento das curvas entre os anos de 2020 e 2025. Em 2020 a oscilação da maré (no caso maré extrema máxima) provoca uma subida do nível d'água até e acima da cota de 1,4 m. A partir de 2025, com a presença da estação EBAP - Foz da Costa, a operação de fechamento das comportas na maré alta e o bombeamento, impede a entrada da corrente de maré enchente e reduz o pico de elevação máxima dentro do canal, baixando o pico de 2,0 m (cotagrama 2020) para 1,8 m (cotagrama 2025).

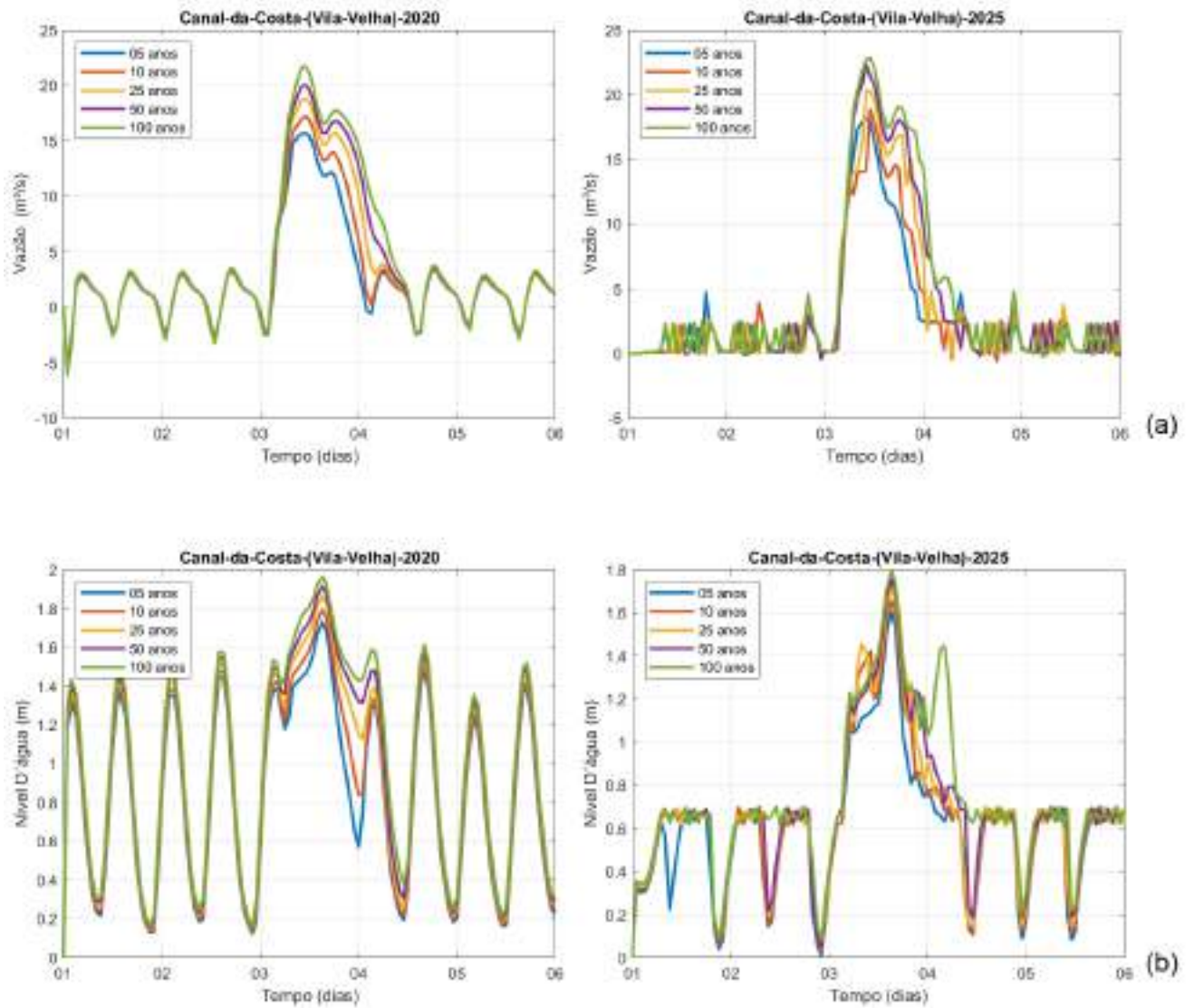
Pode-se observar, ainda, o detalhe da operação da estação EBAP - Foz da Costa no

ano de 2025, antes a após o evento de precipitação. Nesta operação quando o nível d'água produzido pela maré atinge um valor superior a 0,7 m o sistema de comportas fecha impedindo a entrada da corrente de maré enchente e o subsequente aumento do nível d'água no interior do canal. Durante a precipitação, a partir do dia 3, o sistema de bombeamento é acionado reduzindo o pico máximo da onda de cheia de 2,0 m (em 2020) para 1,80 m (em 2025).

A operação do sistema considera que, durante o vento de precipitação, se o nível do mar for inferior ao nível d'água no canal, as comportas se abrem e a onda de cheia escoar por gravidade em direção ao mar. Mas, se o nível do mar for igual ou superior ao nível d'água no canal, as comportas se fecham e o sistema de bombas é acionado.

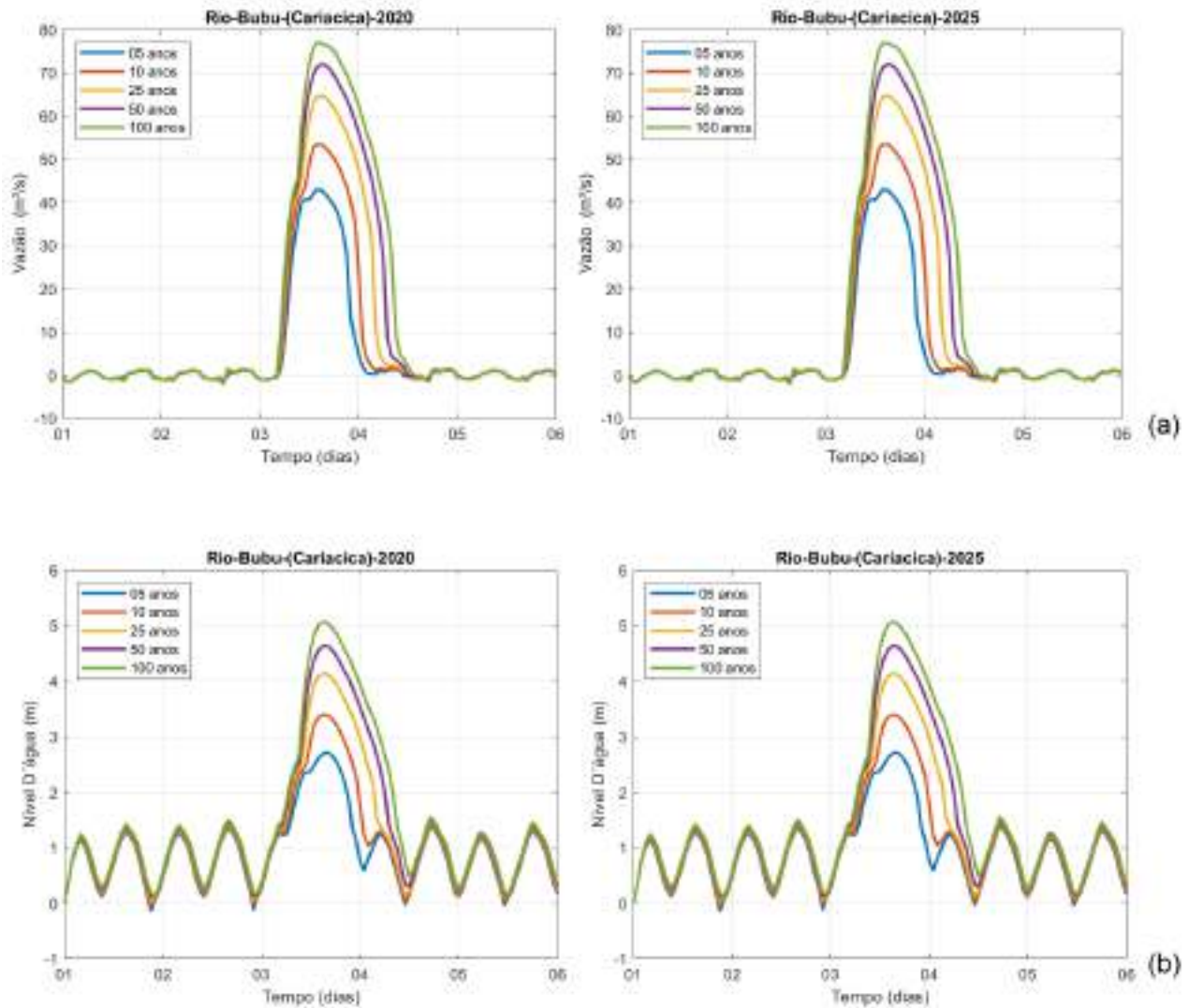
As curvas demonstram também o tempo de permanência do nível d'água acima da condição de tempo seco, neste caso a permanência da inundação ficou em torno de 24 horas.

Para outras posições na região de Vila Velha afetada pela presença das obras de controle de inundações, pode-se observar um padrão semelhante no comportamento das curvas de cotograma e hidrograma, indicando a ação dos sistemas de comportas e bombeamentos no sentido de reduzir as cotas de inundação.



**Figura 204 – (a) Hidrogramas (2020 e2025) e (b) Cotagramas (2020 e2025) Canal da Costa, simulações para 2020 e 2025.**

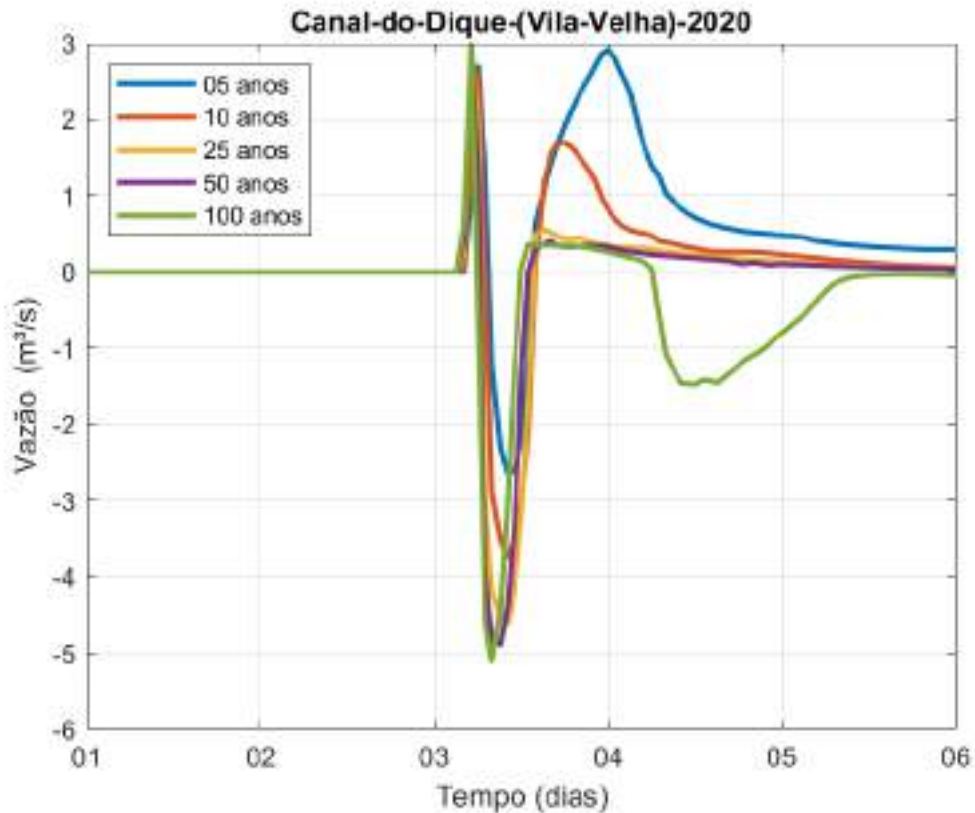
Em outros locais onde não ocorreram intervenções para controle de inundações, o que se observa é, em geral, uma variação muito pequena causada pelo aumento do “Curve Number” (CN) ou, a manutenção das contas de inundação quando não há alteração no CN, como no caso do Rio Bubu, apresentado na Figura 205.



**Figura 205 – (a) Hidrogramas (2020 e2025) e (b) Cotogramas (2020 e2025) Rio Bubu, simulações para 2020 e 2025.**

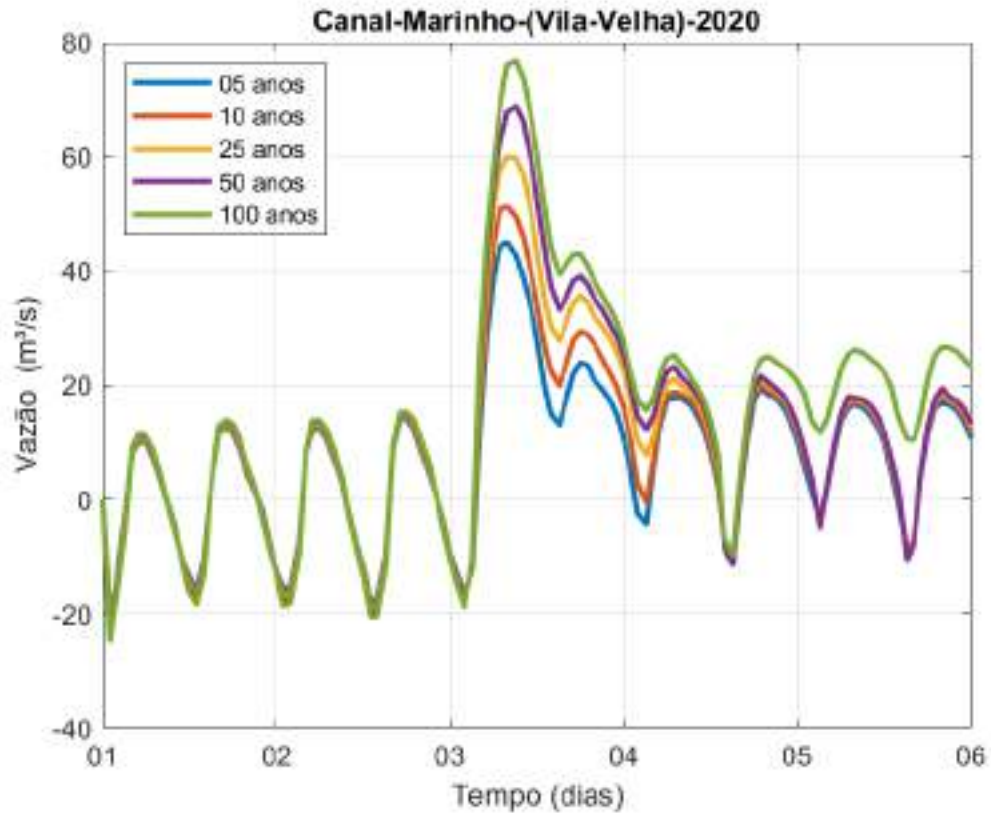
Em alguns hidrogramas pode-se observar vazões negativas associadas aos seguintes processos:

- Quando, em algum momento, a partir do início da chuva o corpo hídrico, foco da análise, recebe o aporte com onda de cheia de algum afluente ou defluente, provocando um remanso e gerando uma vazão negativa. Por exemplo, Figura 206, o remanso produzido no Canal do Dique em Vila Velha.



**Figura 206 – Exemplo de vazão negativa gerada pelo remanso associando a chegada de algum afluente ou defluente do rio.**

- Outro caso de vazão negativa ocorre quando, durante a maré cheia, a corrente de maré enchente produz uma reversão no movimento do rio, fazendo-o fluir em direção à montante. Um exemplo é apresentado na Figura 207, na qual pode-se observar o movimento periódico da maré, antes e após o evento de precipitação no dia 3. Na maré enchente a vazão é negativa em direção à montante, na maré vazante a vazão é positiva em direção à foz.



**Figura 207 – Exemplo de vazão negativa gerada pela corrente de maré enchente.**

## 10 Discussões e Conclusões

No TOMO I deste relatório inicialmente foi descrito o processo de definição dos corpos hídricos selecionados para o estudo.

Esta seleção resultou de uma consulta realizada junto às prefeituras e órgãos competentes os quais indicaram os corpos hídricos com base na sua importância para os eventos de inundação. A definição final recebeu a aprovação da comissão de acompanhamento.

Importante frisar que os corpos hídricos selecionados e as áreas afetadas por inundações pertencem ao sistema de macrodrenagem da Região Metropolitana de Vitória.

Em seguida foram apresentados corpos hídricos selecionados com a descrição das suas características físicas, bem como todas as informações necessárias para a implementação da modelagem.

Após a montagem do setup da modelagem passou-se à etapa de calibração. Para esta etapa foram selecionados três eventos críticos para serem reproduzidos, são eles:

- O evento ocorrido no dia 18 de maio de 2019, sendo os municípios mais afetados: Vitória, Vila Velha, Viana, Cariacica, Serra e Guarapari.
- O evento ocorrido entre os dias 13 e 14 de novembro de 2019 com registros de inundações nos municípios de Vitória, Vila Velha, Serra, Viana, Cariacica e Fundão.
- Por fim, o evento ocorrido entre o dia 1º e do dia 2 de março de 2020, com registros de inundações nos municípios de Vila Velha, Viana, Cariacica, Guarapari e Fundão.

O processo de calibração baseou-se na análise e definição dos valores dos parâmetros da modelagem e na comparação dos resultados obtidos pelo modelo com os dados (registros de vazão) e com outras informações disponíveis, como mapas de risco e imagens aéreas.

Todos os parâmetros utilizados na calibração foram medidos ou calculados de modo que não houve a necessidade de ajustes adicionais. O único parâmetro estimado foi o coeficiente de Manning, cujos valores seguiram a classificação de Chow (1959).

Foram realizadas comparação entre os hidrogramas calculados pelo modelo e os registrados nas estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram apresentadas e quantificadas as comparações para os seguintes locais e eventos: Estação Fluviométrica Fazenda Jucuruaba código 57230000 no Rio Jucú para os eventos de 18 de maio e 13 a 14 de novembro ambos de 2019 e para a Estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante código 57040008, no Ribeirão Sauanha, para o evento de 18 de maio de 2019.

Para o evento de março de 2020, os dados disponíveis foram utilizados somente como forçantes, e os resultados obtidos foram comparados visualmente com as manchas

de inundação dos mapas de risco e com imagens aéreas.

Com relação às vazões calculadas pelo modelo para os pontos no Rio Jucú (Estação Fazenda Jucuruaba em 18 de maio e 13-14 de novembro de 2019) e no Ribeirão Sauanha (Estação Valsugana Velha Montante em 18 de maio de 2019), os resultados da modelagem foram satisfatórios sendo qualificados como ótimos e excelentes de acordo com os índices estatísticos adotados.

Com relação às manchas de inundação geradas pela modelagem, estas se mostraram visualmente compatíveis com as imagens aéreas registradas em eventos anteriores e, também, em relação as manchas dos mapas de risco de inundação e alagamento elaborados em estudos anteriores e, principalmente aos pontos críticos de inundação, da macrodrenagem identificados nos Seminários Virtuais realizado pela equipe do Plano Diretor de Águas Urbanas.

Após a calibração e validação da modelagem seguiram-se as simulações diagnóstica e prognósticas, respectivamente, para os anos de 2020 e 2025, 2032 e 2040 e para os períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

No TOMO I deste relatório são apresentados os resultados para os anos de 2020 e 2025. Os resultados para os anos de 2032 e 2040 estão apresentados no TOMO II.

A simulação diagnóstica representa o cenário com as condições atuais de uso e ocupação do solo e os sistemas de drenagem existentes, bem como as condições de assoreamentos na qual se encontravam os corpos hídricos em 2020.

As simulações prognósticas (ou cenários tendenciais) reproduzem como será o impacto sobre o sistema de drenagem, considerando as condições futuras de uso e ocupação do solo. Estas simulações também consideraram a presença das obras de controle de inundações que estão sendo construídas entre 2020 e 2025 nos municípios de Vila Velha e Cariacica. Assim, estes cenários reproduzem como seriam a extensão e intensidade das inundações com a implantação das medidas estruturais de controle.

Os resultados de ambos os tipos de simulação foram apresentados na forma de manchas de inundação e como curvas de hidrogramas e cotagramas para todas as posições importantes da rede de macrodrenagem simulada.

Para os municípios de Vila Velha e Cariacica, na área de influência das obras, as análises dos resultados mostram uma redução das manchas de inundação (em área e volume), confirmado a eficácia das obras de contenção de inundação nestas áreas. Observou-se, também, que as reduções ocorreram para todos os períodos de retorno.

Considerando todos os municípios, com relação à variação das áreas inundadas no período entre 2020 e 2025, os resultados mostram aumento em quase todos. As exceções foram Serra, Viana e Vitória cujas variações das áreas foram insignificantes ou nulas.

Ainda para todos os municípios, com relação à variação dos volumes das manchas de inundação no período entre 2020 e 2025, os resultados mostram aumento em todos,

menos em Vila Velha onde ocorreu uma diminuição do volume em decorrência a introdução das obras de controle de inundação, a partir de 2025.

A presença das obras mostrou eficácia na redução das manchas de inundação nas áreas de influência.

Em todos os municípios os resultados mostram um aumento pequeno e, em alguns casos nulo, da mancha de inundação, associado à variação do “Curve Number”. O aumento do “Curve Number” expressa o aumento da impermeabilidade da bacia associado ao uso e ocupação do solo e ao avanço da mancha urbana.

## 11 Referências

- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO – ARSP. Relatório de Fiscalização RF/DS/GSB/002/2017. 2017. Disponível em: <[https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Fiscalização/Regionalizada/2017/ETA%20Caçaroca/1Relatorio\\_ARSP\\_2017-002\\_ETACacaaroca.pdf](https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Fiscalização/Regionalizada/2017/ETA%20Caçaroca/1Relatorio_ARSP_2017-002_ETACacaaroca.pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2021.
- ALBUQUERQUE, L.D. Ocupação de Áreas de Interesse Ambiental: um desafio da gestão das cidades no século XXI. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Espírito Santo. 254 p. 2010. Disponível em: <[https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4390/1/tese\\_3885\\_Disserta%c3%83%c2%a7%c3%83%c2%a3o%20de%20Mestrado\\_Let%c3%83-cia\\_2010.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4390/1/tese_3885_Disserta%c3%83%c2%a7%c3%83%c2%a3o%20de%20Mestrado_Let%c3%83-cia_2010.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- ANA. Pedologia. 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/ffeb6007-b741-4099-9889-5d50b3cd4168>>. Acesso em: 11 jan. 2021.
- ANA. Nota Técnica nº 46/2018/SPR - Produção de base vetorial com o Curve Number (CN) para BHO 2014 (BHO\_CN). 2018. Disponível em: <[https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA\\_TECNICA\\_46\\_2018\\_SPR.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA_TECNICA_46_2018_SPR.pdf)>. Acesso em: 04 jan. 2021.
- ANA. HidroWeb. 2021. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 11 jan. 2021.
- ANDRADE, W.C. Análise dos Teores de Fenóis Presentes na Coluna d'água da Lagoa Maringá, Serra-ES. 2011. Monografia (Bacharelado em Oceanografia). Universidade Federal do Espírito Santo. 43 p. 2011. Disponível em: <<https://oceanografia.ufes.br/sites/oceanografia.ufes.br/files/field/anexo/WESLEY%20CAETANO%20DE%20ANDRADE.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- ANGELI, L.S. Ajuste de Equações Intensidade, Duração e Frequência a Registros Pluviométricos no Estado do Espírito Santo. 2015. TCC- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória 2015. Disponível em: <[https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/ajuste\\_de\\_equacoes\\_intensidade\\_-\\_duracao\\_-](https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/ajuste_de_equacoes_intensidade_-_duracao_-)

\_frequencia\_a\_registros\_pluviometricos\_no\_estado\_do\_espirito\_santo\_-  
\_Juiz\_eduardo\_scotta\_angeli.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

ANTUNES, C. Monitorização da Variação do Nível Médio do Mar. 2010. 1<sup>ª</sup>s Jornadas de Engenharia Hidrográfica. Lisboa 2010. Disponível em:

<[https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~cmantunes/artigos/JEH\\_Artigo\\_CarlosAntunes.pdf](https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~cmantunes/artigos/JEH_Artigo_CarlosAntunes.pdf)>. Acesso em: 8 jun. 2021.

ARCADIS LOGOS. Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória – PMSB: Produto 3. 2015

BAPTISTA, J.S. Da Ecologia à Arquitetura da Paisagem - Os Elementos Naturais como Recurso Projetual para as Estruturas Urbanas na Região Hidrográfica entre Vitória e Serra (ES). 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Espírito Santo. 137 p. 2015. Disponível em:

<[https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10076/1/tese\\_9395\\_Janaina%20Schmidel\\_final.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10076/1/tese_9395_Janaina%20Schmidel_final.pdf)>. Acesso em: 7 jun. 2021.

BEER, T. Environmental Oceanography. CRC Press Marine Science, Boca Raton. 1997.

BRASIL PCH. São Pedro Energia S.A. 2021. Disponível em:

<http://www.brasilpch.com.br/empreendimentos/sao-pedro-energia/>. Acesso em: 11 jan. 2021.

CARVALHO, A. de C. Estudo da Variabilidade do Nível Médio do Mar na Costa Brasileira Como Subsídio a Projetos de Engenharia. 2015. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:

<<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015355.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

CEMADEN. Mapa Interativo. 2021. Disponível em:

<<http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CENTRAIS ELÉTRICAS DA MANTIQUEIRA (CEM). Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da PCH São Pedro. 2002. Disponível em:

<<http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CETESB. Drenagem Urbana: Manual de Projeto. São Paulo, SP. 476 p. 1979.

CHOW, V.T. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New York. 1959.

CESAN. Seção 7. Termo de Referência para Elaboração do Plano Diretor de Águas Urbanas da Região Metropolitana da Grande Vitória. 2018.

CONSÓRCIO ETEP-ENGEORPS. Plano Diretor de Drenagem Urbana – PMV/SEMOB. 2007.

CONSÓRCIO TETRA TECH – CONCREMAT. Levantamento de Dados e Informações Secundárias. 2021a.

CONSÓRCIO TETRA TECH – CONCREMAT. Levantamento de Dados e Informações Primárias. 2021b.

CONSÓRCIO ZEMLYA AVANTEC. Programa Municipal de Redução de Risco Geológico e Plano Diretor de Águas Pluviais / Fluviais de Viana. 2014. Alfredo Chaves-ES, 2014. Disponível em:

<<https://sedurb.es.gov.br/Media/Sedurb/Importacao/Reducao%20de%20risco/Viana/Programa%20Municipal%20de%20Reducao%20de%20Risco%20do%20municipio%20de%20Viana.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

CORREA, M. A., MARTINS, J. R. S., PRINSEN, G.F., YASSUDA E. A. AND VERWEY, A. Mathematical Modelling Support to the PDMAT-3 Study for São Paulo. 2014. 6th International Conference on Flood Management, September 2014, São Paulo – Brazil. Disponível em: <<http://eventos.abrh.org.br/icfm6/proceedings/papers/PAP014736.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 21.

CORTÊS, F. C. Obtenção e Validação de Modelos de Regionalização de Vazão na Bacia do Rio dos Bois, Estado de Goiás. 2004. 56f, Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Marechal Floriano/ES. Estação Pluviométrica: Aracê Código 02041020. 2016. Disponível em: < <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17441>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Domingos Martins/ES. Estação Pluviométrica: Marechal Floriano (DNOS),

Código ANA 02040012. 2016. Disponível em:

<<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17434>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias).

Município: Vila Velha/ES. Estação Pluviométrica: Vitória - INMET, Código ES-83678.

2017a. Disponível em: < <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/22071>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias).

Município: Cariacica/ES. Estação Pluviométrica: Estação Duas Bocas, Código

02040014. 2017b. Disponível em:

<<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/22055>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias).

Município: Santa Leopoldina/ES. Estação Pluviométrica: Santa Leopoldina, Código

02040010. 2017c. Disponível em: <

<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/22067>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CPRM, 2018. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – Espírito Santo. Disponível em: <

<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Espirito-Santo-5073.html>> acesso em: 11 jun. 2021.

DEFANT, A. Physical Oceanography Volume I and II. Pergamon Press, London. 1961.

DER-ES. Projeto de Macrodrenagem Desenho Arquivo: RAALS, folhas 1 a 31. 2015.

DUARTE I.D. A Qualidade da Água da Lagoa Jacuném (Espírito Santo, Brasil) em Relação a Aspectos Genotóxicos e Mutagênicos, Mensurados Respectivamente Pelo Ensaio do Cometa e Teste do Micronúcleo em Peixes da Espécie *Oreochromis niloticus*. 2012. R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 211-219, abr./jun. 2012.

Disponível em:

<<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2064/1123>> acesso em: 13 jun. 2021.

FEMAR (FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR). Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Rio de Janeiro. 281pp. 2000.

FRAGOSO, C.R; FERREIRA, T.F.; MARQUES, D.M. Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos. 2009. São Paulo, Oficina de Textos. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/289523599\\_Modelagem\\_Ecologica\\_em\\_Ecossistemas\\_Aquaticos](https://www.researchgate.net/publication/289523599_Modelagem_Ecologica_em_Ecossistemas_Aquaticos)> acesso em: 15 jun. 2021.

FOLHA VITÓRIA. Chuva no ES: em 14 horas, chove o dobro do esperado para todo o dia em Vitória. 2019. Disponível em: < <https://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/11/2019/chuva-no-es-em-14-horas-chove-o-dobro-do-esperado-para-todo-o-dia-em-vitoria>> Acesso em: jun. 2021.

GAZETA ONLINE. Águas passadas: os rios que viraram história no cotidiano capixaba. 2017. Disponível em: < <https://www.gazetaonline.com.br/especiais/2017/06/guas-passadas-os-rios-que-viraram-historia-no-cotidiano-capixaba-1014065869.html>> acesso em: 11 jun. 2021.

GEOBASES. Área de Alagamento e Deslizamento. 2013.

GODIN, G. The Analysis of Tides. Liverpool University Press 264pp. 1972.

GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO. Programa de Gestão Integrada de Águas e da Paisagem. 2017. Disponível em: < <https://bemvin.org/programa-de-gesto-integrada-de-guas-e-da-paisagem.html?page=12>> acesso em: 8 jun. 2021.

G1. Viana e Cariacica decretam situação de emergência por causa das fortes chuvas, no ES. 2019a. Disponível em: < <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2019/11/14/viana-e-cariacica-decretam-situacao-de-emergencia-por-causa-das-fortes-chuvas-no-es.ghtml>> Acesso em: 15 ago. 2021.

G1. Chuva interdita rodovias, fecha maternidade e derruba muros na Grande Vitória; há 70 desabrigados. 2019b. Disponível em: < <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2019/05/18/chuva-deixa-ruas-alagadas-na-grande-vitoria.ghtml>> acesso em: 15 ago. 2021.

G1. Rio transborda, deixa ponte submersa e alaga ruas em Fundão. 2019c. Disponível em: < <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2019/11/14/rio-transborda-deixa-ponte-submersa-e-alaga-ruas-em-fundao-es.ghtml>> acesso em: 15 ago. 2021.

G1. Chuva invade carros, casas e comércio em Cariacica, no ES. 2020a. Disponível em: < <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/03/02/chuva-invade-carros-casas-e-comercio-em-cariacica-no-es.ghtml> > acesso em: jun. 2021.

G1. ES tem mais de 450 pessoas fora de casa após chuva. 2020b. Disponível em: < <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/03/02/es-tem-mais-de-450-pessoas-fora-de-casa-apos-chuva.ghtml> > acesso em: 15 ago. 2021.

HUFF, F. A.; ANGEL, J. R. Rainfall Frequency Atlas of the Midwest. Bulletin (Illinois State Water Survey) no. 71, 1992.

IBGE. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2016a. Disponível em: <[https:// biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101625.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101625.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2021.

IBGE. Análise do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) - 2001/2015. 2016b. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE Diretoria de Geociências Coordenação de Geodésia.

IBGE. Rio Santa Maria da Vitória: vista área da cidade. 2021. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/bibliotecacatalogo.html?id=442329&%20view=detalhes> > acesso em: 11 jun. 2021.

IEMA. MAP\_ES\_2012\_2015\_REFERÊNCIA\_TECNICA, 2015a. Disponível em: <[https://geobases.static.es.gov.br/public/MAP\\_ES\\_2012\\_2015/MAP\\_ES\\_2012\\_2015\\_REFERENCIA\\_TECNICA.pdf](https://geobases.static.es.gov.br/public/MAP_ES_2012_2015/MAP_ES_2012_2015_REFERENCIA_TECNICA.pdf)> acesso em: 15 abr. 2021.

IEMA. Parecer Técnico no. 11/2010, PCH Jucú. 2010

IEMA. Relatório de Vistoria, Processo no. 23616520, PCH Rio Bonito. 2008a.

IEMA. Relatório de Vistoria, processo no. 24463221, UHE Suíça. 2008b.

IEMA. Modelo Digital de Elevação (MDT), 2015b. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/novas-imagens-map-es-2012-2015-sem-ecw>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

INMET. Banco de dados meteorológicos, 2021a. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: 26 jun. 2021.

INMET. Normais Climatológicas do Brasil: Período de 1981-2010, 2021b. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 27 jun. 2021.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. Elaboração dos Estudos Para Desassoreamento e Regularização dos Leitos e Margens dos Rios Jucú, Formate e Marinho na Região Metropolitana da Grande Vitória. 2008. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

JAVARINI, M.A. Agenda Cariacica – Planejamento Sustentável da Cidade 2010-2030. 2012. Disponível em: <<https://www.cariacica.es.gov.br/wp-content/uploads//2014/05/Agenda-Turismo.pdf>>. Acesso em: jun. 2021.

LOBO, H. Bacia do Rio Jucu. 2015. Disponível em: <[http://riojucu1c-up.blogspot.com/2015/06/rio-jucu-e-um-rio-brasileiro-da-regiao\\_1.html](http://riojucu1c-up.blogspot.com/2015/06/rio-jucu-e-um-rio-brasileiro-da-regiao_1.html)>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MARINHA DO BRASIL. Descrição de Estação Maregráfica, Estação Capitania dos Portos do Espírito Santo. F-41 – Padrão - Capitania dos Portos do Espírito Santo – 40252 - Versão 2/2010. DHN-6016-A. 2010. Disponível em: <[https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados\\_de\\_mare/40252\\_-\\_capitania\\_dos\\_portos\\_do\\_espirito\\_santo\\_f-41\\_padrao\\_v1-10.pdf](https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/40252_-_capitania_dos_portos_do_espirito_santo_f-41_padrao_v1-10.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MC CUEN, R. H. Hydrologic Analysis and Design. Prentice Hall New Jersey. 1998.

MISHRA, S.K., SURESH BABU, P., SINGH V.P. SCS-CN Method Revisited. 2007. Researchgate.net. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/230822228\\_SCS-CN\\_method\\_revisited](https://www.researchgate.net/publication/230822228_SCS-CN_method_revisited)> acesso em: 18 jun. 21.

MORRO DO MORENO. Guarapari, rios pequenos e importantes. 2016. Disponível em: <<https://www.morrodomoreno.com.br/materias/guarapari-rios-pequenos-e-importantes.html>> acesso em: 8 ago. 2021.

MORRO DO MORENO. Rio Marinho. 2021. Disponível em: <<http://www.morrodomoreno.com.br/materias/riomarinho.html>> acesso em: 8 ago. 2021.

NCAR. Data for Climate & Weather Research. 2021. Disponível em: <[https://rda.ucar.edu/index.html?hash=data\\_user&action=showsignedout&url=/datasets/ds093.1/](https://rda.ucar.edu/index.html?hash=data_user&action=showsignedout&url=/datasets/ds093.1/)> acesso em: 18 ago. 2021.

NEVES, C. F. O Nível Médio do Mar: Uma Realidade Física ou Um Critério de Engenharia? 2005. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/185>> acesso em: 18 ago. 2021.

PASSO, R. M. Rede Hídrica e Urbanização: O Córrego Jucutuquara na Paisagem Urbana de Vitória-ES. 2015. Dissertação, Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <[https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4437/1/tese\\_8775\\_RAFAEL%20DE%20MELO%20PASSOS.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4437/1/tese_8775_RAFAEL%20DE%20MELO%20PASSOS.pdf)> acesso em: 18 ago. 2021.

PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA (PDAU-RMGV). Formulários Virtuais de Avaliação. 2020.

PMSP. 2012. Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Município de São Paulo. Volume II – Aspectos Tecnológicos: Fundamentos. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento\\_urbano/arquivos/manual-drenagem\\_v2.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v2.pdf)> acesso em: 17 ago. 2021.

PORTO, R. de M. Hidráulica básica. 2006. 4. ed. São Carlos: EESC/ USP, 2006.

PREFEITURA DE VILA VELHA (PDDU). Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável Volume I. 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DA SERRA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Serra/ES. 2010. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento\\_urbano/arquivos/manual-drenagem\\_v2.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v2.pdf)> acesso em: 18 ago. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CARIACICA. Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Cariacica. Etapa I : Mapeamento Hidrográfico e Diagnóstico. Relatório Final - Intervenções Prioritárias para as Bacias Hidrográficas dos Rios que Drenam o Município de Cariacica. 2008.

PREFEITURA DA MUNICIPAL DE CARIACICA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Cariacica/ES. 2013. Disponível em: <[https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Municipios%20Regulados/Cariacica/3PMSB\\_Cariacica.pdf](https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Municipios%20Regulados/Cariacica/3PMSB_Cariacica.pdf)> acesso em: 20 ago. 2021.

PREFEITURA DA MUNICIPAL DE CARIACICA. Iniciada limpeza nas galerias e no canal do córrego Maria Preta, 2019. Disponível em:

<<https://www.cariacica.es.gov.br/noticias/64481/iniciada-limpeza-nas-galerias-e-no-canal-do-corrego-maria-preta>> acesso em: 11 jun. 2021.

PREFEITURA DA MUNICIPAL DE CARIACICA. Córrego Maria Preta recebe limpeza após chuvas. 2021. Disponível em:

<<https://www.cariacica.es.gov.br/noticias/68845/corrego-maria-preta-recebe-limpeza-apos-chuvas>> acesso em: 11 jun. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO. Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2017. 403 p. Disponível em:

<<https://lagesa.ufes.br/sites/lagesa.ufes.br/files/field/anexo/Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20Básico%20e%20Gestão%20Integrada%20de%20Resíduos%20Sólidos%20de%20Fundão.pdf>> acesso em: 28 jun. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPARI. Plano Municipal de Saneamento Básico: Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário. 2017. 151 p. Disponível em:

<[https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Municipios%20Regulados/Guarapari/3PMSB\\_Guarapari.pdf](https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Municipios%20Regulados/Guarapari/3PMSB_Guarapari.pdf)> acesso em: 28 jun. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. Comportas do Canal e Rio Marinho são entregues reformadas. 2016. Disponível em: <  
<https://www.vilavelha.es.gov.br/noticias/2016/12/comportas-do-canal-e-rio-marinho-sao-entregues-reformadas-11837>> acesso em: 11 jun. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Vitória/ES. 2015.

QUANTA ENGENHARIA. Projeto Básico de Macrodrenagem: Fase 01 – Revisão 01. 2015a.

QUANTA ENGENHARIA. Projeto Básico de Macrodrenagem: Bacia Hidrográfica do Guaranhuns. Proj. Básico de Bombeamento (Gu/Jucu) – Fase 01 – Revisão 00. 2015b

RAMPINELLI, F. G. Correlação de sedimentos e Eventos Chuvosos em um Trecho do Rio Santa Maria de Vitória, ES. 2013. Dissertação, Universidade Federal de Espírito

Santo, Vitória-2013. Disponível em: <

<https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6143/1/Fabiana%20Giacomin%20Rampinelli.pdf>> acesso em: 11 ago. 2021.

ROLDI, M. M. C. & SOARES, L. M. S. Peixes do Córrego Valsugana Velha, Afluente do Rio Timbuí, Bacia dos Reis Magos, Santa Teresa, Espírito Santo. Brasil. 2014. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.) 35:5-20. Jul. 2014. Disponível em:

<<http://www.sambio.org.br/simbioma/simbioma%20i/08.pdf>> acesso em: 11 ago. 2021.

ROMANELLI, M., STELZER, P. Agenda Cariacica, Planejamento Sustentável da Cidade 2010-2030. Área: meio Urbano e Rural, Uso e Ocupação do Solo e Habitação. 2012. Disponível em:

<[https://www.cariacica.es.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/relatorio\\_final.pdf](https://www.cariacica.es.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/relatorio_final.pdf)> acesso em: 11 ago. 2021.

RROCHA ENGENHARIA. Manual de Operação da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais do Guaranhuns – EBAP-GM, REV 02. 2020.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. 2005. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005. Disponível em:

<[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/26/6c2ebe52f7043b800f2879be8e09bd55\\_624e887e937b744607e1fe0d08b69e6d.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/26/6c2ebe52f7043b800f2879be8e09bd55_624e887e937b744607e1fe0d08b69e6d.pdf)> acesso em: 12 ago. 2021.

SCHUREMAN, P. Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides. 1958. [ Revised 1940 edition reprinted 1958 with corrections, reprinted 2001]. Washington DC, United States Government Printing Office, 317pp. (US Coast and Geodetic Survey, Special Publication 98). DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-155>.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO (SEAMA). Nota Técnica N° 03/2021/COHIP. 11 fev. 2021. Disponível em:

<[https://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Nota\\_Tecnica\\_Agerh\\_Nº\\_03\\_2021\\_COHIP.pdf](https://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Nota_Tecnica_Agerh_Nº_03_2021_COHIP.pdf)> acesso em: 18 ago. 2021.

SEDURB. Curvas Cota X Área X Volume Reservatório PCH São Pedro. 2021.

SILVA, E. A. & TUCCI, C. E. M. Relação Entre as Vazões Máximas Diária e Instantânea. 1998. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 3 n.1 Jan/Mar 1998, 133-151. Disponível em:

< <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/231546>> acesso em: 18 ago. 2021.

SOARES, S. & PINHEIRO, M. A Fauna de Peixes da Bacia dos Reis Magos e Microbacias de Serra, Espírito Santo, Brasil. 2010. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. sér.) 28:105-141. Dez. 2010. Disponível em:

< [http://boletim.sambio.org.br/pdf/28\\_05.pdf](http://boletim.sambio.org.br/pdf/28_05.pdf)> acesso em: 10 ago. 2021.

STEPHENSON, A. Harmonic Analysis of Tides Using Tide Harmonics. 2017.

TOMAZ, P. Infiltração usando o Método do número da curva CN do SCS. Guarulhos/SP. 2011. Disponível em:

<<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/05/infiltrac3a7c3a3o-usando-o-mc3a9todo-do-nc3bameroda-curva.pdf>> acesso em: 10 ago. 2021.

TOMAZ, P. Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos Para Obras Municipais. São Paulo. 2002. Disponível em:

<[http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10\\_calculos\\_hidrologicos-ler.pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10_calculos_hidrologicos-ler.pdf)> acesso em: 10 ago. 2021.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Foz da Costa - Projeto Hidromecânico da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais - EBAP Foz do Costa do Contrato 008/2019 - Elaboração de Projetos Executivos do Sistema de Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Canal da Costa e do Rio Aribiri no Município de Vila Velha/ES. 2020a. Disponível em:

<[https://sedurb.es.gov.br/Media/sedurb/Licitacoes/Projeto%20Executivo\\_EBAP%20Foz%20Costa.pdf](https://sedurb.es.gov.br/Media/sedurb/Licitacoes/Projeto%20Executivo_EBAP%20Foz%20Costa.pdf)> acesso em: 2 ago. 2021.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Foz da Costa - Projetos Executivos dos Sistema de Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Canal da Costa e do Rio Aribiri no Município de Vila Velha/ES. Projeto Executivo Arquitetônico. 2020b.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Aribiri - Projeto Hidromecânico da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais - EBAP Foz do Costa do Contrato 008/2019 - Elaboração de Projetos Executivos do Sistema de Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Canal da Costa e do Rio Aribiri no Município de Vila Velha/ES. 2020c.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Aribiri - Projetos Executivos Dos Sistema de Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Canal da Costa e do Rio Aribiri No Município de Vila Velha/ES. 2020d.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Cobilândia- Projeto Hidromecânico da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais - EBAP Cobilândia. Elaboração de Projetos Executivos do Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns, Nos Município de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020e.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Cobilândia- Projetos Executivos Dos Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns Nos Municípios de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020f.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Marilândia- Projeto Hidromecânico da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais - EBAP Marilândia. Elaboração de Projetos Executivos do Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns, Nos Município de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020g.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Marilândia- Projetos Executivos Dos Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns Nos Municípios de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020h.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Marinho- Projeto Hidromecânico da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais - EBAP Marinho. Elaboração de Projetos Executivos do Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns, Nos Município de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020i.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Marinho- Projetos Executivos Dos Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo

Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns Nos Municípios de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020j.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Laranja- Projeto Hidromecânico da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais - EBAP Laranja. Elaboração de Projetos Executivos do Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns, Nos Município de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020k.

TRANSMAR CONSULTORIA E ENGENHARIA. EBAP Laranja- Projetos Executivos Dos Sistema de Manejo de Águas Pluviais das Bacias Hidrográficas do Córrego Campo Grande, Canal Marinho, Córrego Jardim de Alah e Canal Guaranhuns Nos Municípios de Cariacica e Vila Velha/ES. 2020L.

TUBOMILLS. Manual de Operação – EBAP Antônio Pinto. 2020a.

TUBOMILLS. Manual de Operação – EBAPs Santa Lúcia e Bento Ferreira. 2020b.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação, 3ª Ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Urban Hydrology for Small Watersheds. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division. 1986.

VENTURINI, J.C., 2015. Estado Trófico de uma Lagoa Costeira: Lagoa Juara, Serra – ES. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. 85p. 2015. Disponível em:

<[https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/9144/1/tese\\_9241\\_Disserta%  
c3%a7%c3%a3o\\_J%  
c3%a9ssica%20Venturini.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/9144/1/tese_9241_Disserta%c3%a7%c3%a3o_J%c3%a9ssica%20Venturini.pdf)> acesso em: 2 ago. 2021.

WALSTRA, L., C., VAN RIJN, L.C., BLOGG, H., and VAN ORMONDT, M. Evaluation of a Hydrodynamic Area Model Based on The COAST3D Data at Teignmouth 1999. 2001. Report TR121 - EC MAST Project No, MAS3- 0197-0086, HR Wallingford, UK.

WILLMOTT, C., J. Some Comments on the Evaluation of Model Performance. 1982. American Meteorological Society Bulletin, 1309-1313.

ZAPE, G.C.B. Avaliação de Desempenho Hidráulico em Projetos de Sistemas de Macrodrenagem: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Aribiri - Vila Velha/ES.

2020. Instituto Federal do Espírito Santo Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Infraestrutura Urbana. Disponível em:

<[https://200.137.71.11/bitstream/handle/123456789/772/TCC\\_Avalia%  
c3%a7%  
c3%a3o\\_D  
esempenho\\_Hidr%  
c3%a1ulico\\_Sistemas\\_Macrodrenagem.pdf?sequence=1&isAllowed  
=y](https://200.137.71.11/bitstream/handle/123456789/772/TCC_Avalia%c3%a7%c3%a3o_Desempenho_Hidr%c3%a1ulico_Sistemas_Macrodrenagem.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> acesso em: 2 ago. 2021.

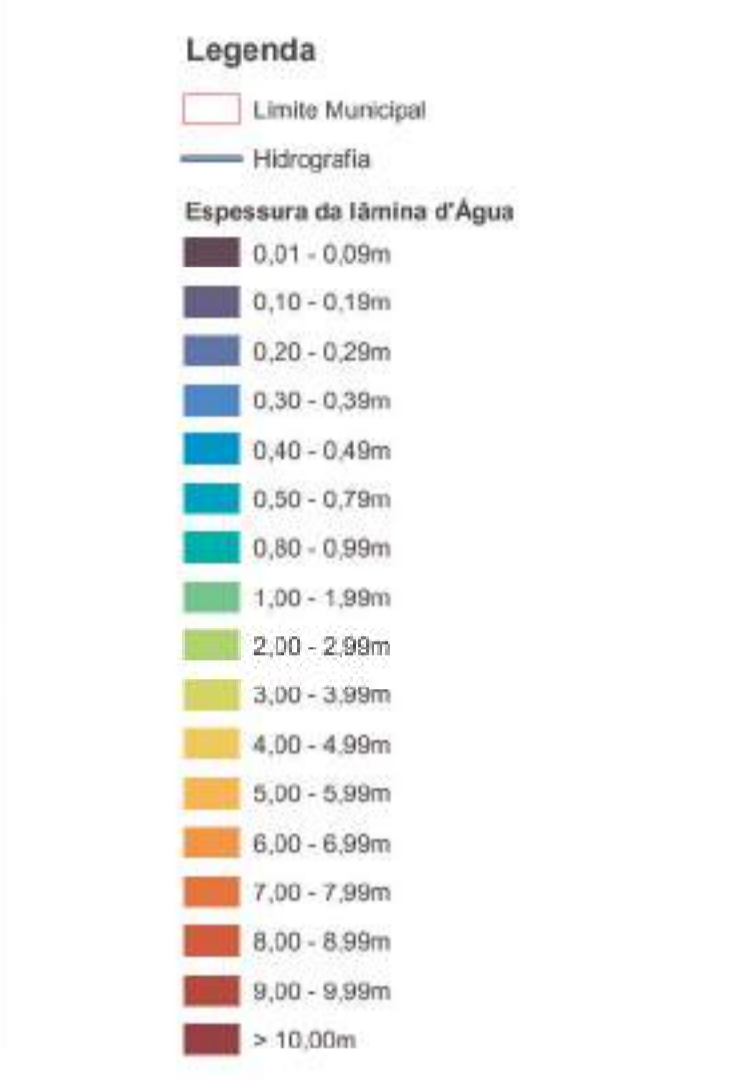
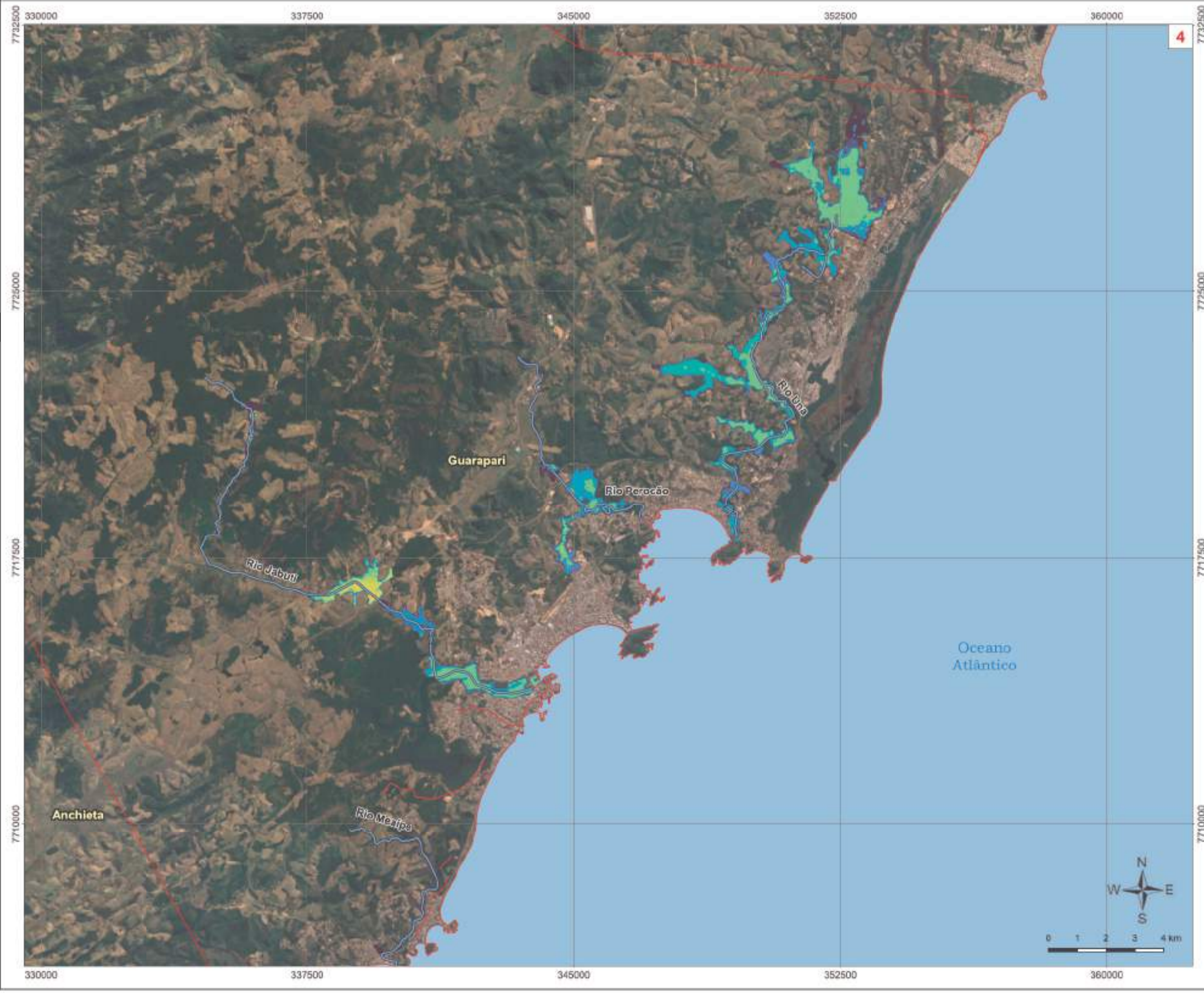
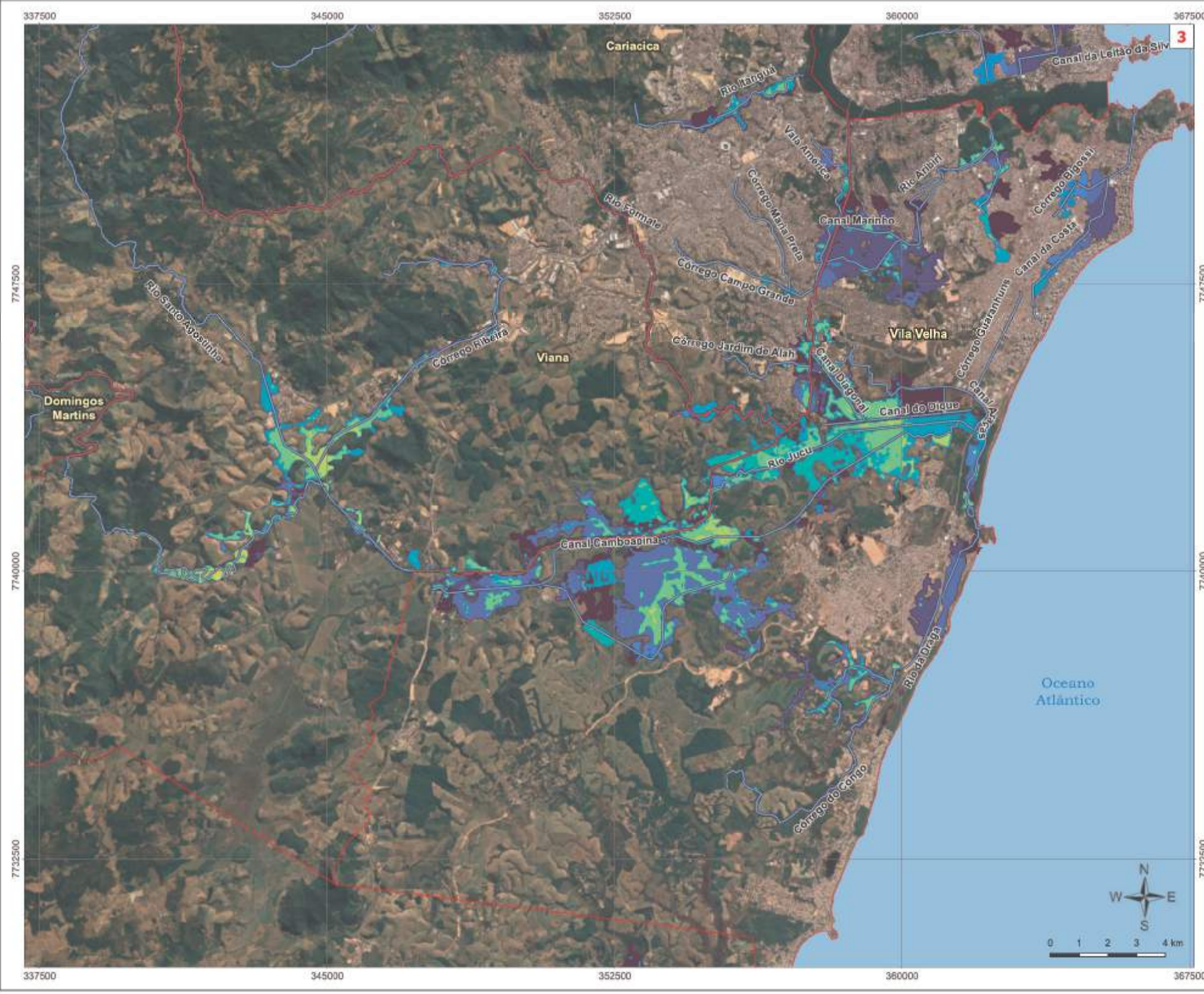
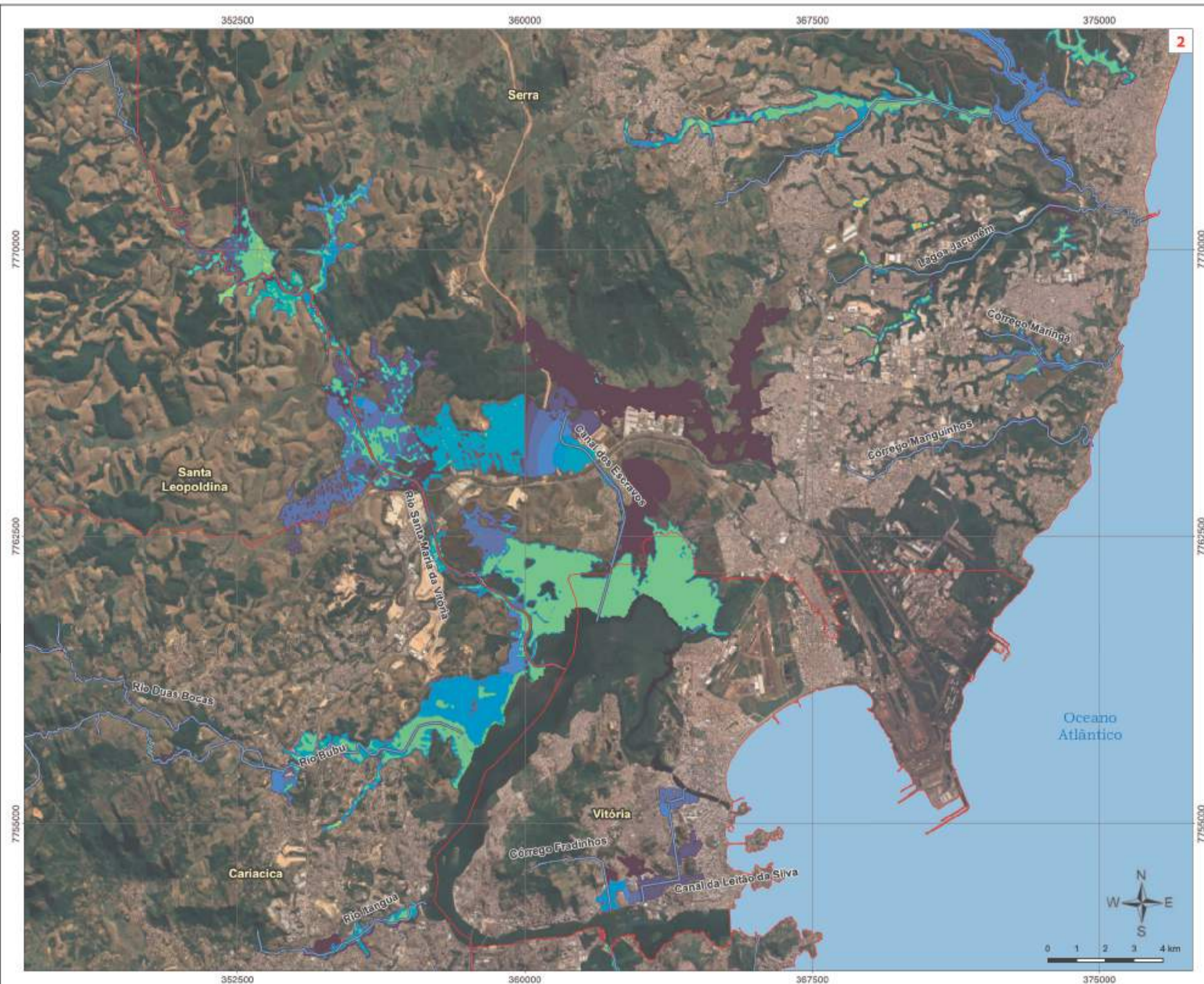
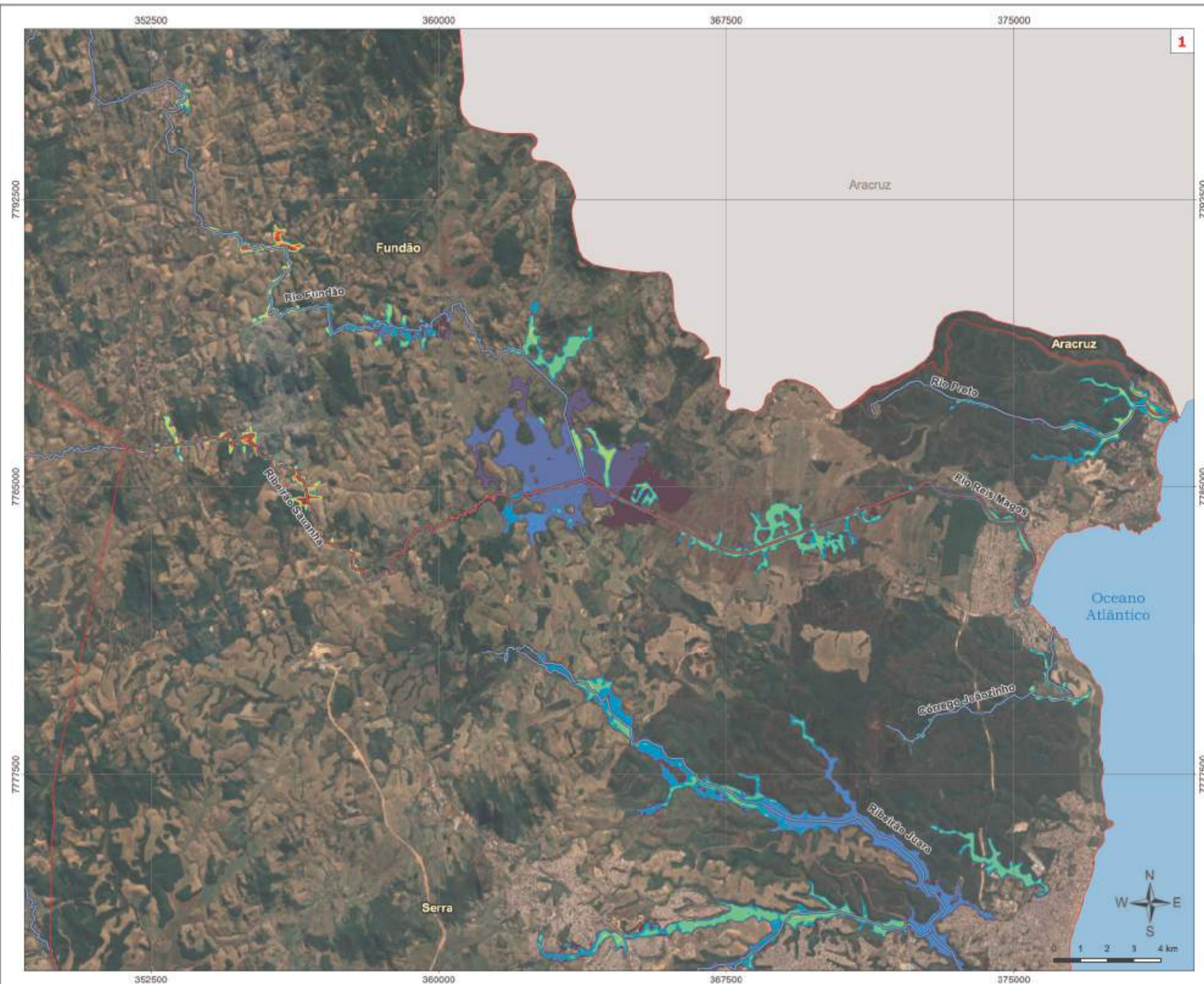
## **Apêndice A**

### **Resultados das Simulações para os Cenários 2020 e 2025**

**Períodos de Retorno:**

**5, 10, 25, 50 e 100 anos**

**Na Forma de Mapas de Inundação**



Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum SIRGAS 2000

Escala  
 Indicada no mapa

REV	EMISSÃO INICIAL	DATA	ELAB.	VER.	MAC	ER
0		04/21	GFE	MAC	ER	

Contratante  
**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE  
 SANEAMENTO - CESAN

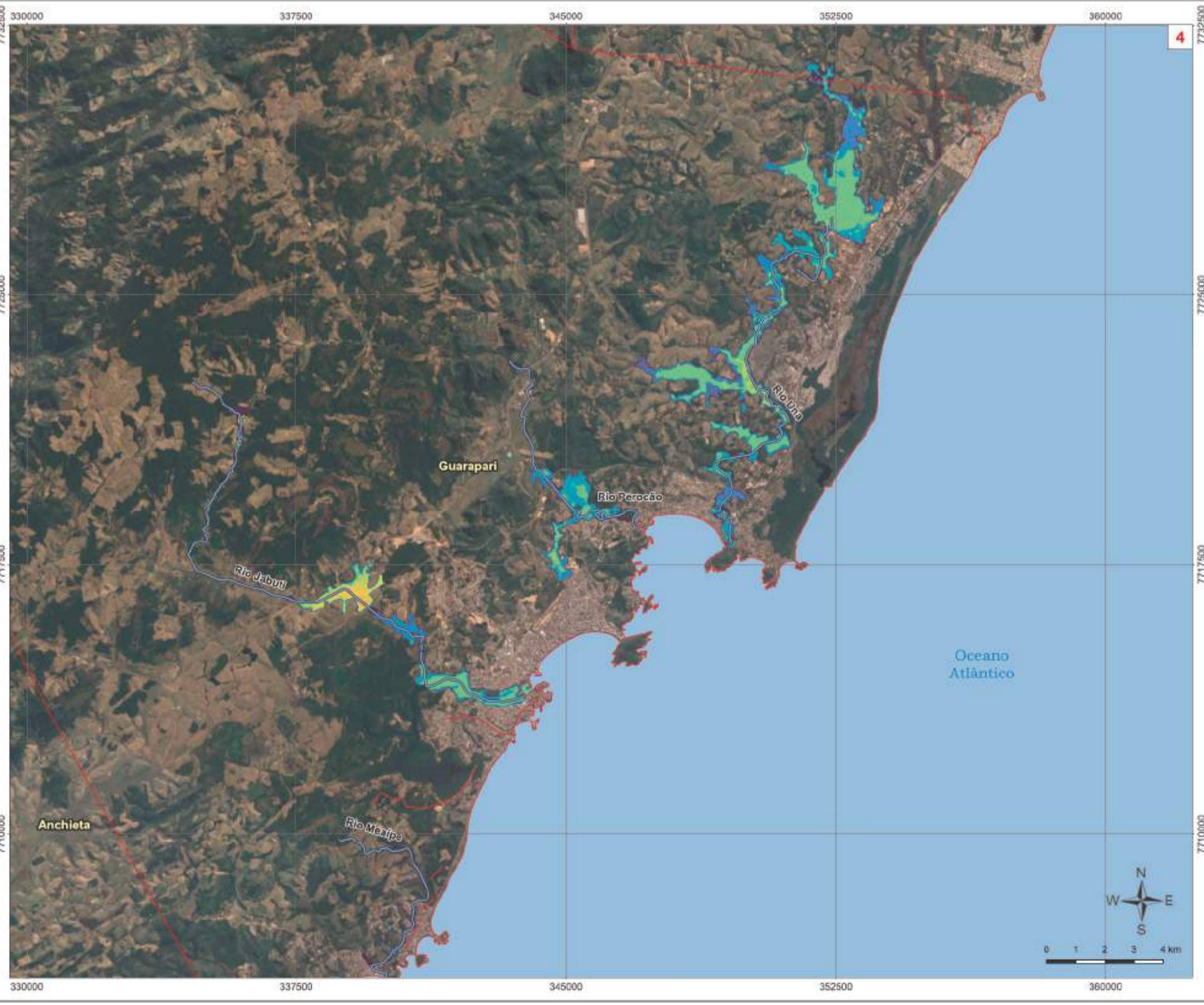
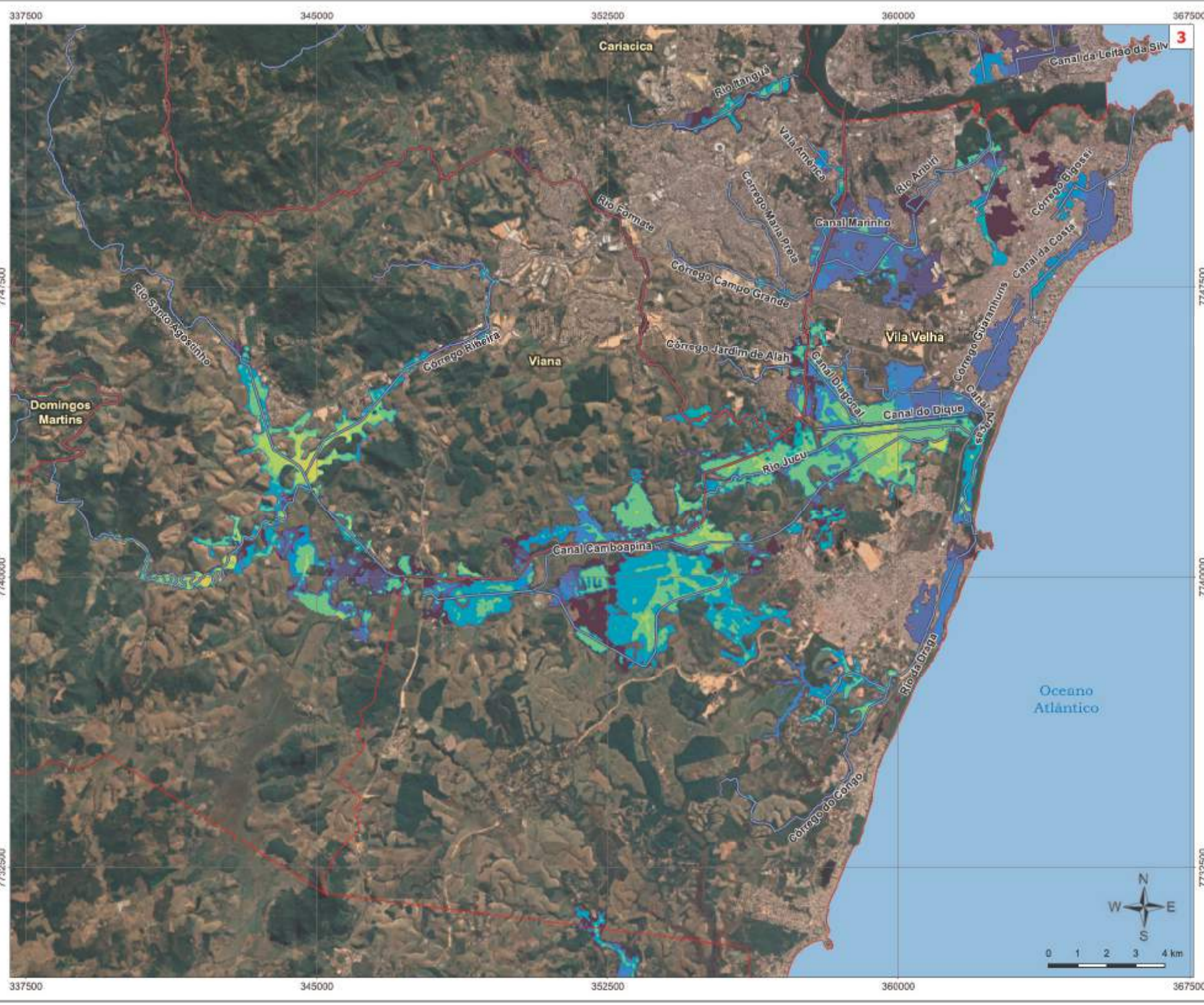
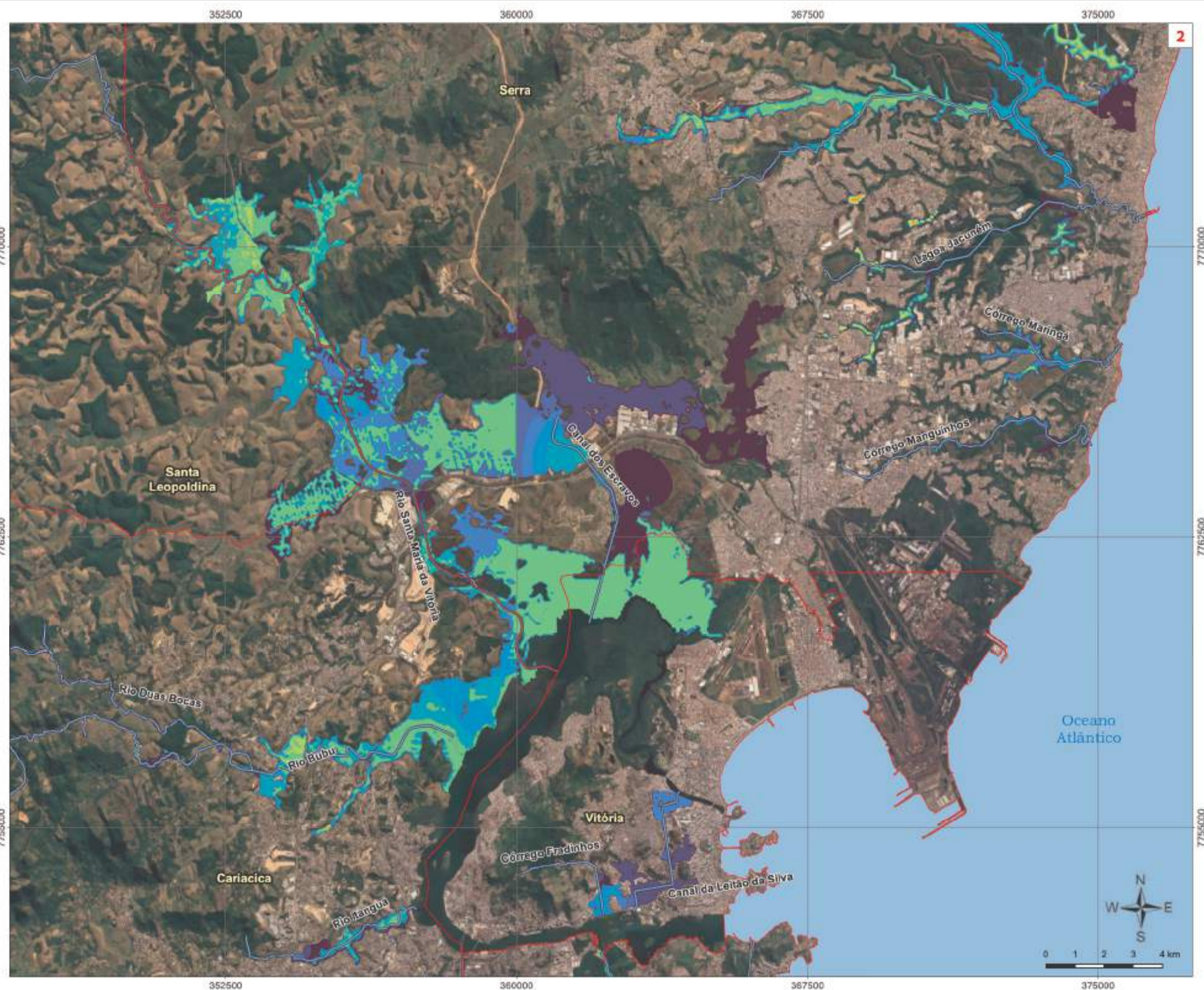
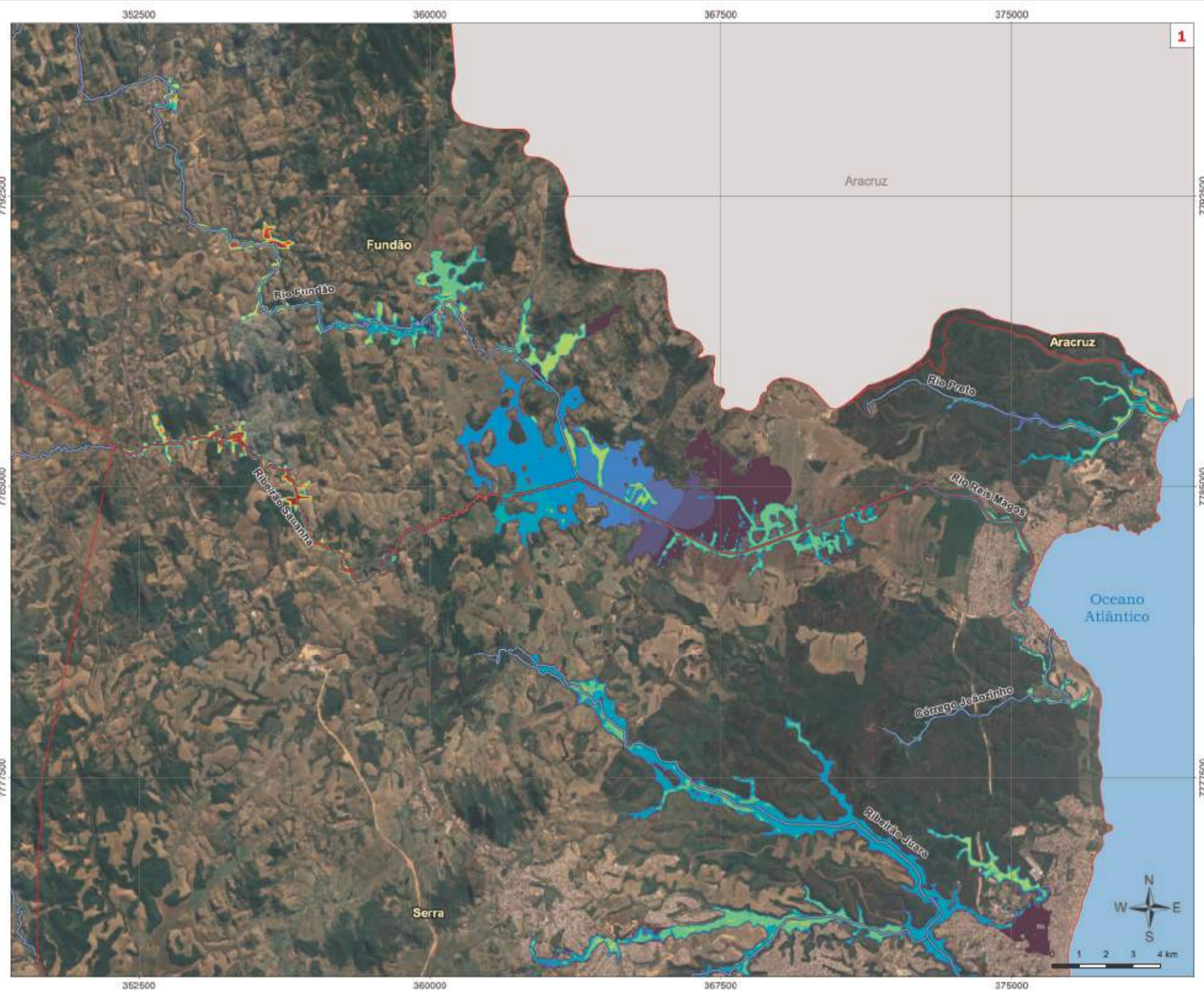
Programa  
**PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM**

Contratada  
**TETRA TECH**    **CONCREMAT**    **PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS**

Assunto  
**PRODUTO 4.2**  
**ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA**

Título  
**CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2020 - TR 005 ANOS**

Responsável Técnico  
 Eduardo A. Yassuda    CREA Nº 0601847385    Rev 0    Folha 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000  
 Escala: Indicada no mapa

REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELAB.	VER.	APR.
0	EMISSÃO INICIAL	out/21	GFE	MAC	ER

Contratante: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO - CESAN

Programa: PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM

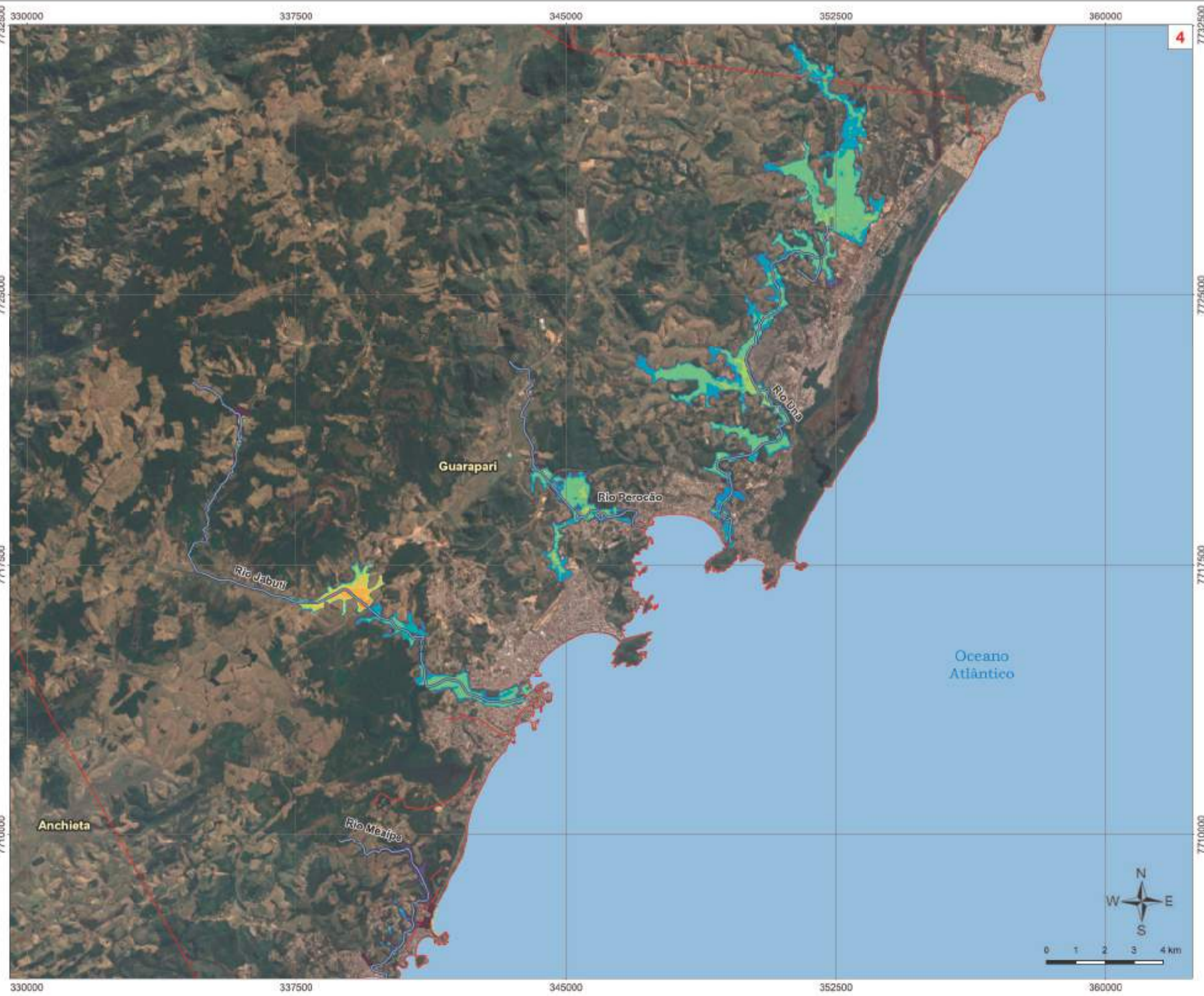
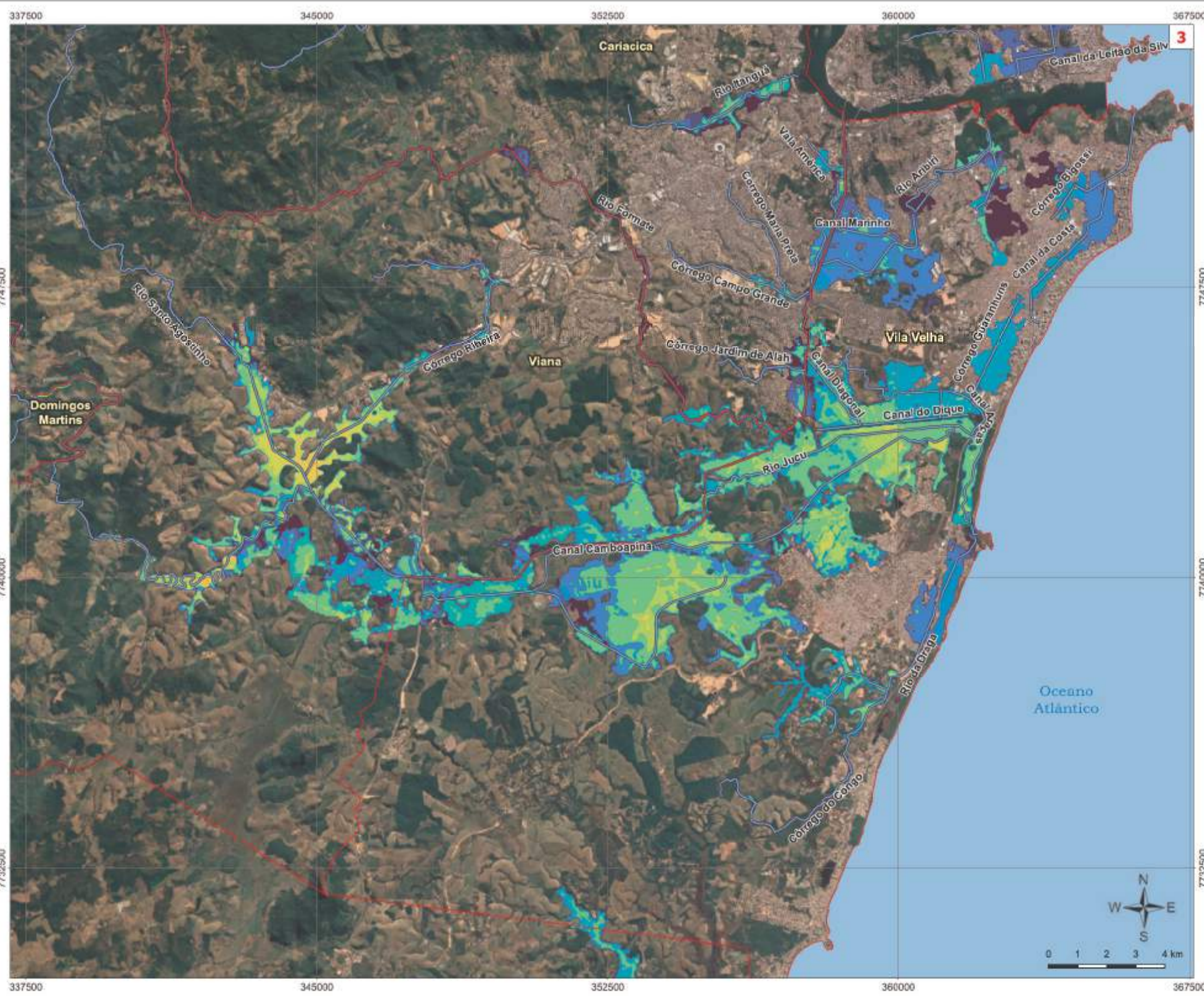
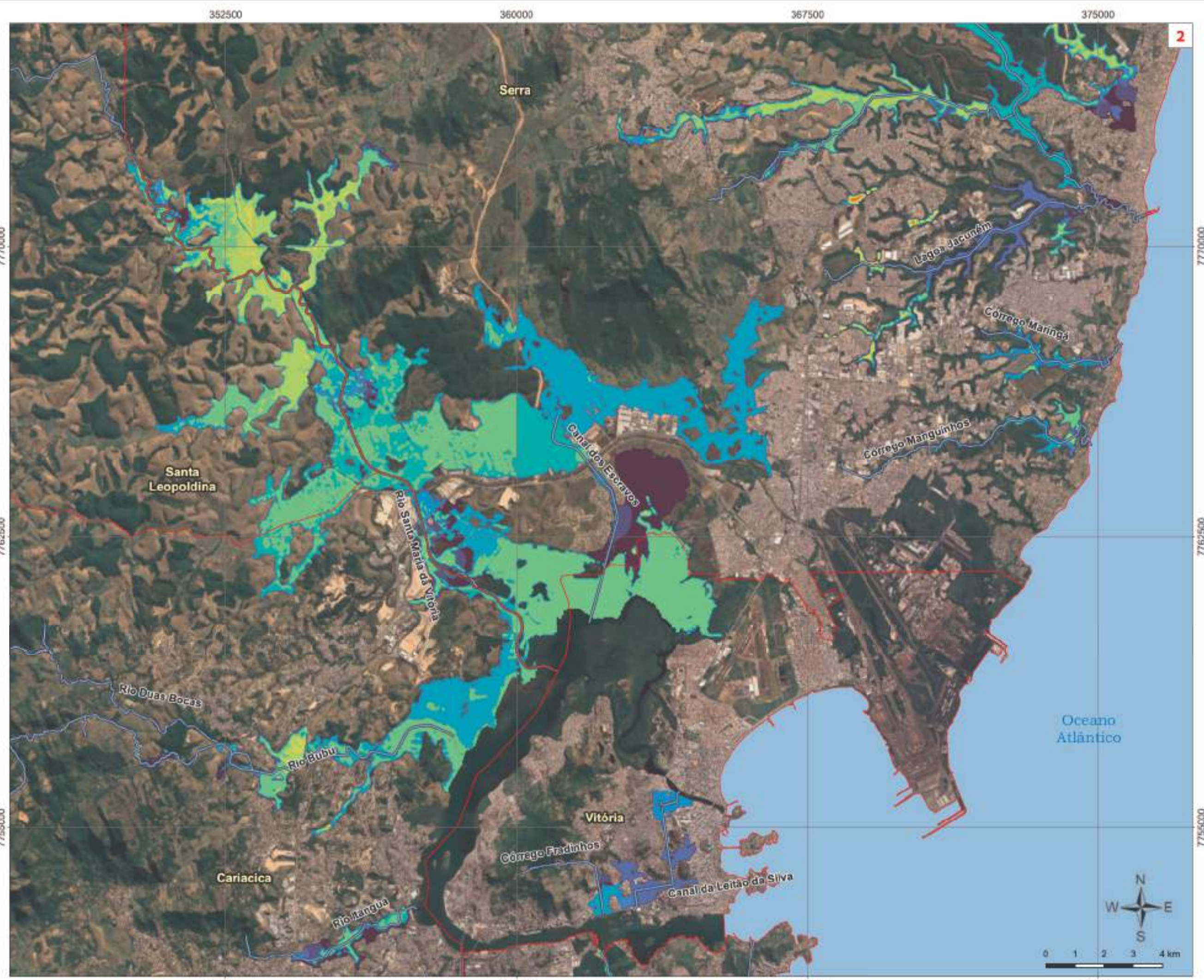
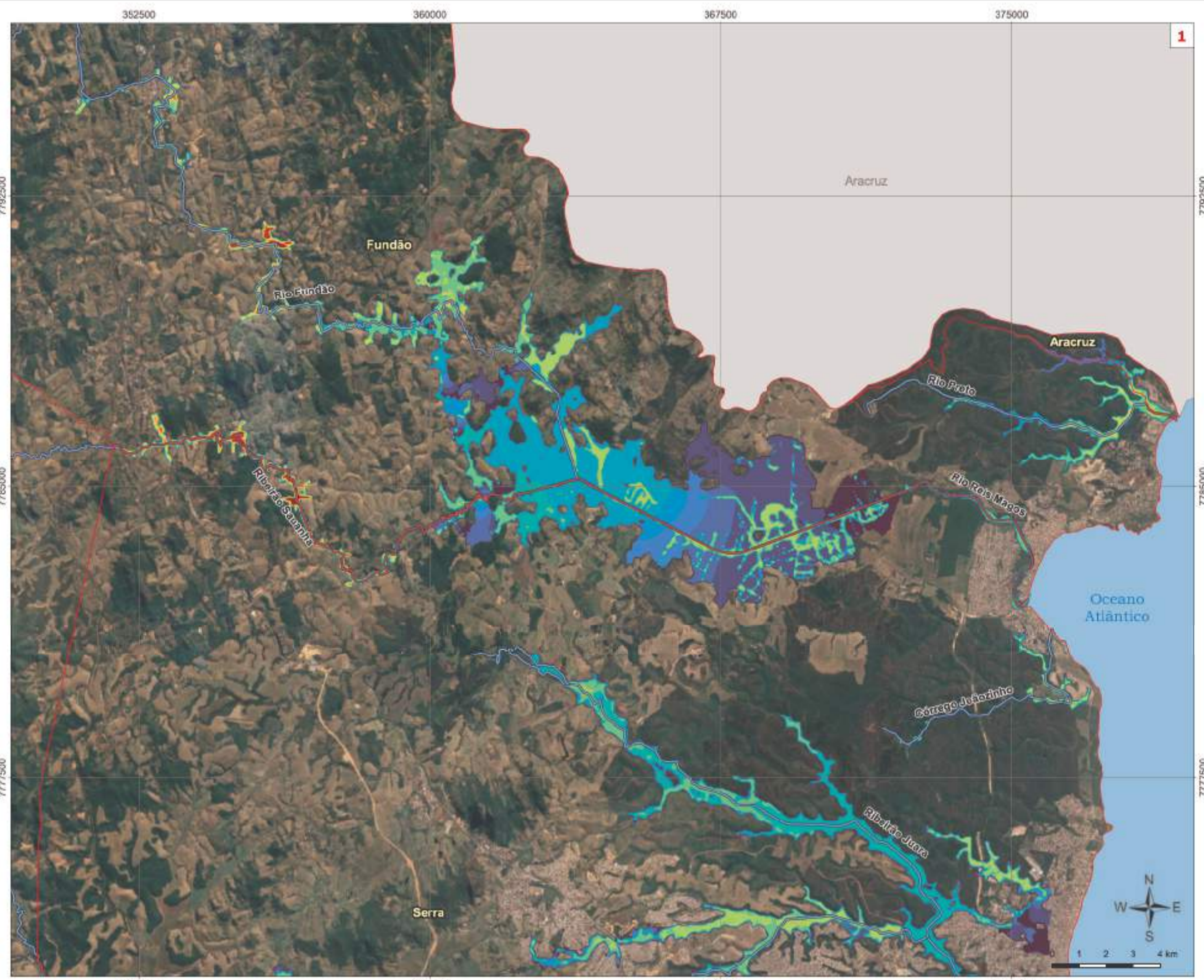
Contratada: TETRA TECH, CONCREMAT

Projeto: PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS

Assunto: PRODUTO 4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

Título: CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2020 - TR 010 ANOS

Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000

Escala  
 Indicada no mapa

REV	EMISSÃO INICIAL	DESCRÇÃO	DATA	ELAB	VER	APR
0	EMISSÃO INICIAL		04/21	GFE	MAC	ER

Contratante  
**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE  
 SANEAMENTO - CESAN

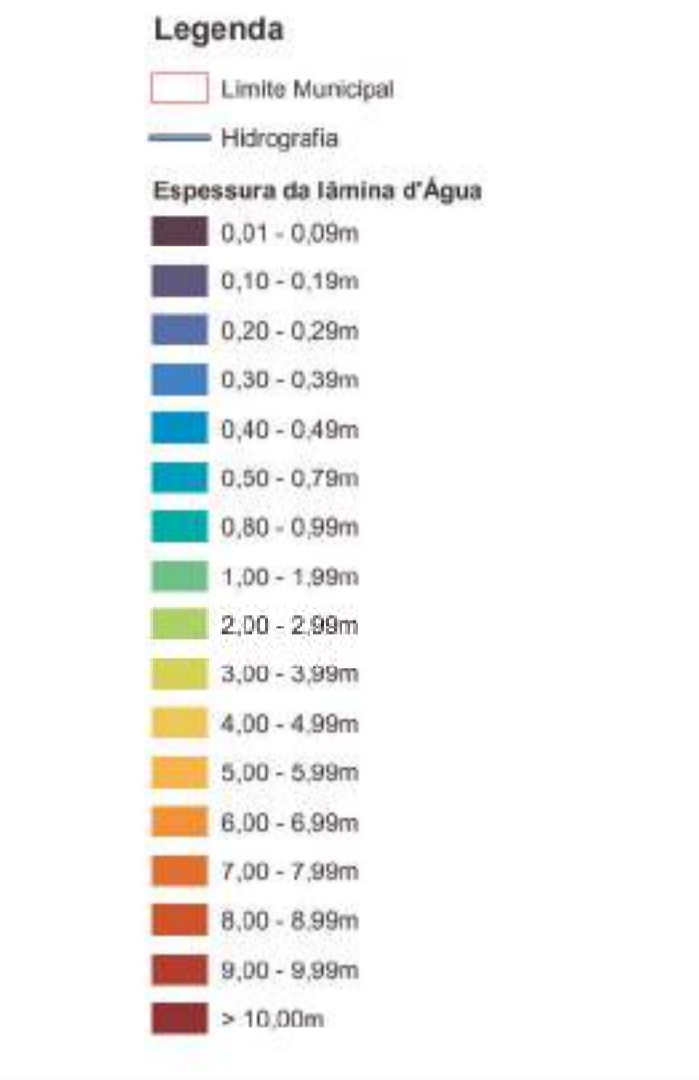
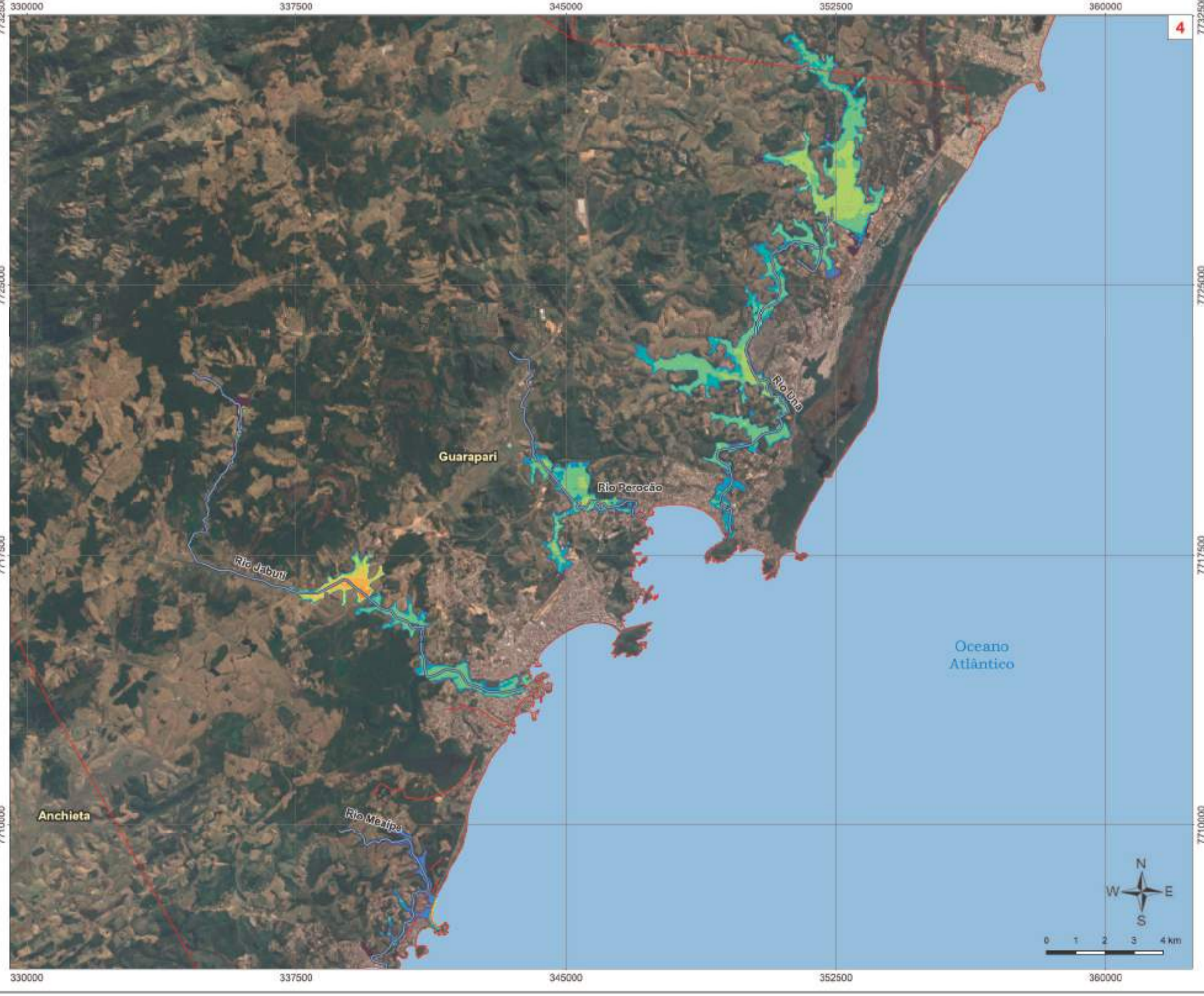
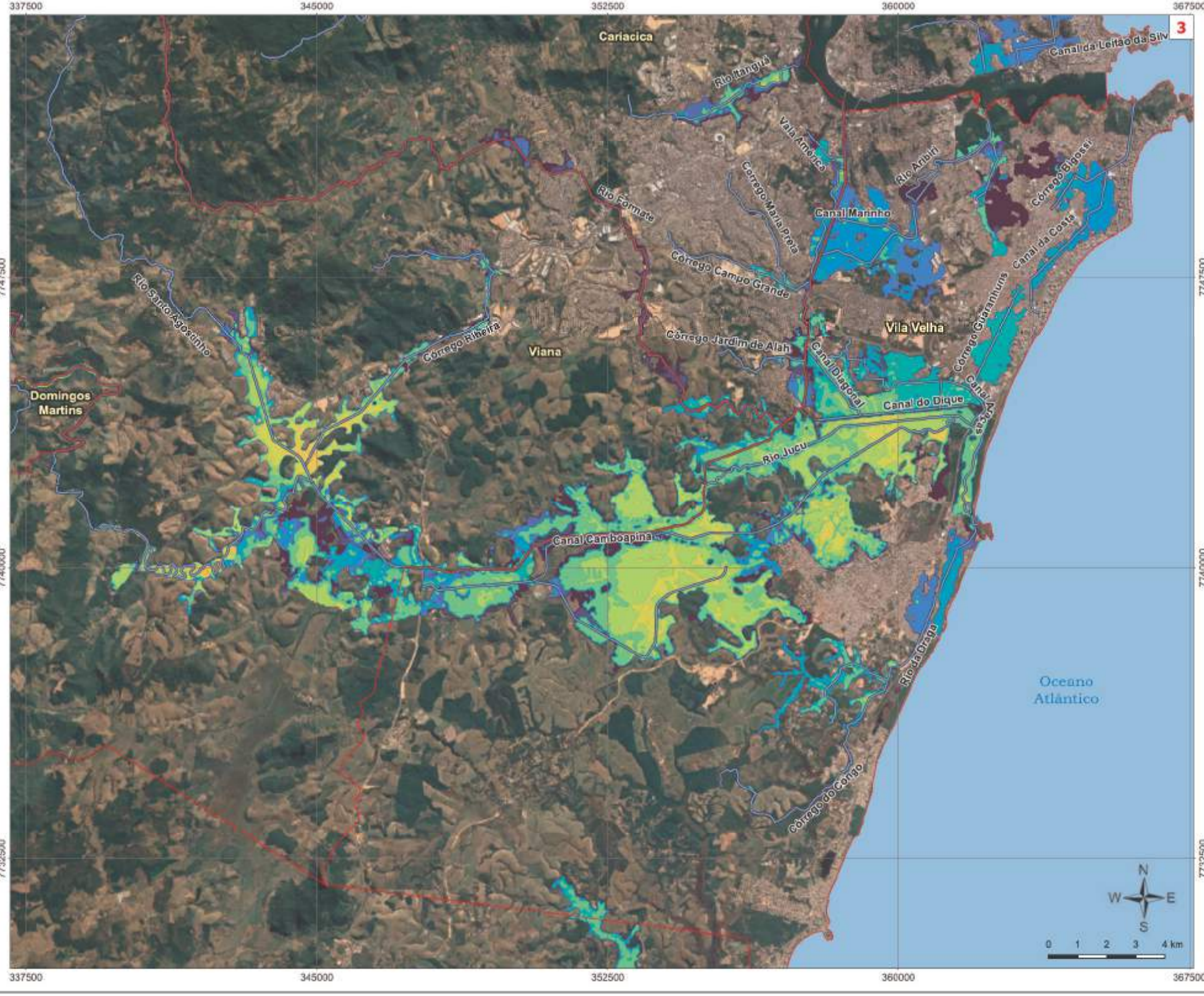
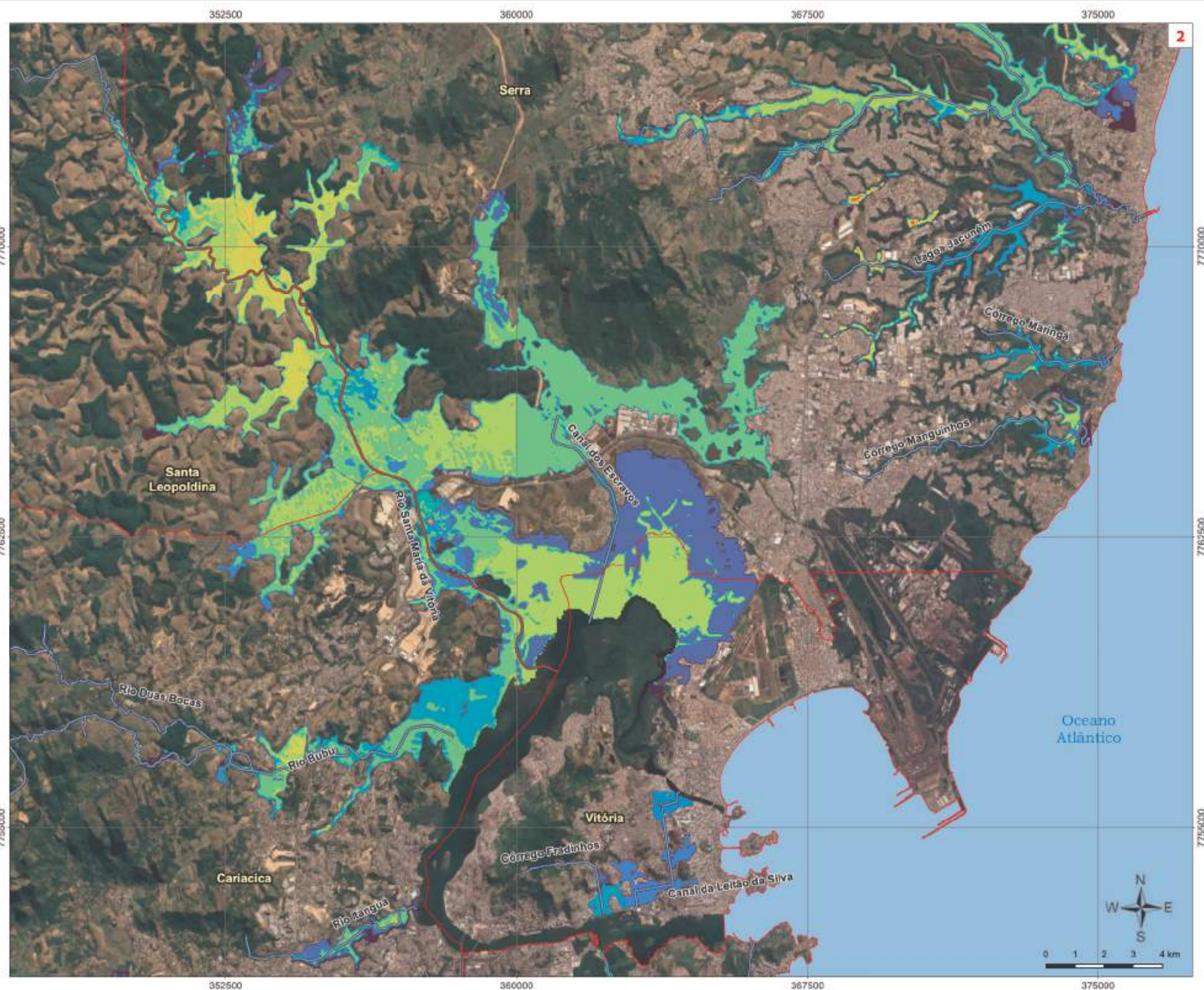
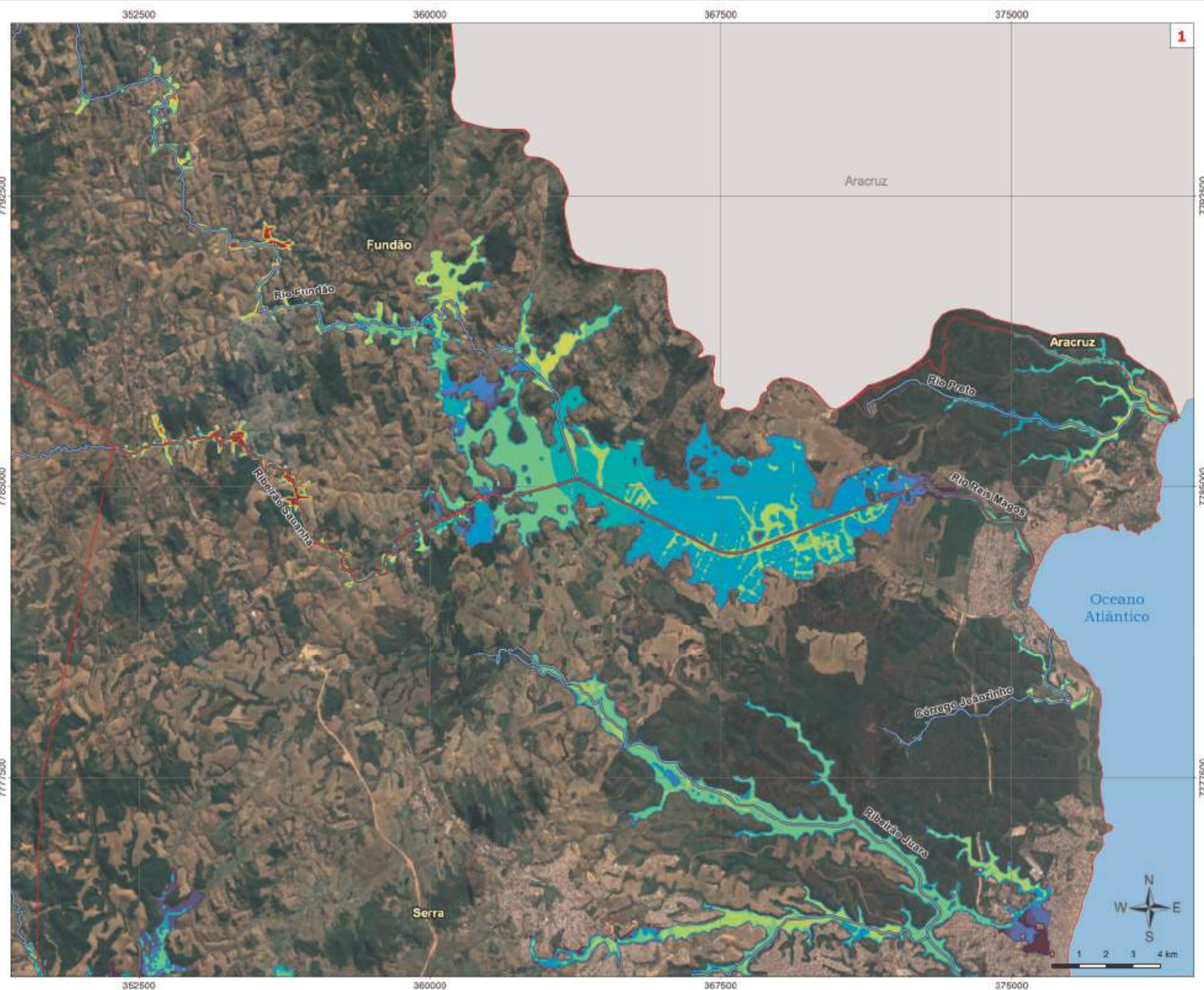
Programa  
**PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM**

Contratada  
**TETRA TECH**    **CONCREMAT**    Projeto: **PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS**

Assunto  
**PRODUTO 4.2**  
**ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA**

Título  
**CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2020 - TR 025 ANOS**

Responsável Técnico  
 Eduardo A. Yassuda    CREA Nº: 0601847385    Rev: 0    Folha: 1/1



Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000

Escala: Indicada no mapa

REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELA	VER	APR
0	EMISSÃO INICIAL	out/21	GFE	MAC	ER

Contratante: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO - CESAN

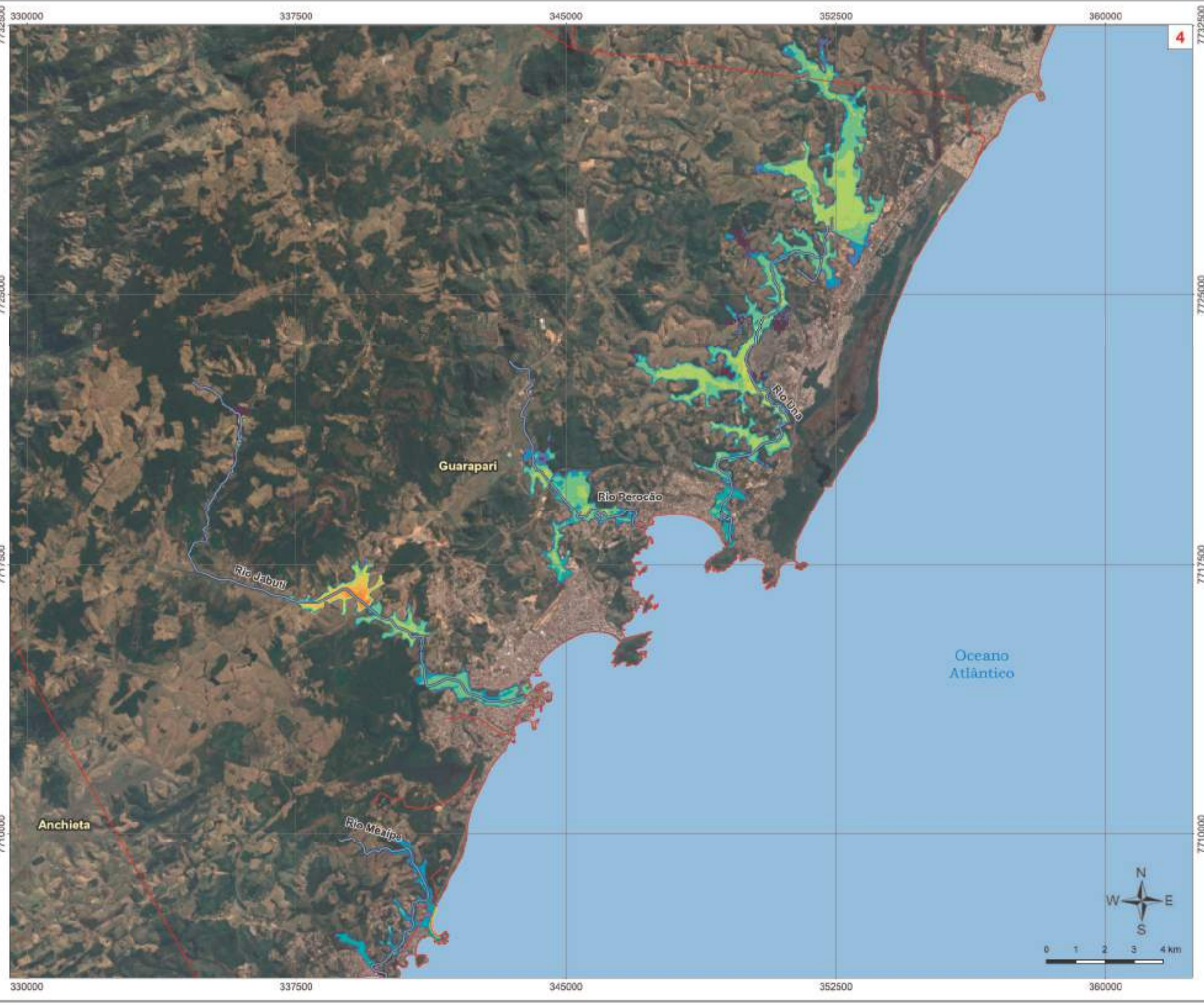
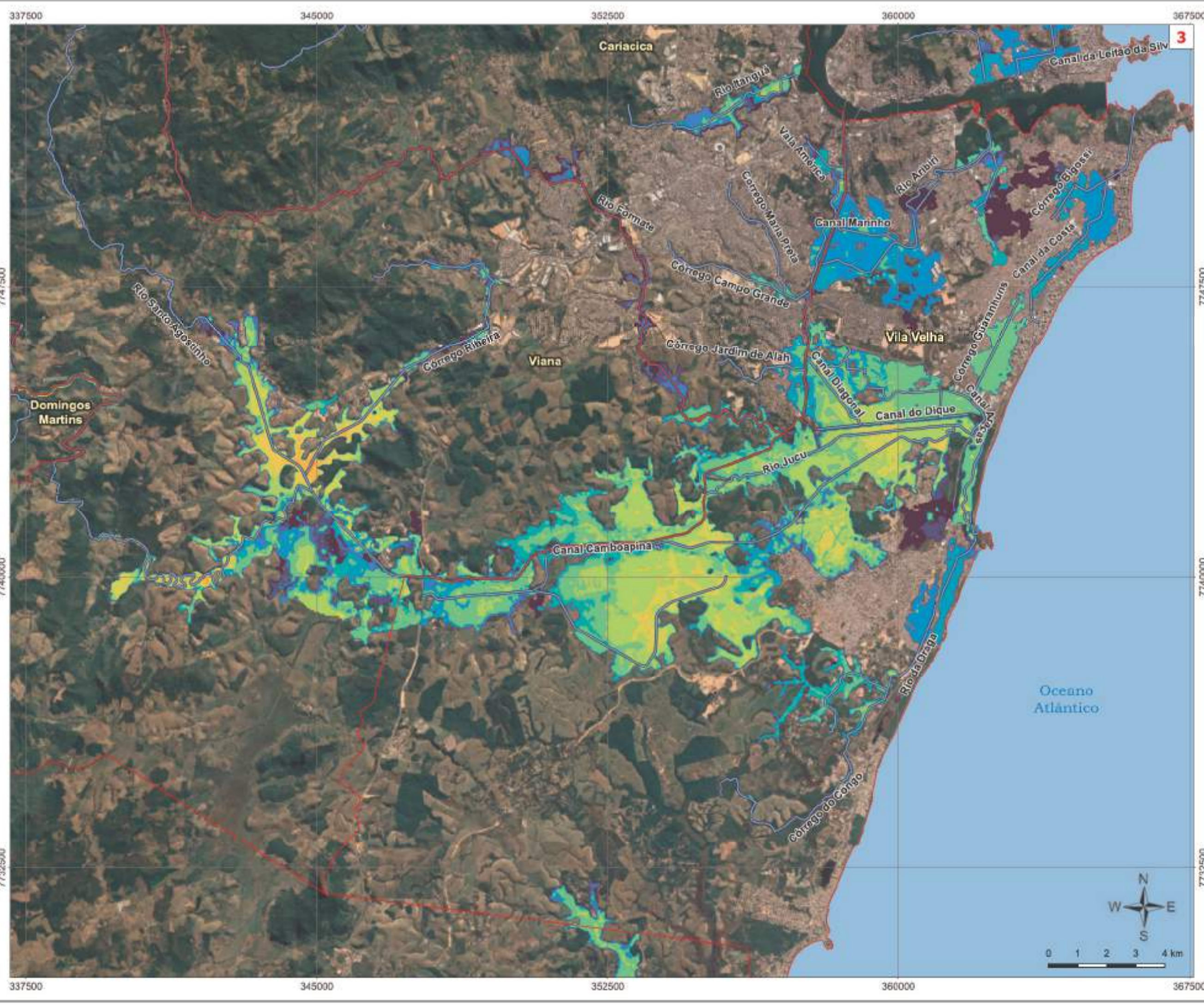
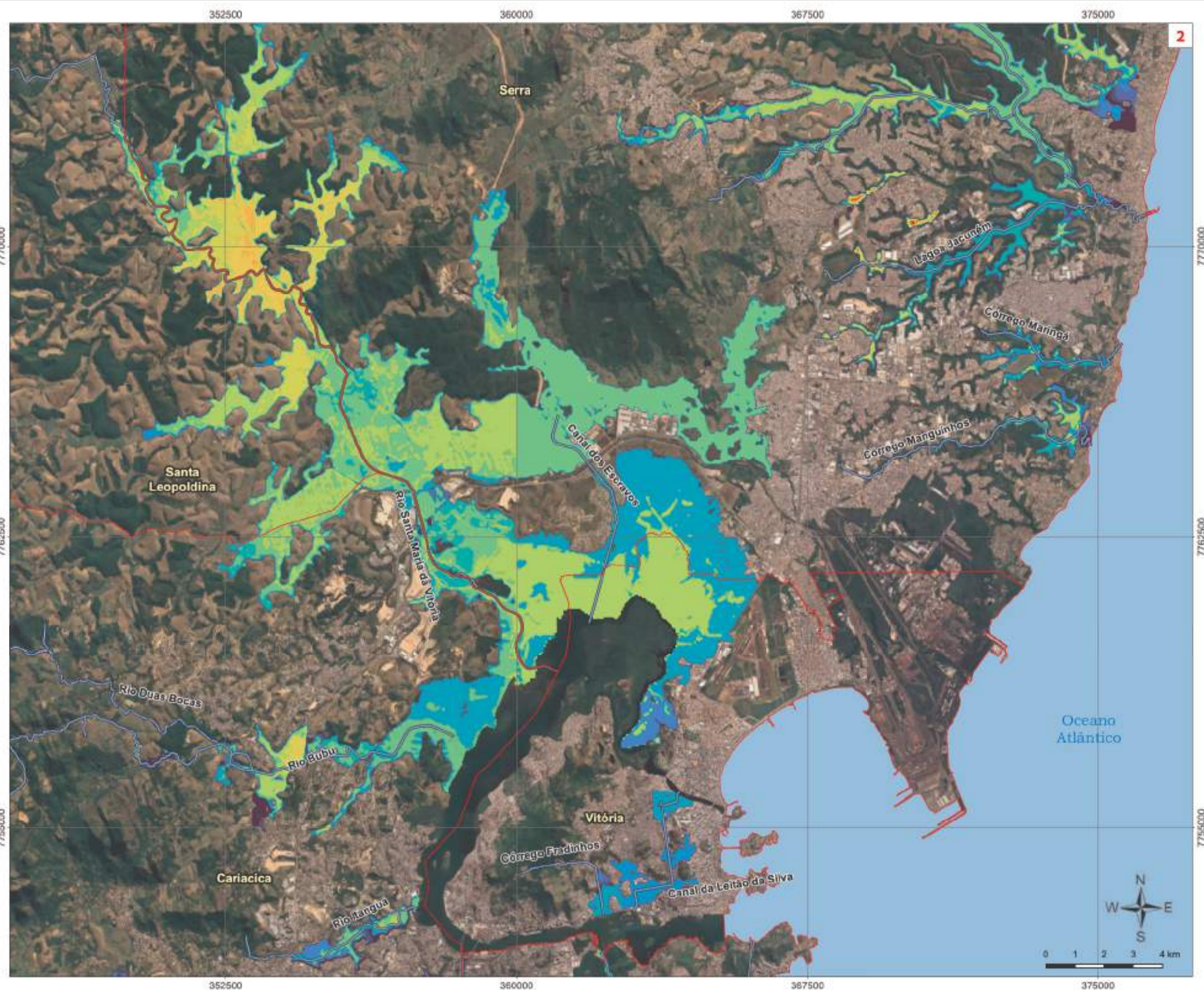
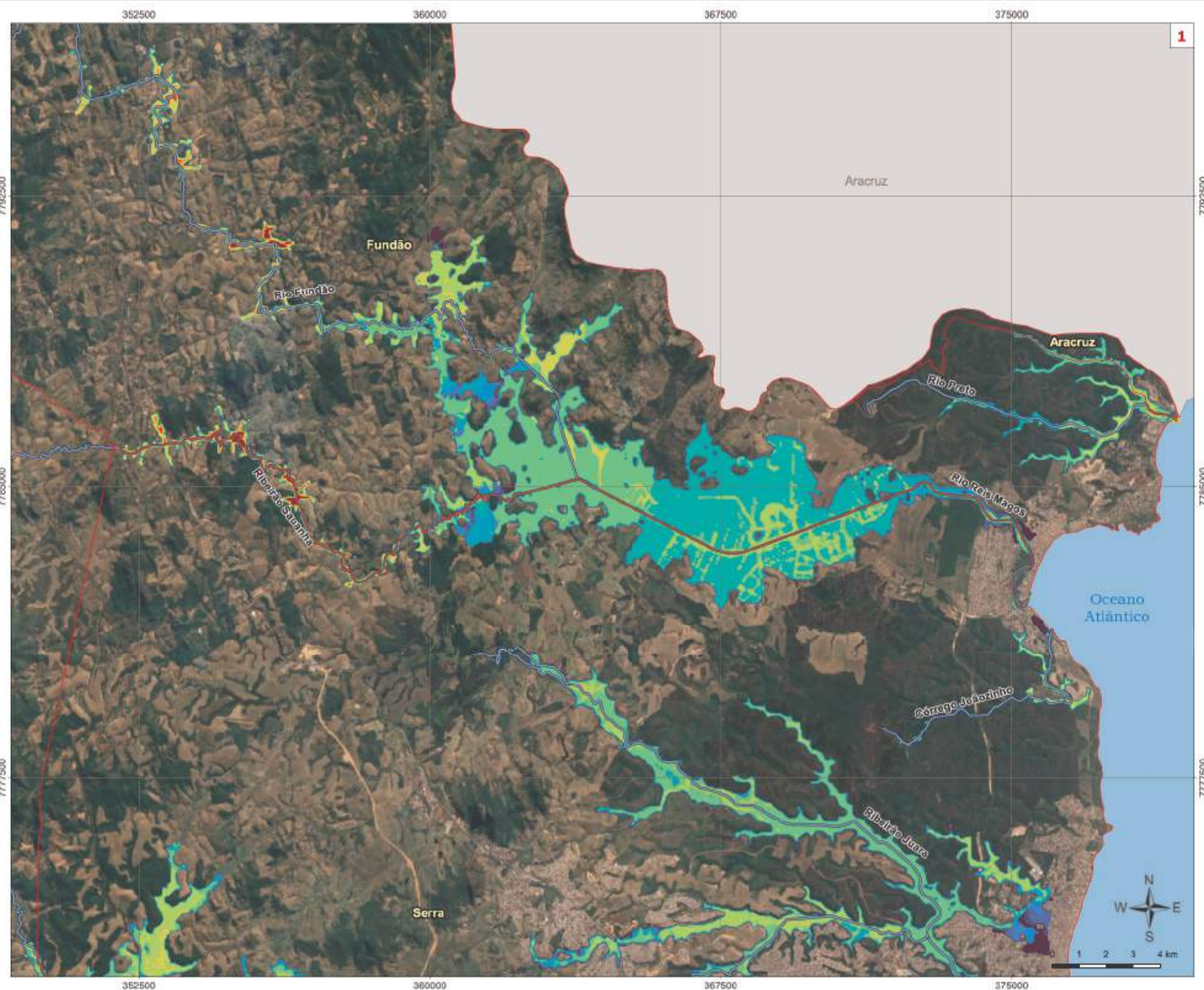
Programa: PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM

Contratada: TETRA TECH, CONCREMAT, PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS

Assunto: PRODUTO 4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

Título: CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2020 - TR 050 ANOS

Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1



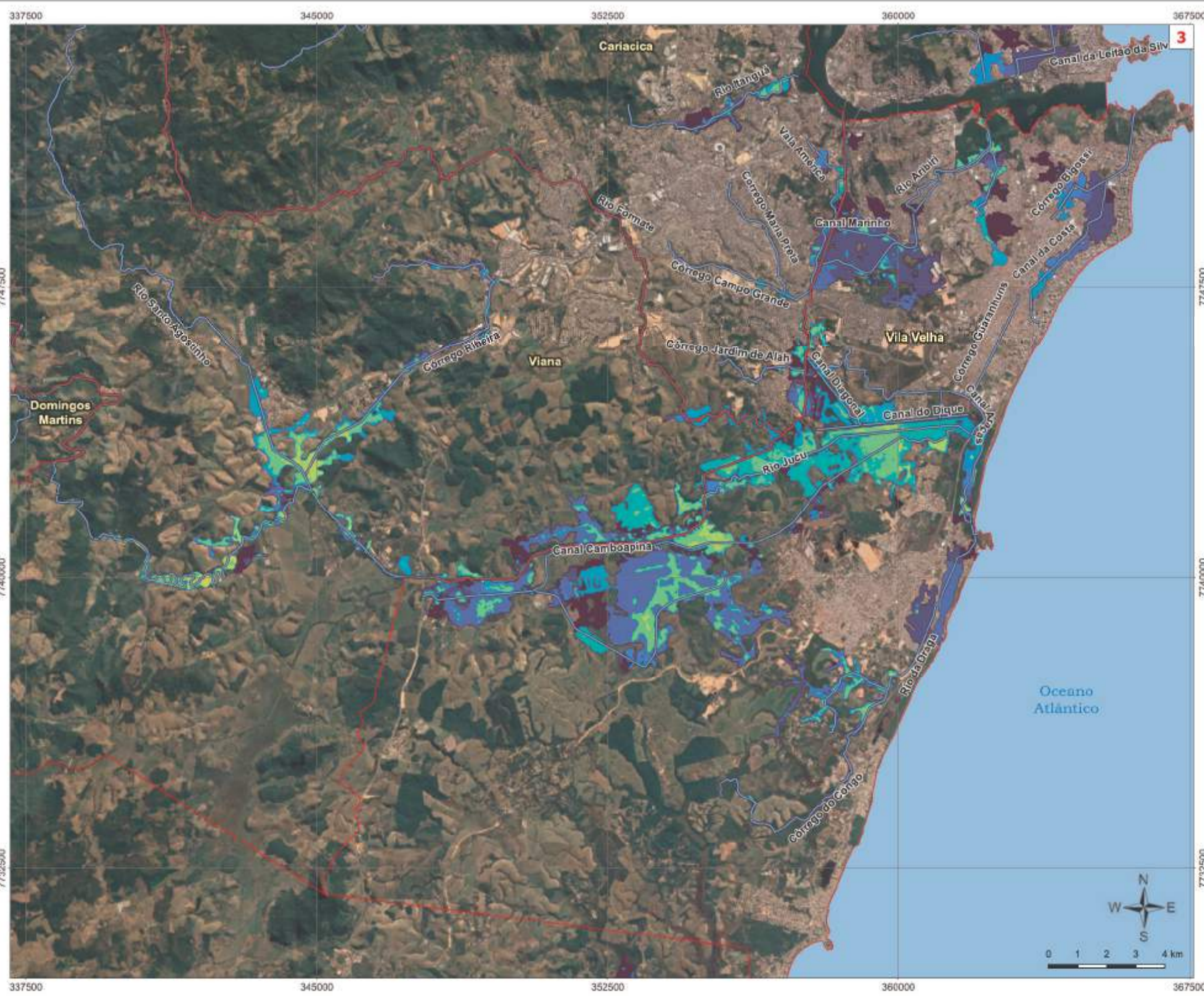
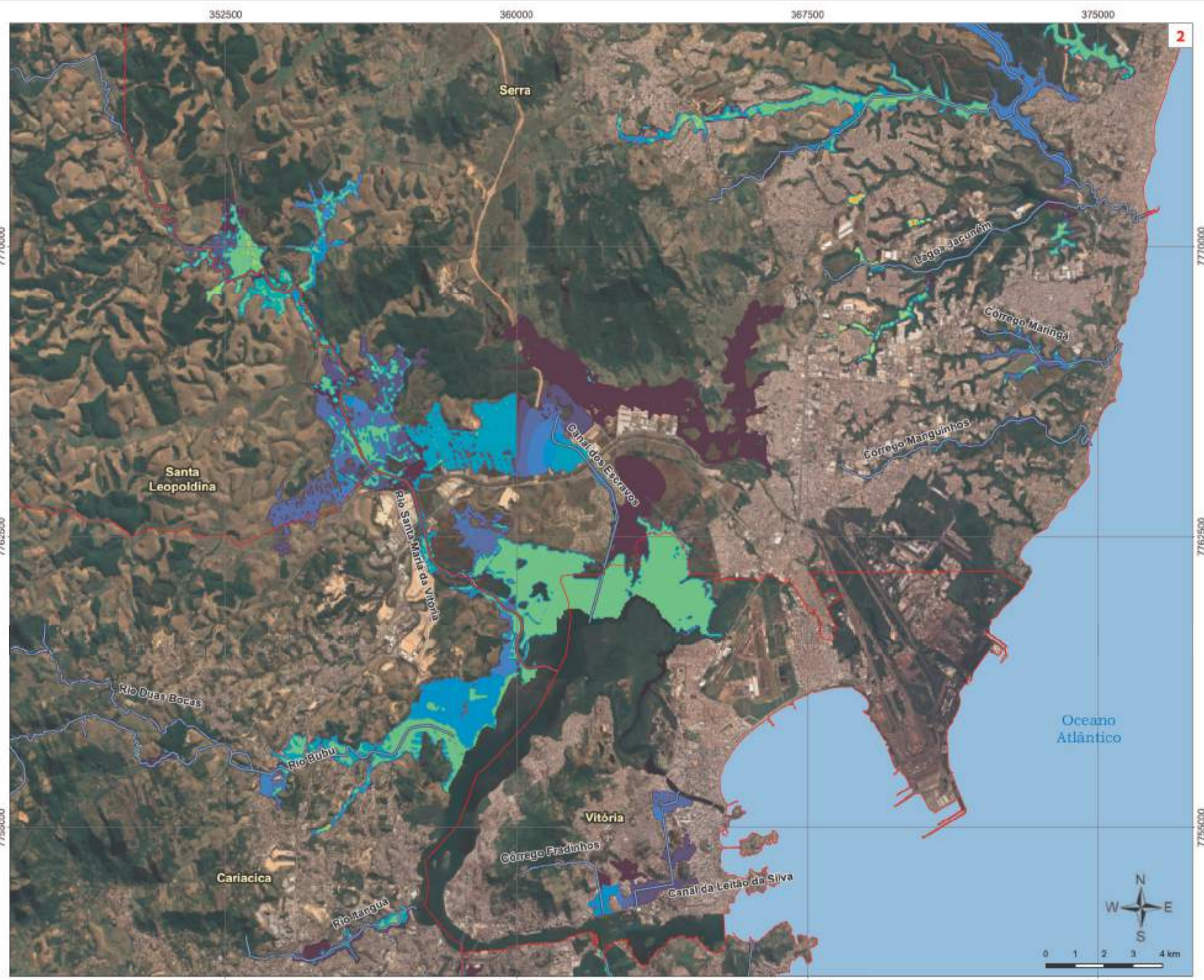
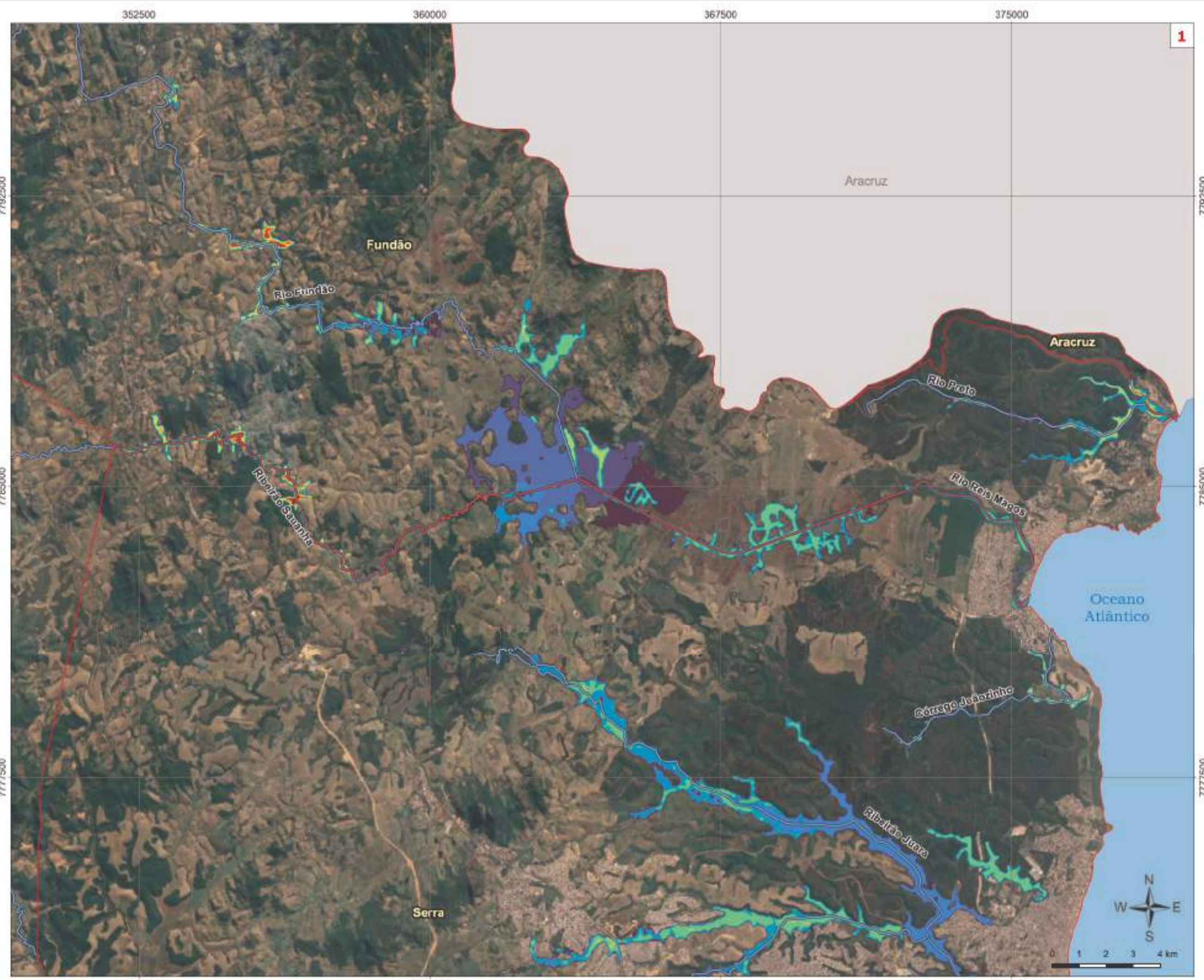
**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000  
 Escala: Indicada no mapa

REV	EMISSÃO INICIAL	DESCRÇÃO	DATA	ELA	VER	MAC	ER
0	EMISSÃO INICIAL		04/21	GFE	MAC	ER	

Contratante: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO - CESAN  
 Programa: PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM  
 Contratada: TETRA TECH, CONCREMAT  
 Projeto: PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS  
 Assunto: PRODUTO 4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA  
 Título: CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2020 - TR 100 ANOS  
 Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000  
 Escala: Indicada no mapa

0	EMISSÃO INICIAL	out/21	GFE	MAC	ER
REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELA	VER	APR

Contratante: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO - CESAN

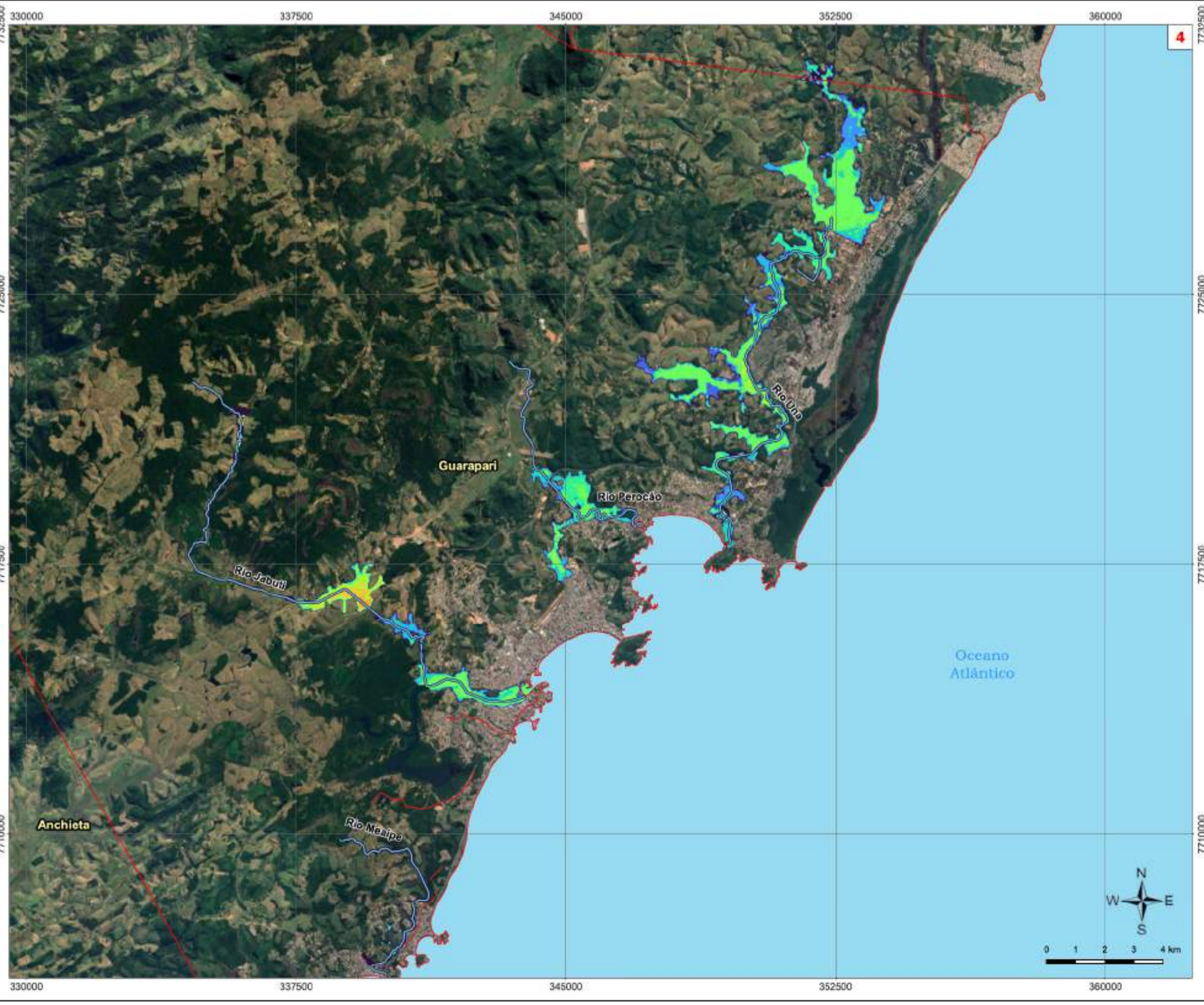
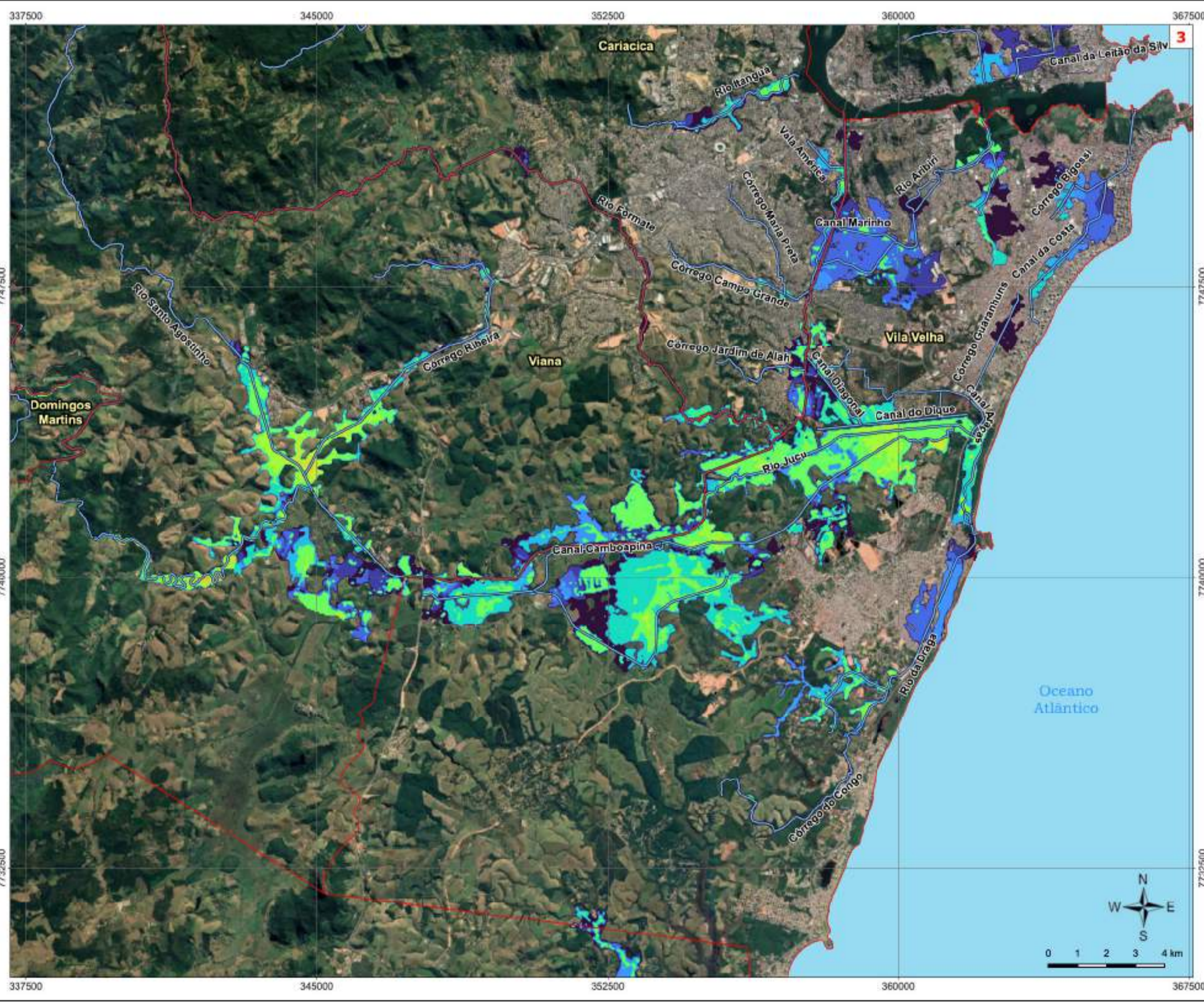
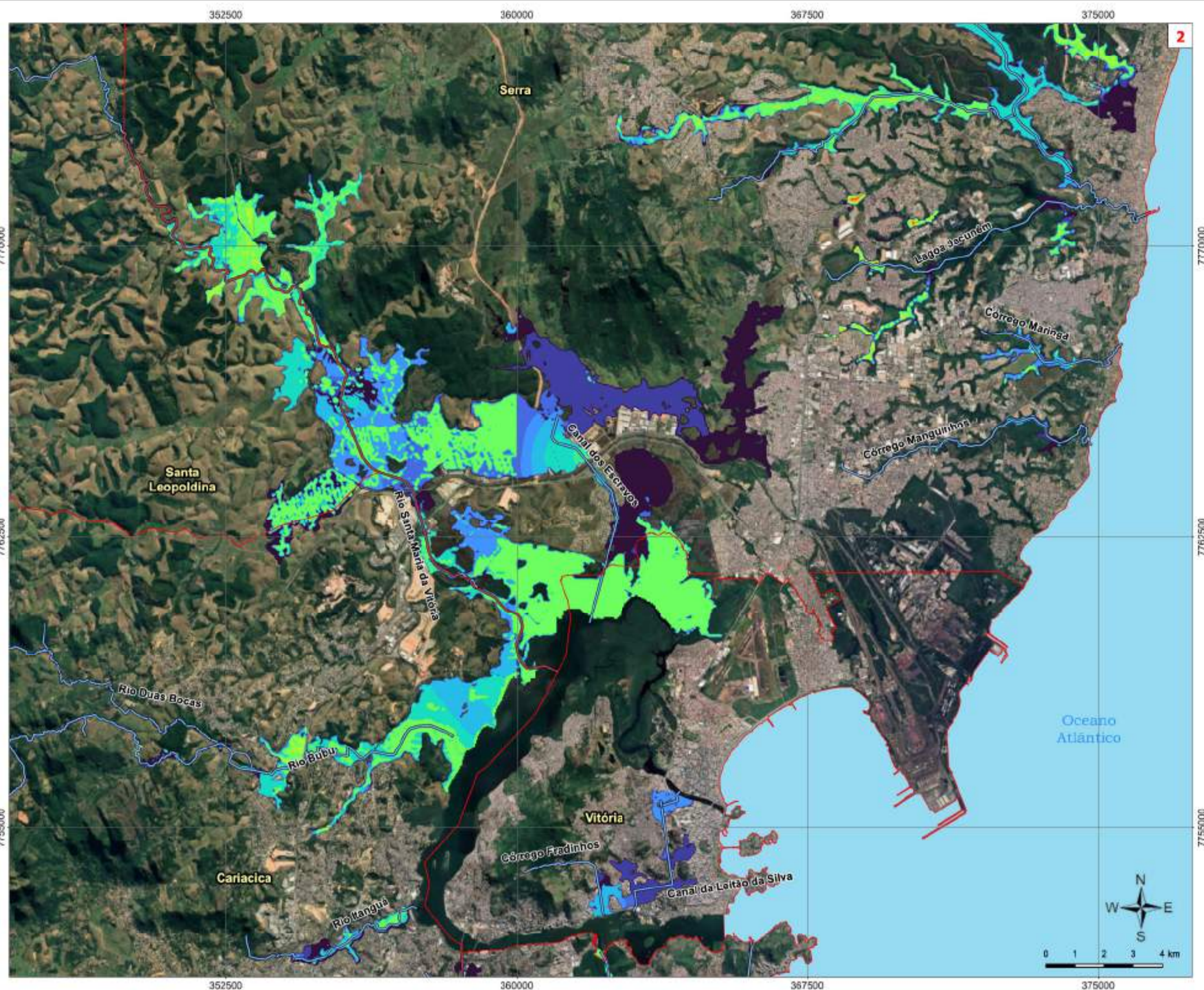
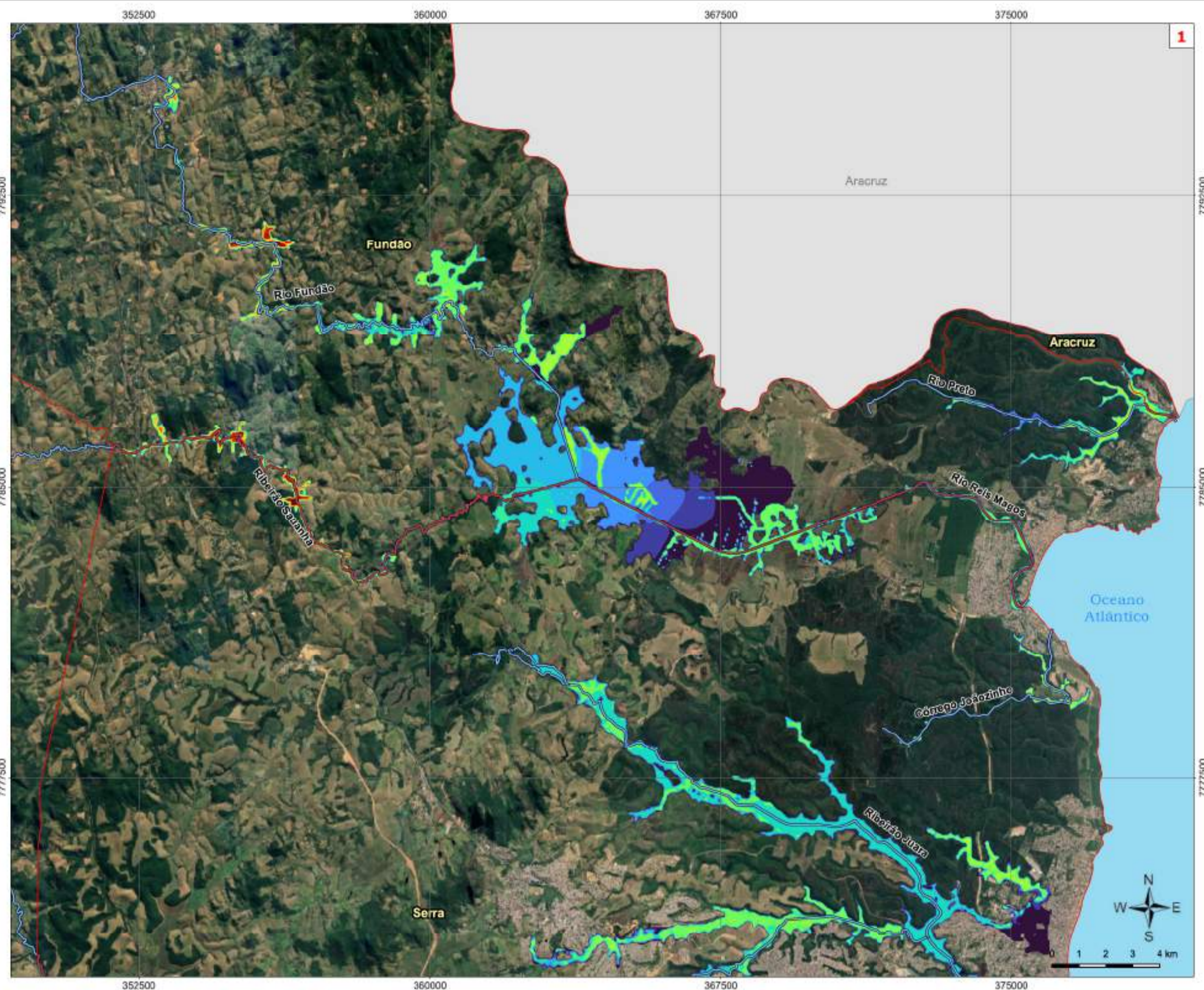
Programa: PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM

Contratada: TETRA TECH, CONCREMAT, PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS

Assunto: PRODUTO 4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

Título: CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2025 - TR 005 ANOS

Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia

**Espessura da lâmina d'Água**

- 0,01 - 0,09m
- 0,10 - 0,19m
- 0,20 - 0,29m
- 0,30 - 0,39m
- 0,40 - 0,49m
- 0,50 - 0,79m
- 0,80 - 0,99m
- 1,00 - 1,09m
- 2,00 - 2,99m
- 3,00 - 3,99m
- 4,00 - 4,99m
- 5,00 - 5,99m
- 6,00 - 6,99m
- 7,00 - 7,99m
- 8,00 - 8,99m
- 9,00 - 9,99m
- > 10,00m

Referências Geográficas  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum SIRGAS 2000

Escala  
 Indicada no mapa

REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELA	VER	APR
0	EMISSÃO INICIAL				

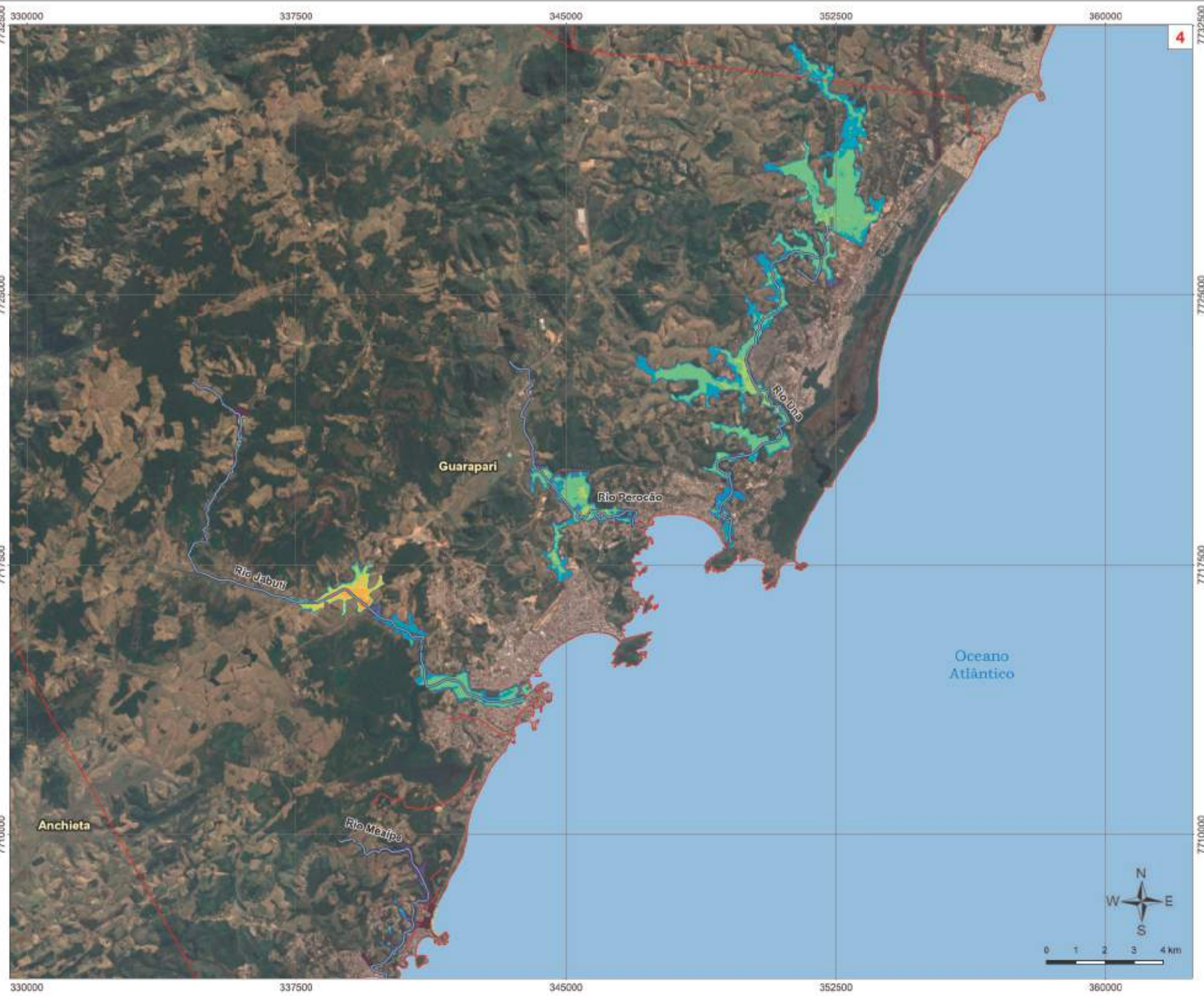
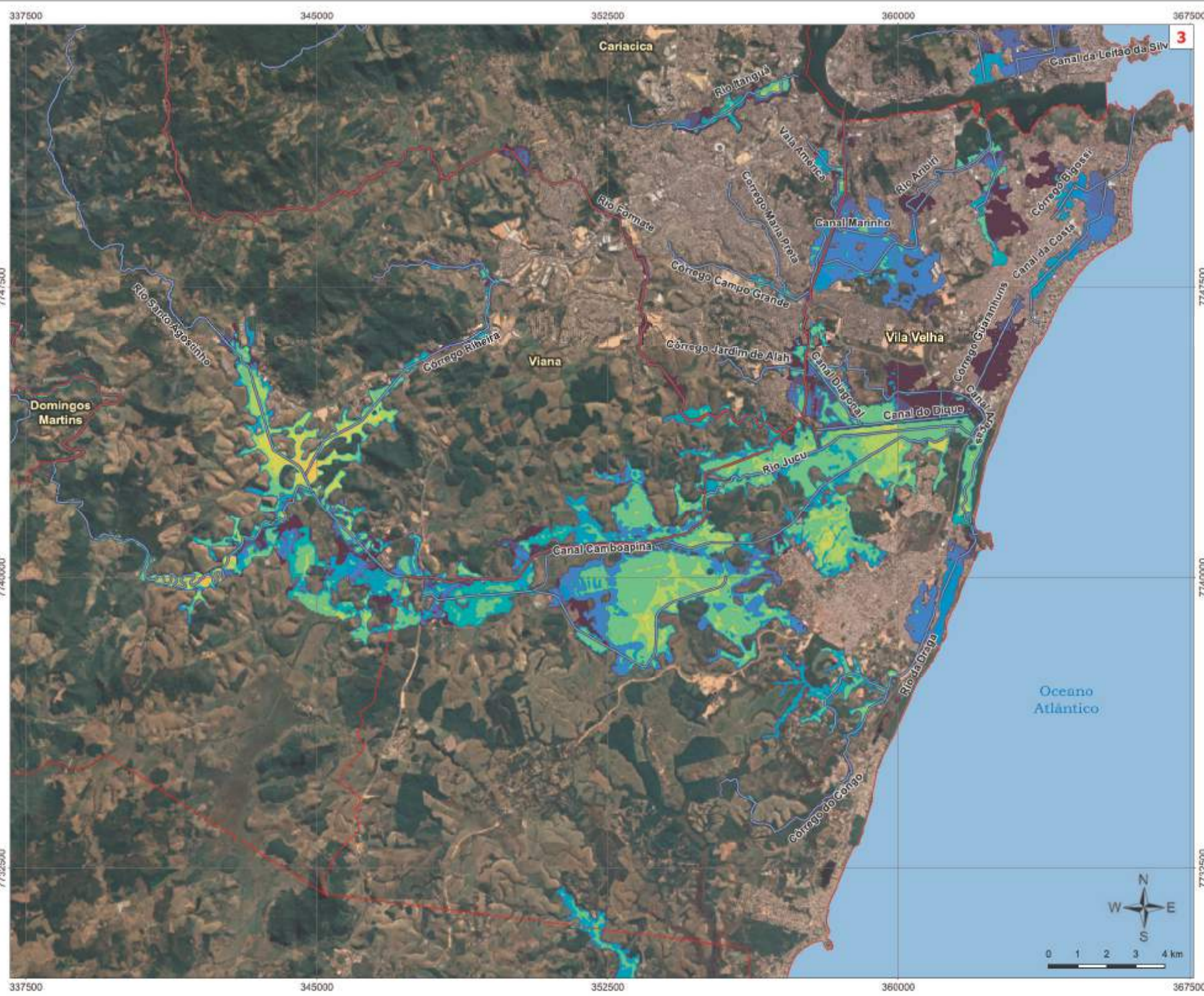
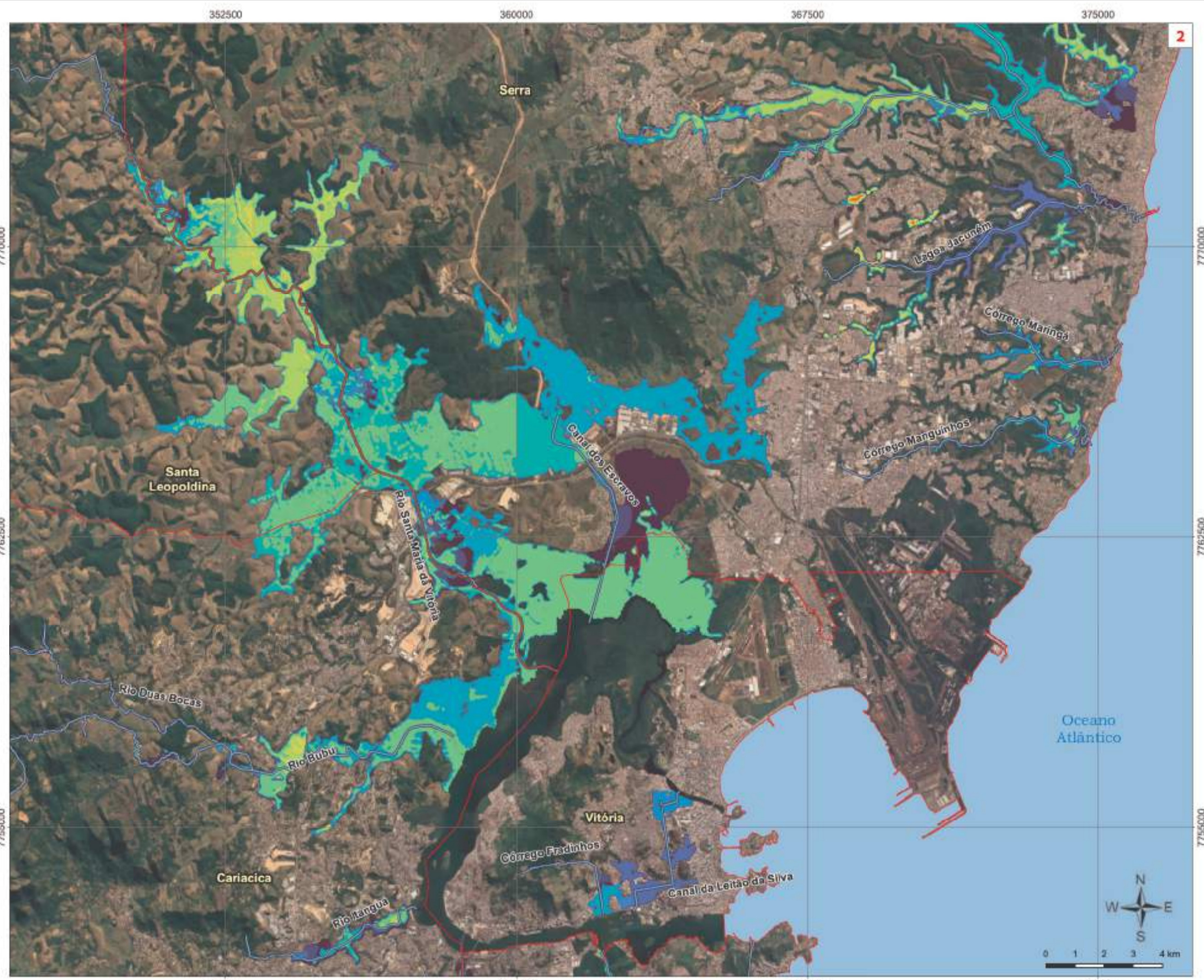
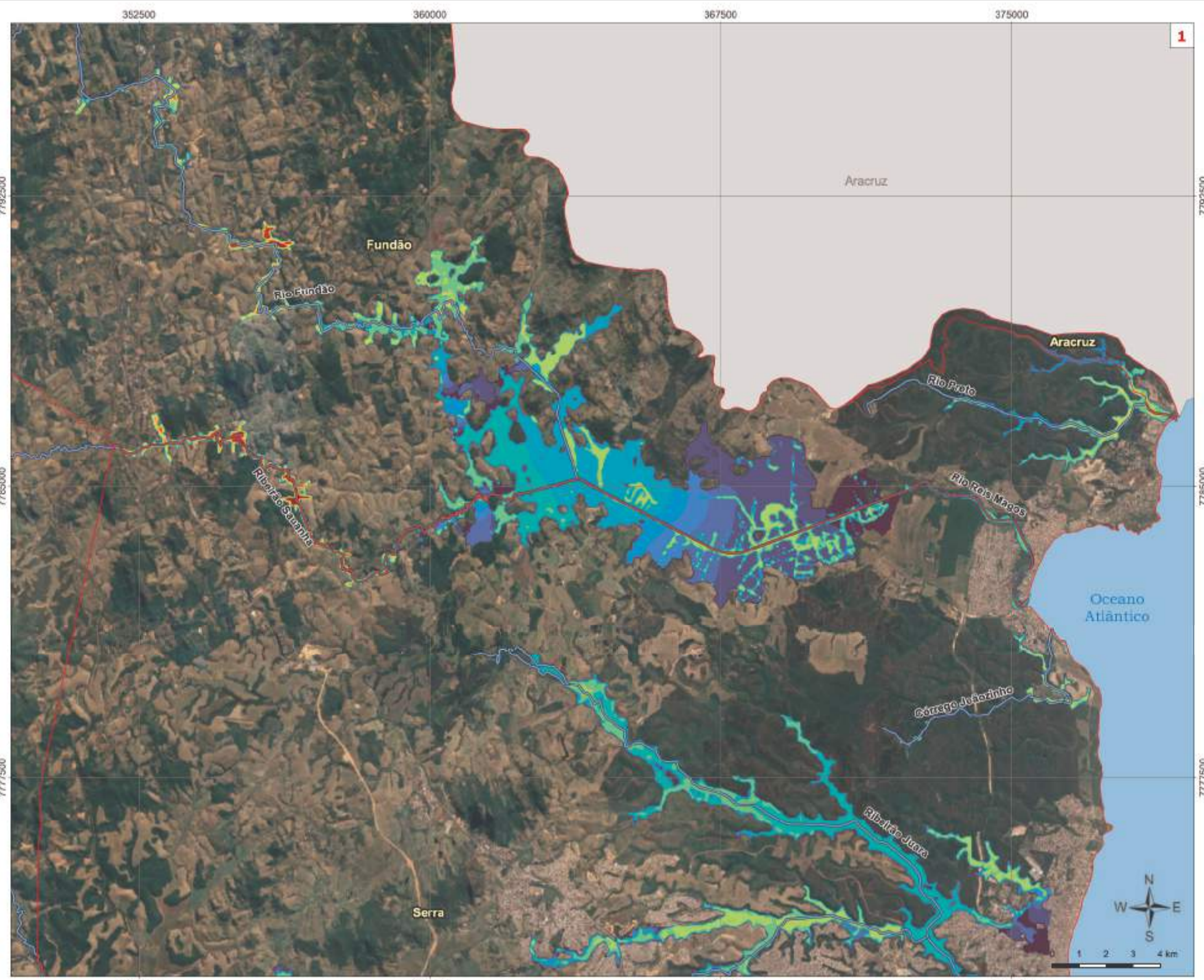
GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE  
 SANEAMENTO - CESAN

PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM

PRODUTO 4.2  
 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2025 - TR 010 ANOS

Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000  
 Escala: Indicada no mapa

REV	EMISSÃO INICIAL	DESCRÇÃO	DATA	ELAB	VER	APR
0	EMISSÃO INICIAL		04/21	GFE	MAC	ER

Contratante: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO - CESAN

Programa: PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM

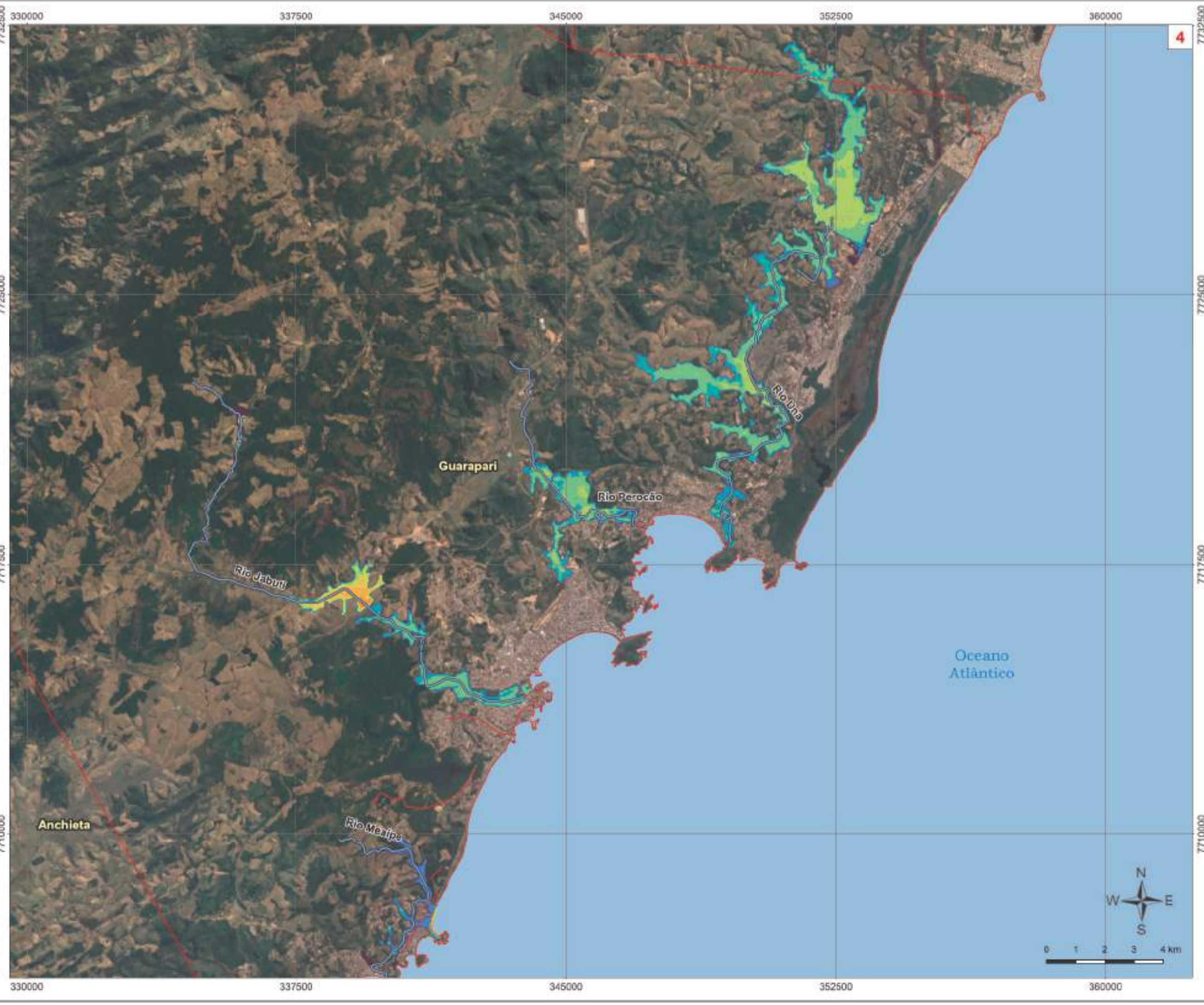
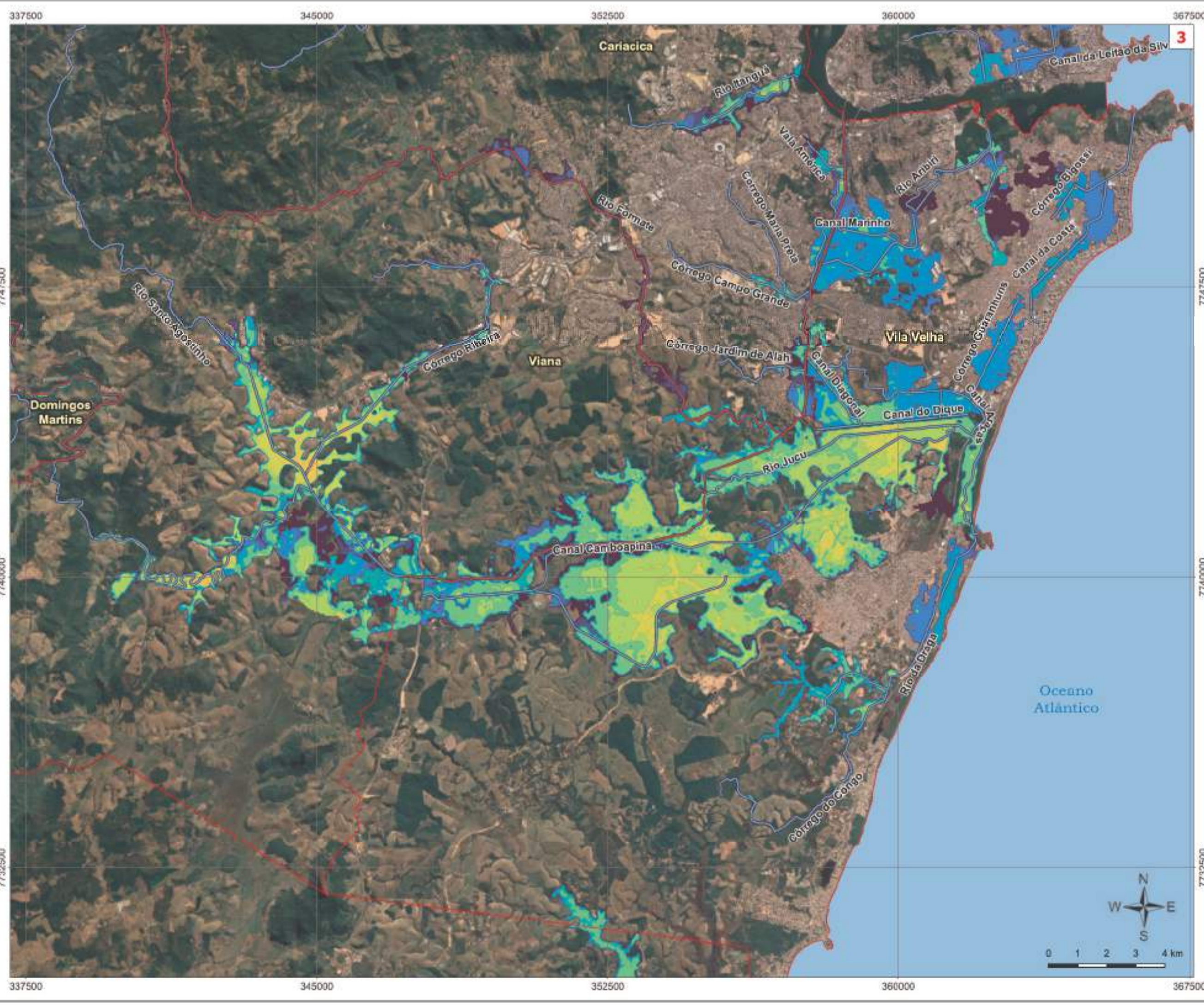
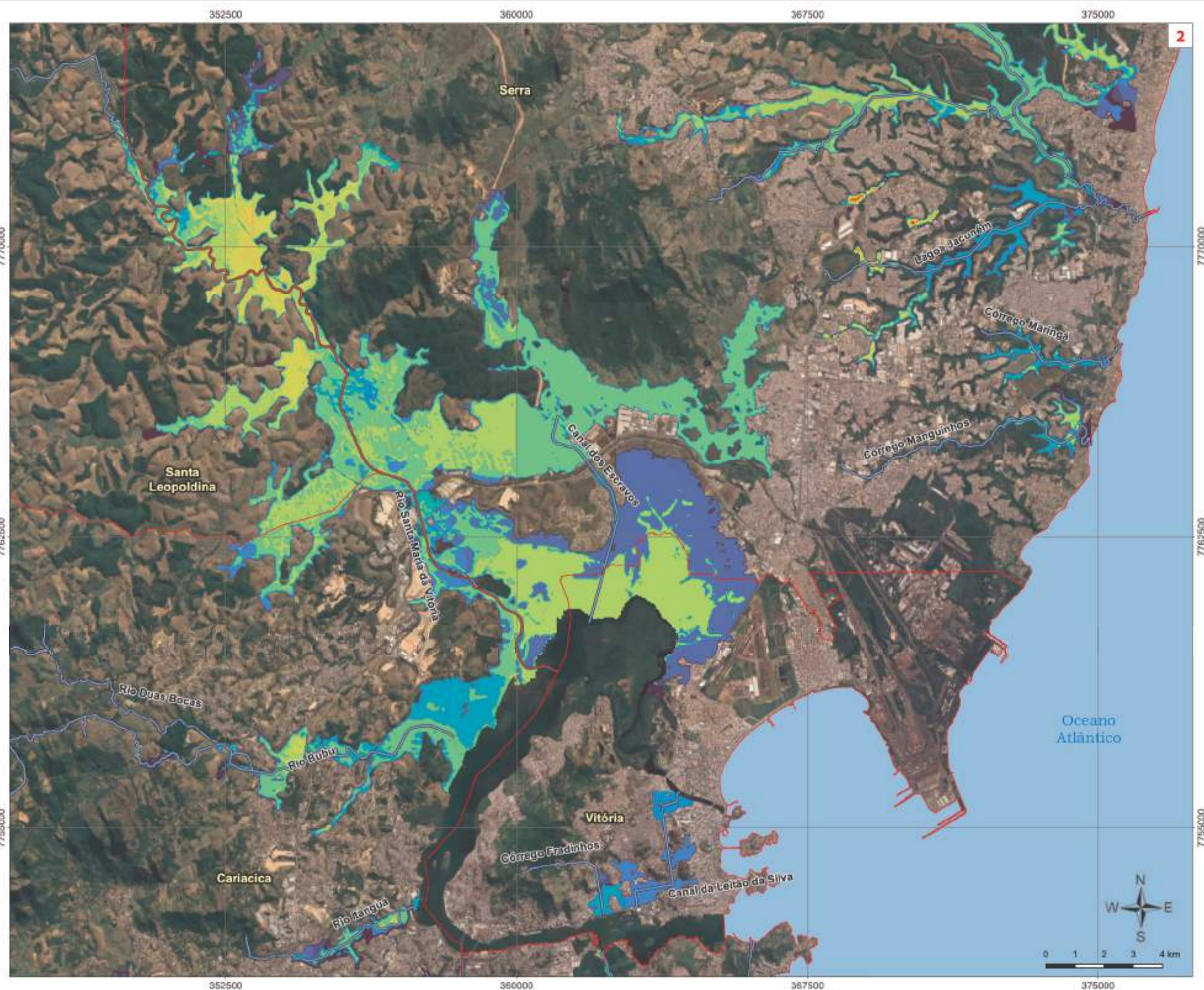
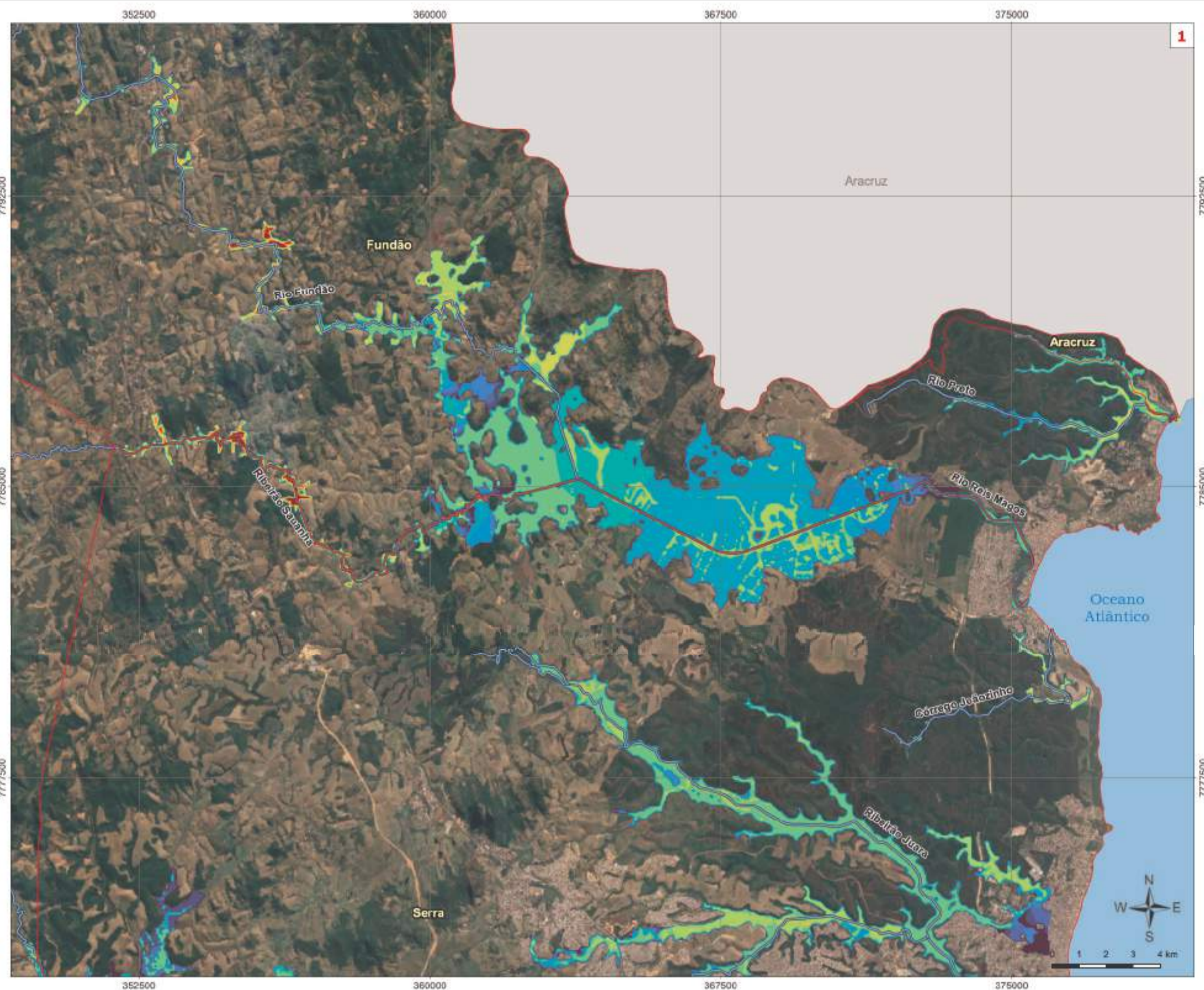
Contratada: TETRA TECH, CONCREMAT

Projeto: PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS

Assunto: PRODUTO 4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

Título: CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2025 - TR 025 ANOS

Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000

Escala  
 Indicada no mapa

REV	EMISSÃO INICIAL	DESCRÇÃO	DATA	ELA	VER	MAC	ER
0	EMISSÃO INICIAL		02/21	GFE	MAC	ER	

Contratante  
**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE  
 SANEAMENTO - CESAN

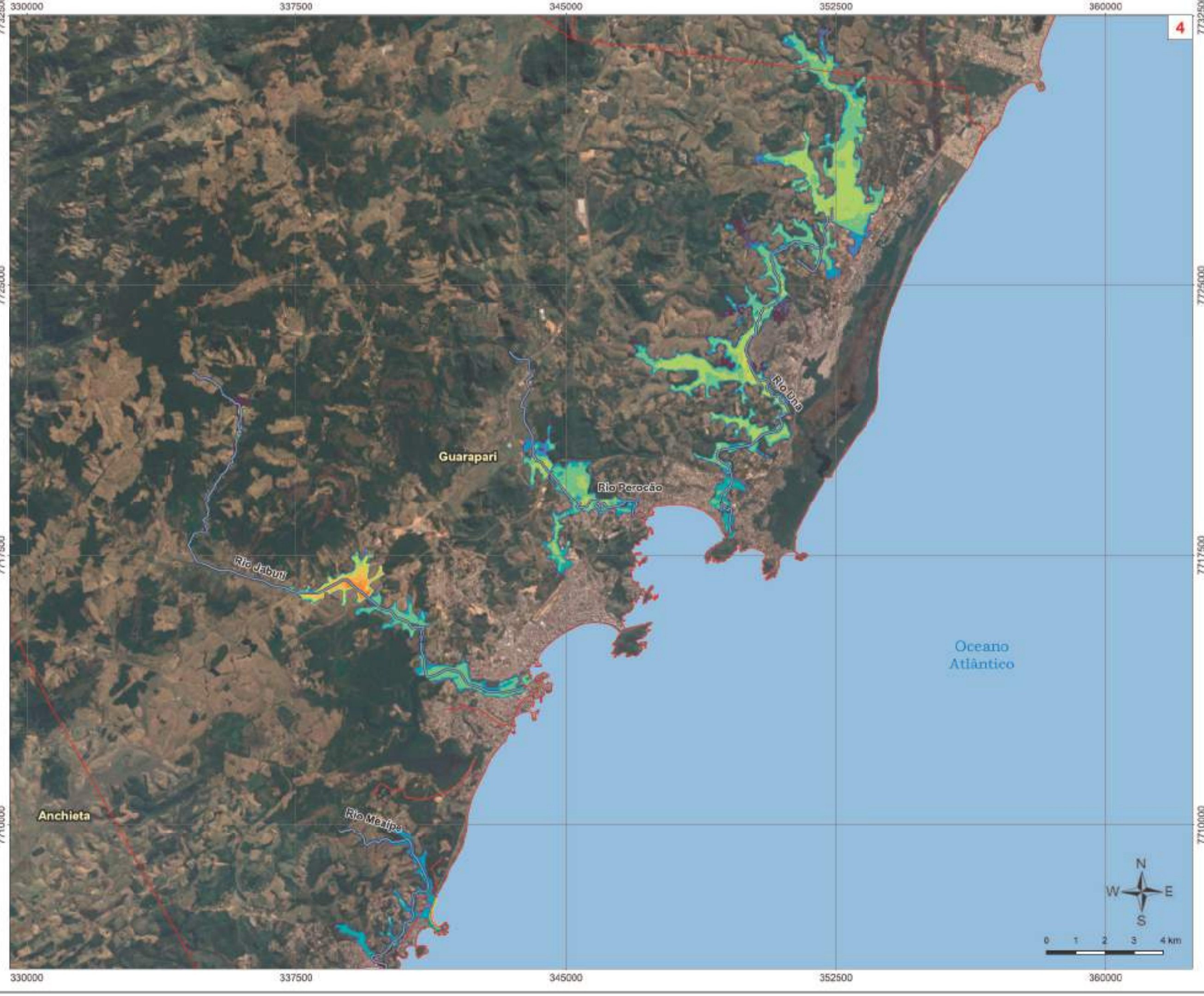
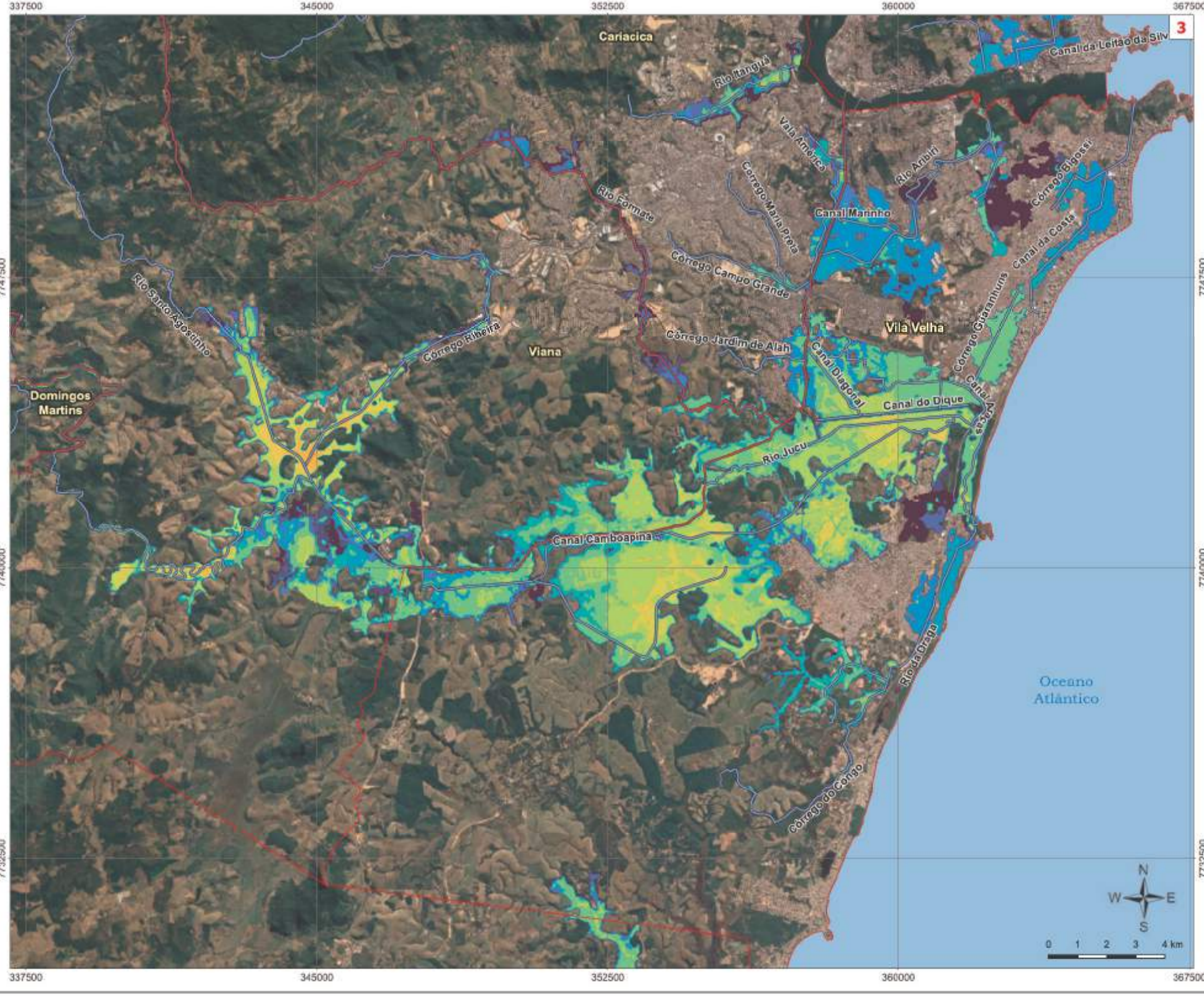
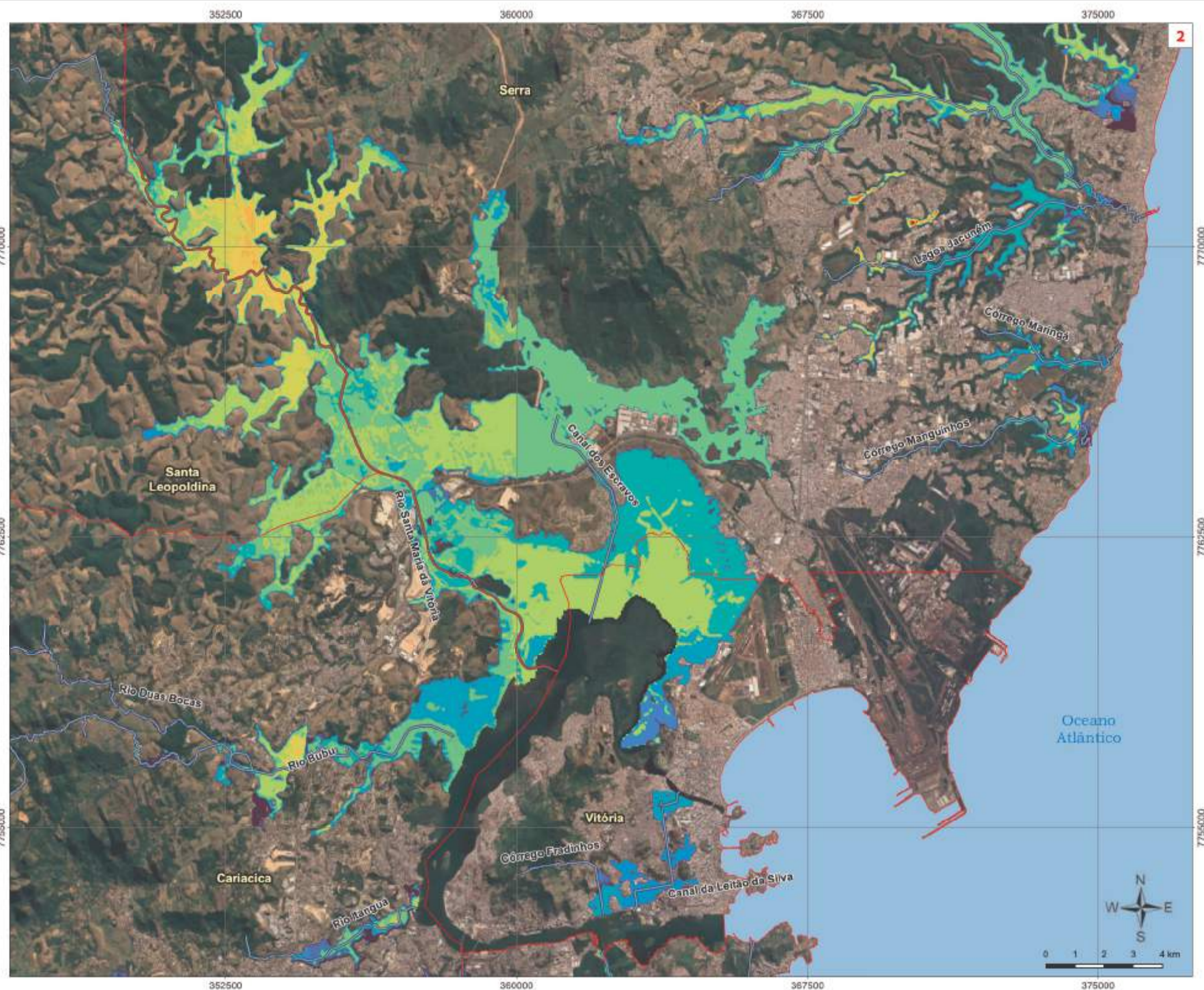
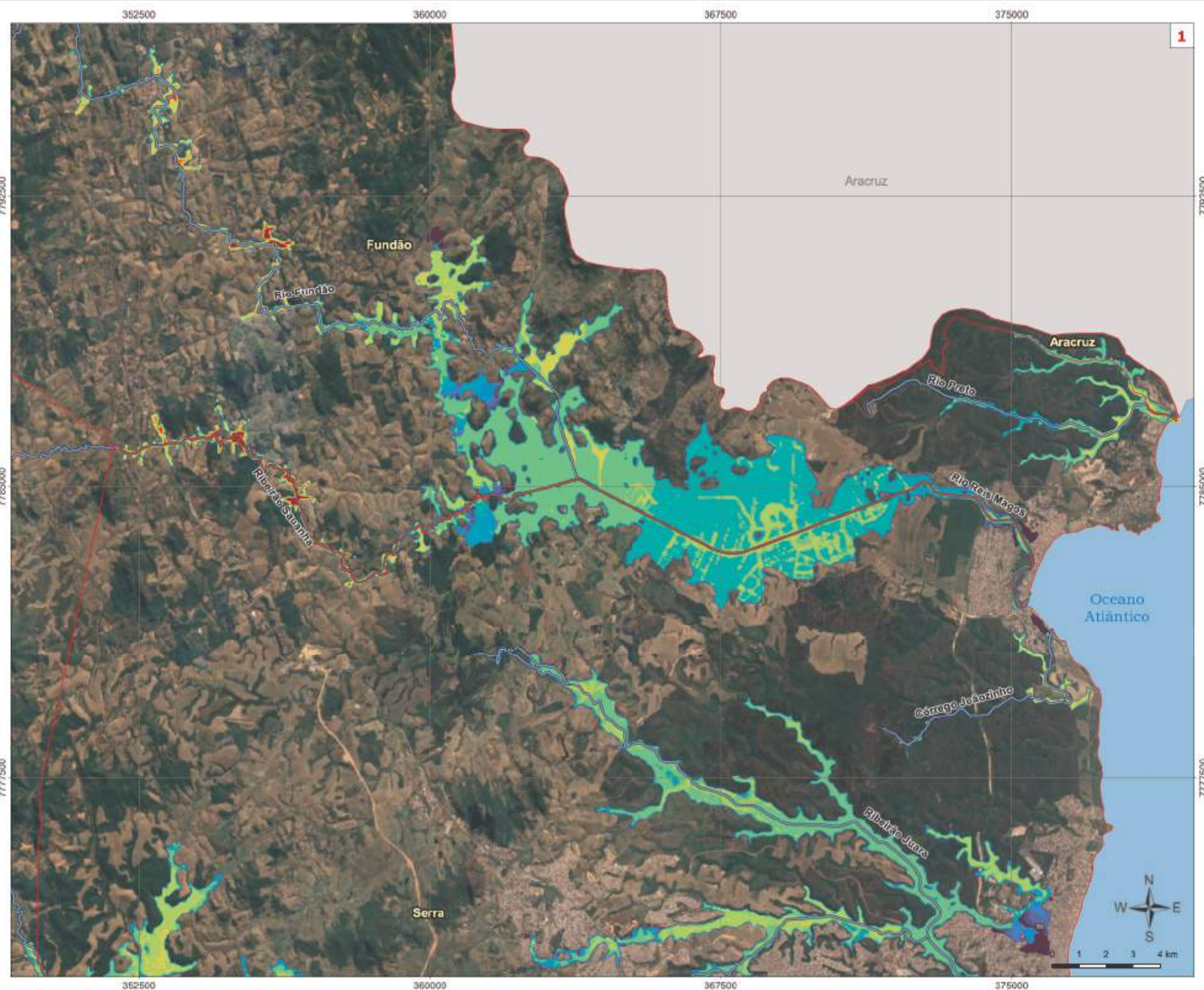
Programa  
**PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM**

Contratada  
**TETRA TECH**   **CONCREMAT**   Projeto: **PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS**

Assunto  
**PRODUTO 4.2**  
**ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA**

Título  
**CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2025 - TR 650 ANOS**

Responsável Técnico  
 Eduardo A. Yassuda   CREA Nº: 0601847385   Rev: 0   Folha: 1/1



**Legenda**

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Espessura da lâmina d'Água
  - 0,01 - 0,09m
  - 0,10 - 0,19m
  - 0,20 - 0,29m
  - 0,30 - 0,39m
  - 0,40 - 0,49m
  - 0,50 - 0,79m
  - 0,80 - 0,99m
  - 1,00 - 1,99m
  - 2,00 - 2,99m
  - 3,00 - 3,99m
  - 4,00 - 4,99m
  - 5,00 - 5,99m
  - 6,00 - 6,99m
  - 7,00 - 7,99m
  - 8,00 - 8,99m
  - 9,00 - 9,99m
  - > 10,00m

Referenciais Geográficos  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Zona: 24S  
 Datum: SIRGAS 2000

Escala: Indicada no mapa

REV	DESCRIÇÃO	DATA	ELAB.	VER.	APR.
0	EMISSÃO INICIAL	out/21	GFE	MAC	ER

Contratante: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
 COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO - CESAN

Programa: PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS E PAISAGEM

Contratada: TETRA TECH, CONCREMAT

Projeto: PLANO DIRETOR DE ÁGUAS URBANAS

Assunto: PRODUTO 4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E MODELAGEM HIDRÁULICA

Título: CENÁRIO DIAGNÓSTICO 2025 - TR 100 ANOS

Responsável Técnico: Eduardo A. Yassuda  
 CREA Nº: 0601847385  
 Rev: 0  
 Folha: 1/1

## **Apêndice B**

### **Resultados das Simulações para os Cenários 2020 e 2025**

**Períodos de Retorno:**

**5, 10, 25, 50 e 100 anos**

**Na Forma de Hidrogramas e Cotagramas**

## HIDROGRAMAS e COTAGRAMAS

Anos de 2020 e 2025

Localização dos pontos (seções) nos quais foram extraídas as curvas de Hidrograma e Cotograma para o Município de Vila Velha e afluentes da margem esquerda do Rio Marinho em Cariacica

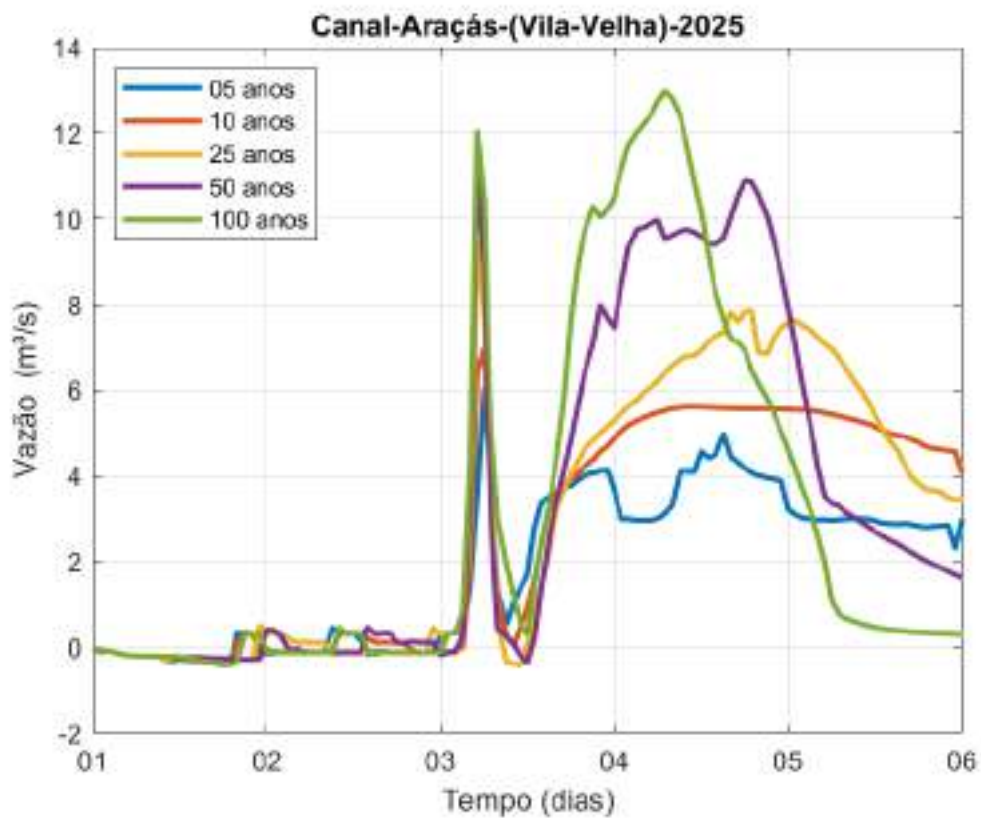
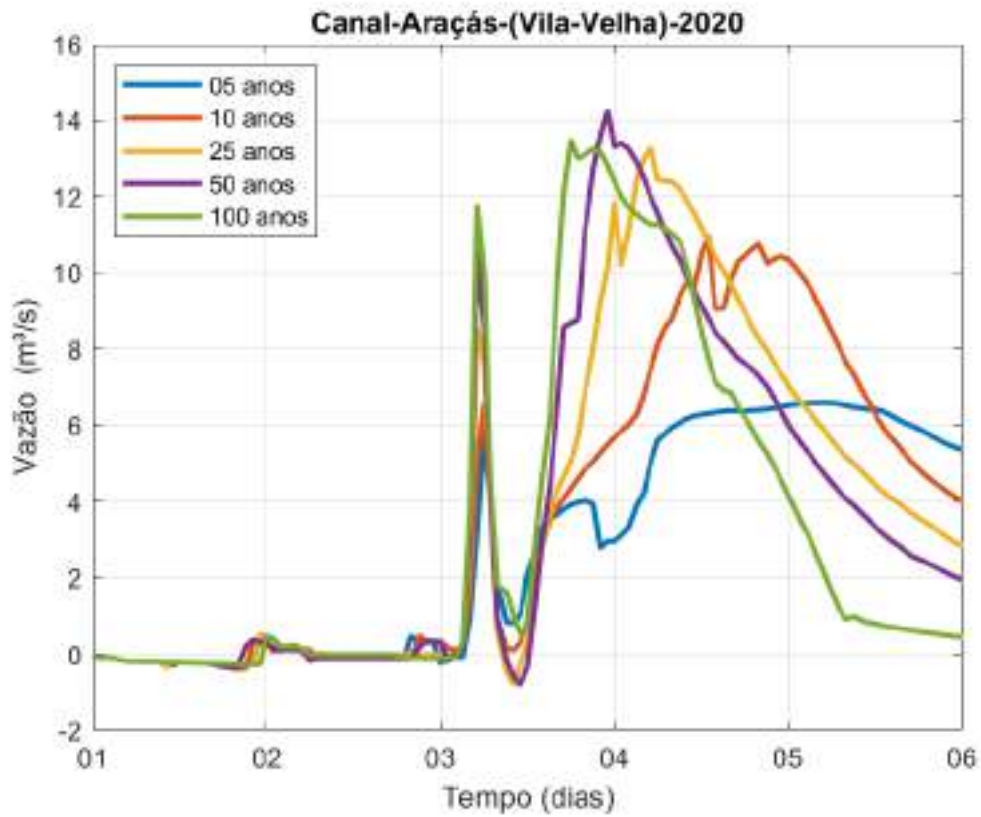


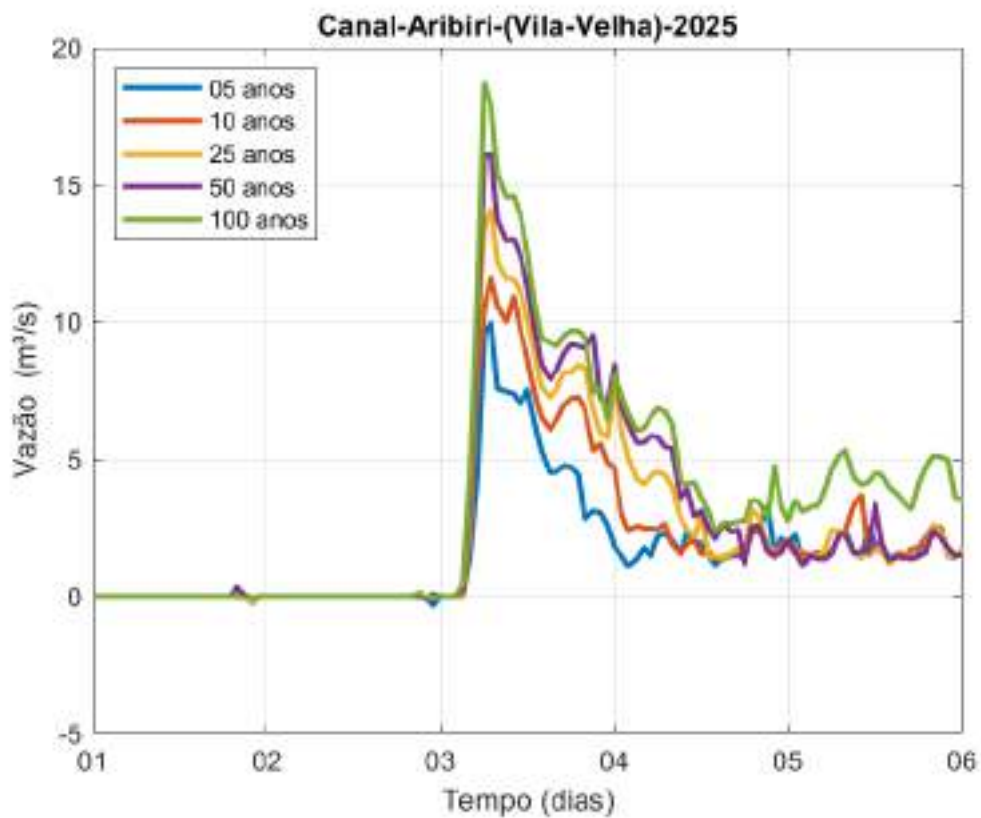
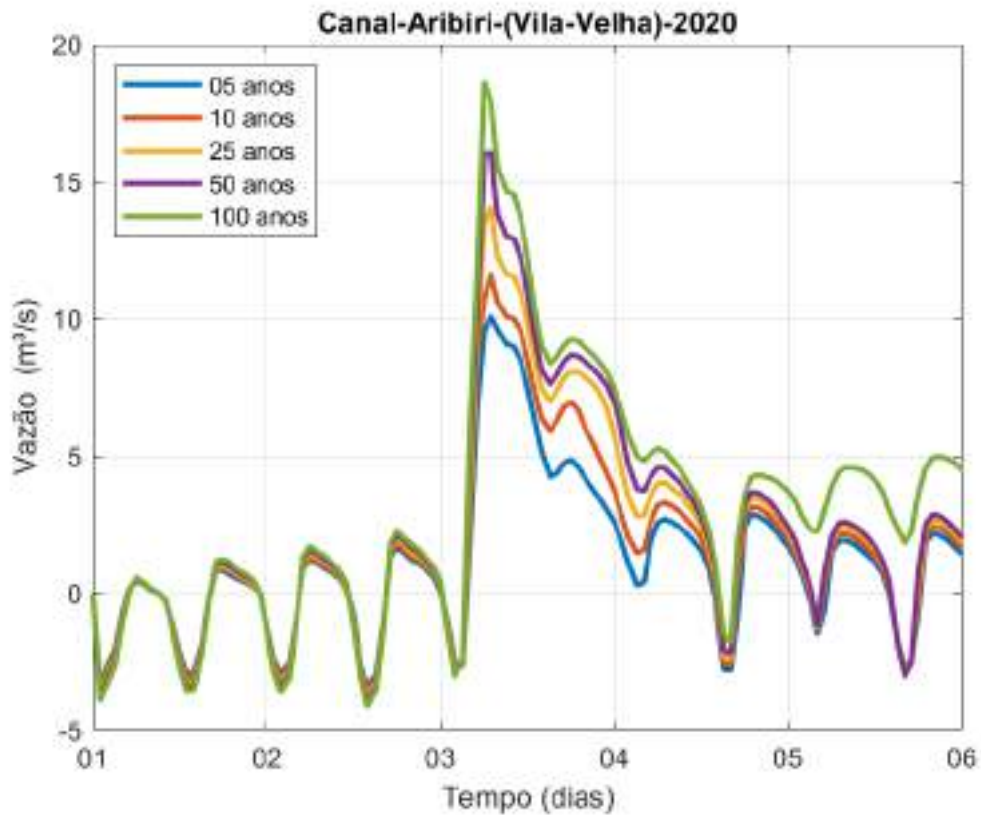
# **HIDROGRAMAS**

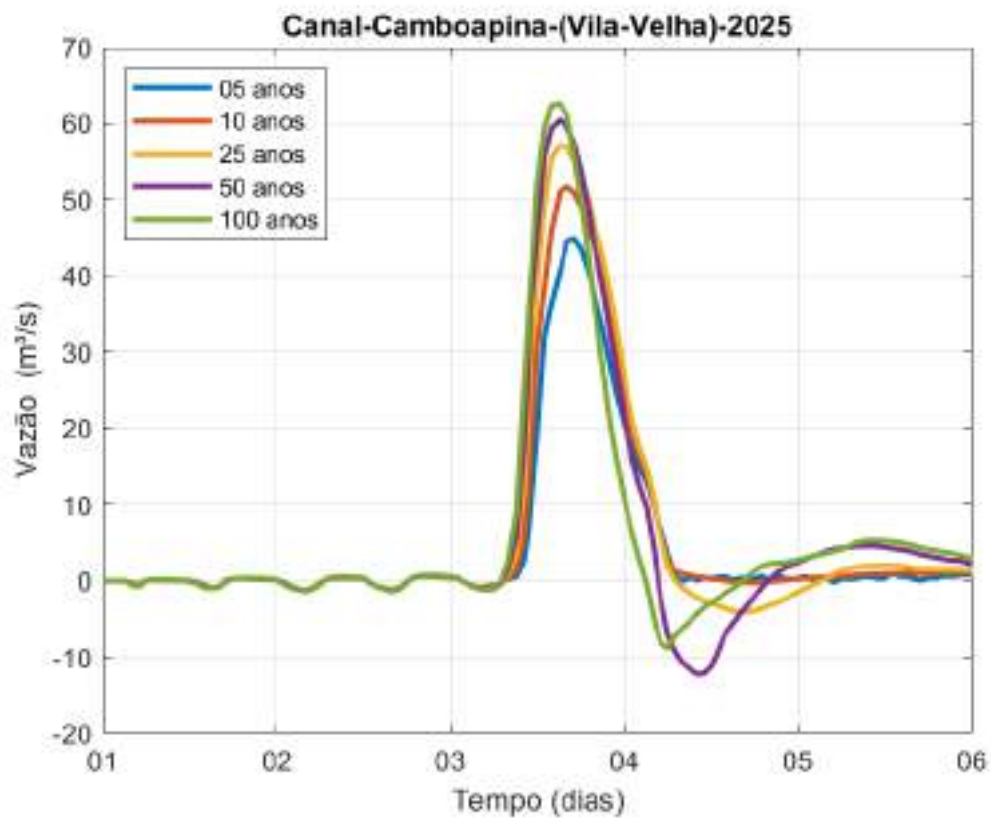
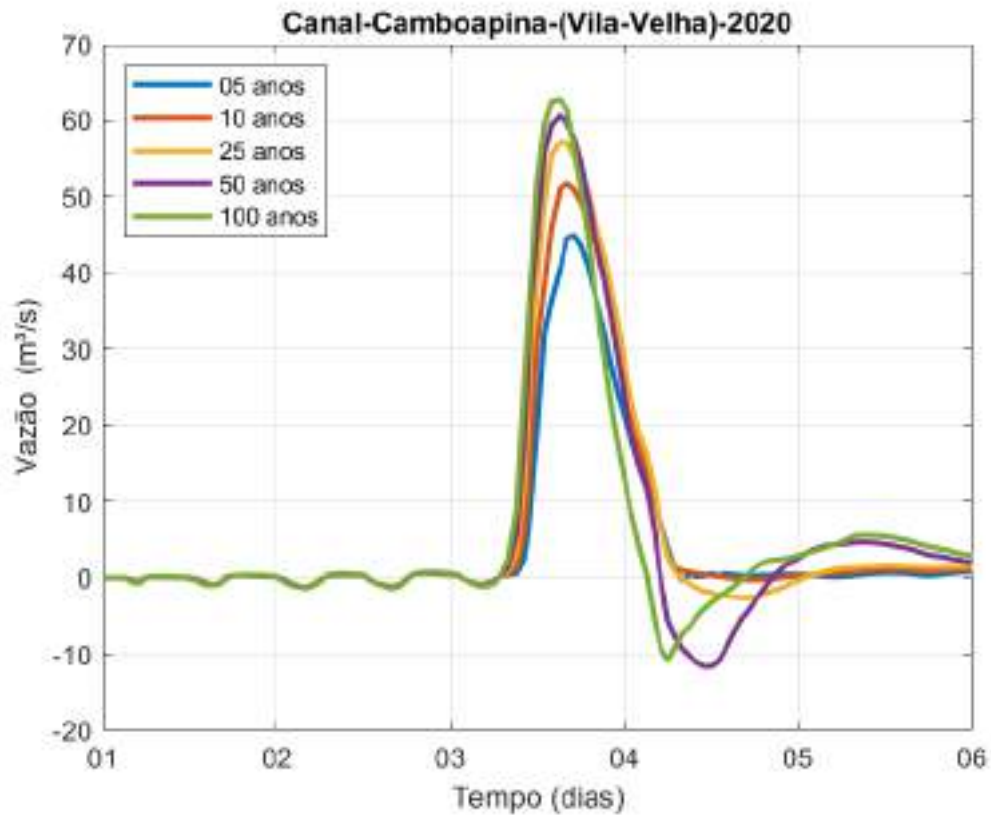
**Anos de**

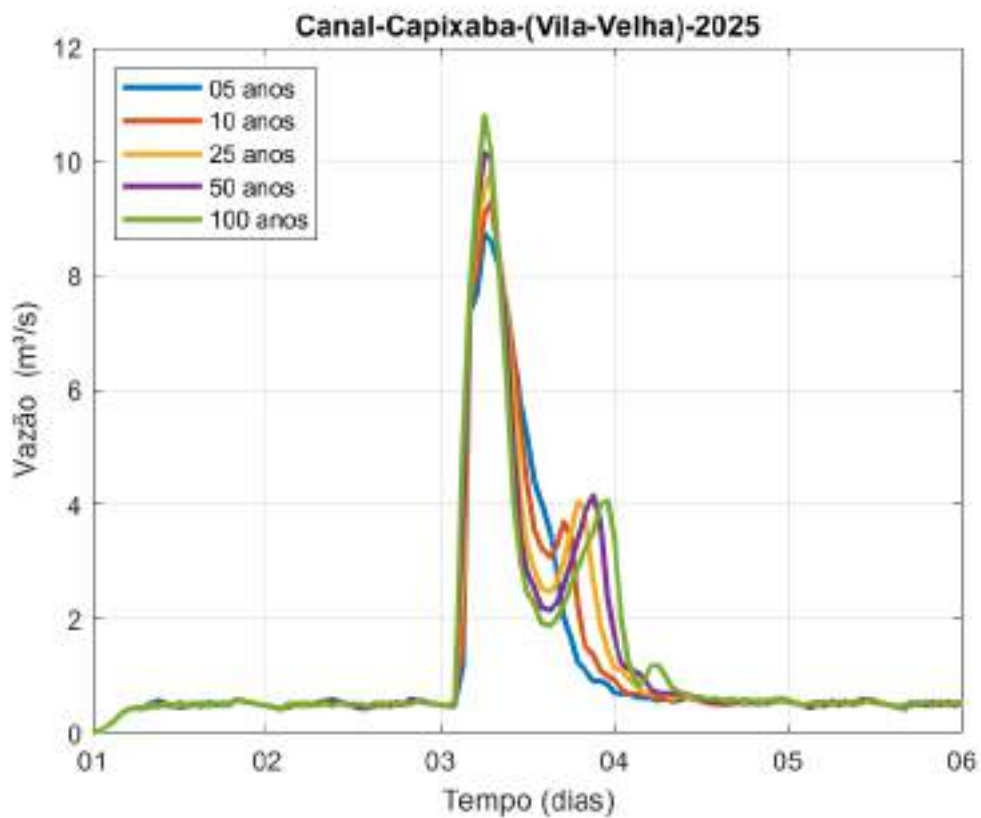
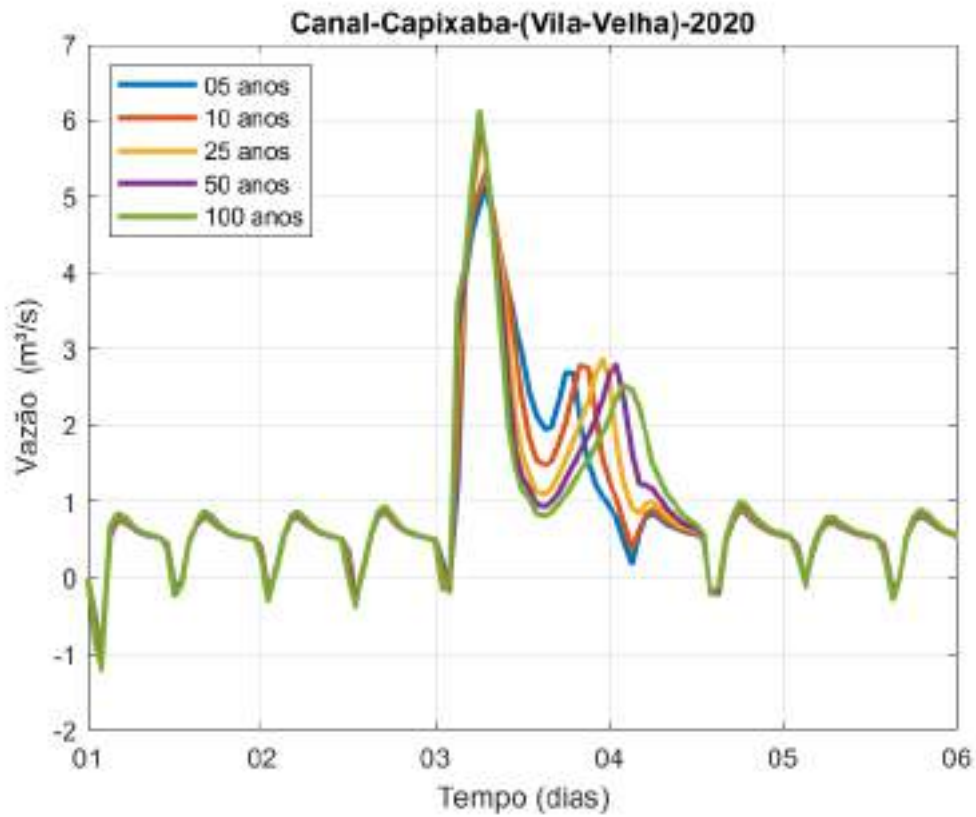
**2020 e 2025**

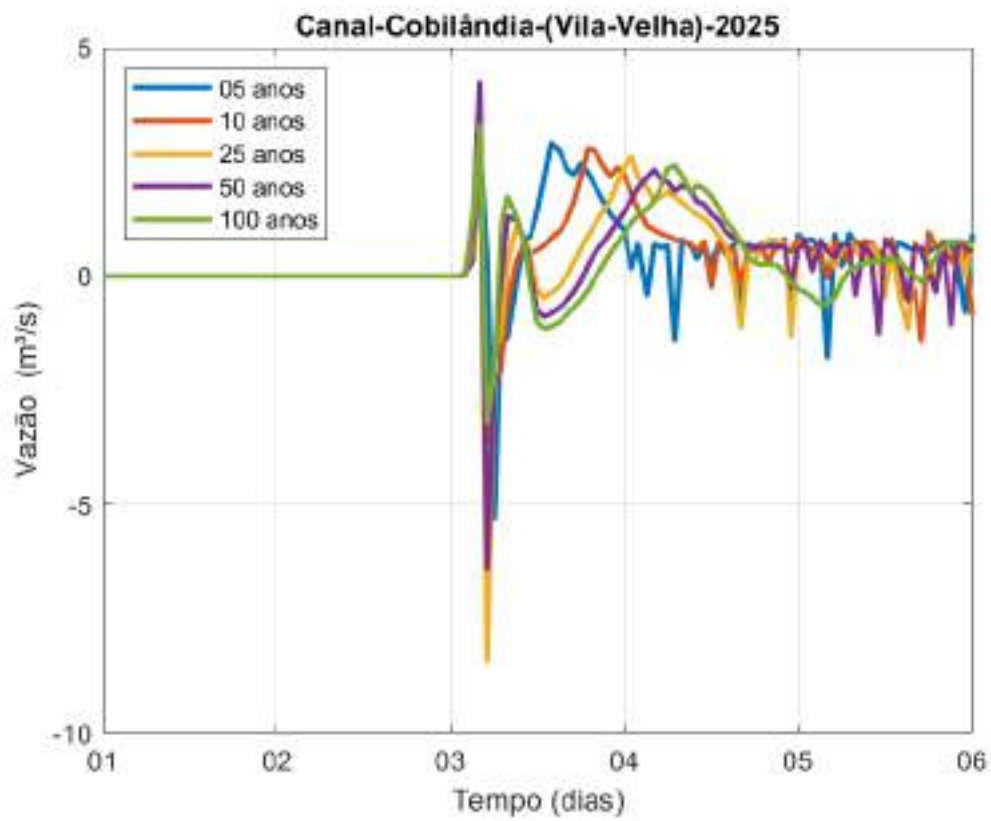
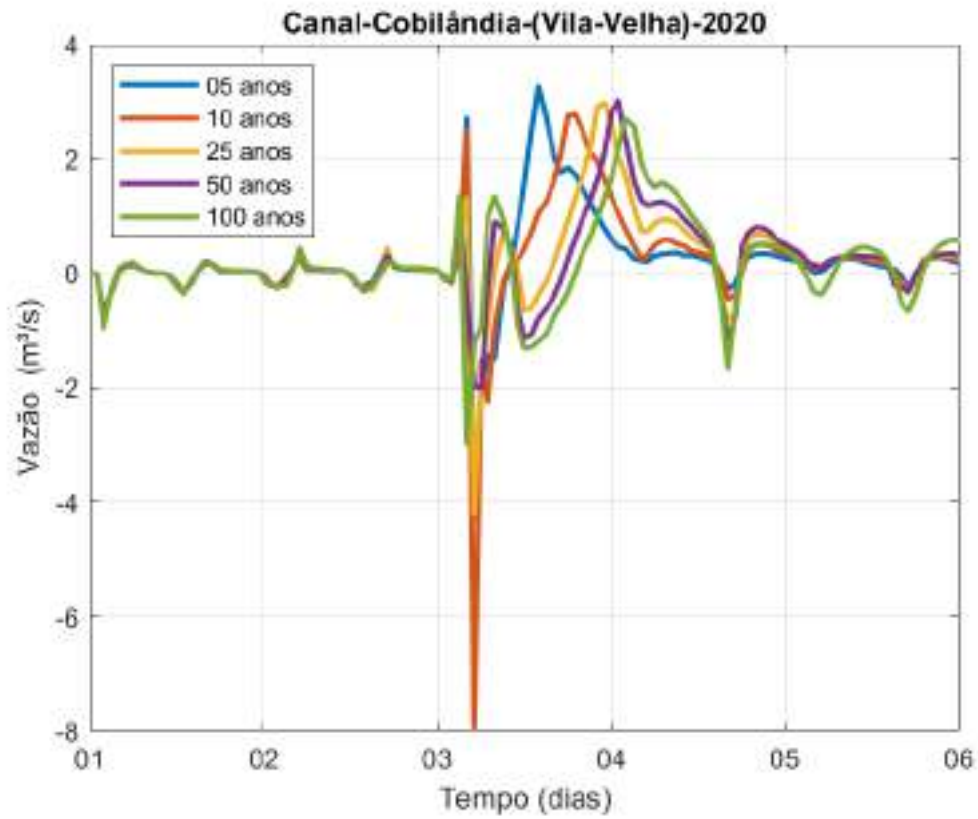
**Município de Vila Velha/Cariacica**

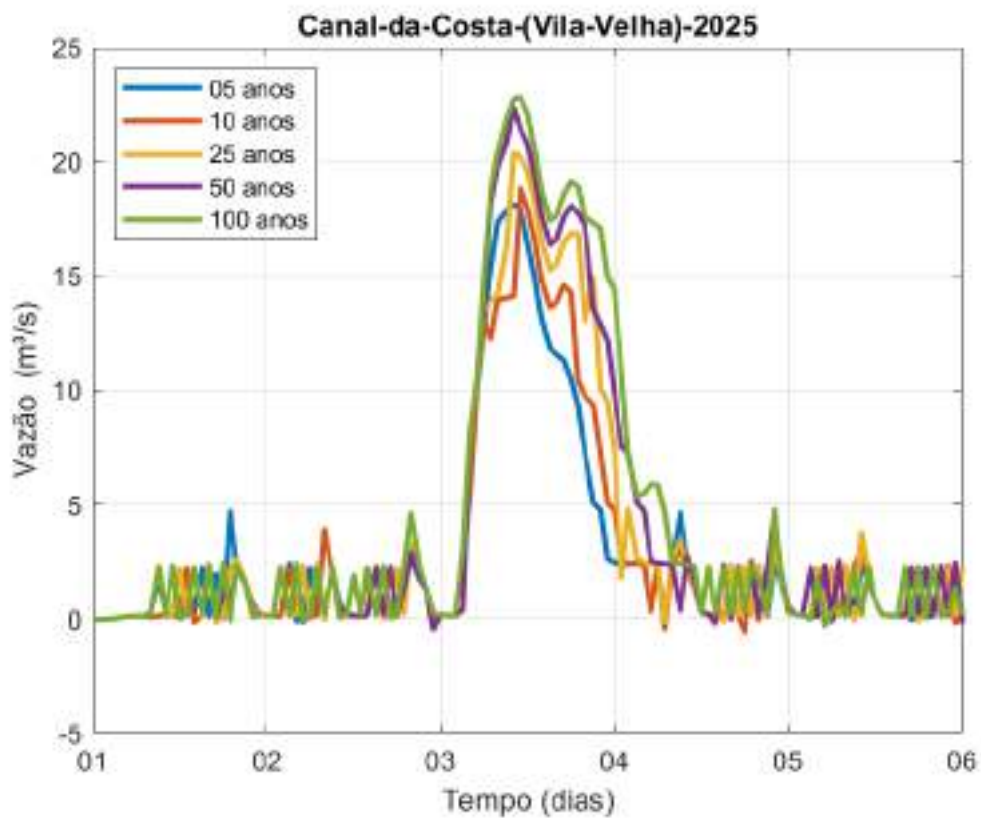
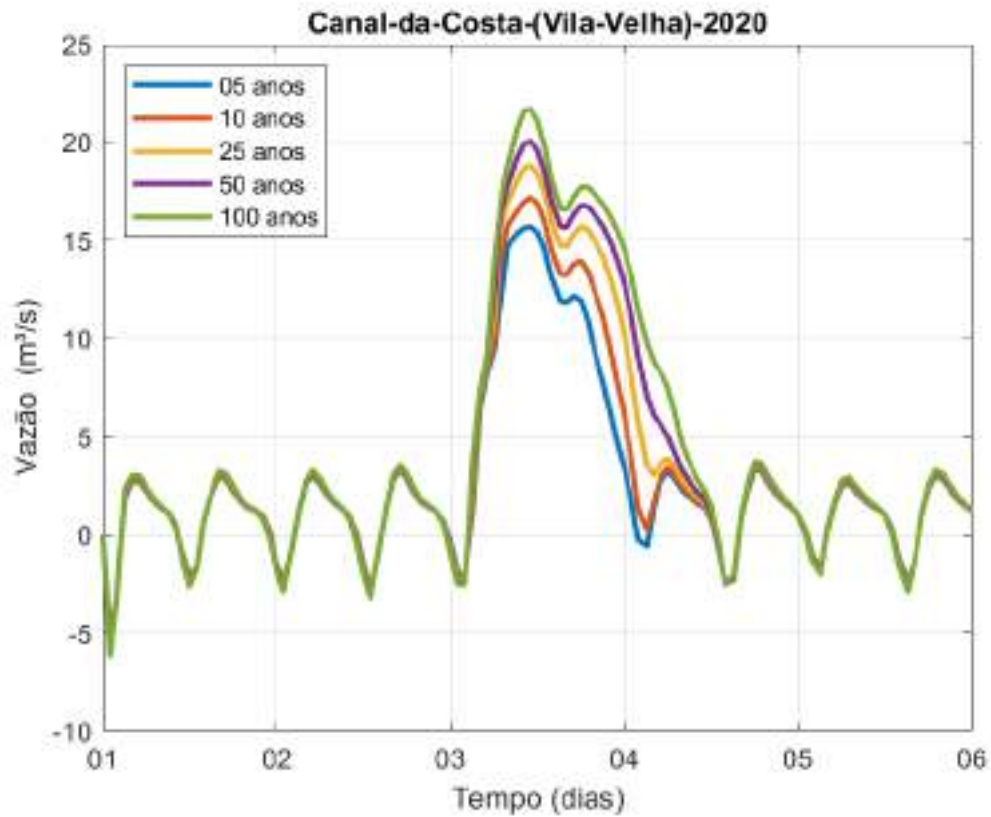


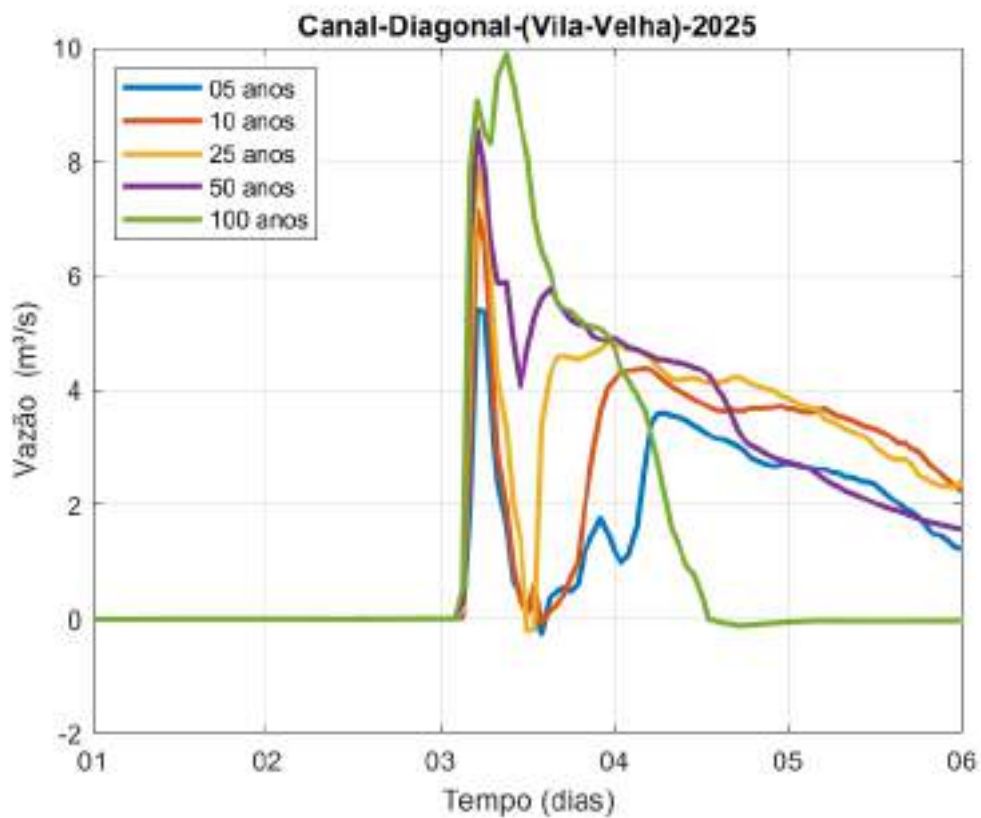
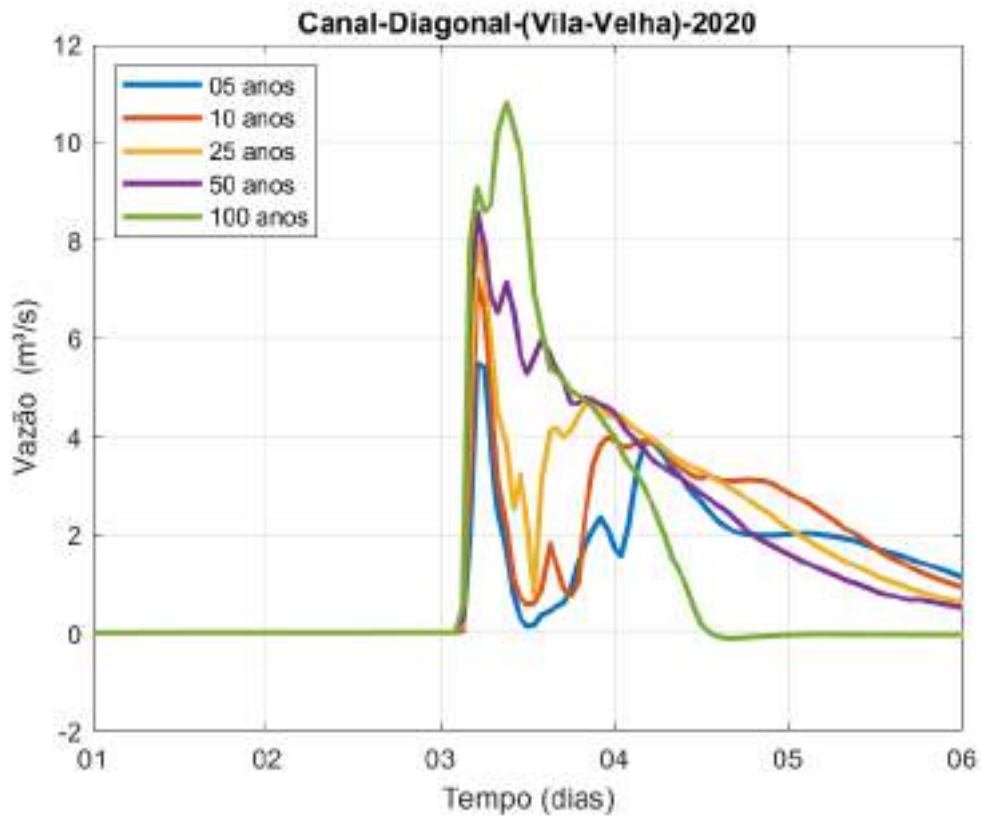


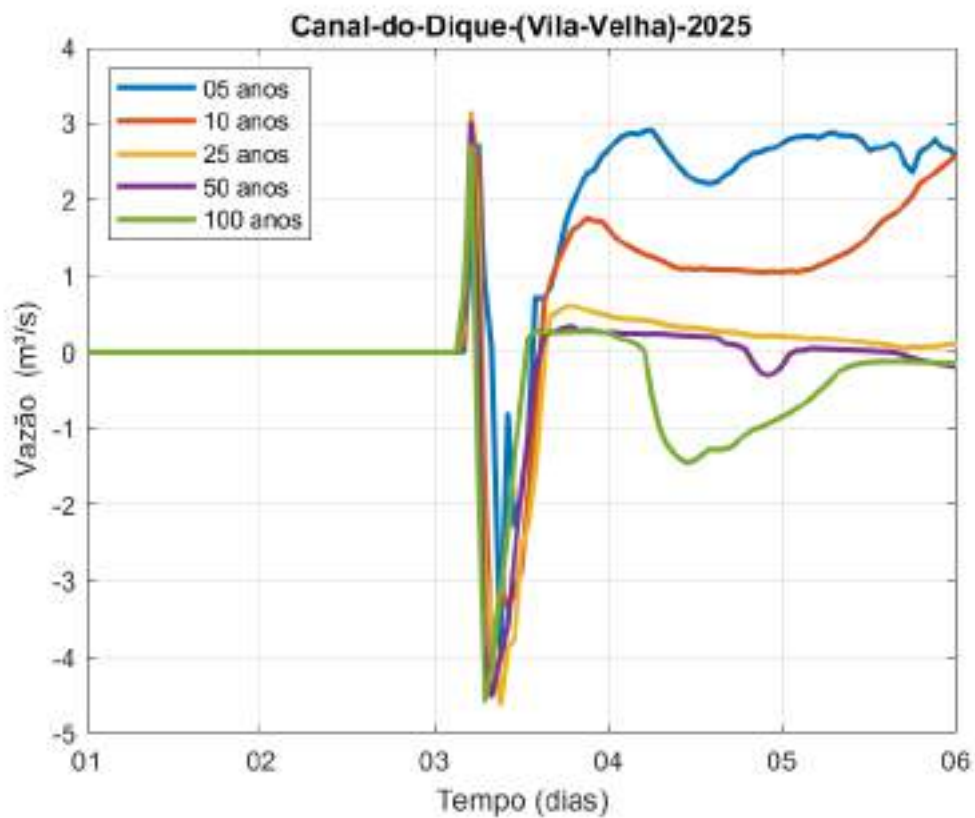
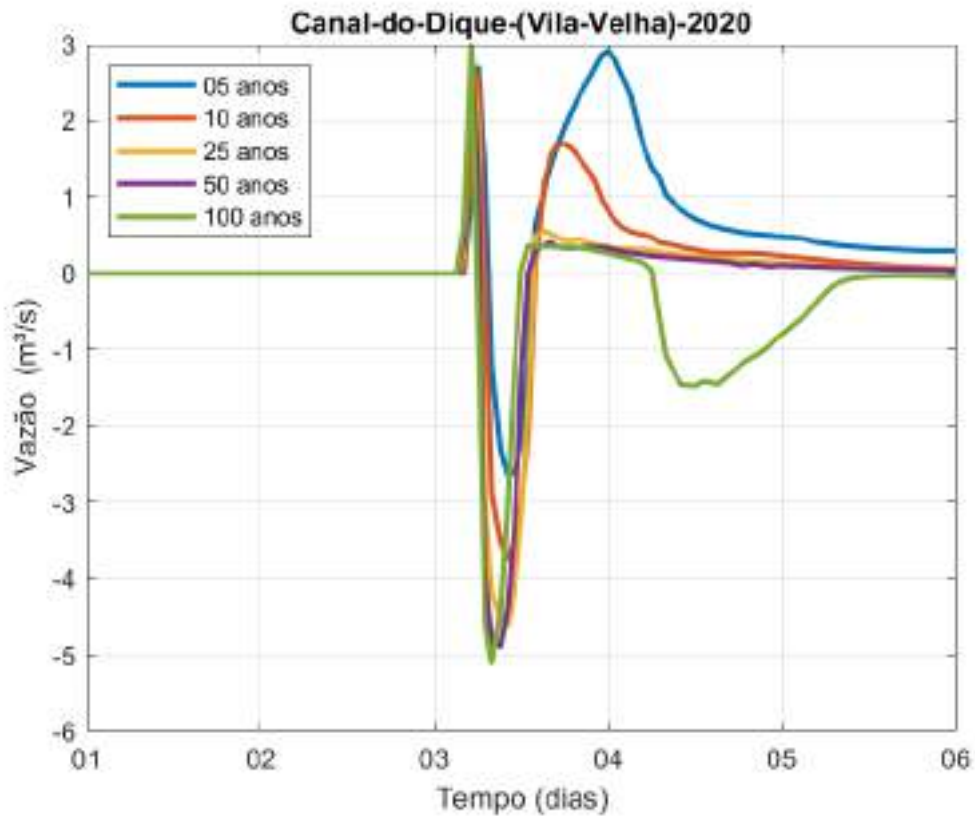


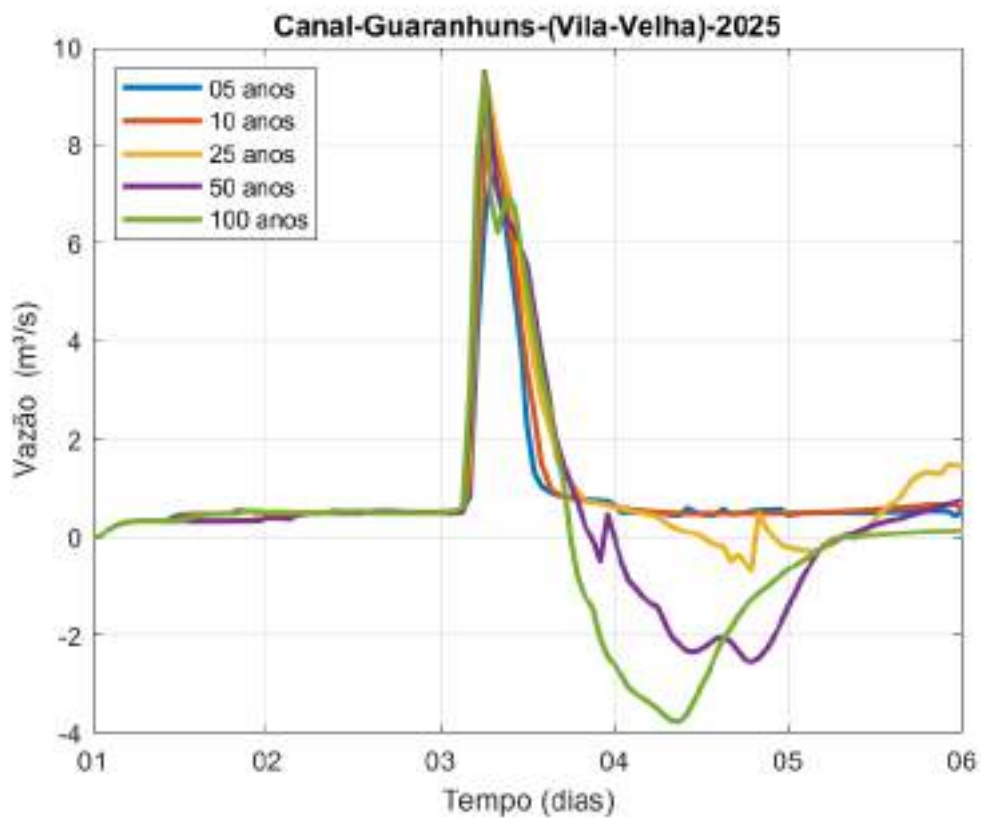
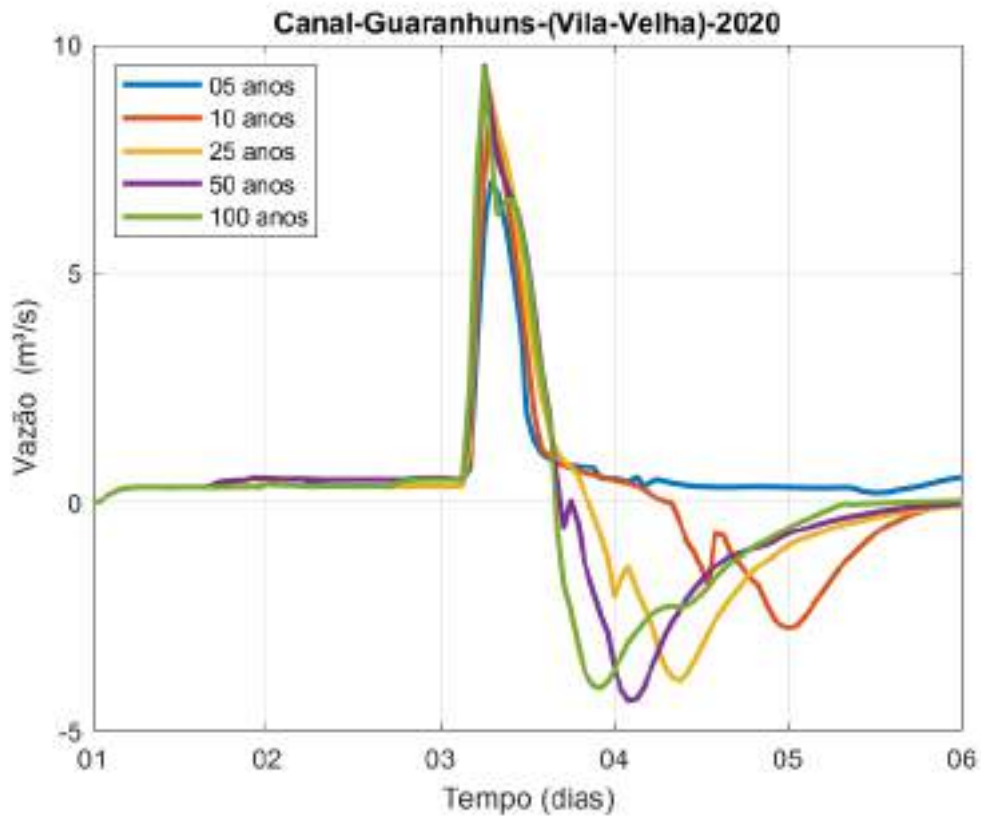


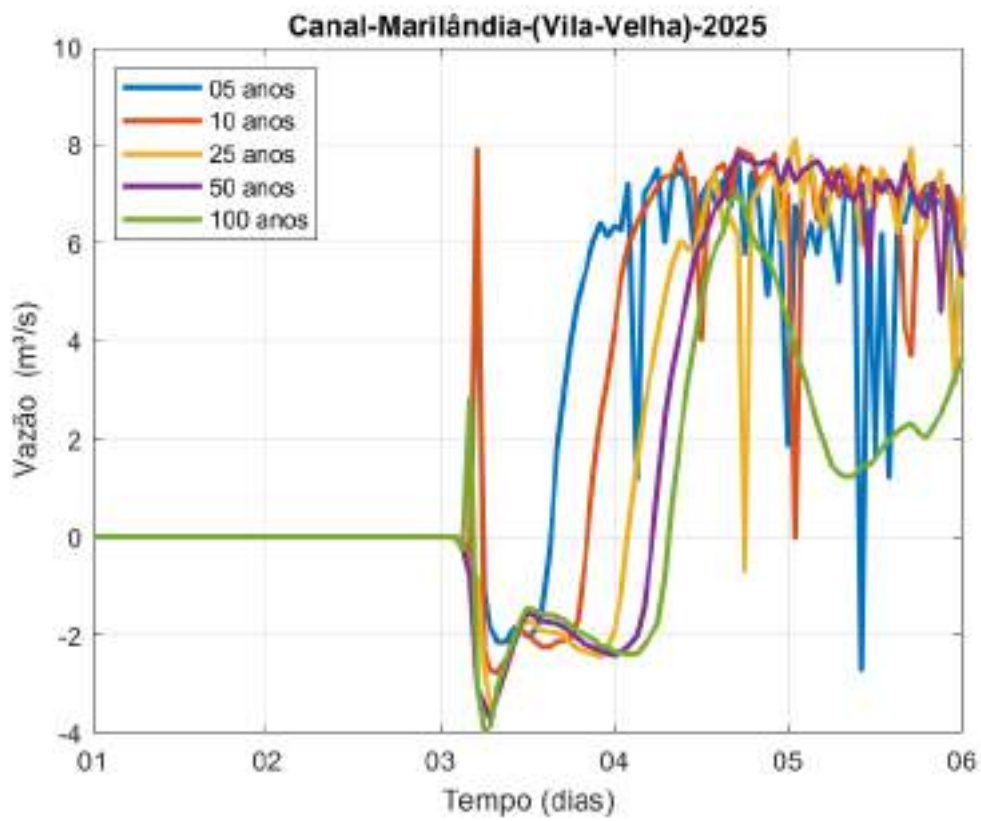
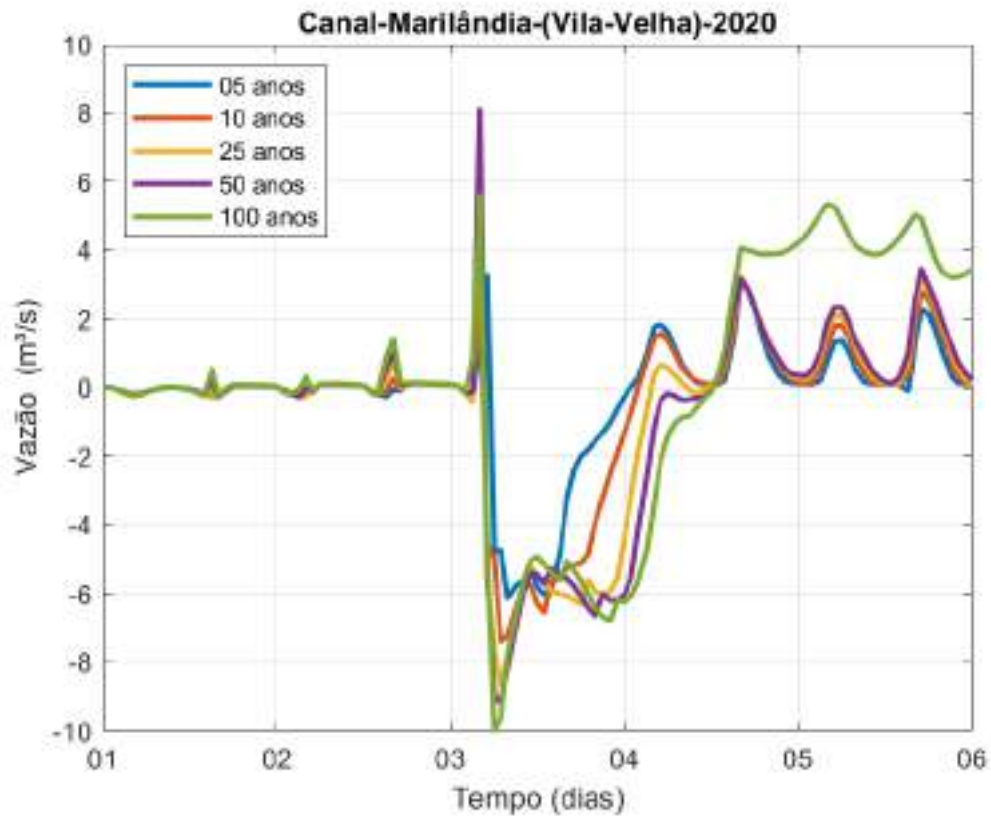


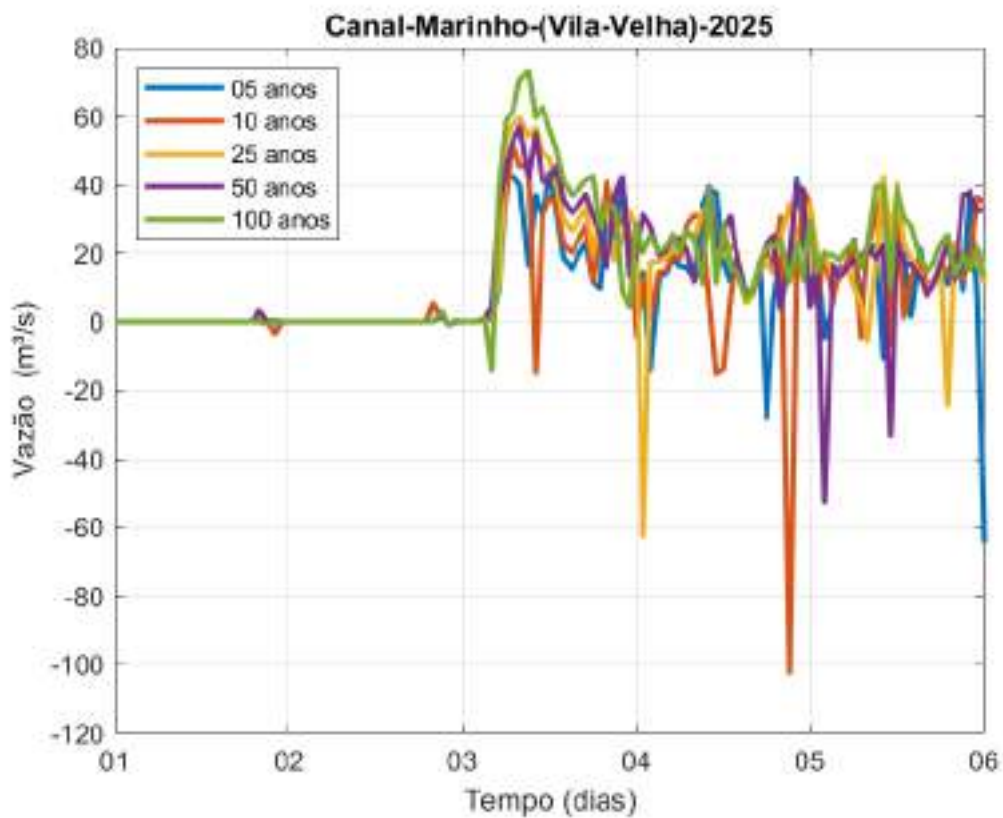
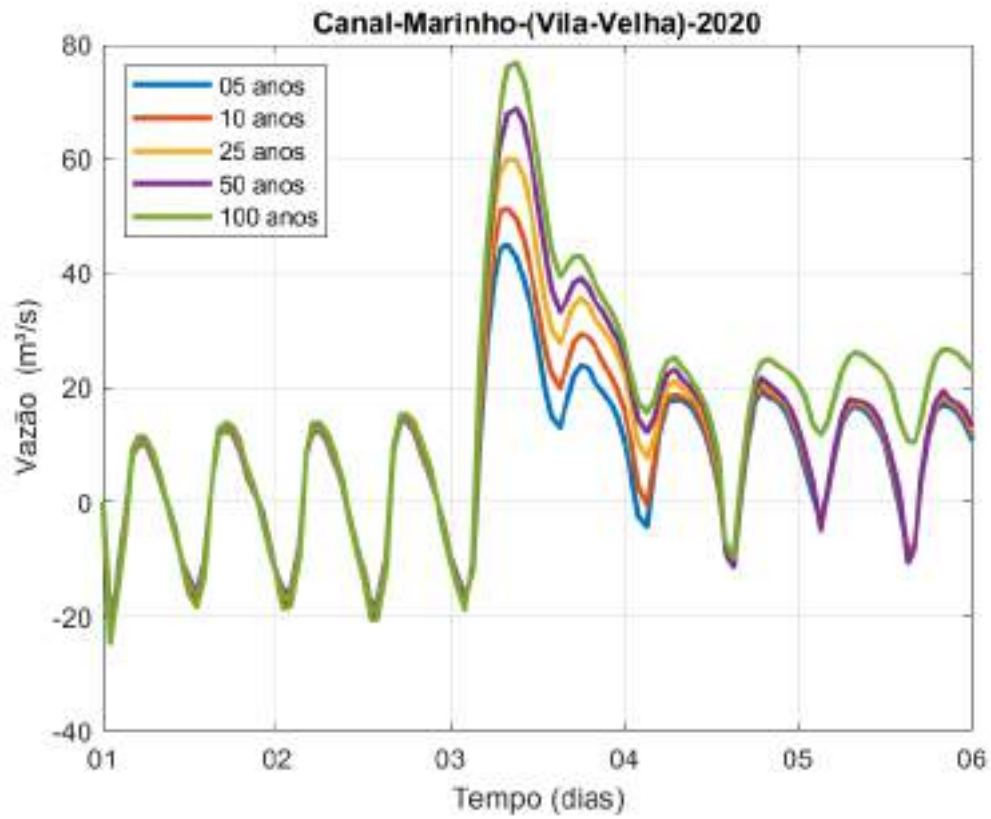


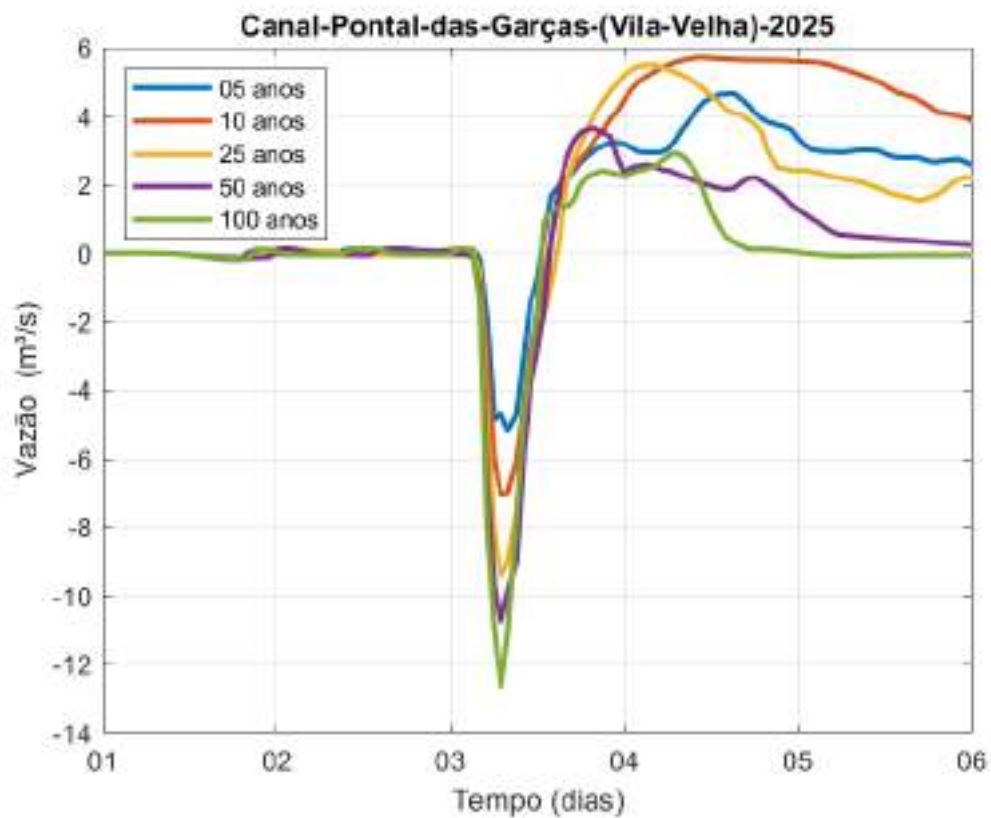
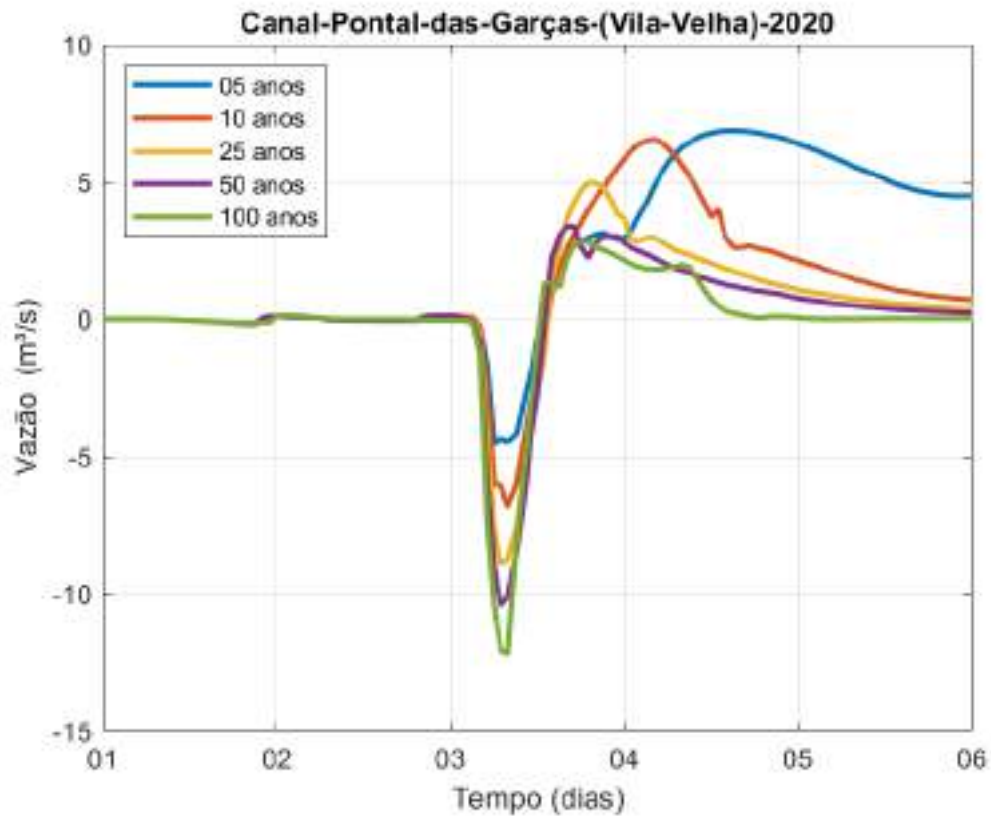


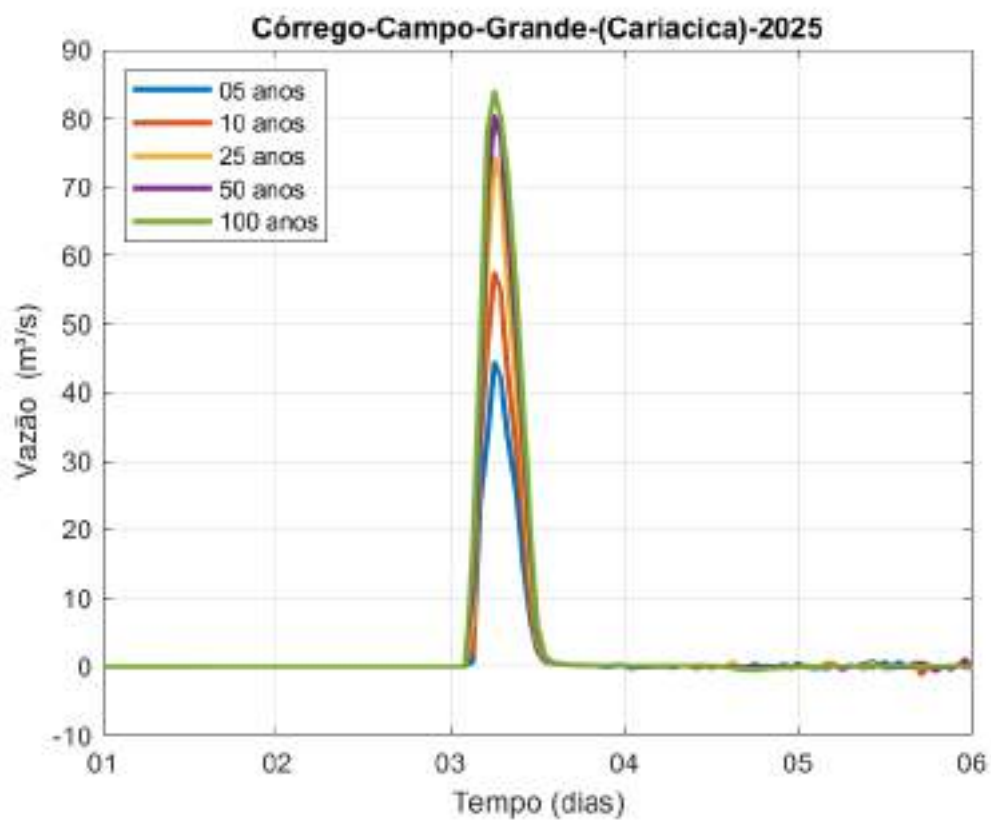
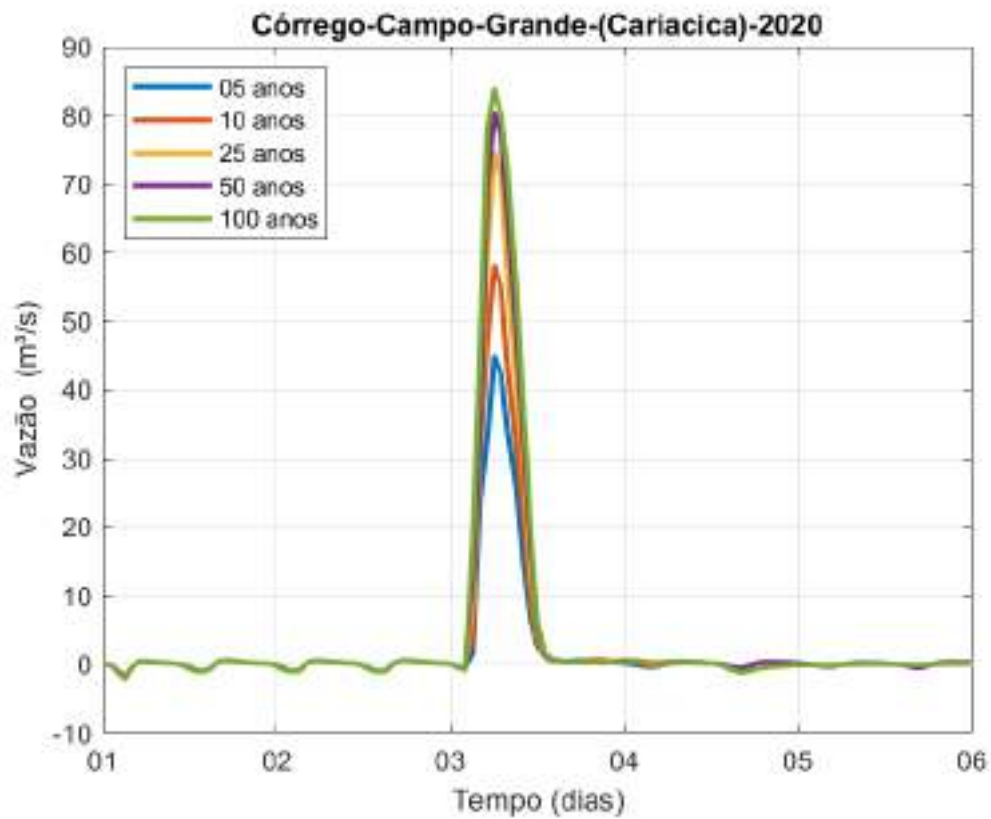


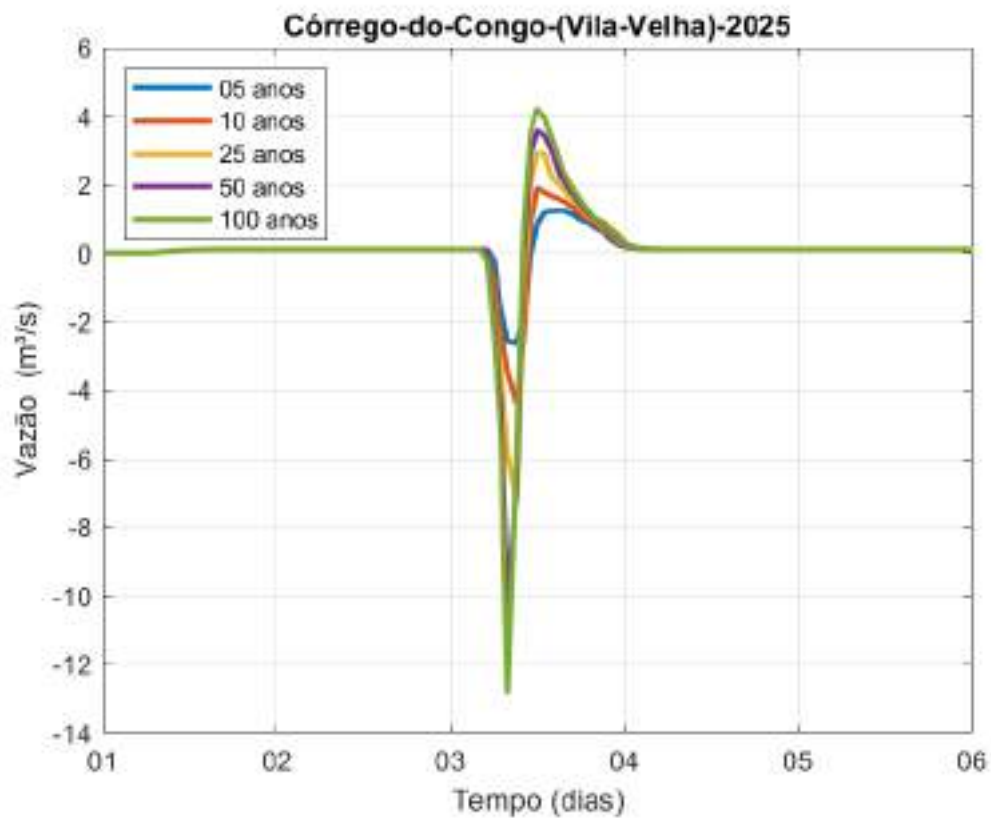
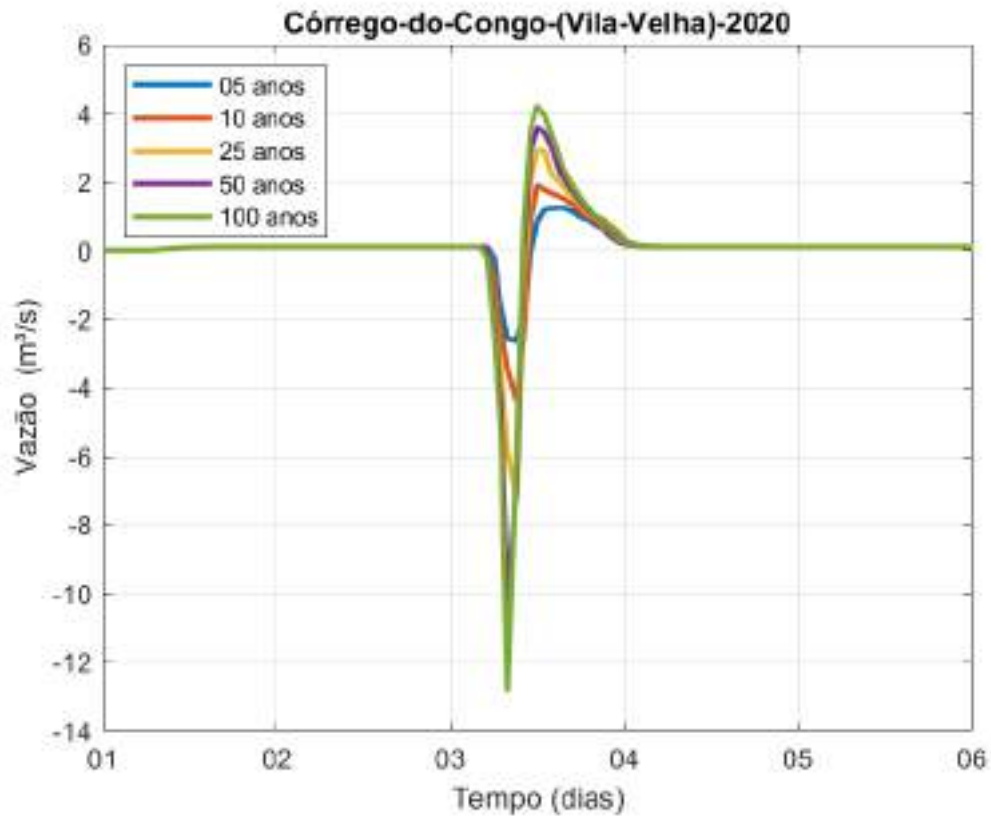


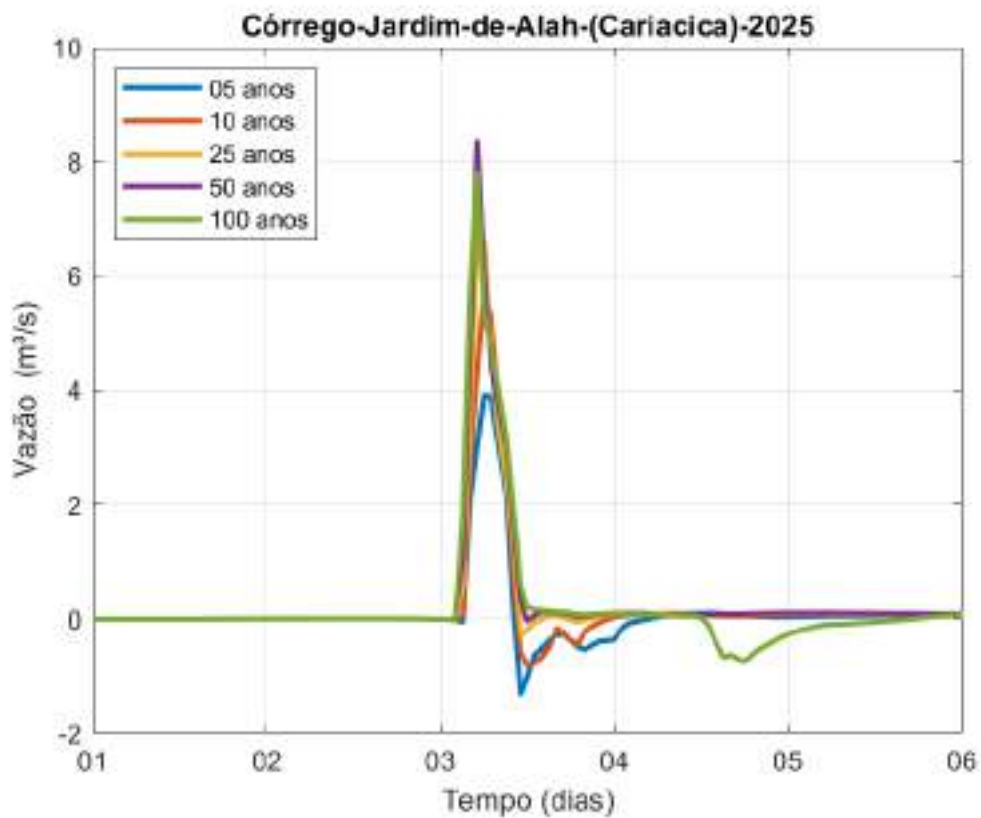
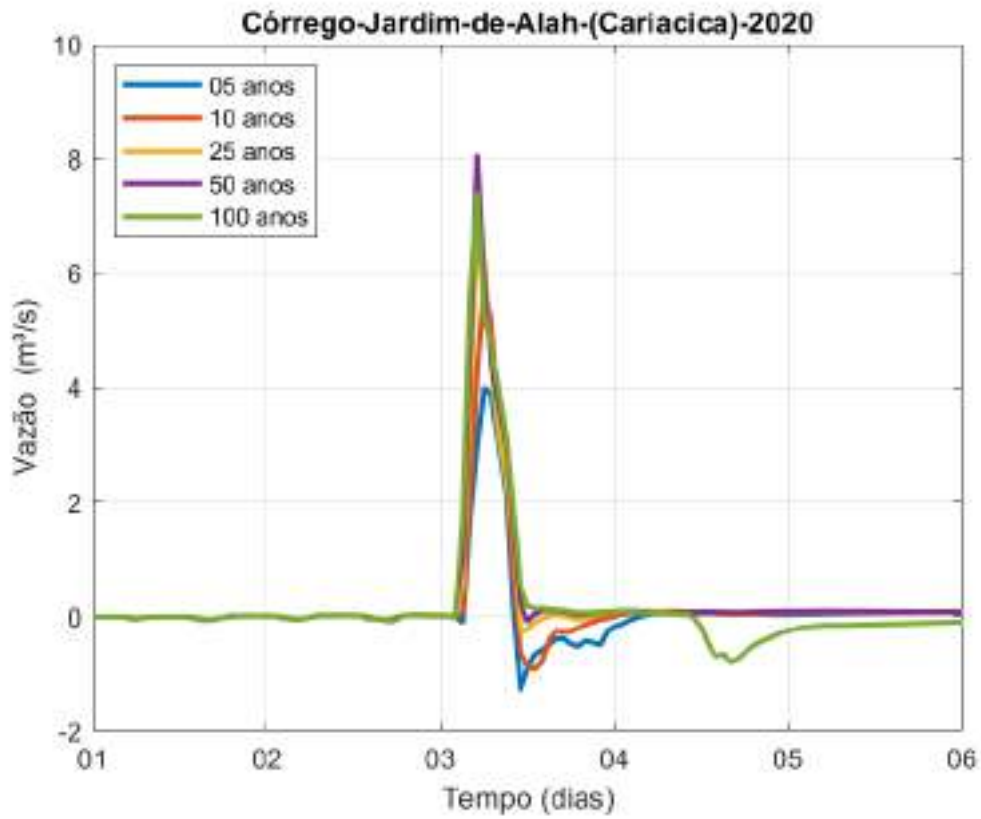


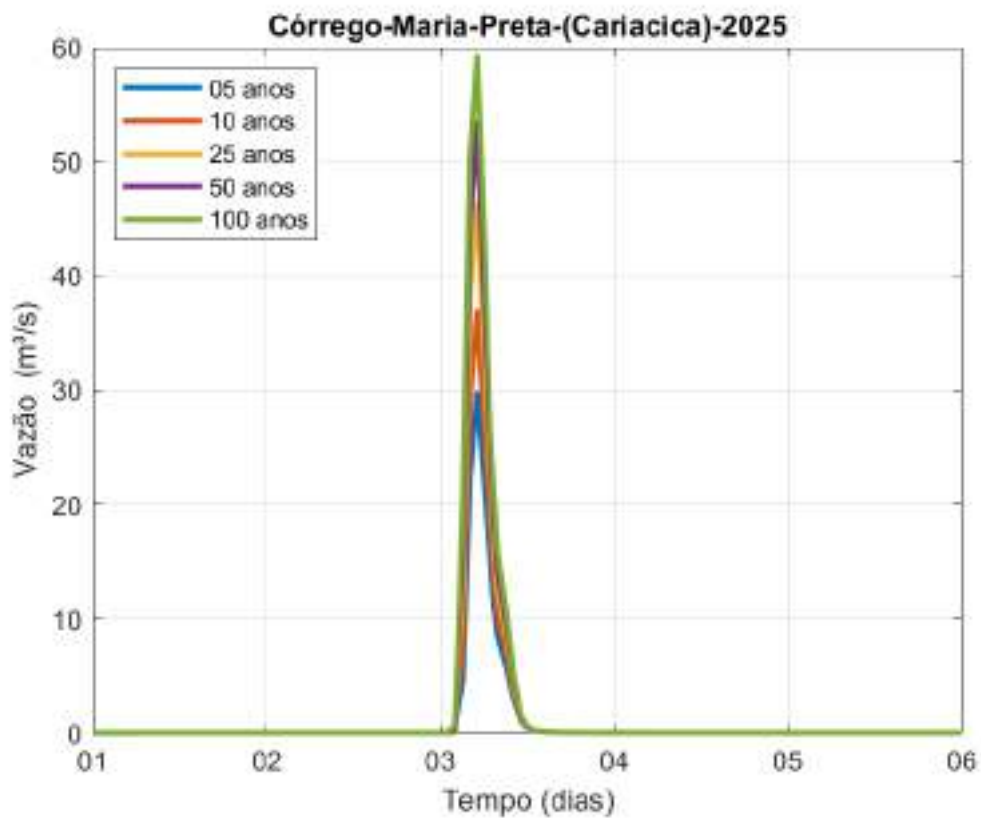
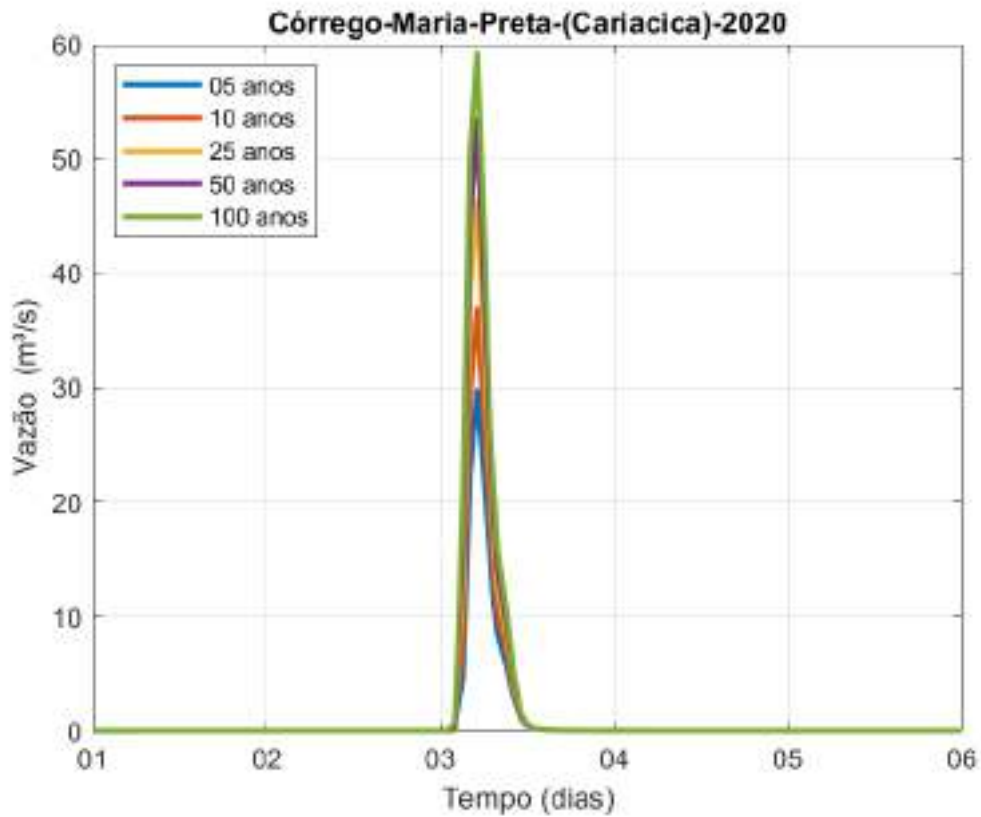


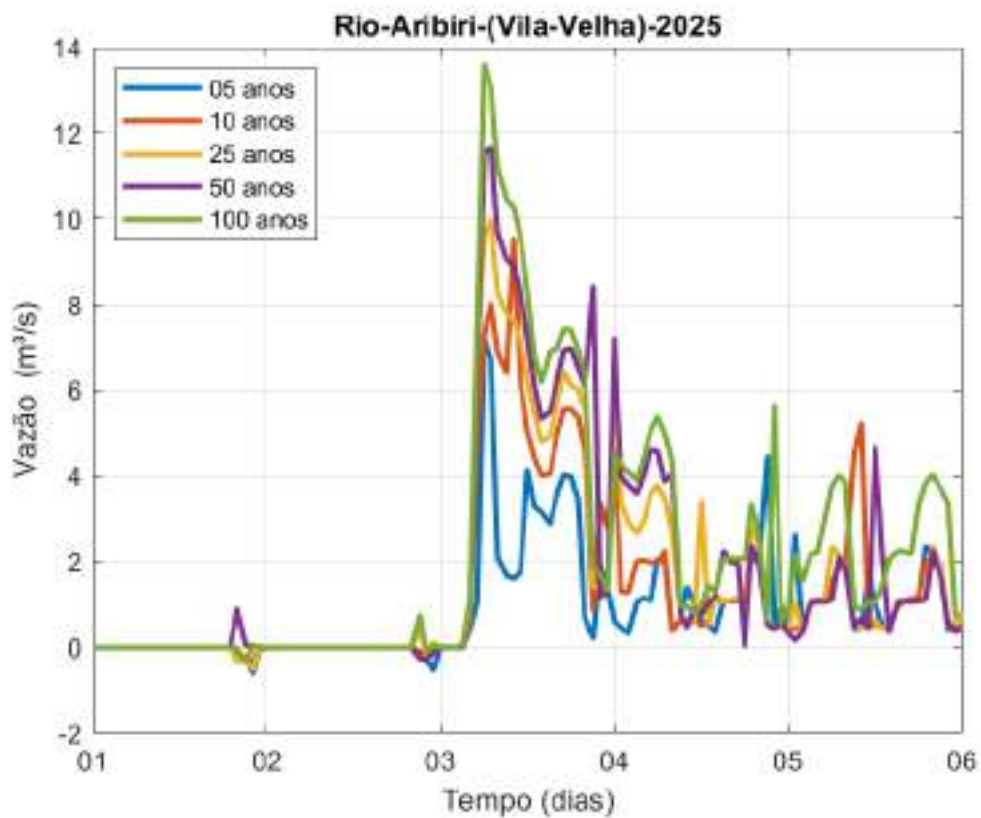
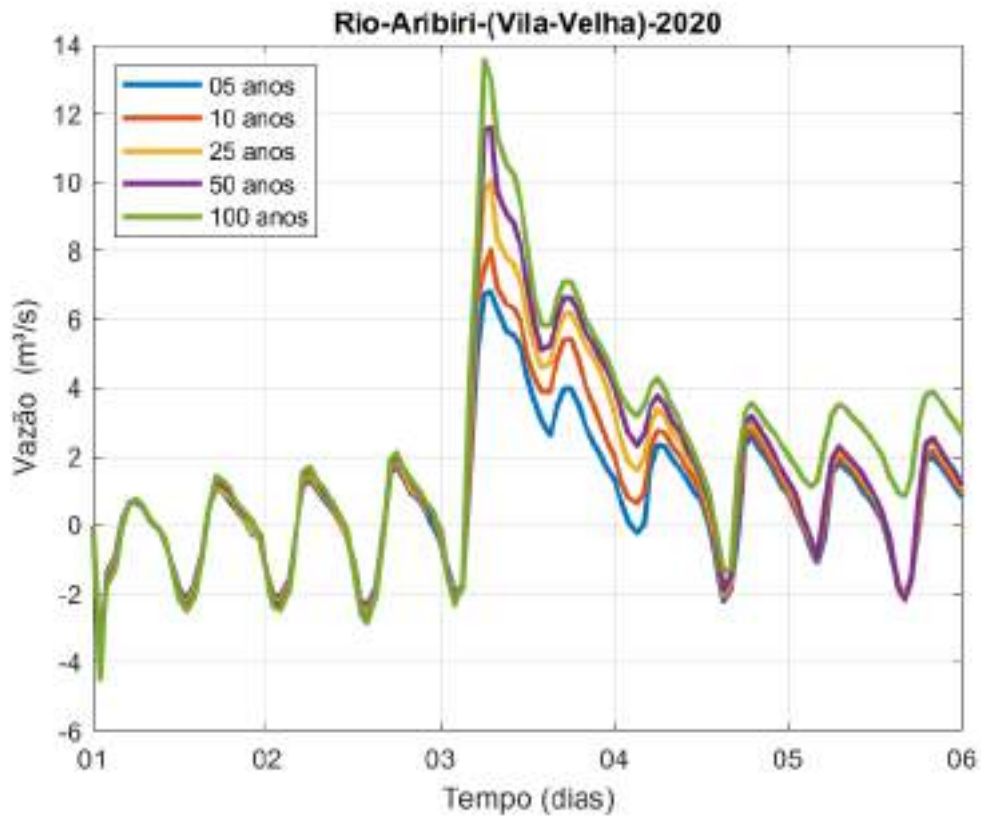


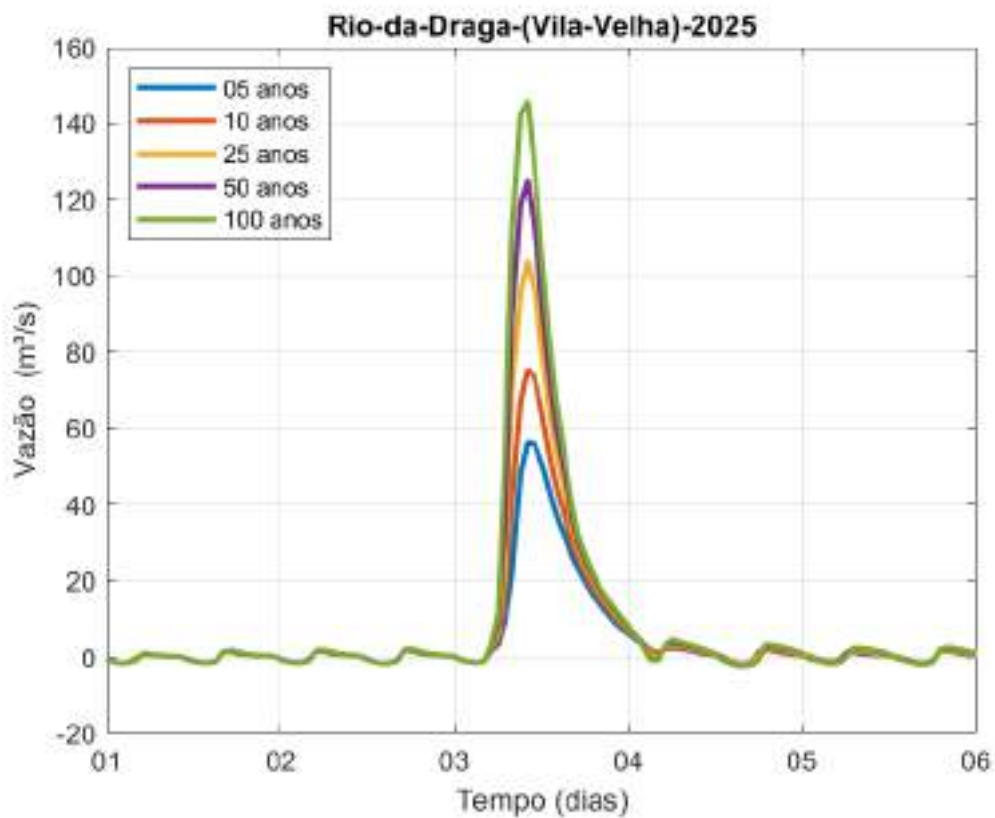
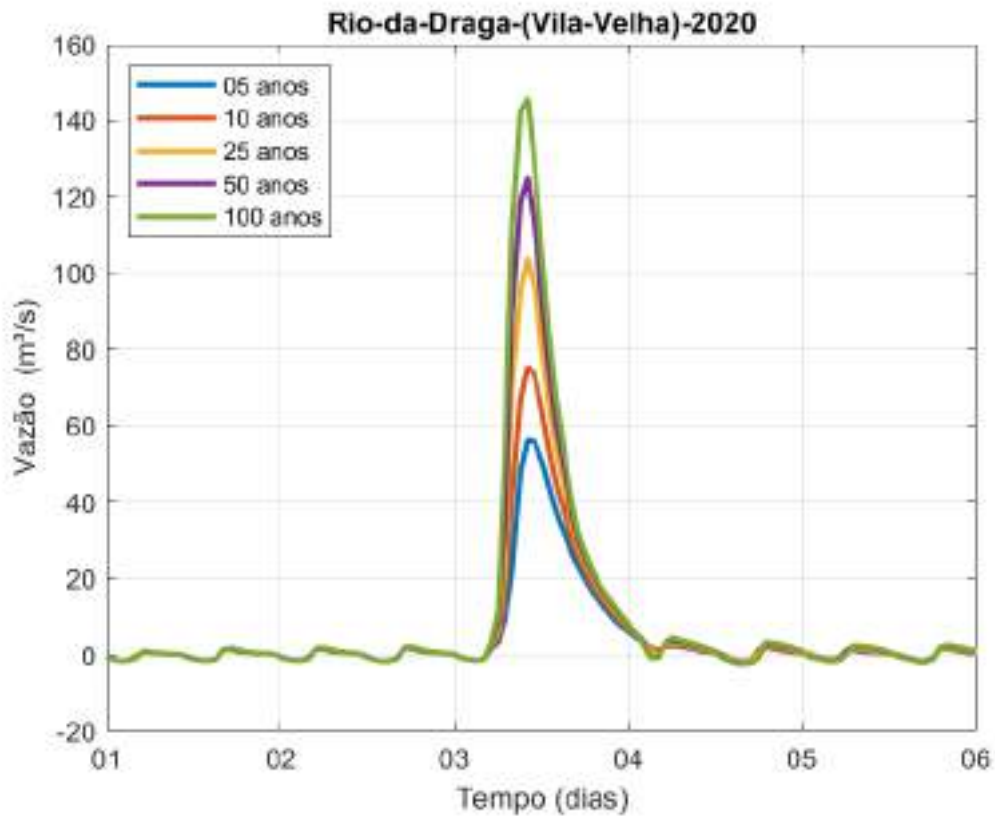


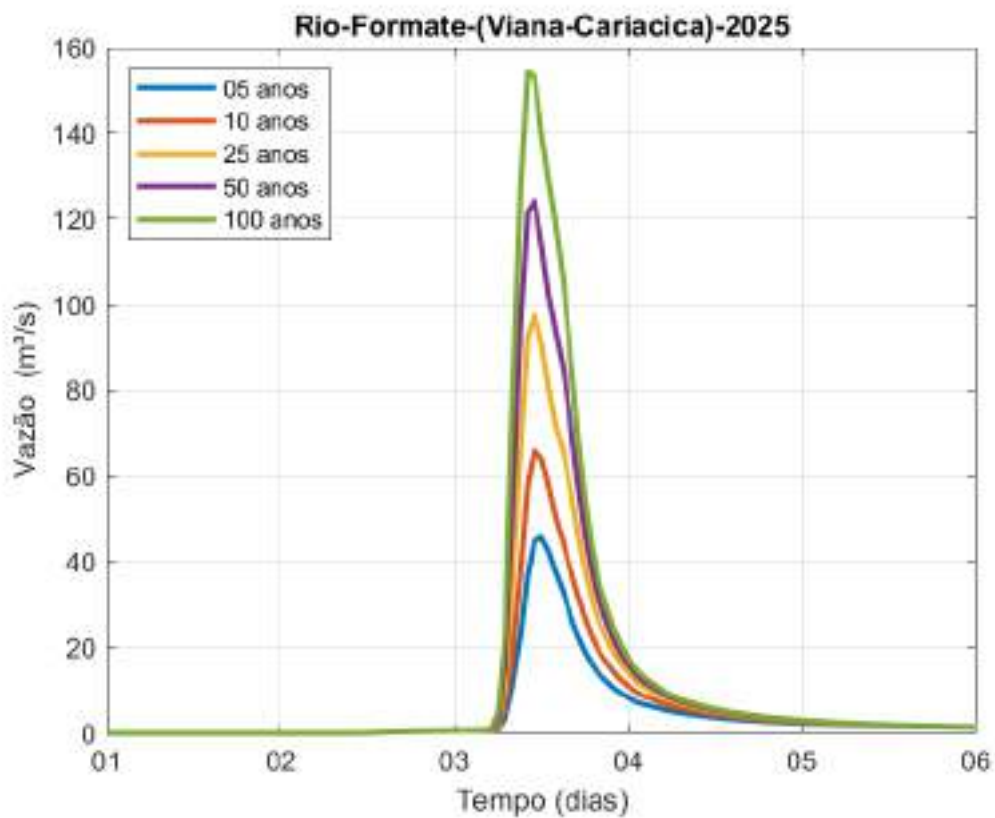
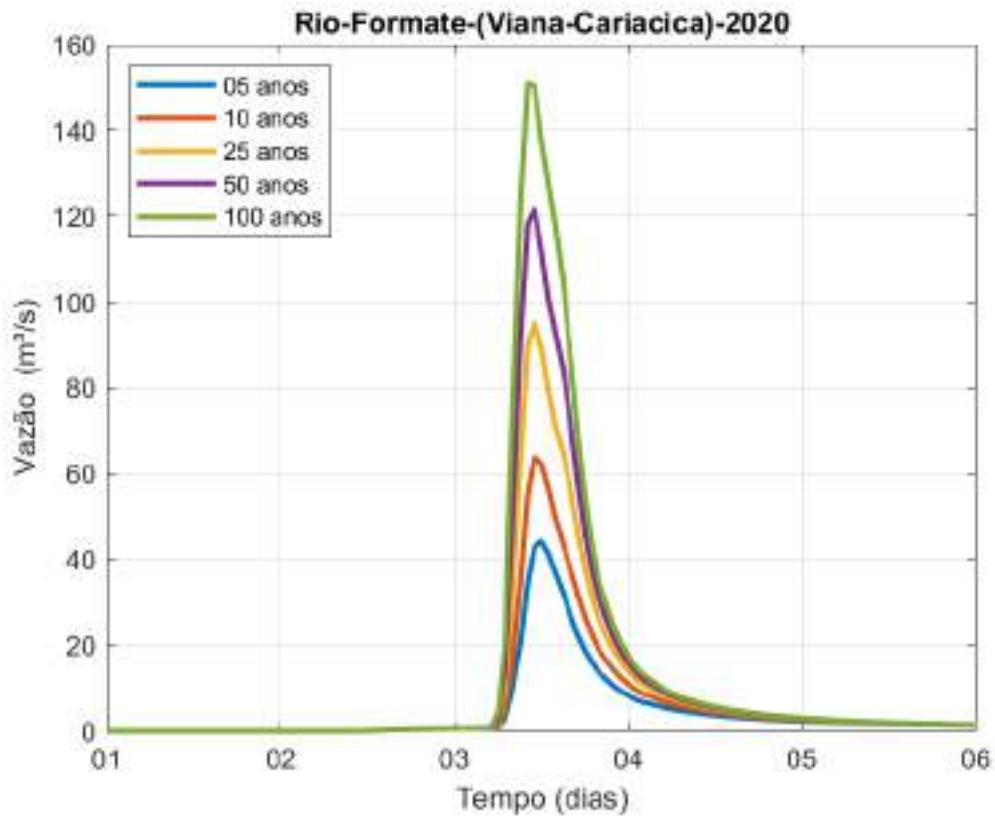


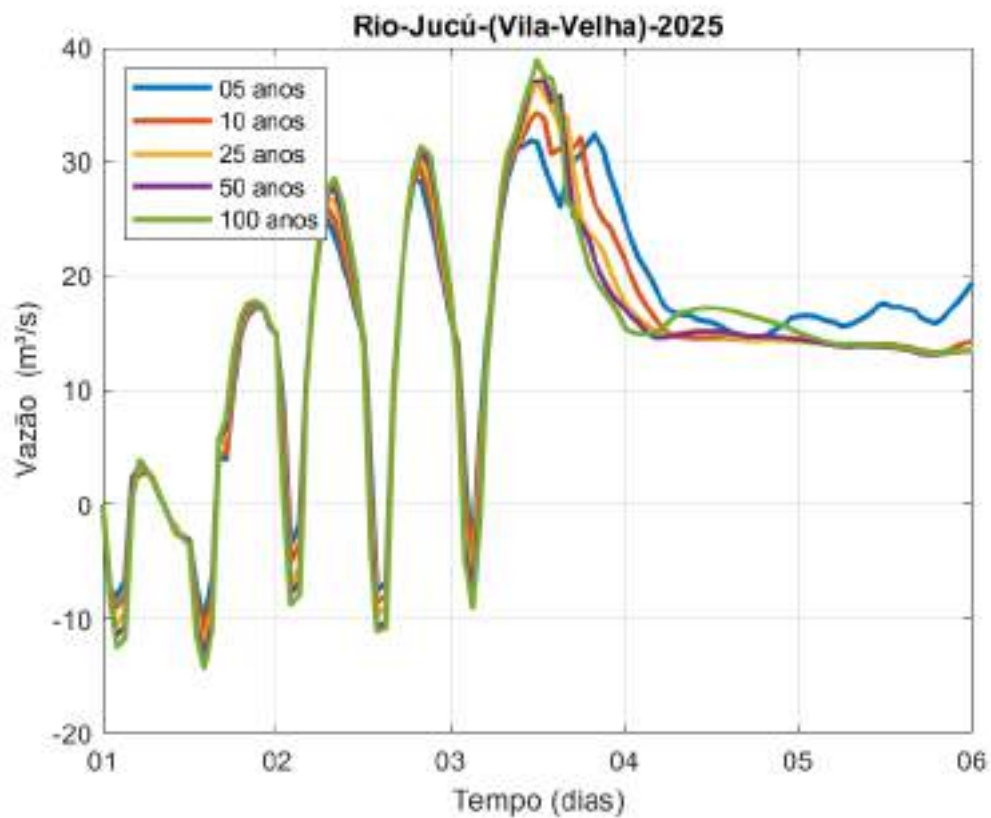
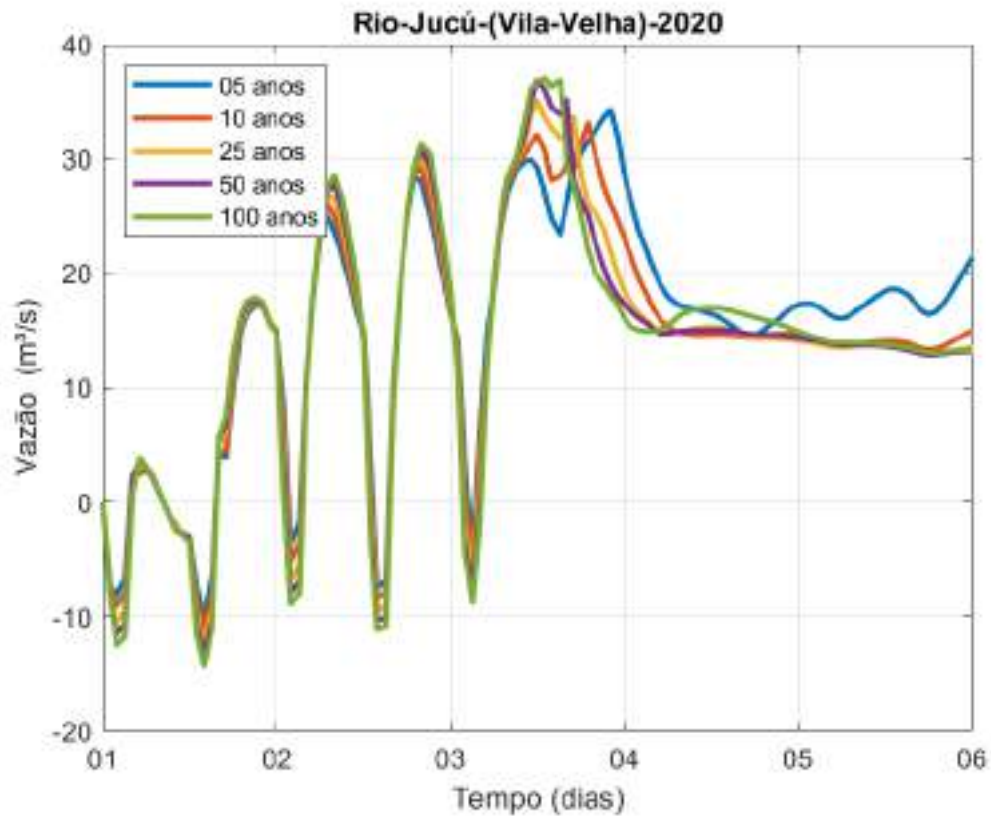


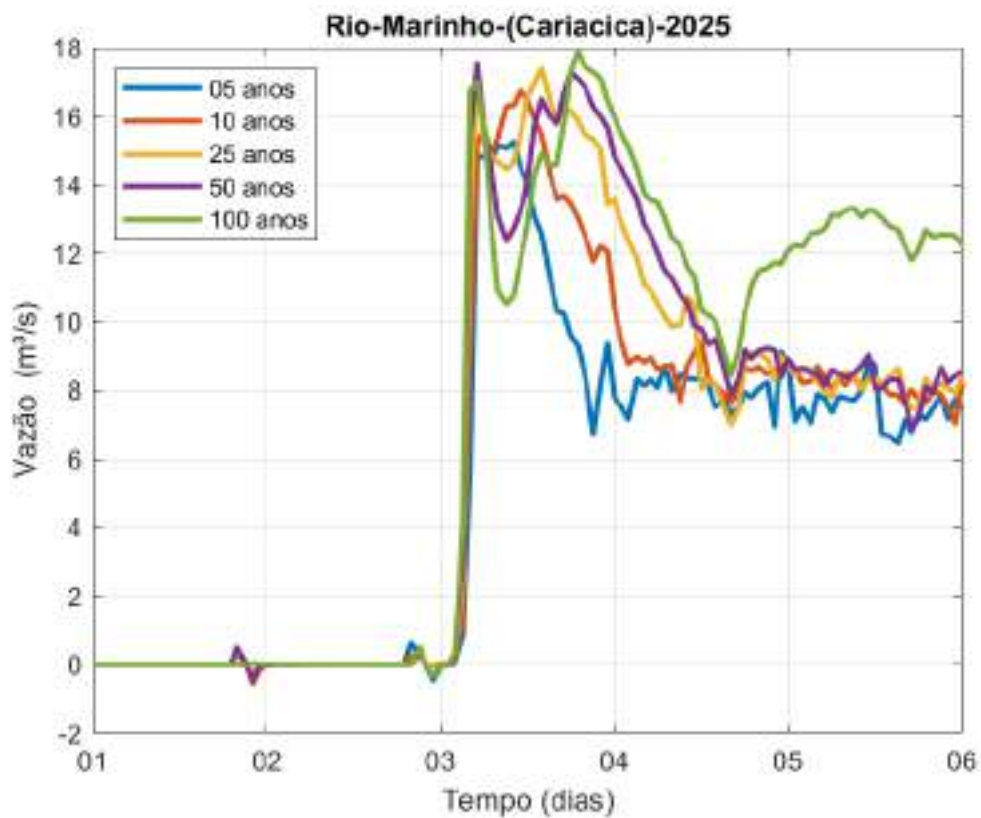
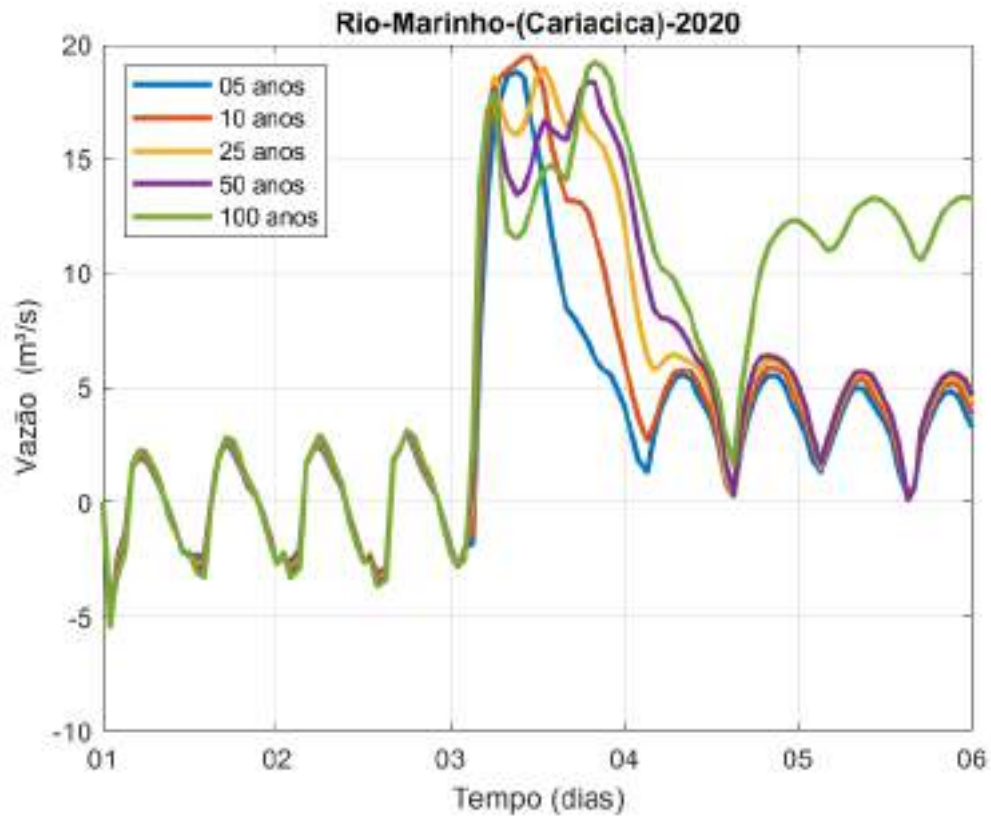


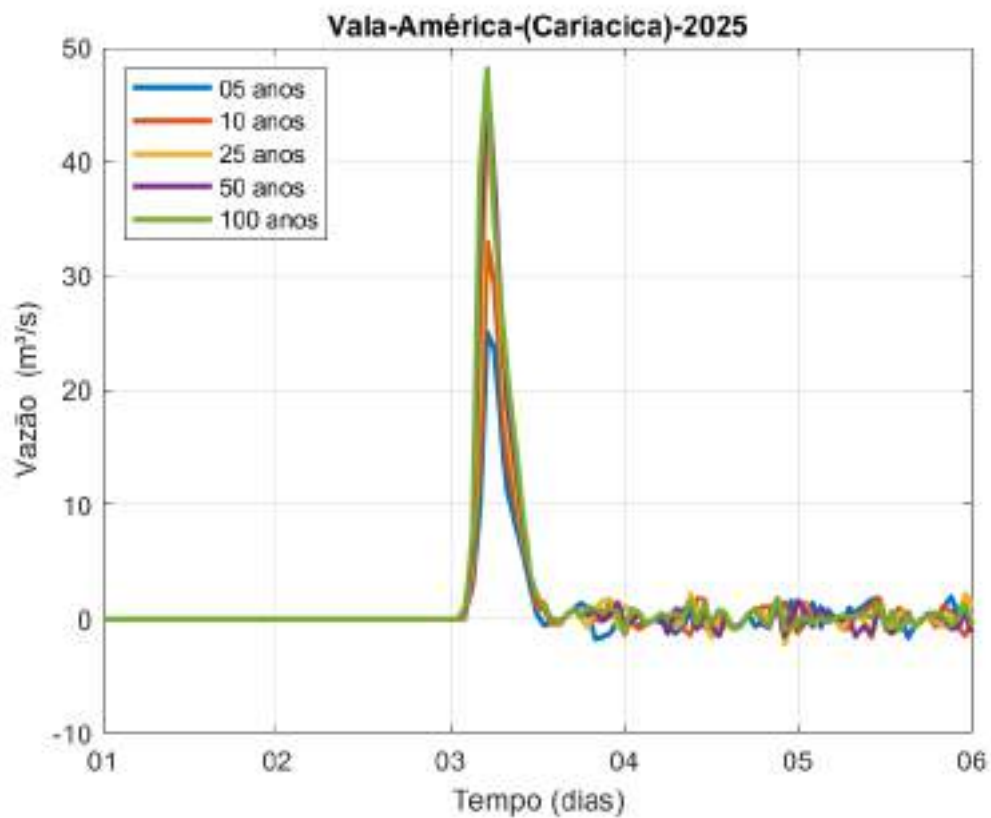
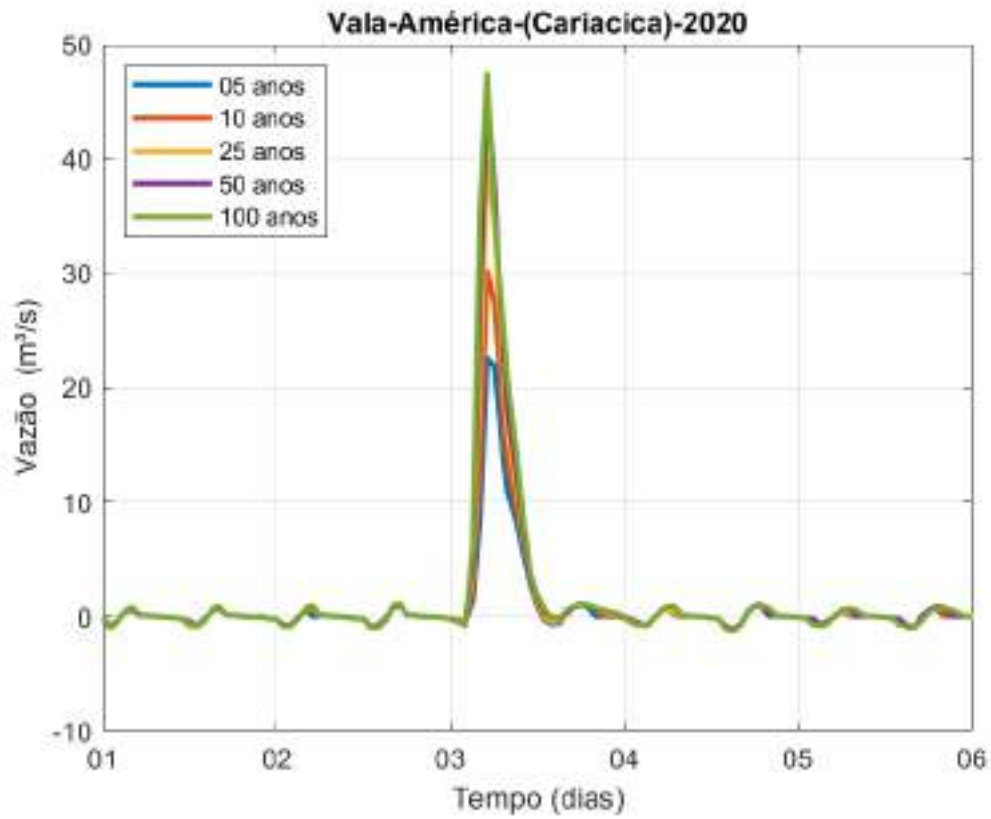










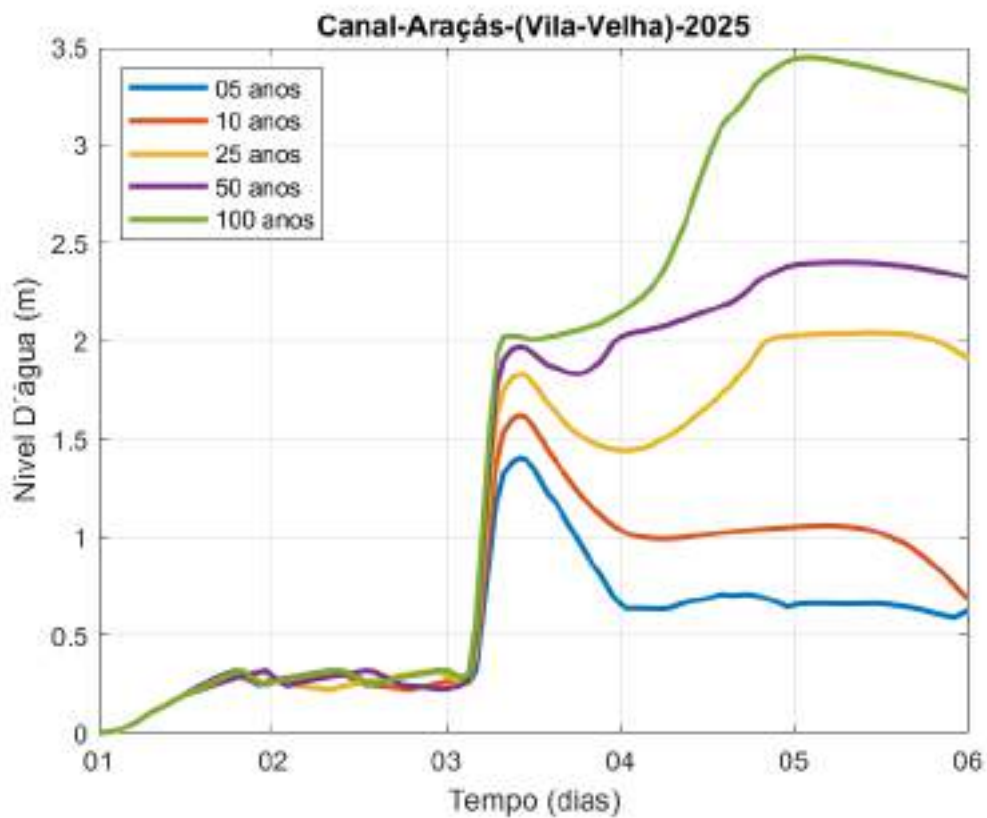
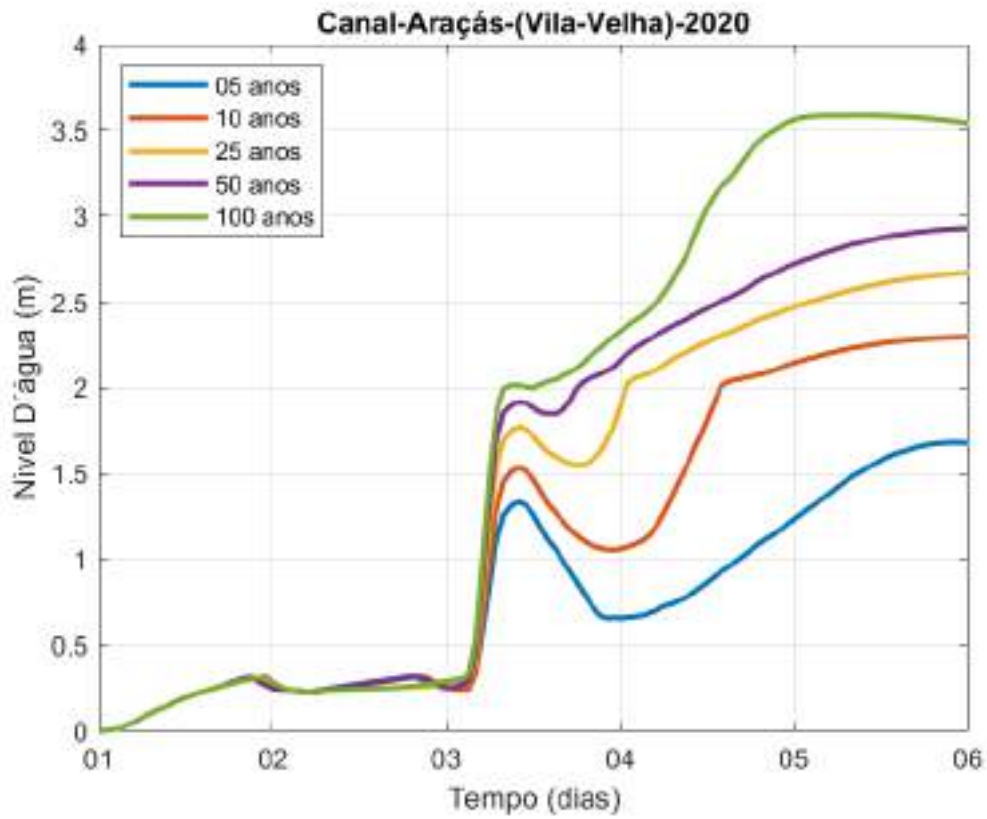


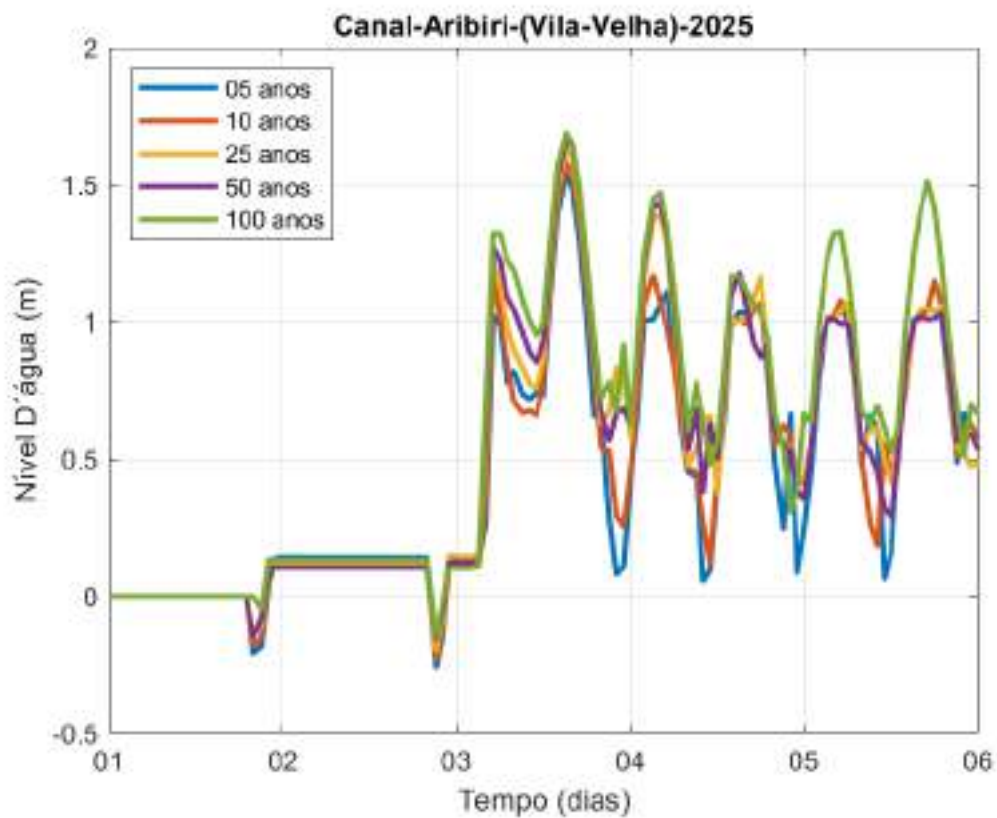
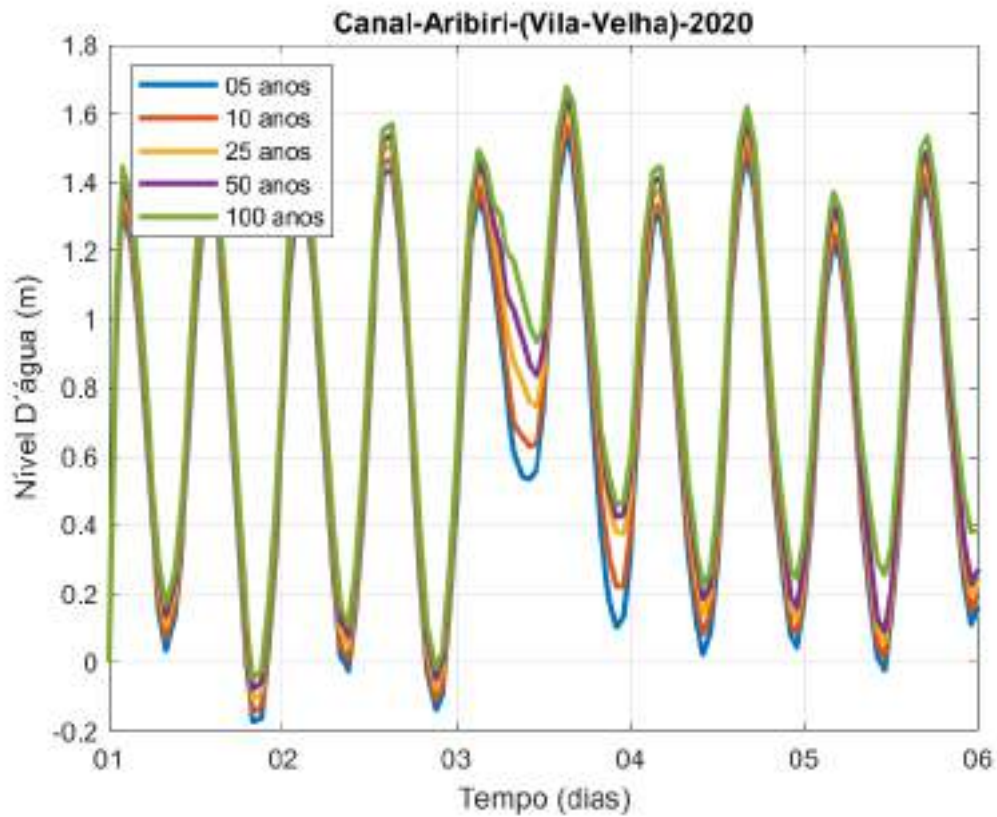
# **COTAGRAMAS**

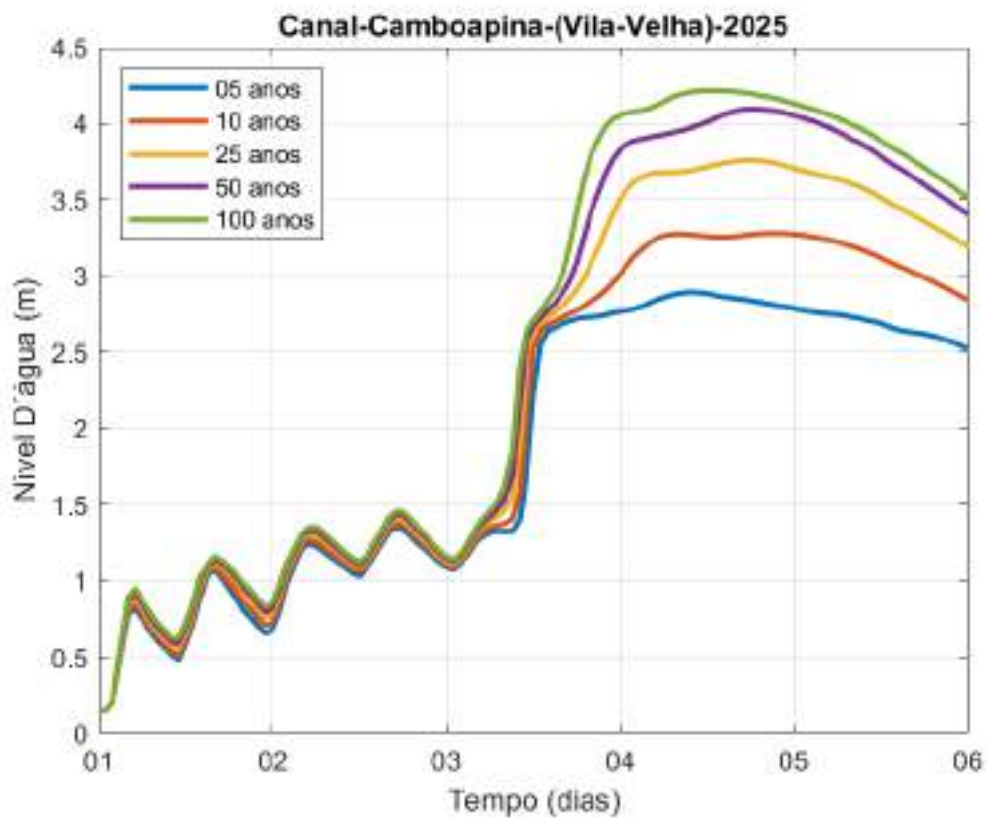
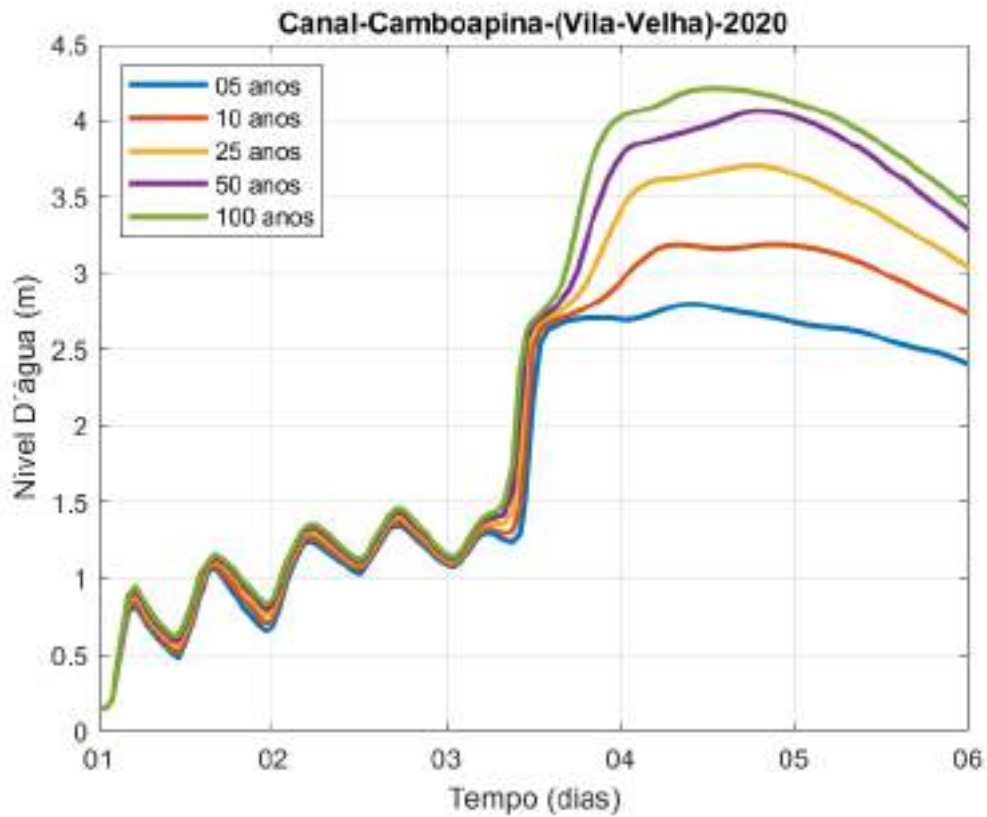
**Anos de**

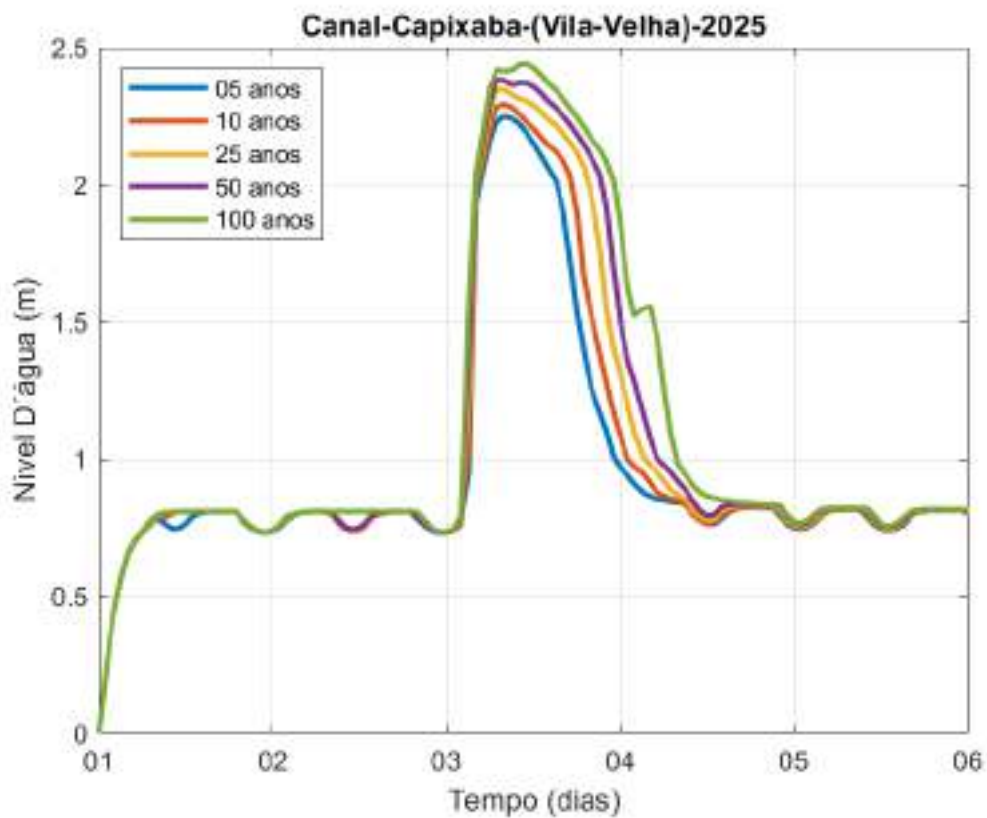
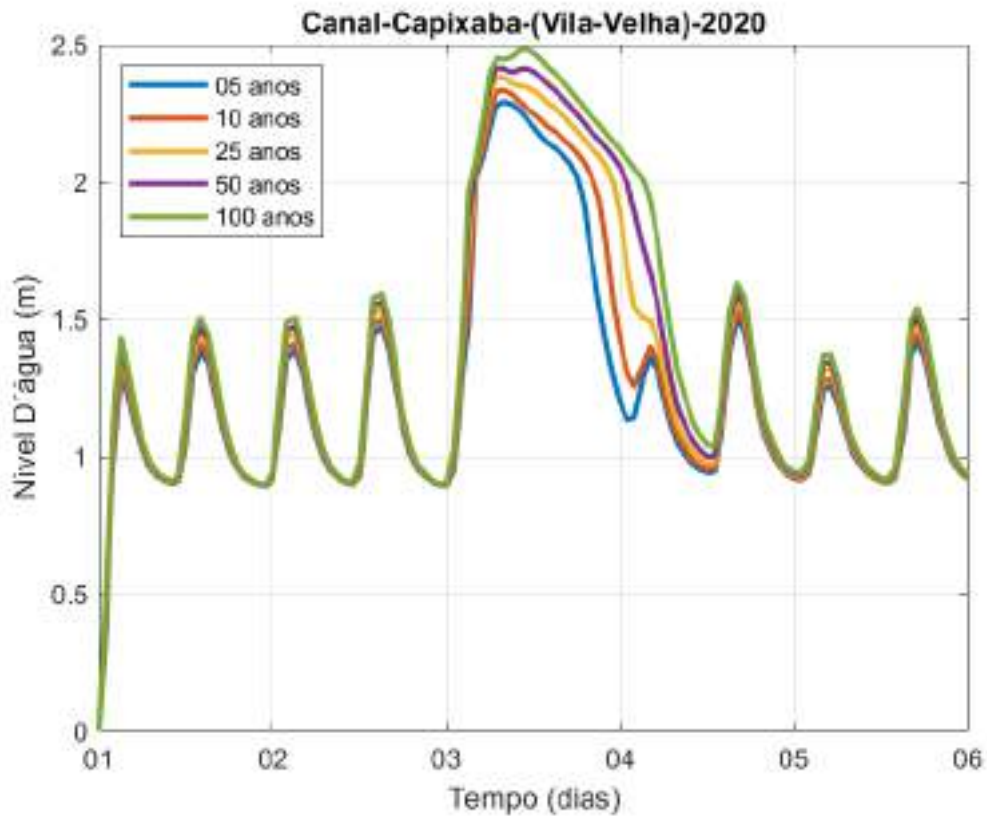
**2032 e 2040**

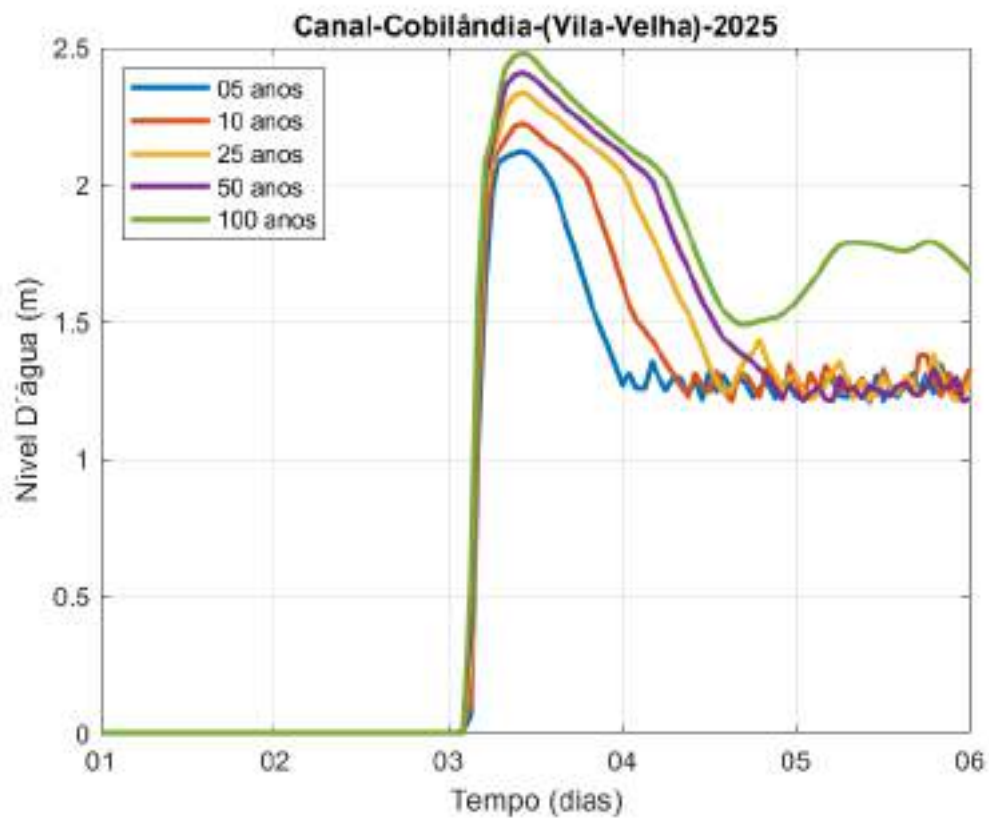
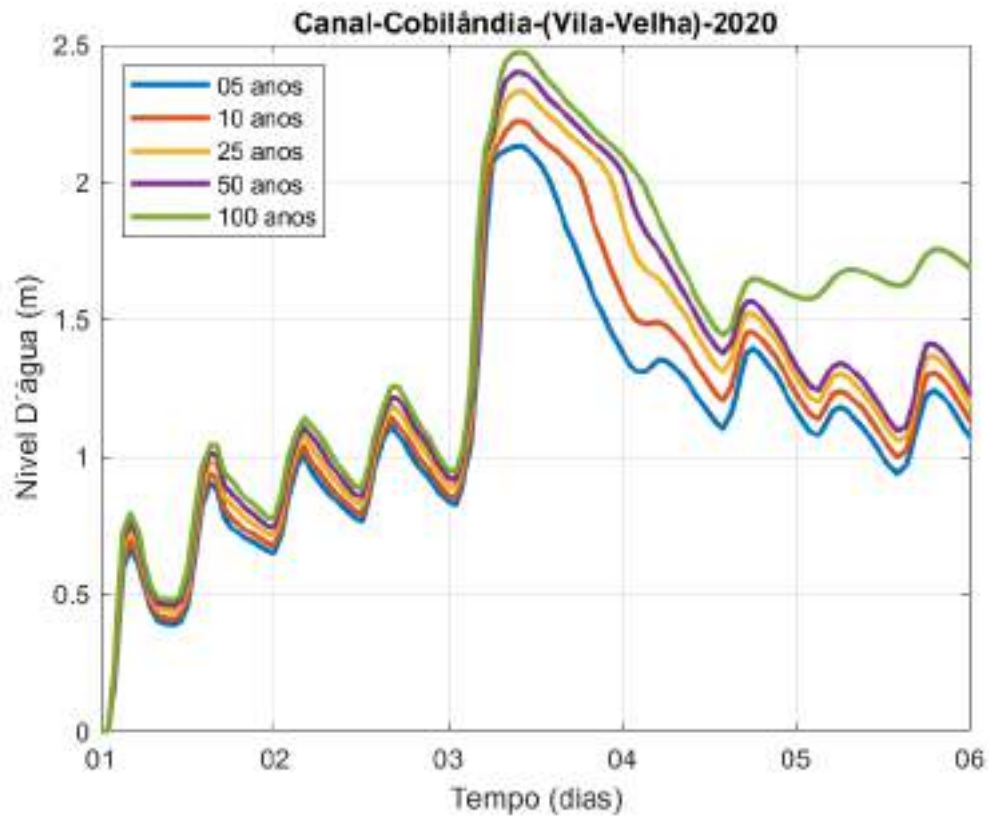
**Município de Vila Velha/Cariacica**

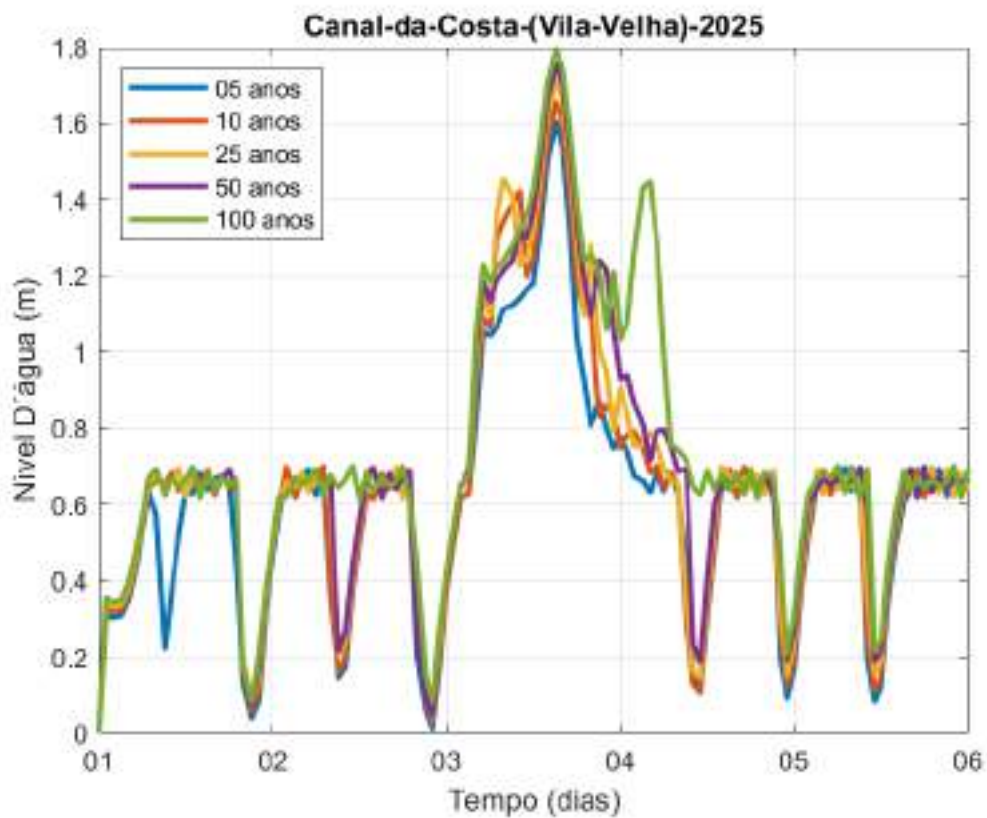
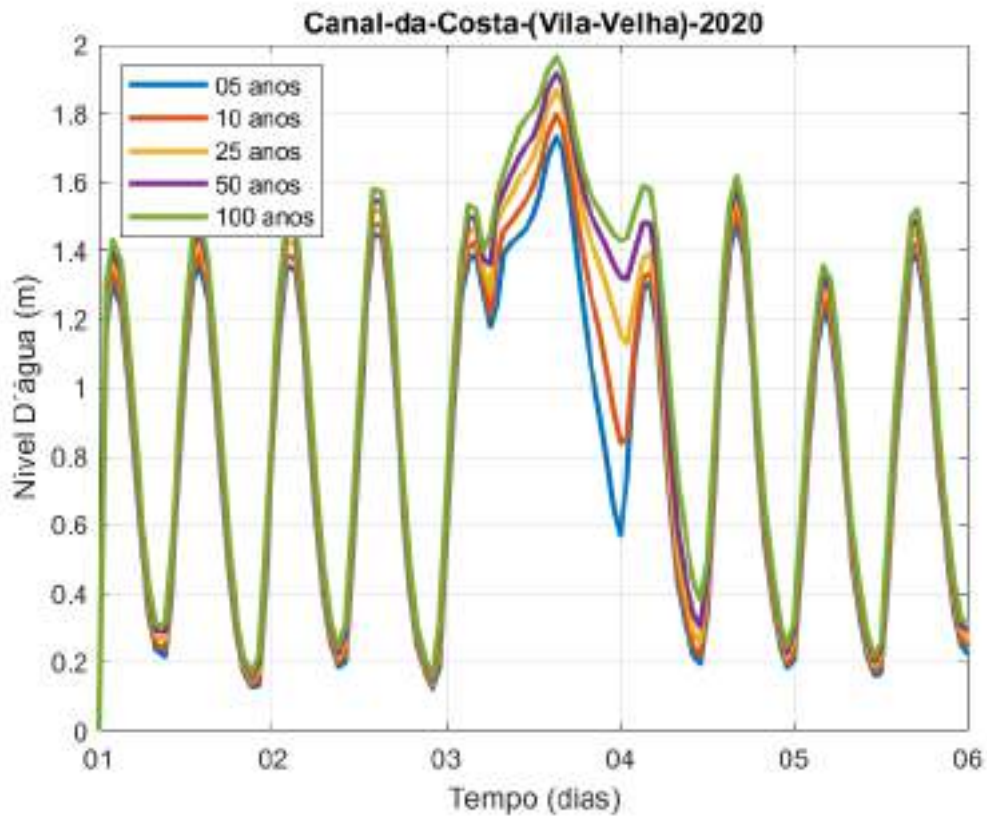


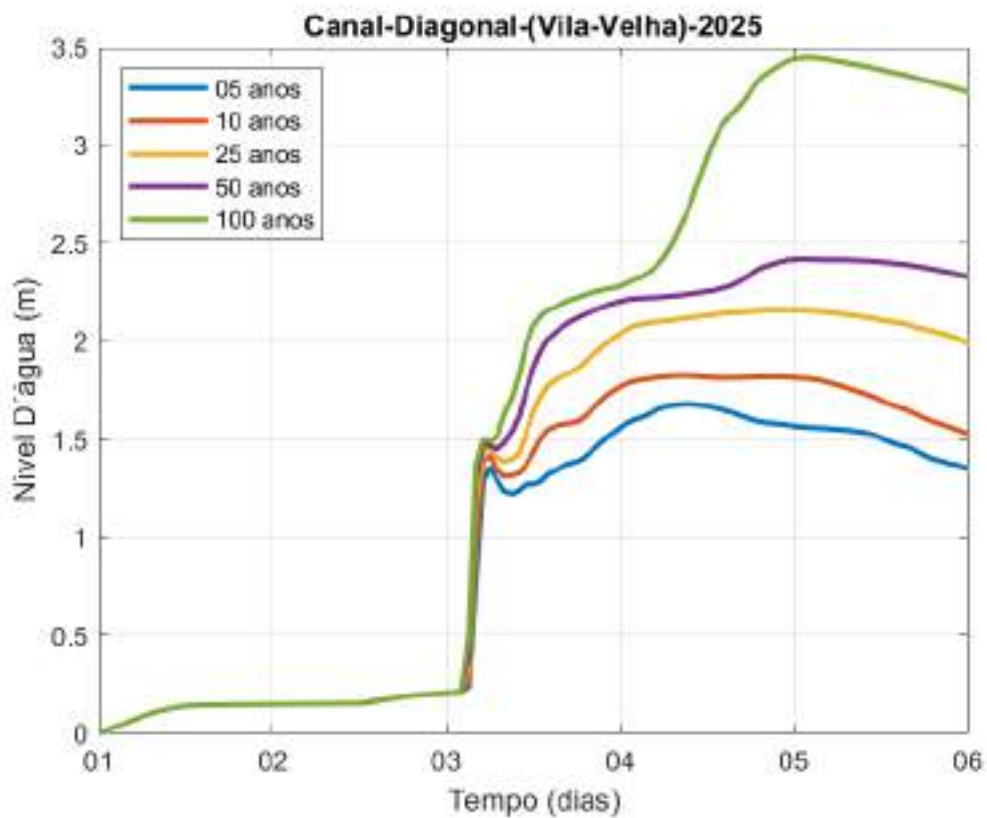
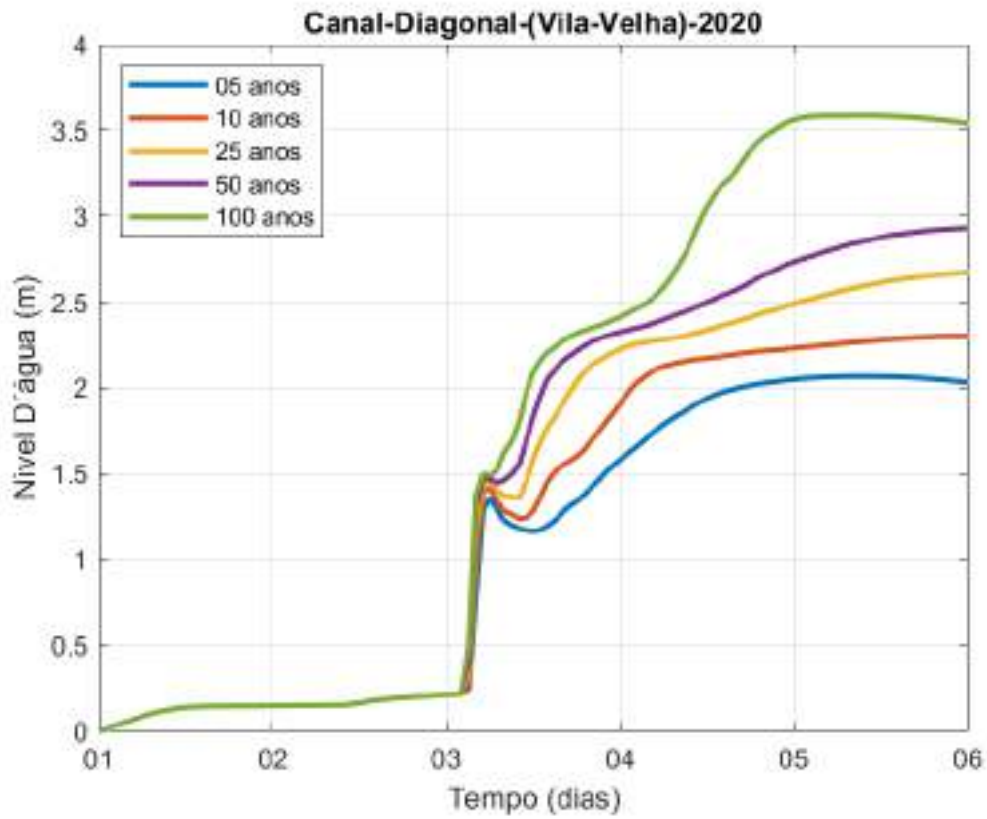


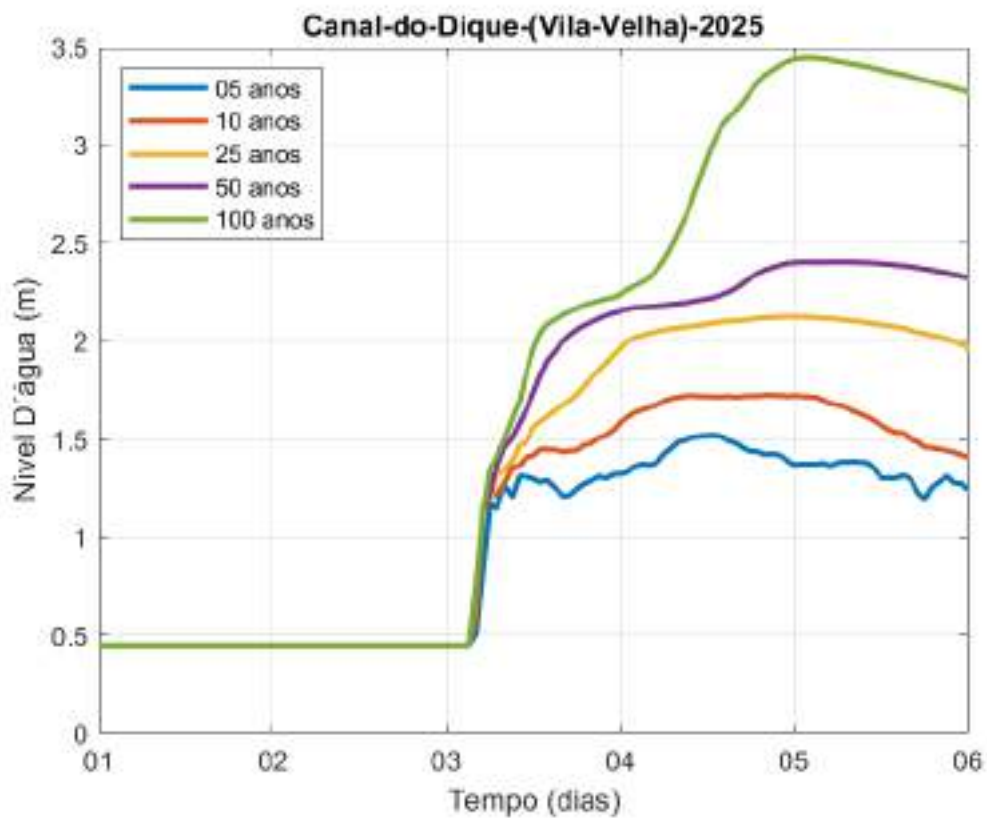
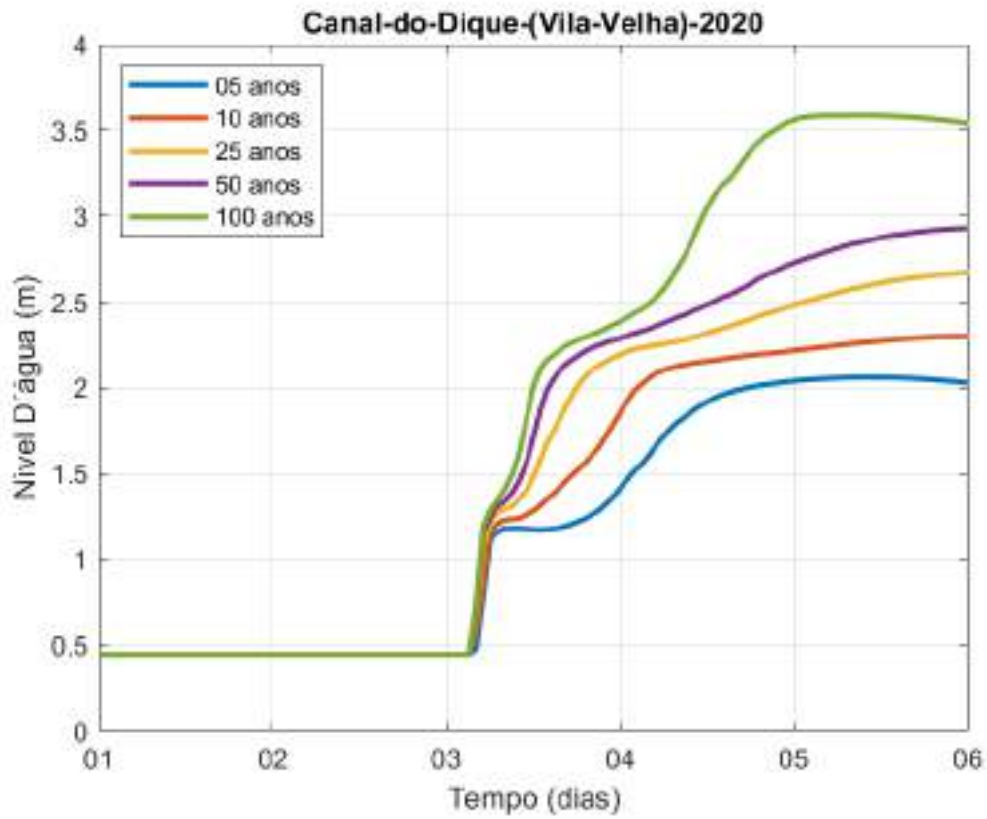


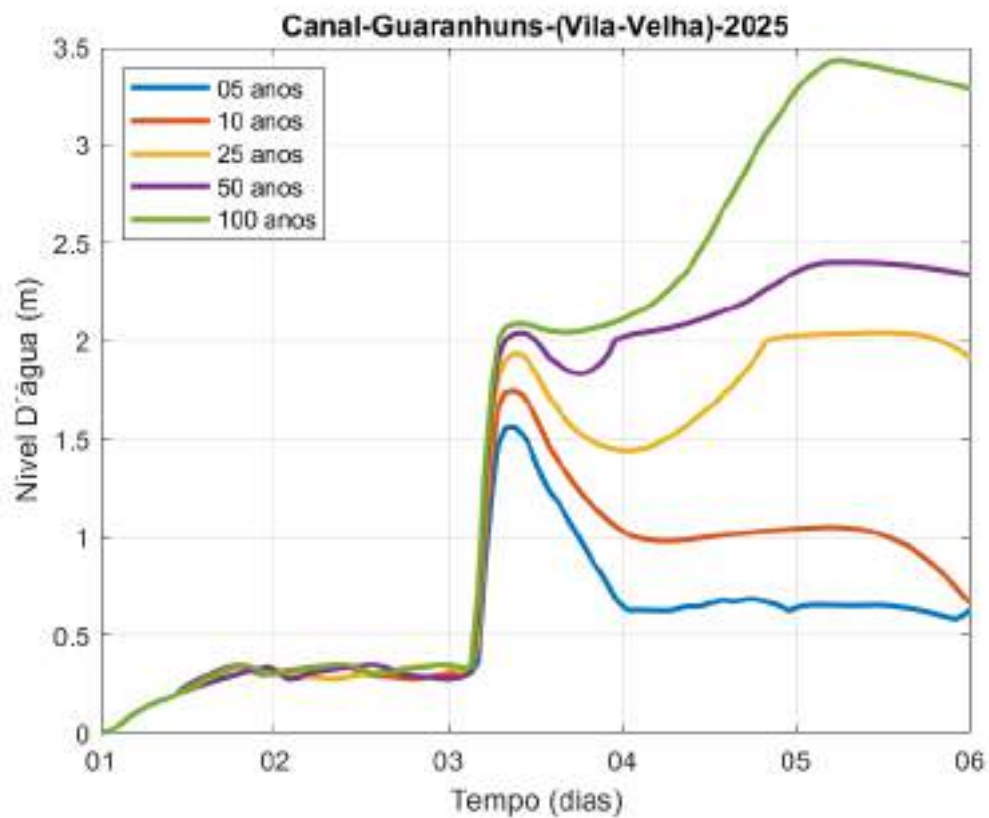
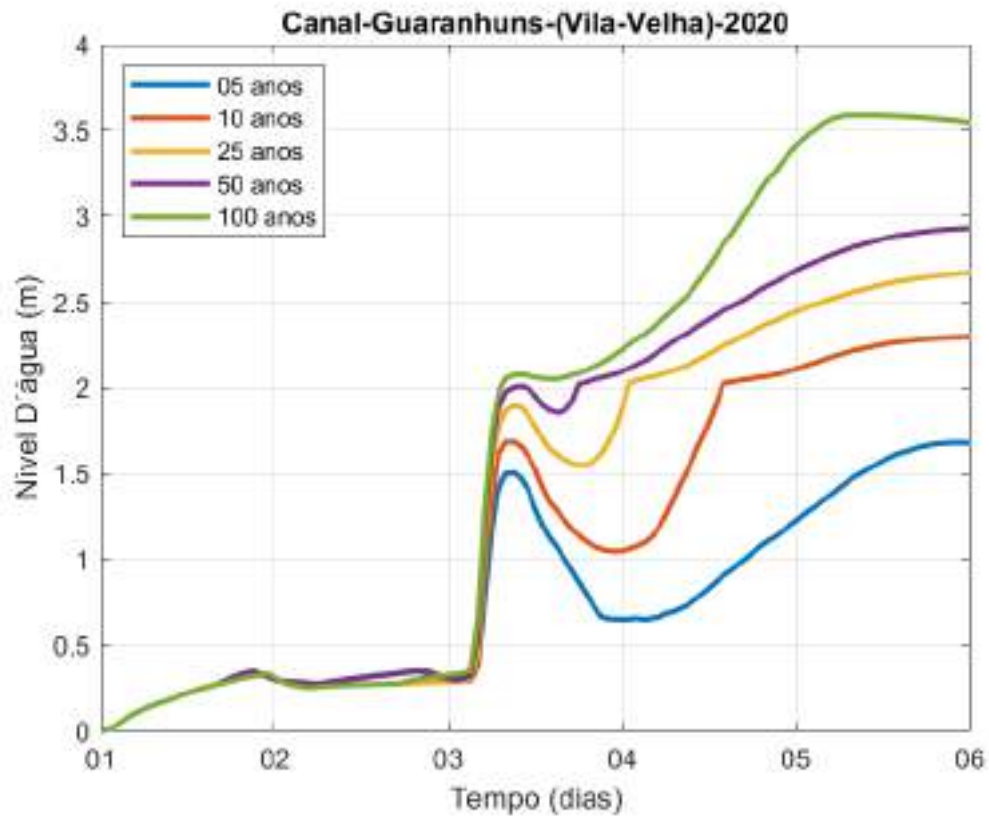


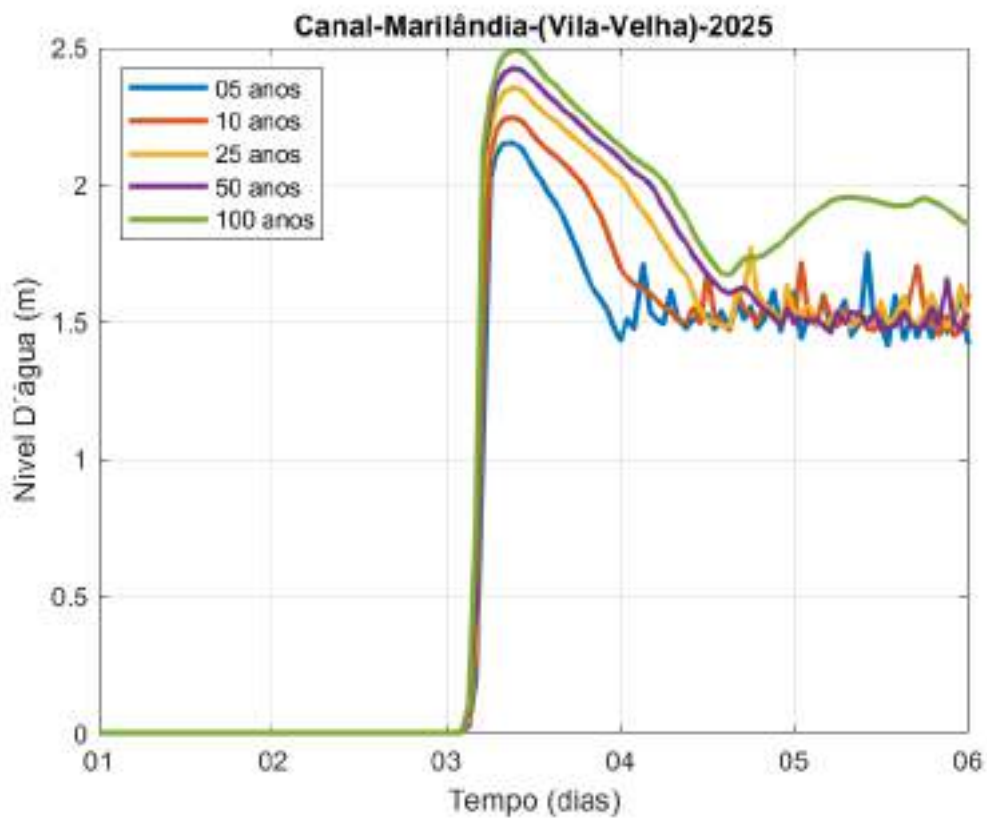
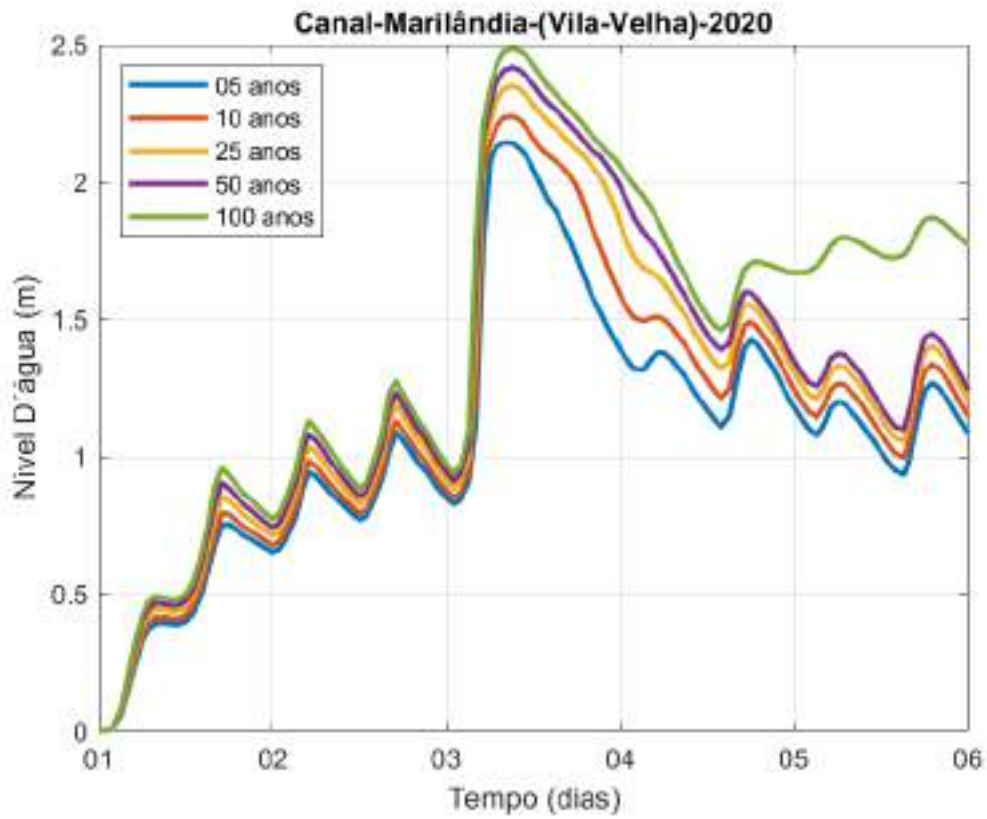


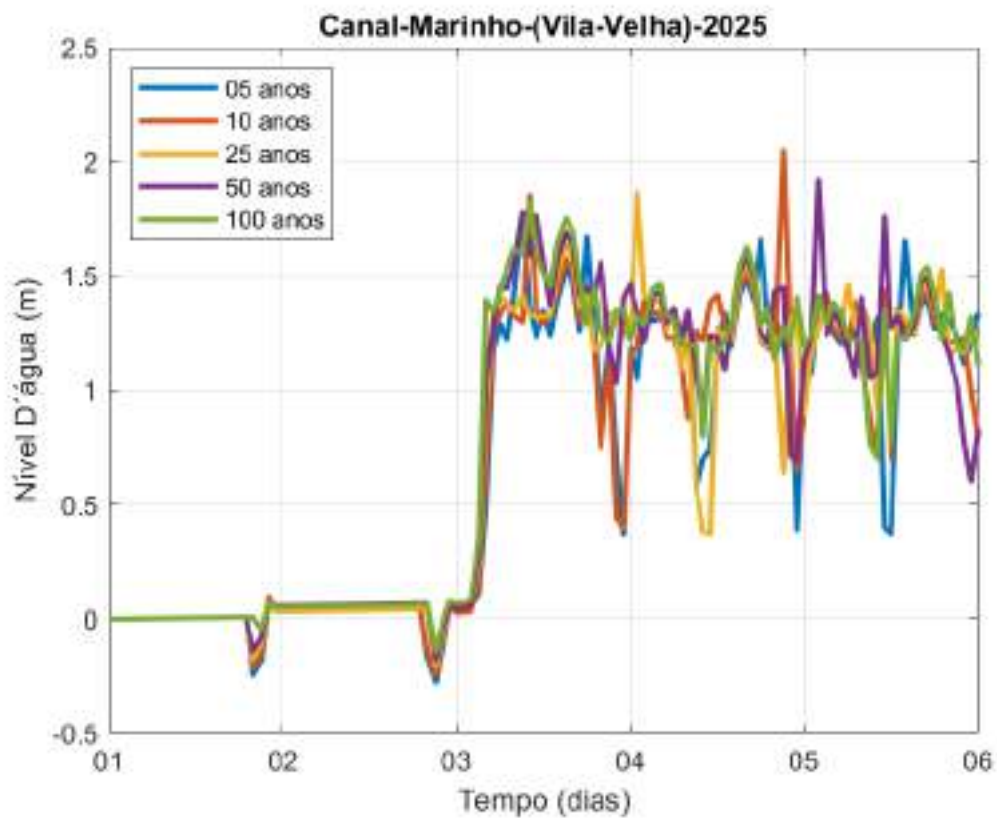
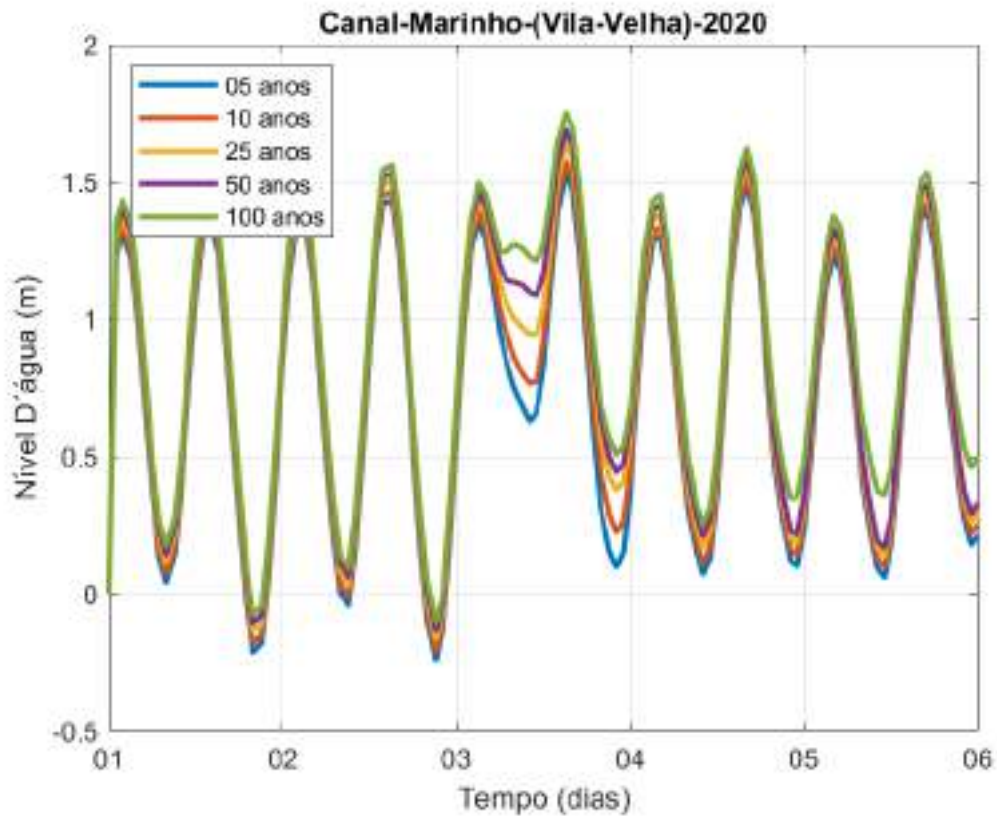


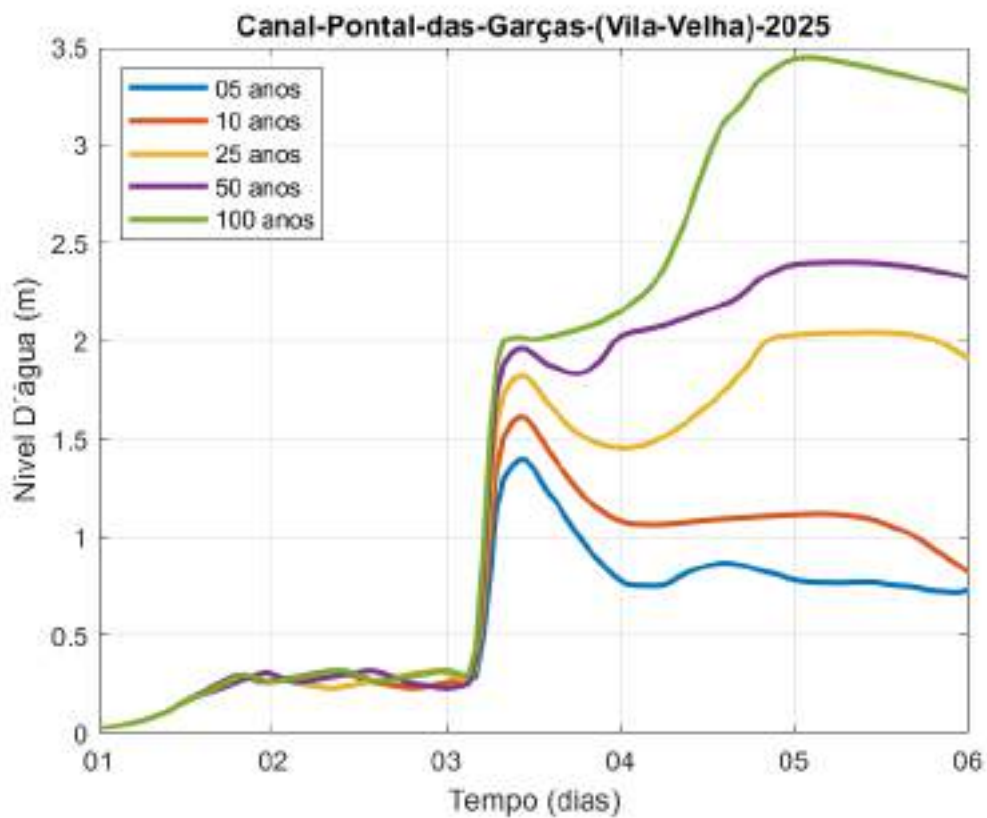
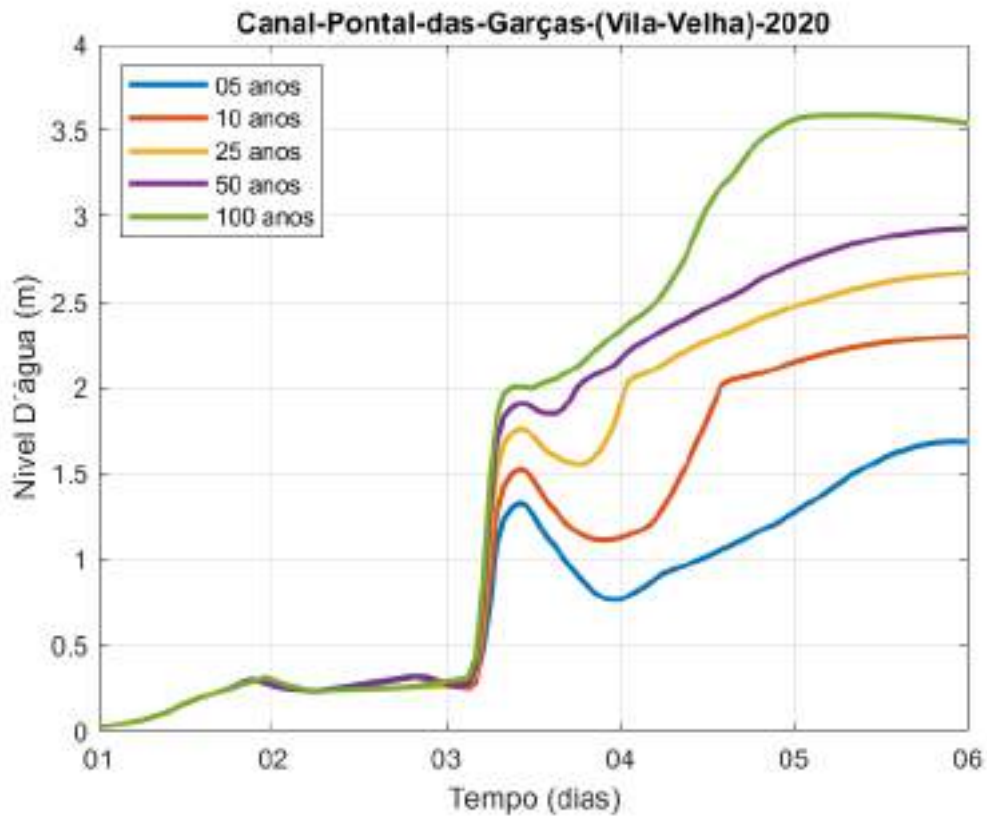


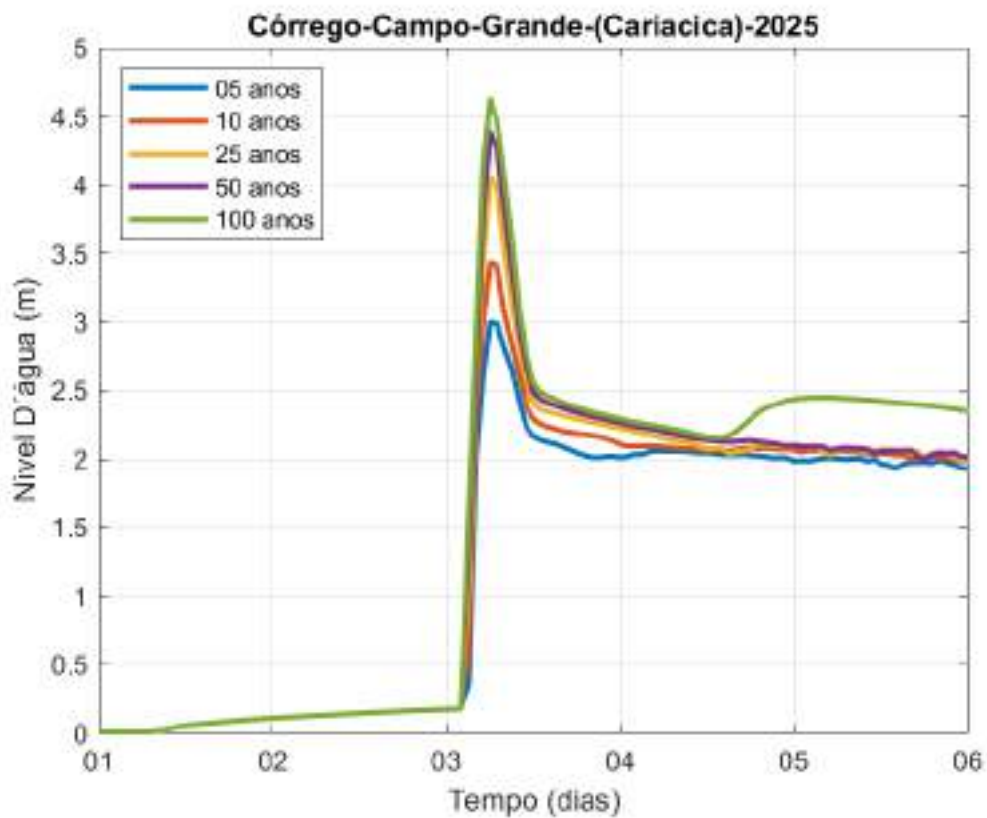
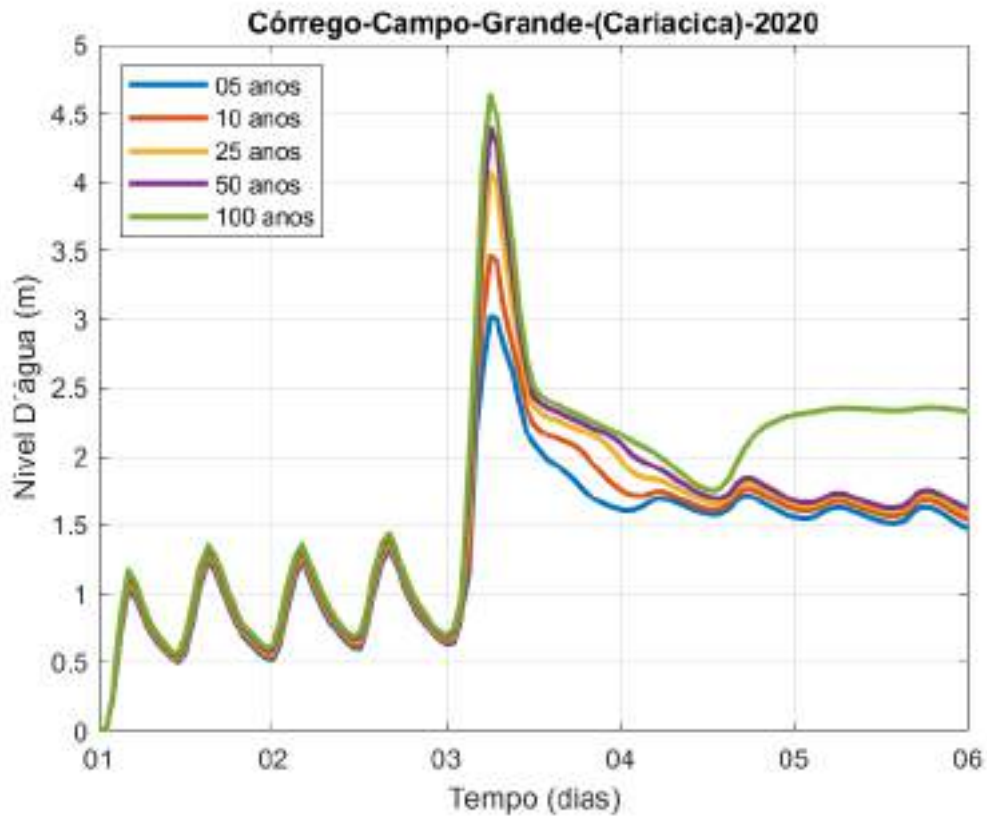


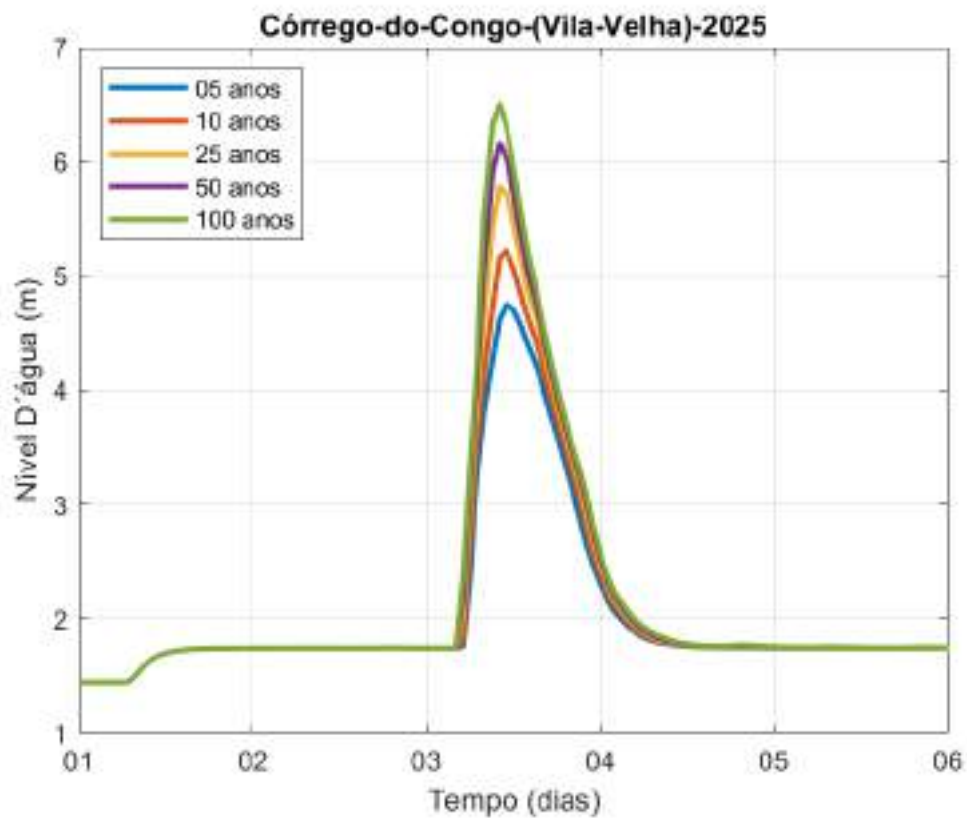
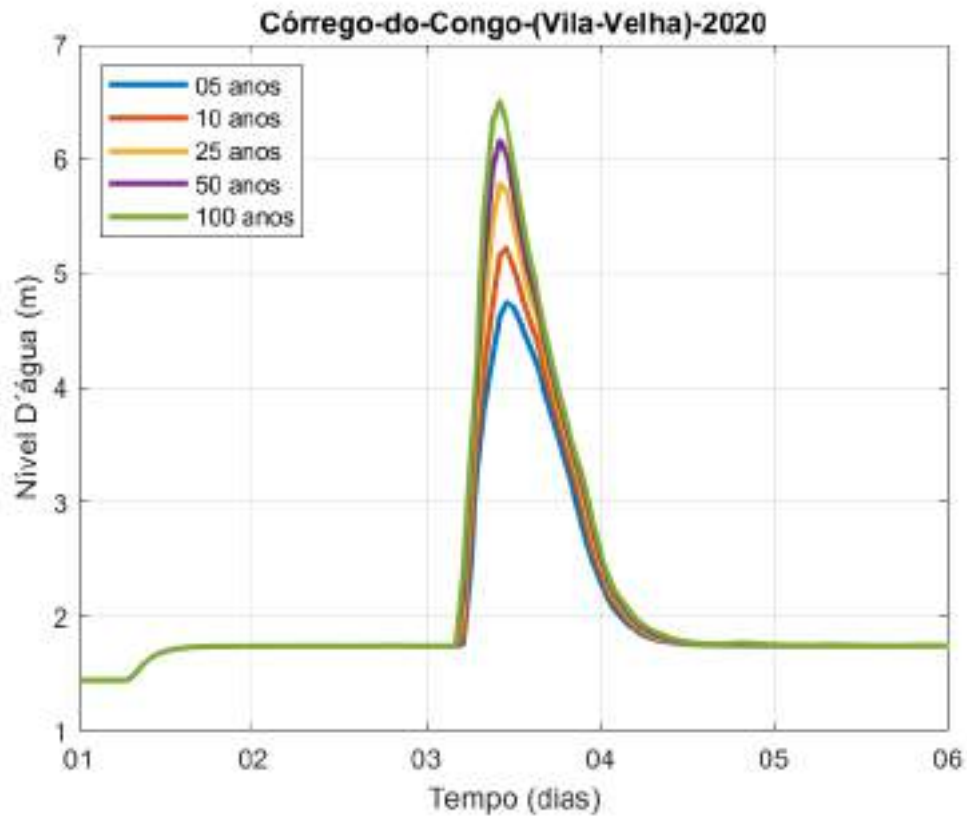


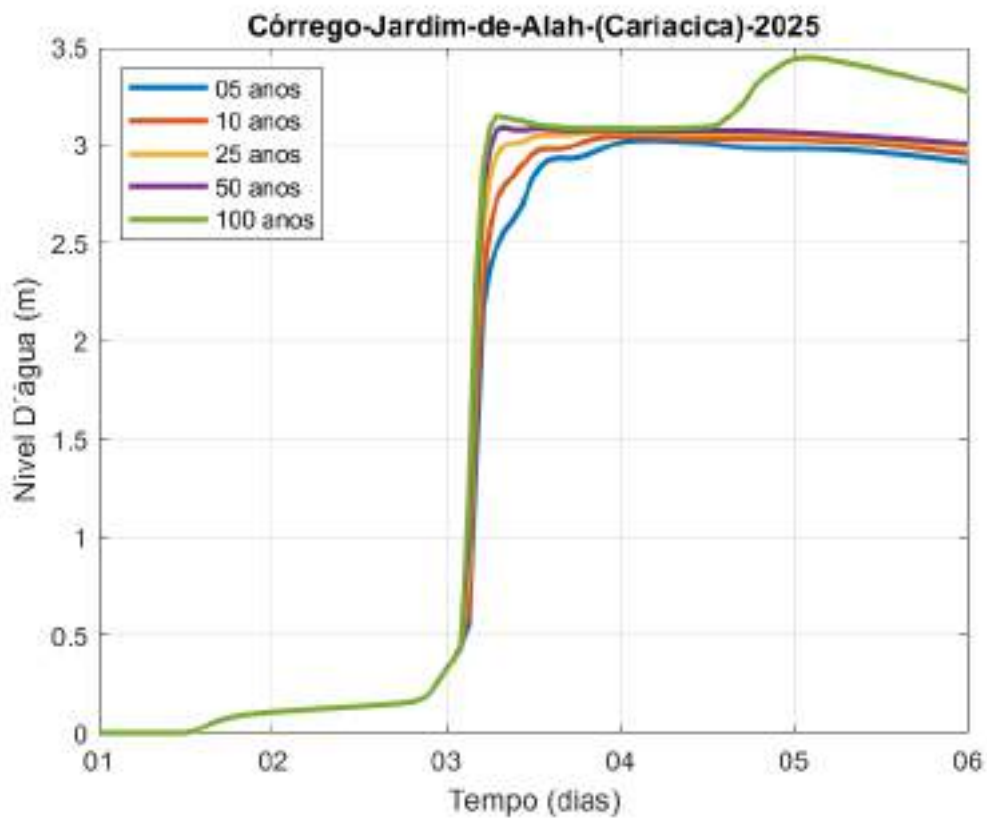
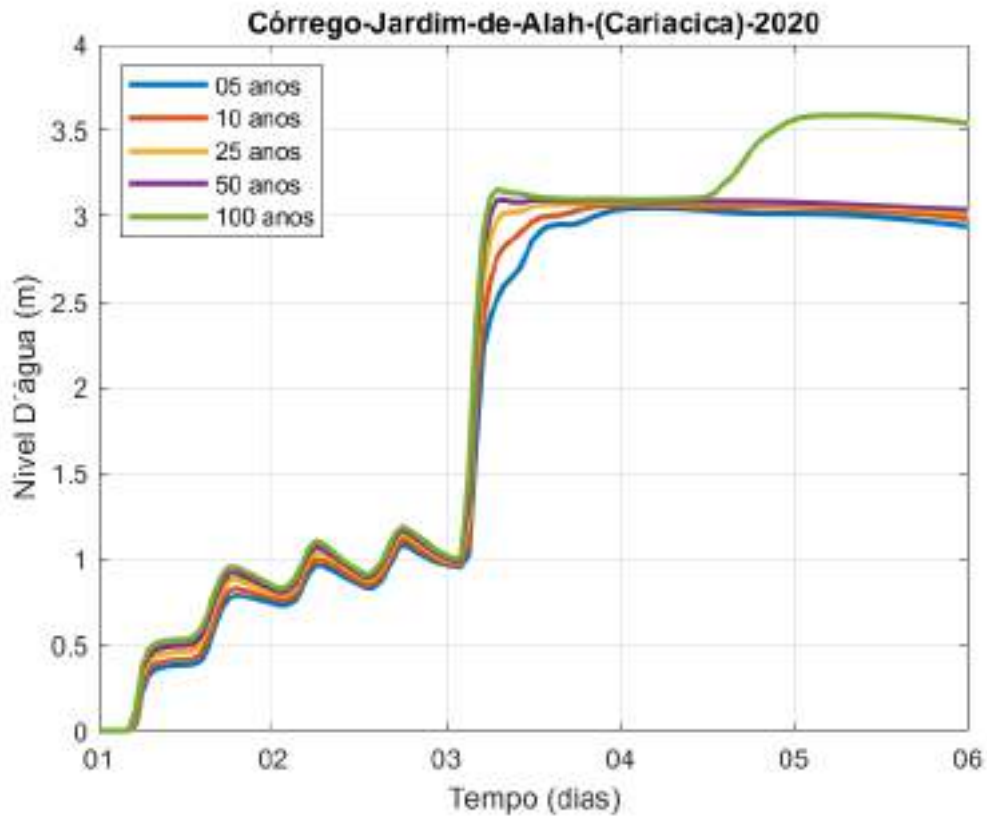


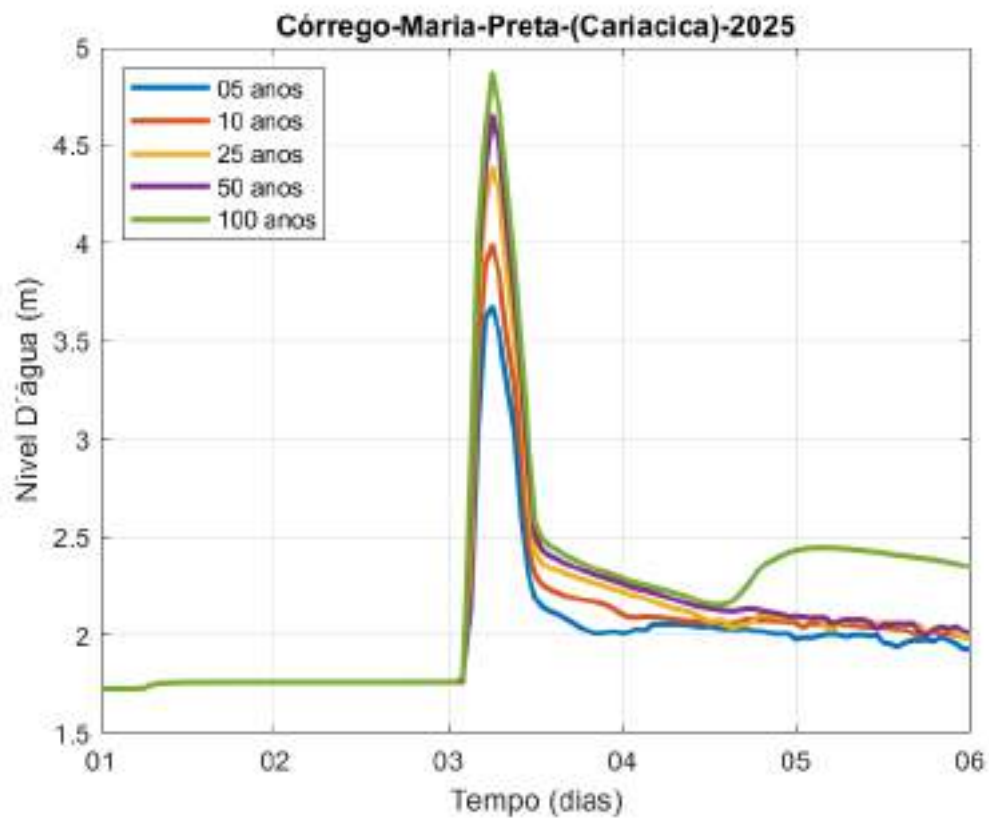
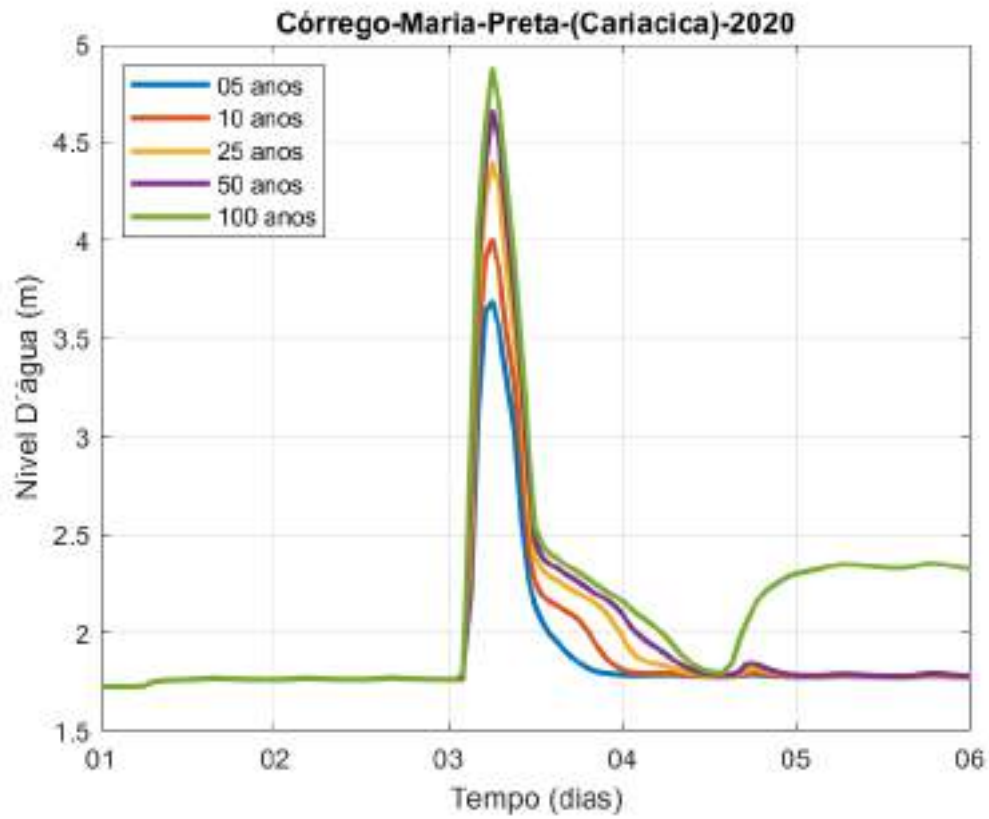


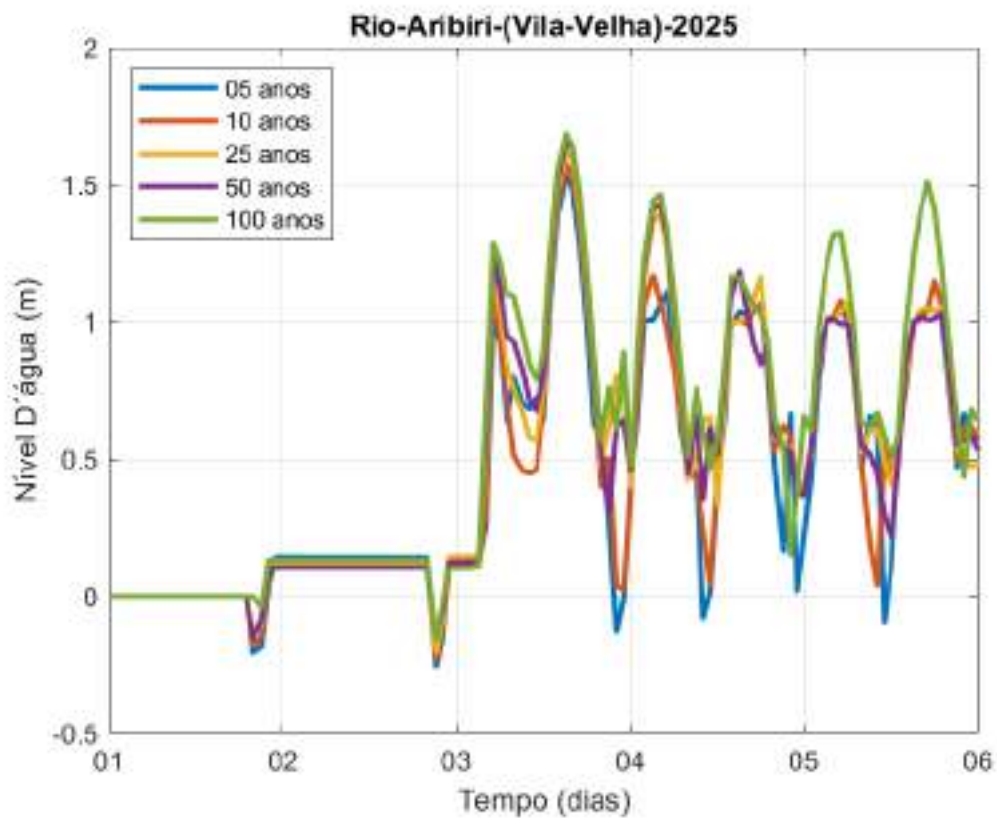
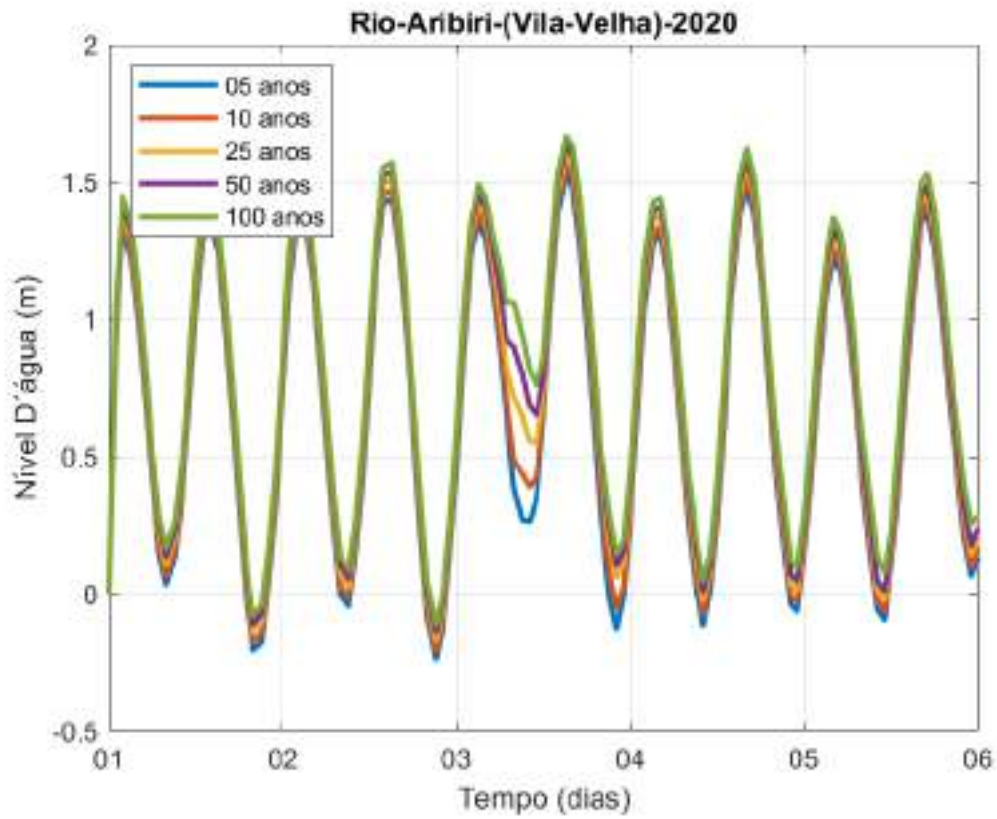


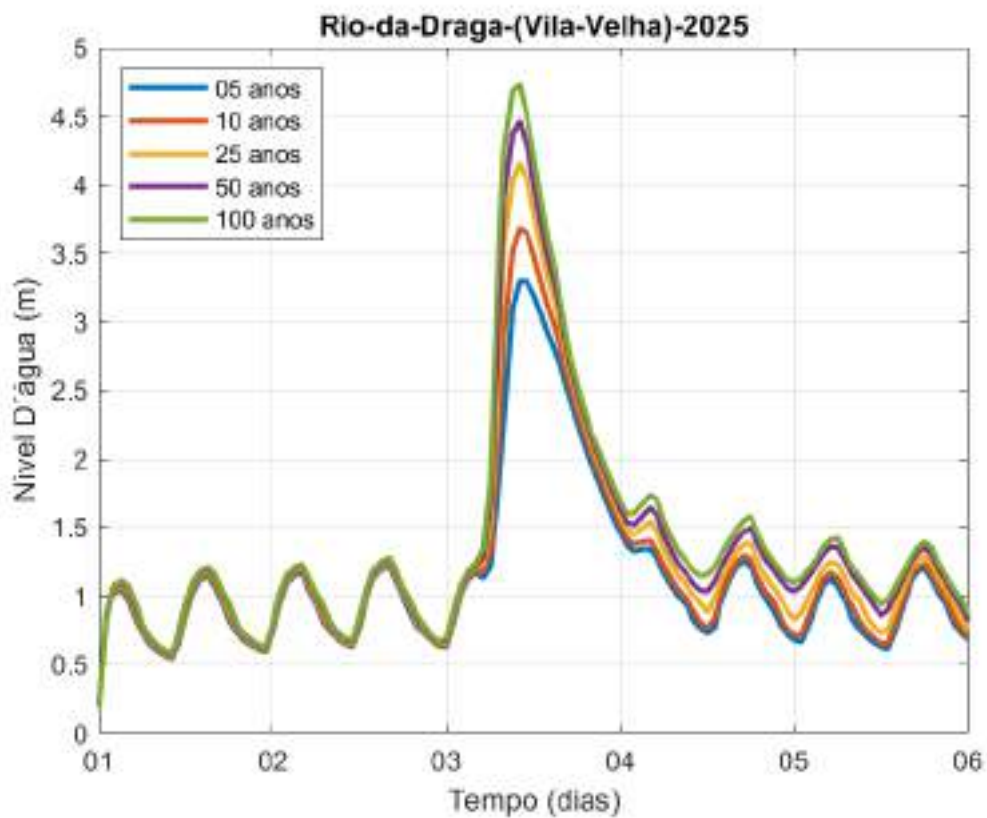
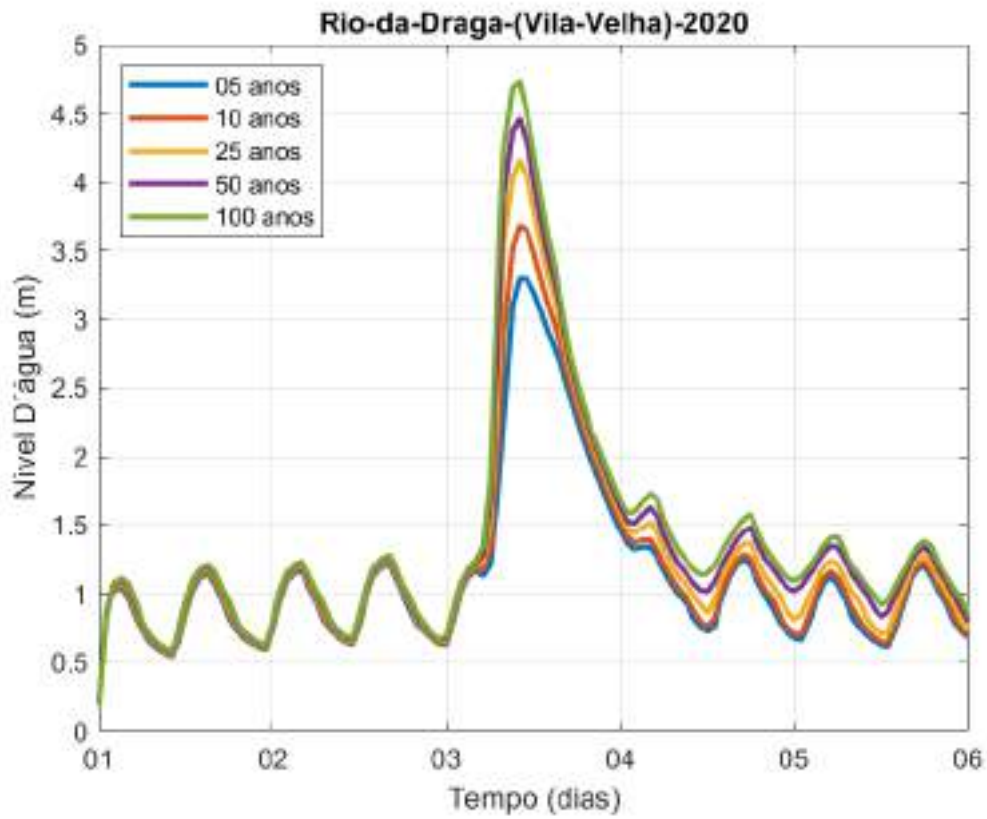


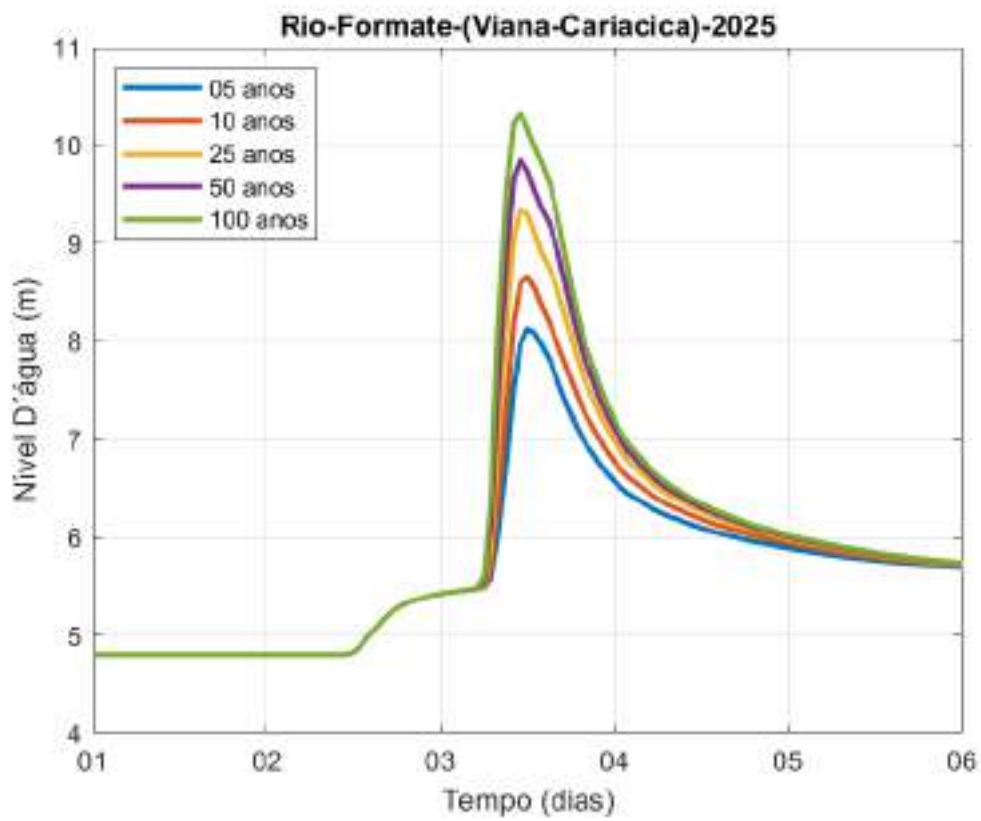
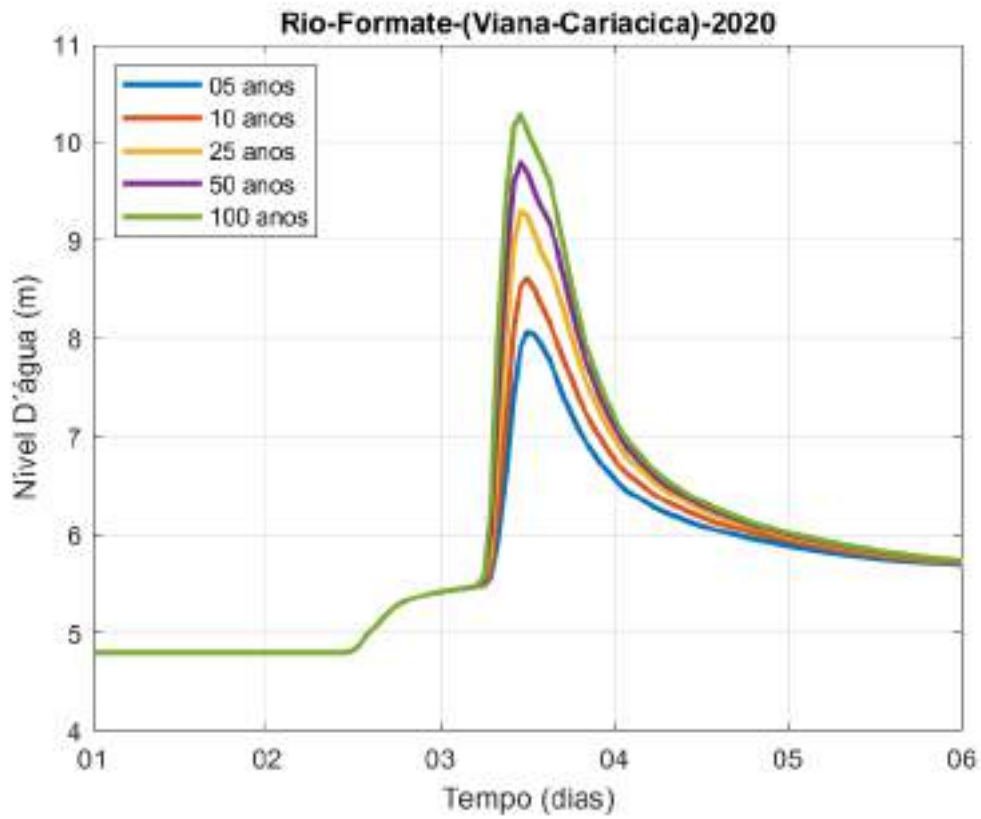


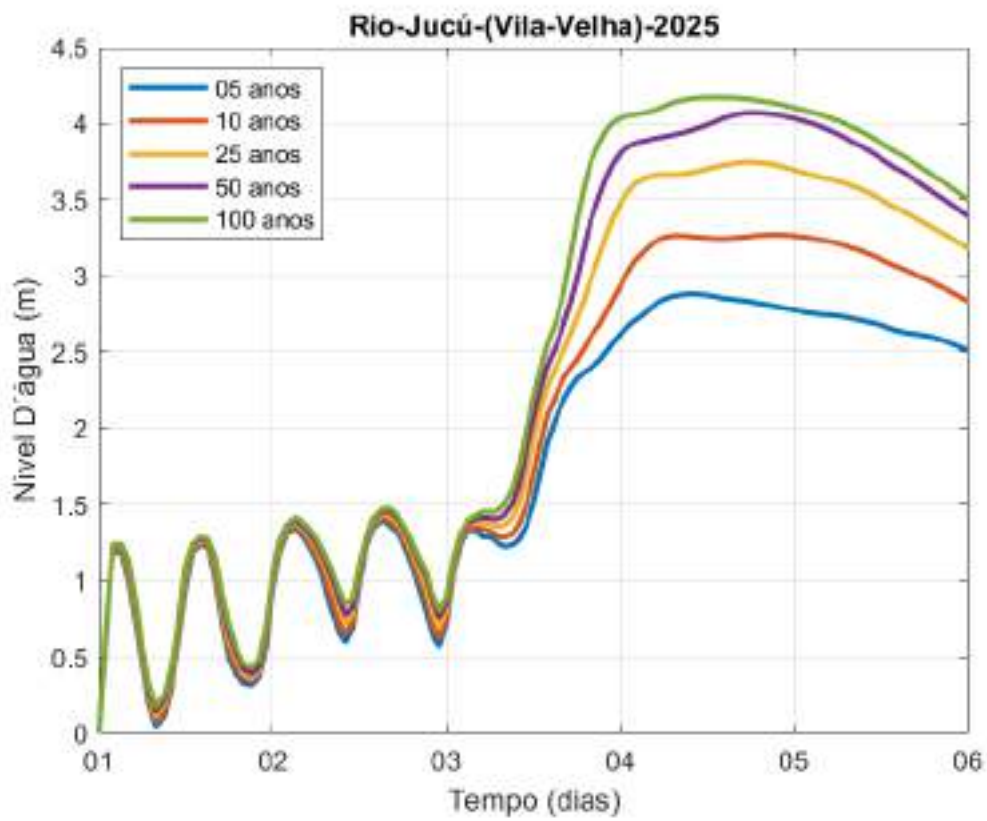
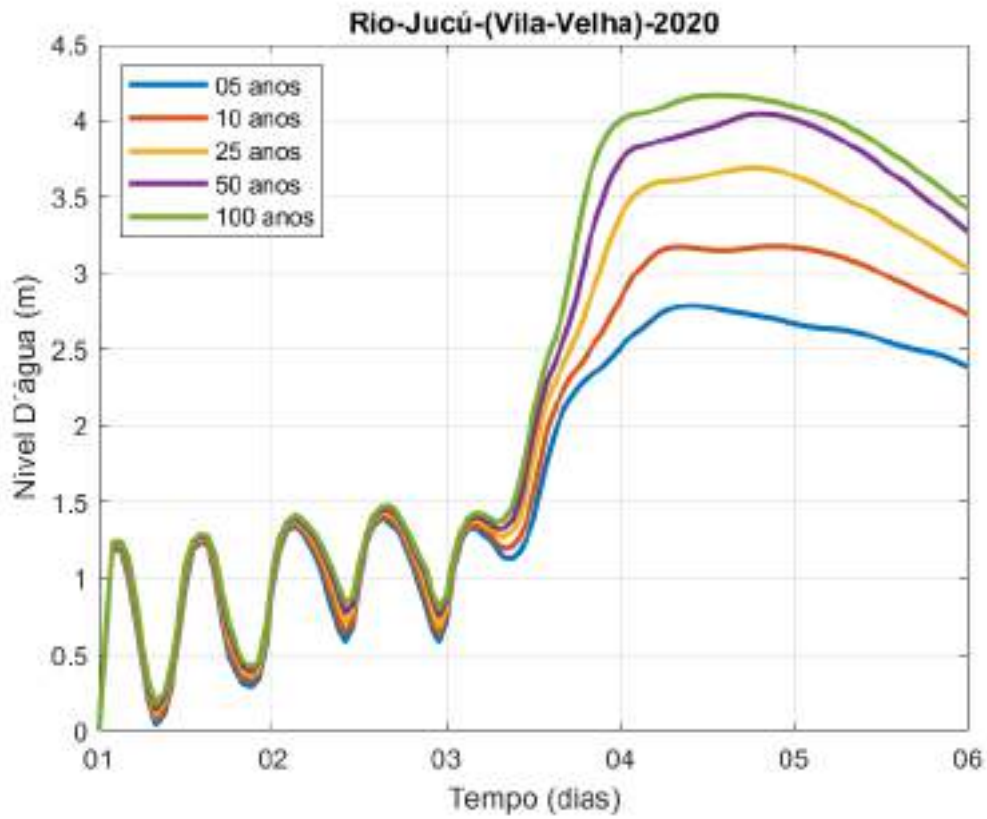


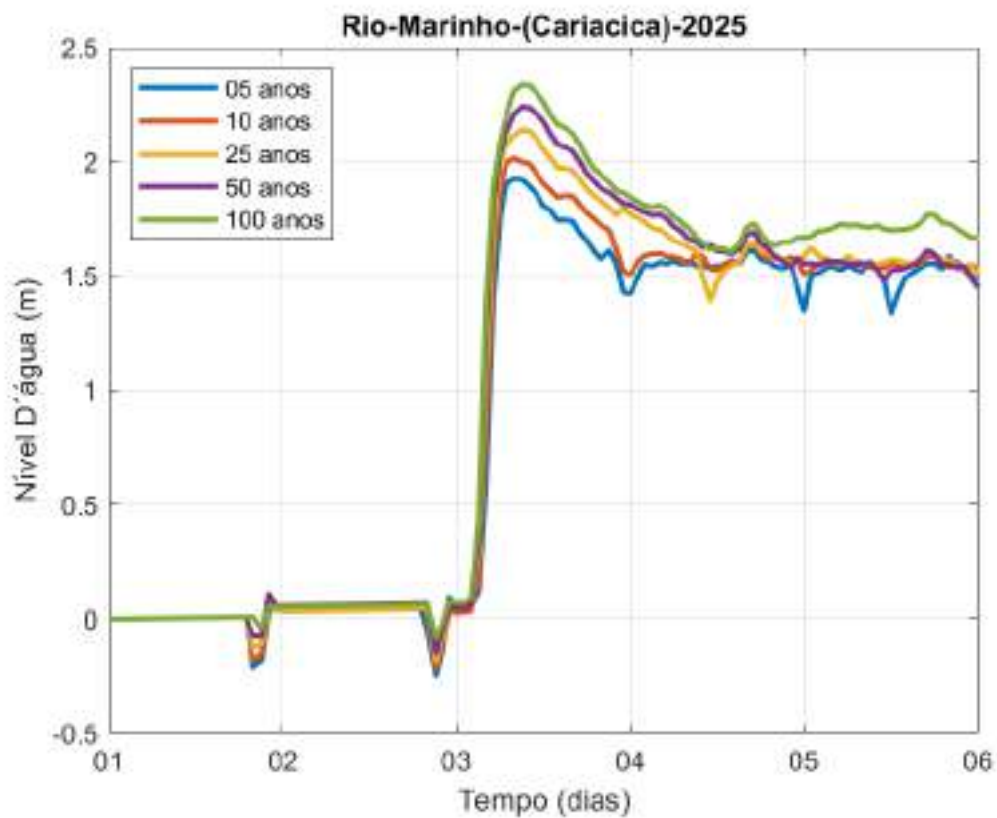
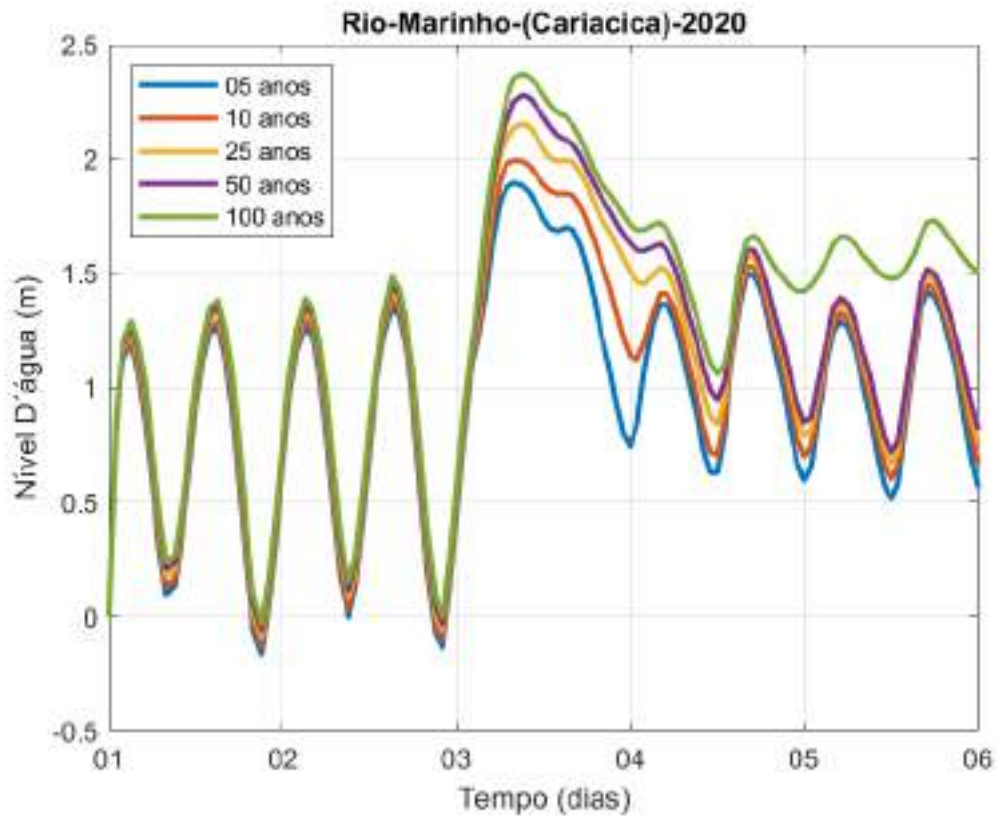


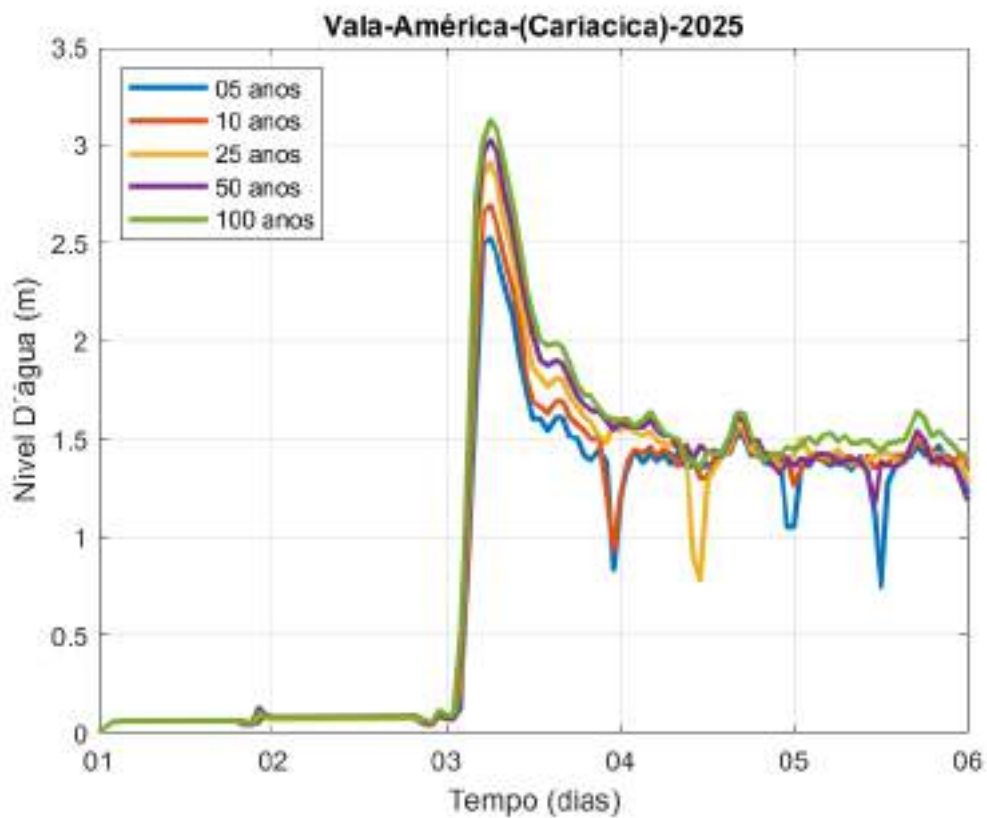
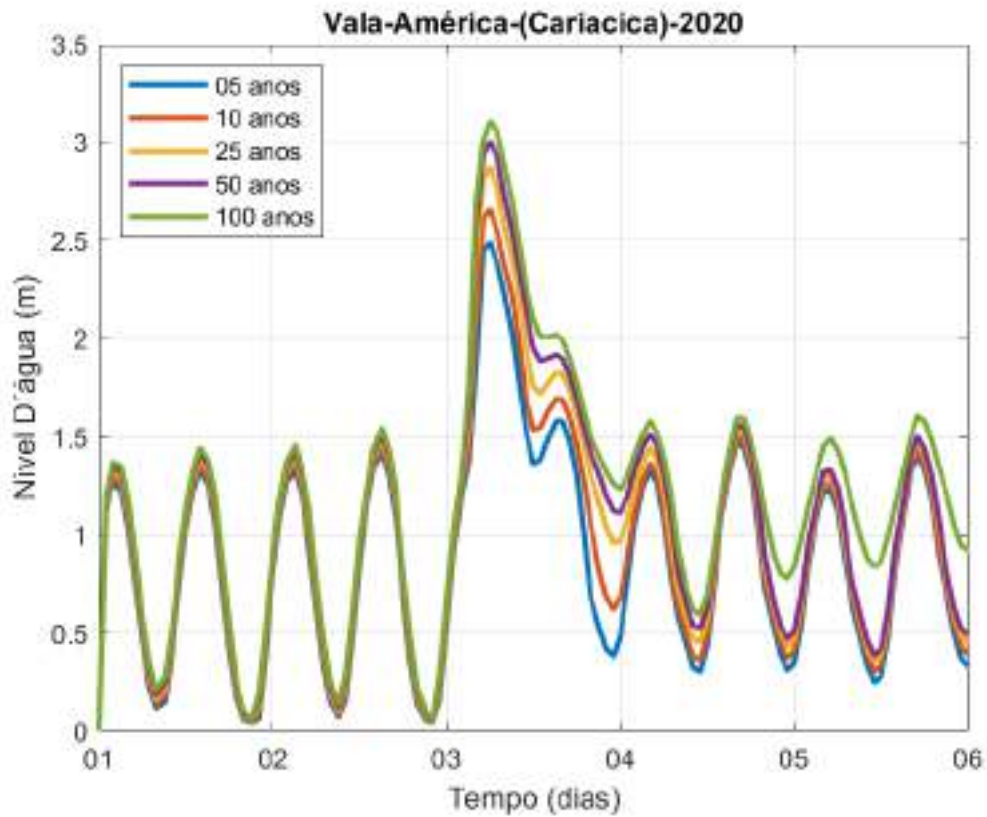








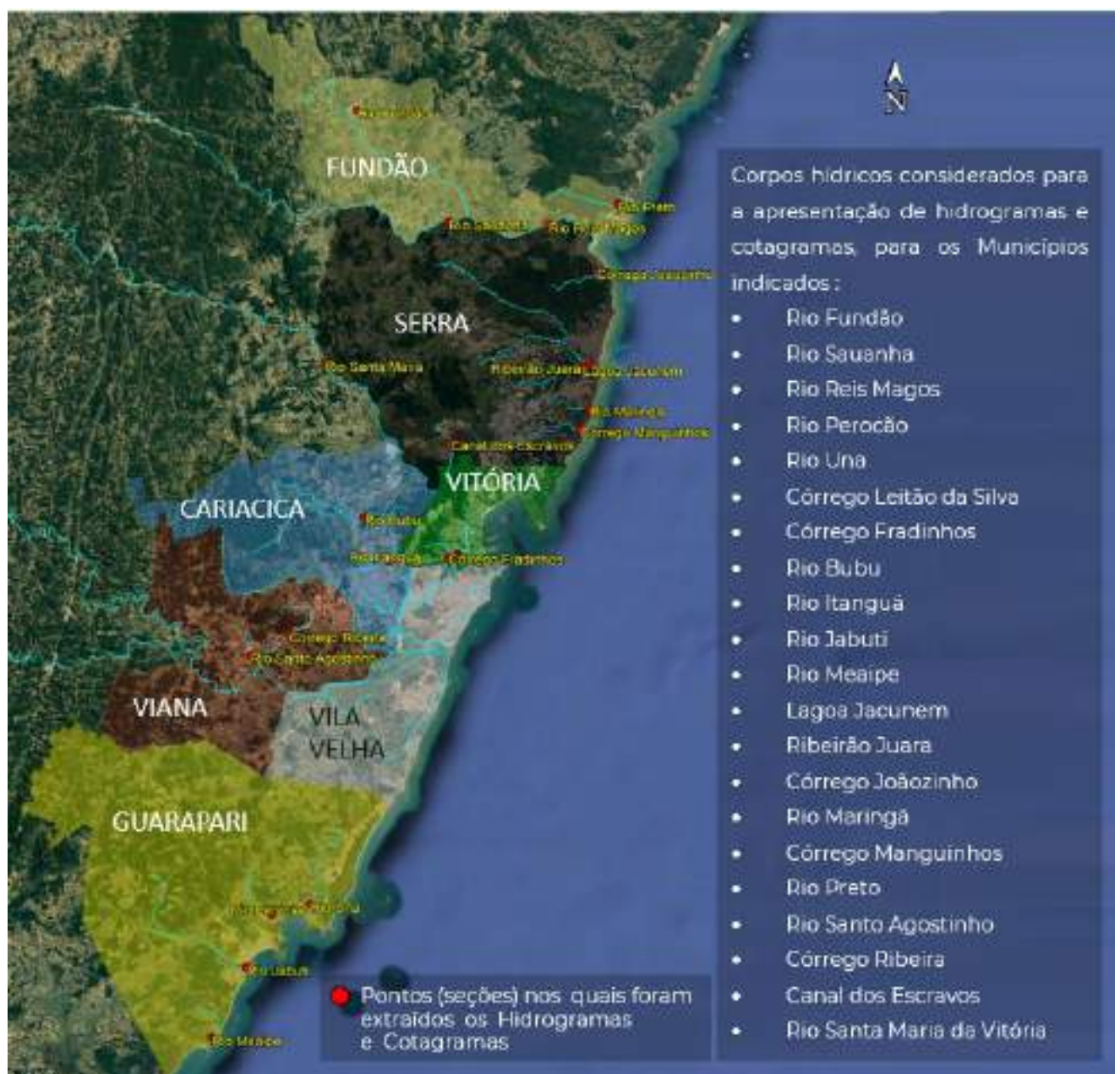




## HIDROGRAMAS e COTAGRAMAS

Anos de 2020 e 2025

Localização dos pontos (seções) nos quais foram extraídas as curvas de Hidrograma e Cotagrama para os Municípios de Fundão, Serra, Vitória, Cariacica, Viana e Guarapari

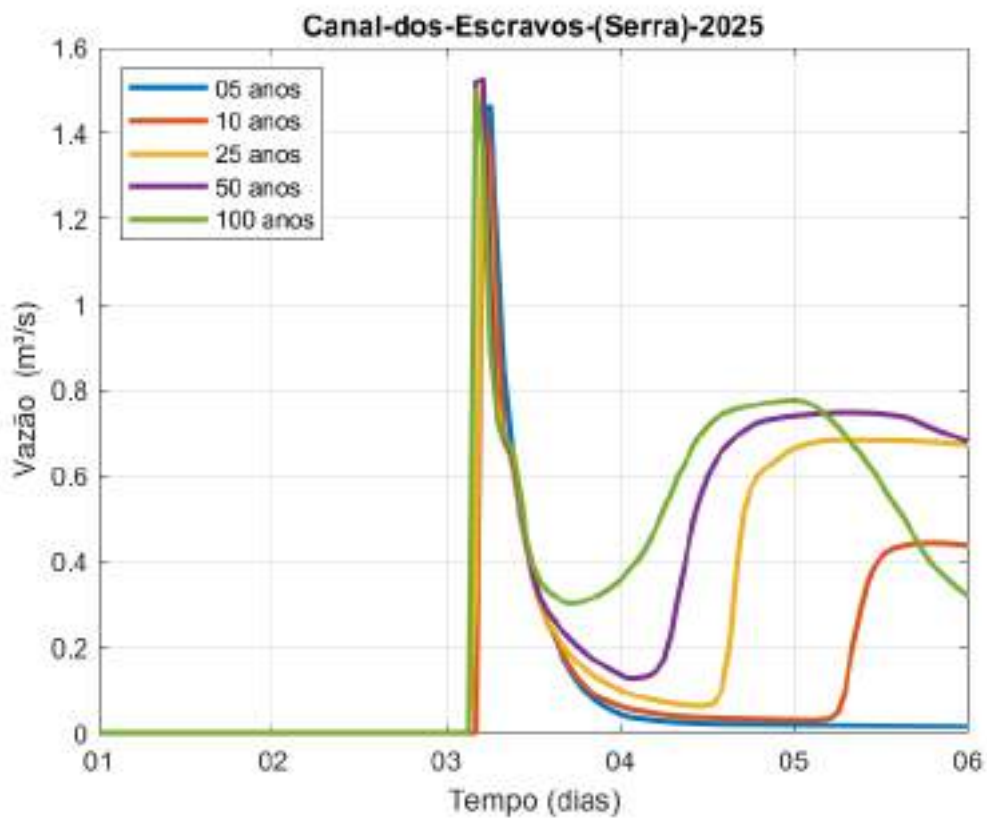
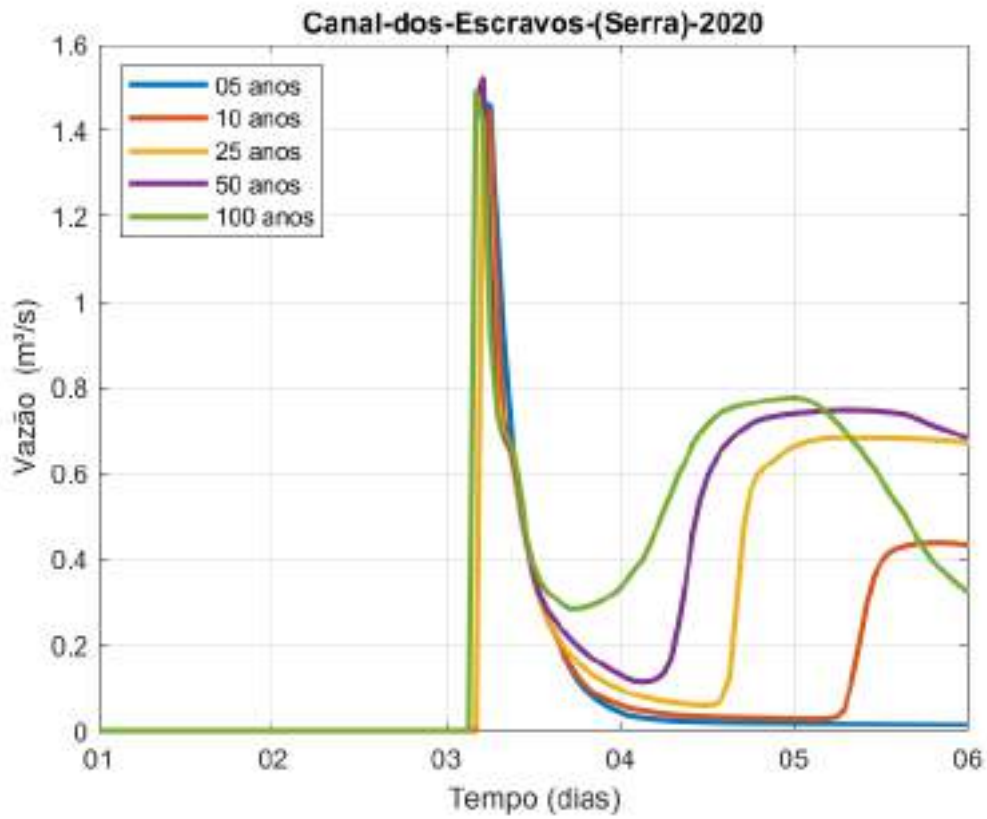


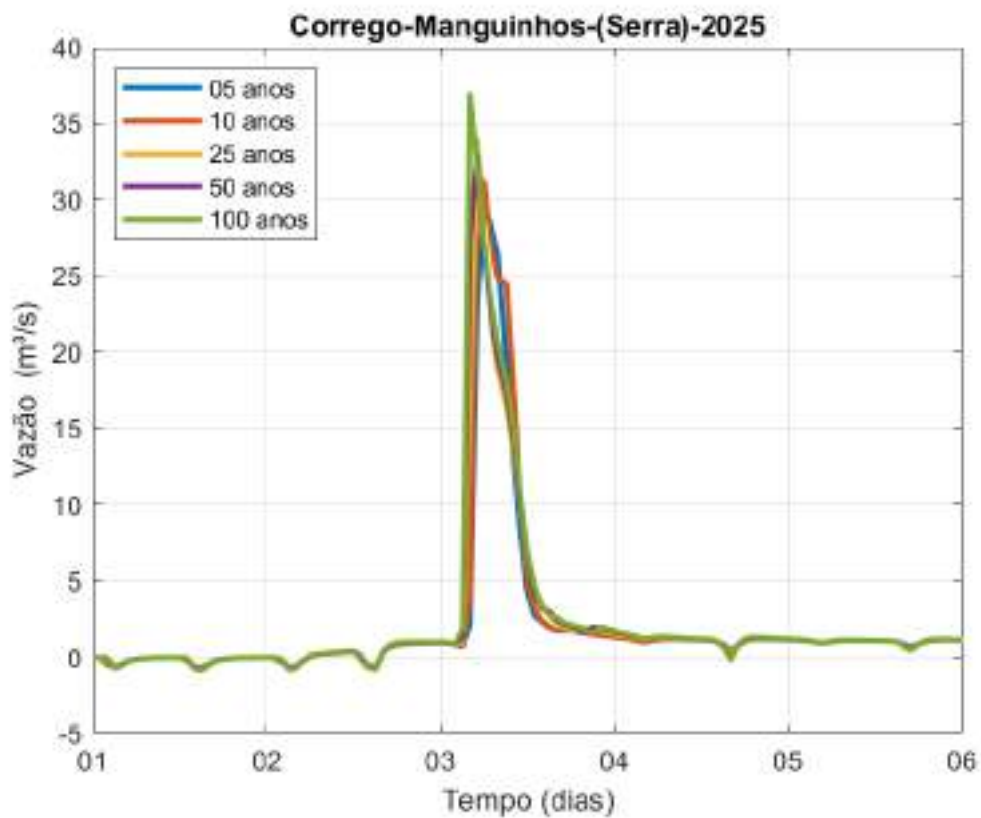
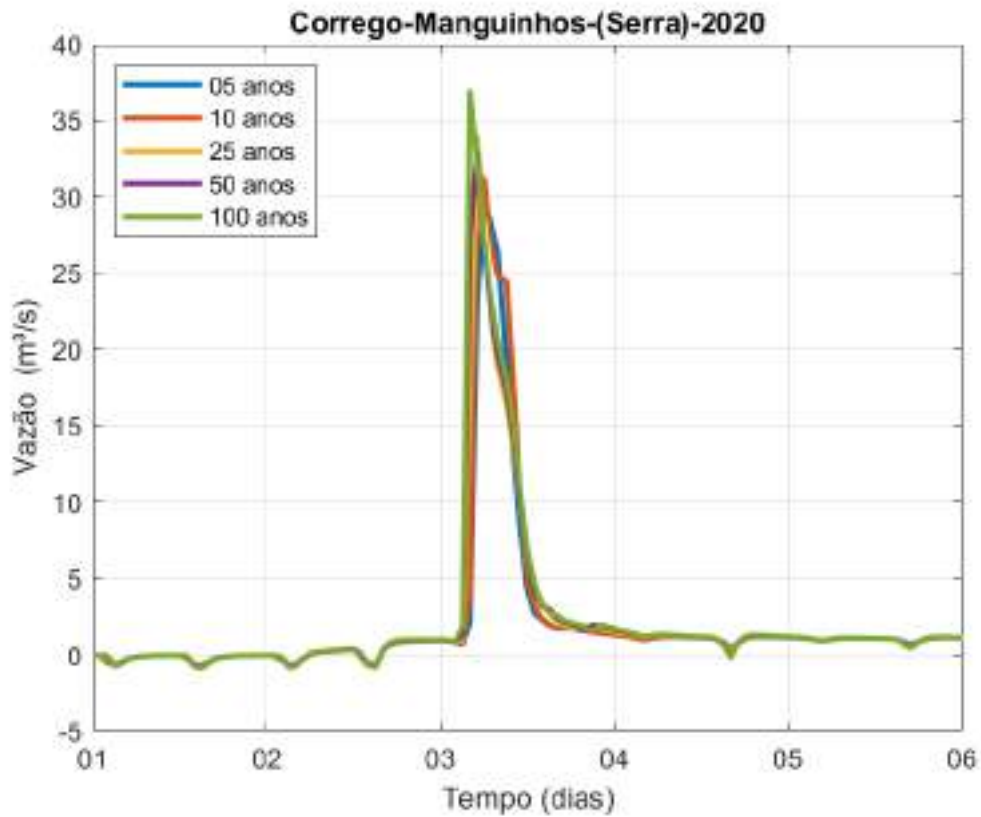
# **HIDROGRAMAS**

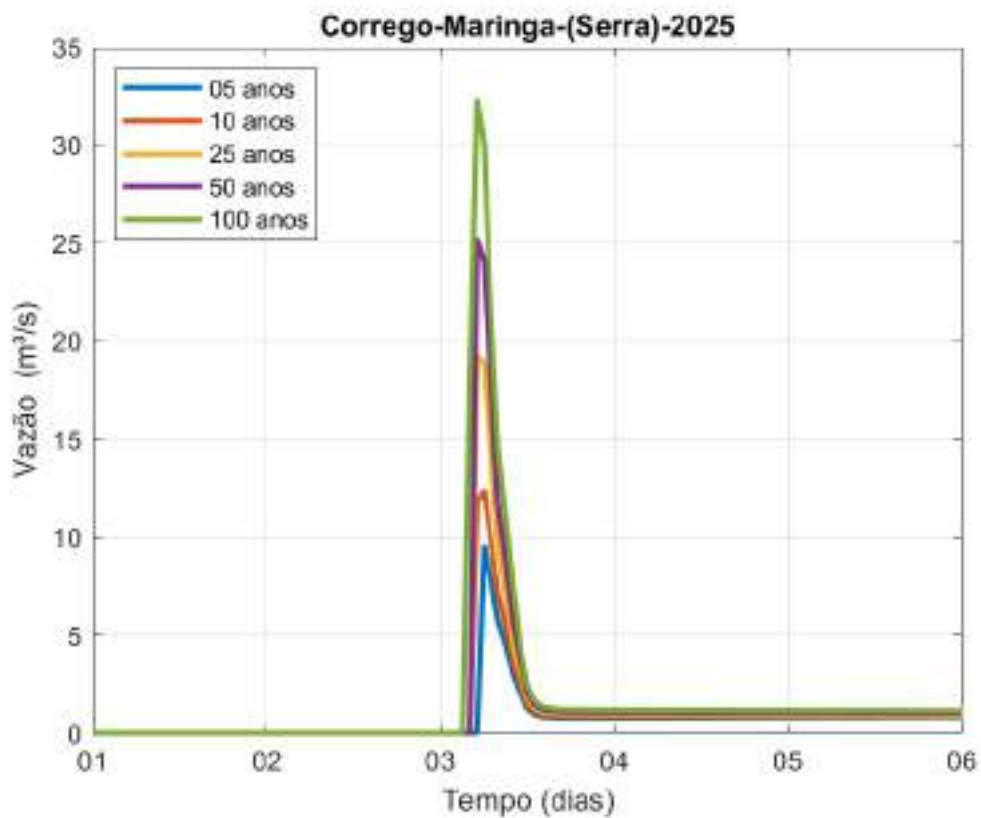
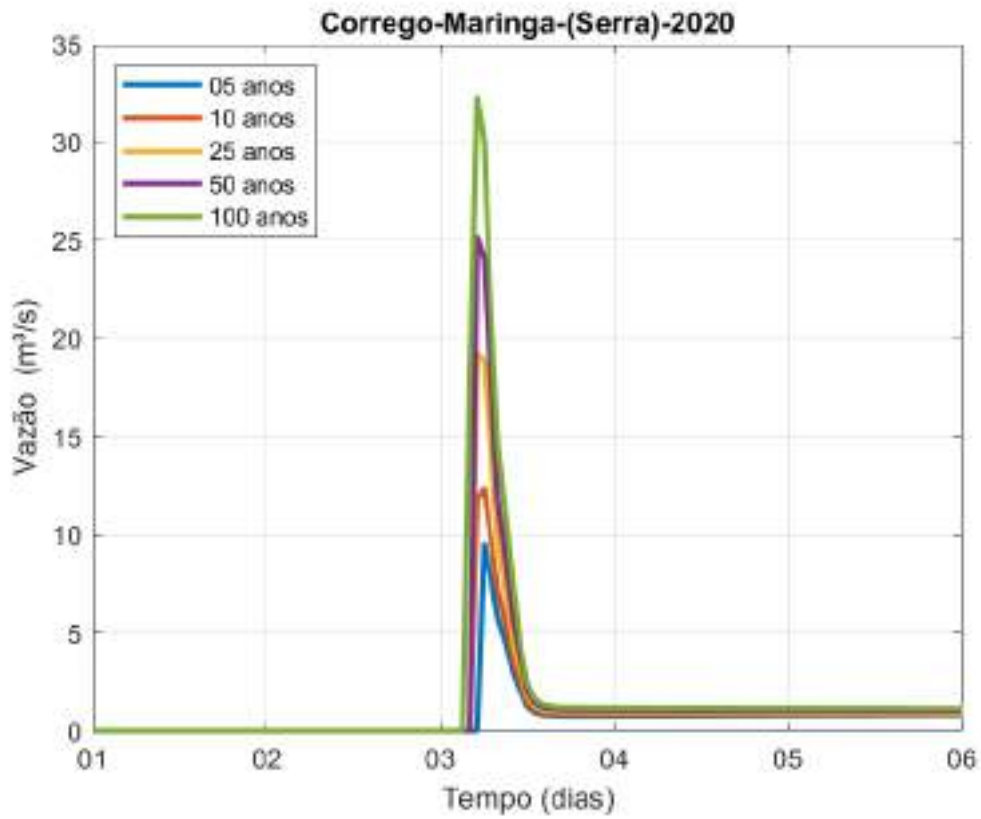
**Anos de**

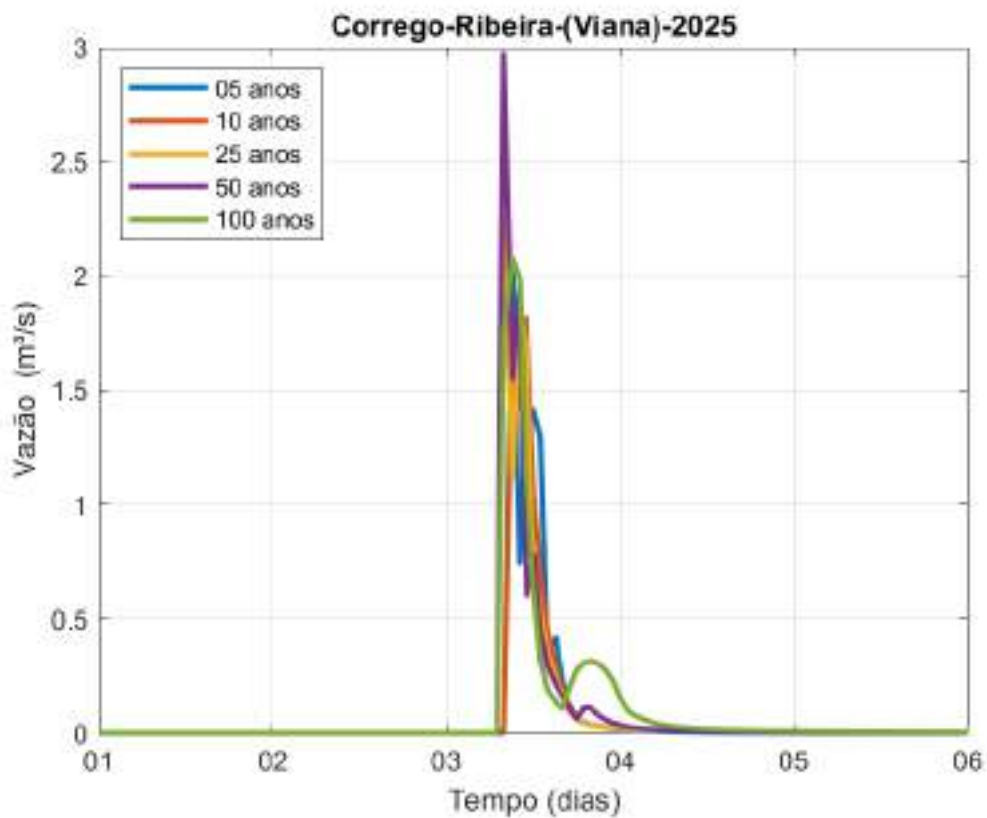
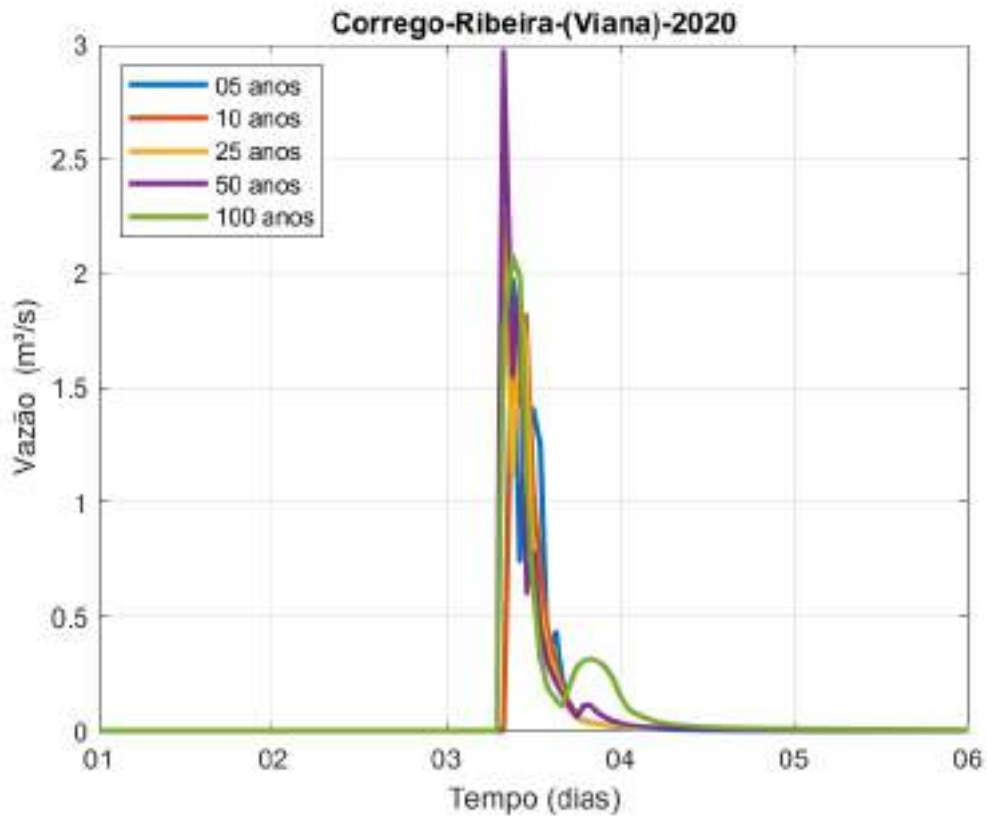
**2020 e 2025**

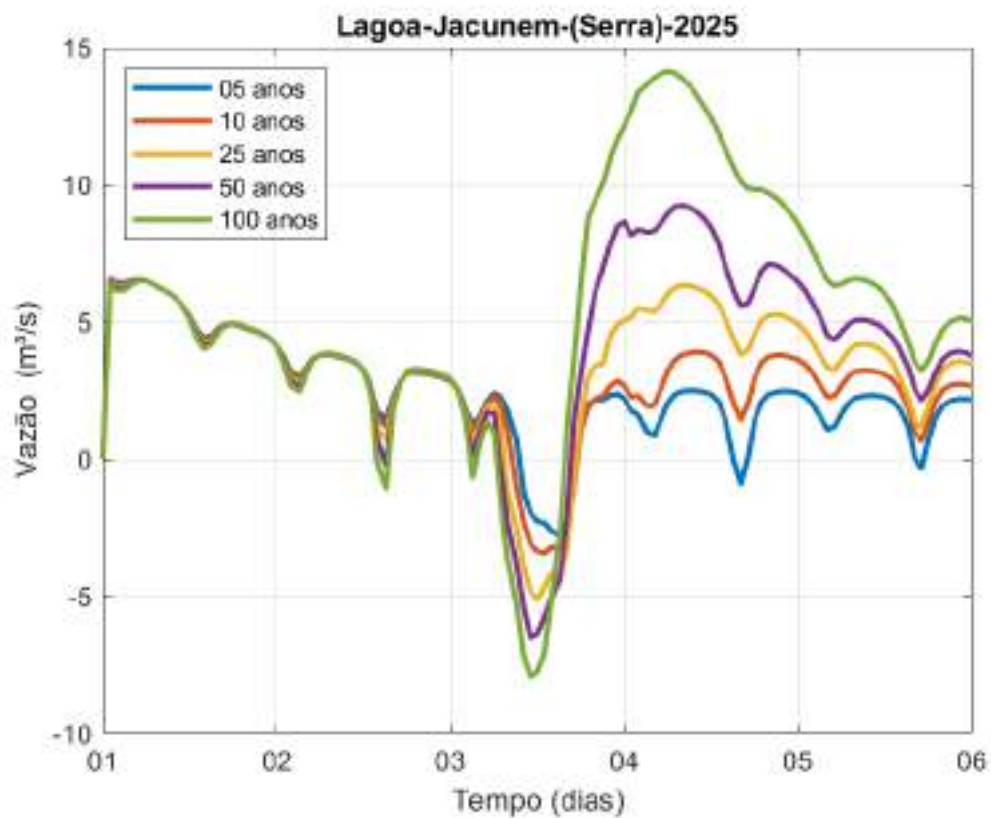
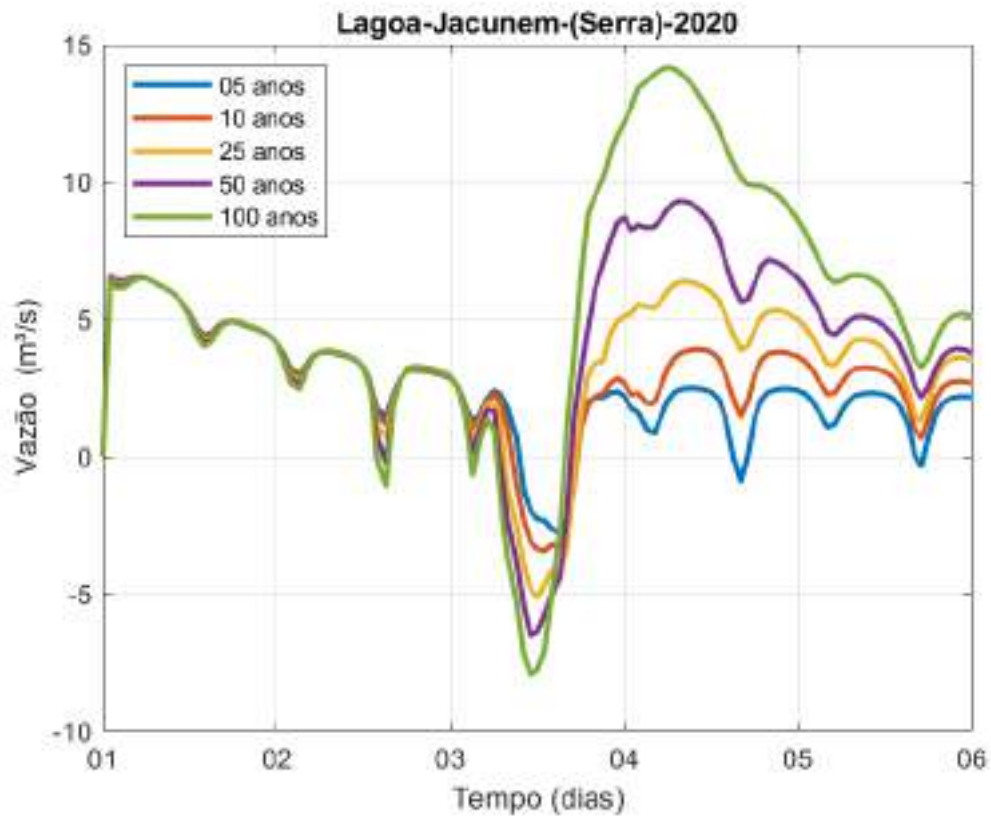
**Municípios de Fundão, Serra, Vitória,  
Cariacica, Viana e Guarapari**

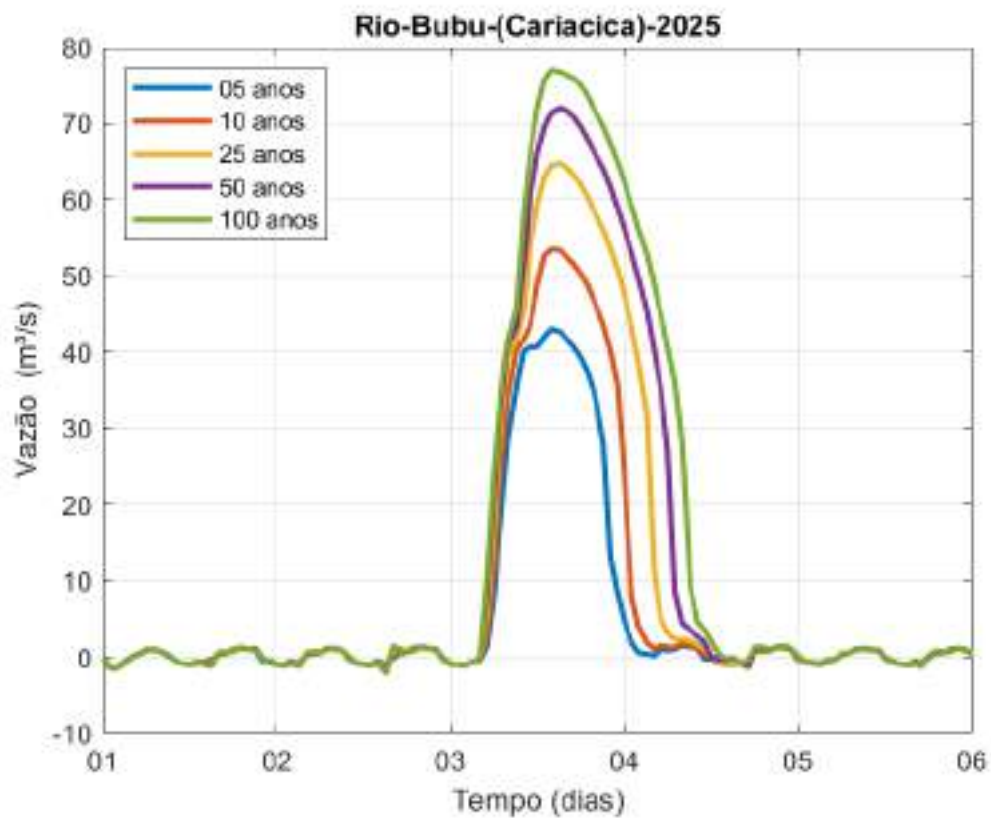
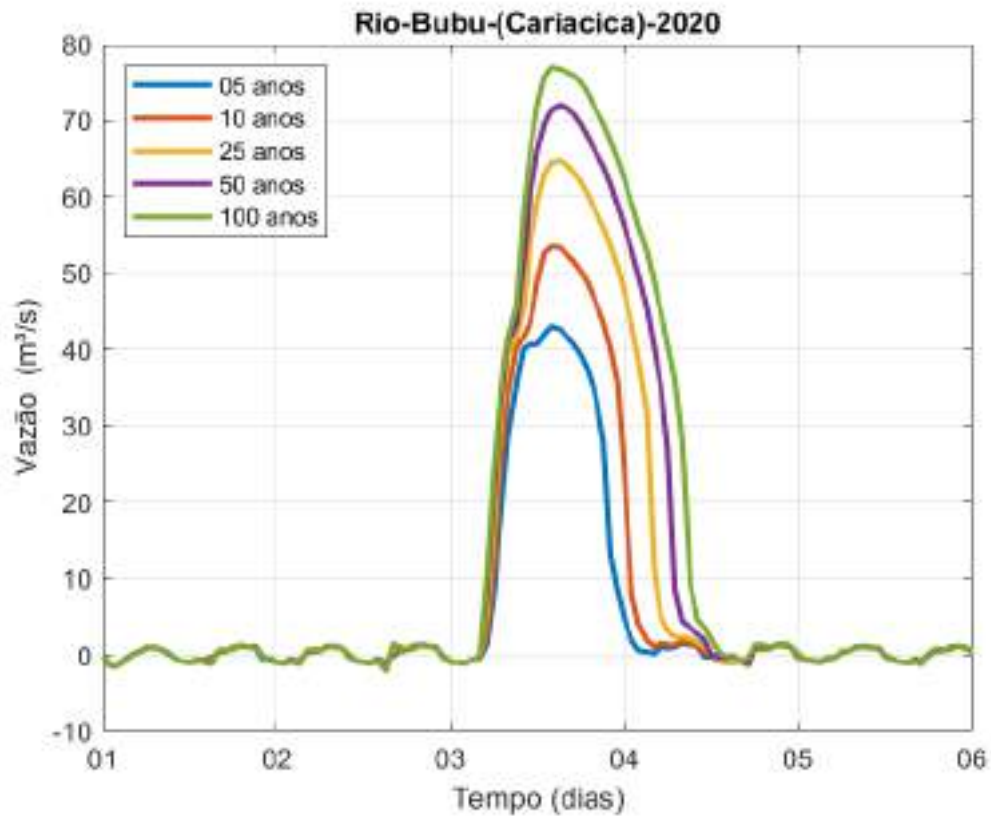


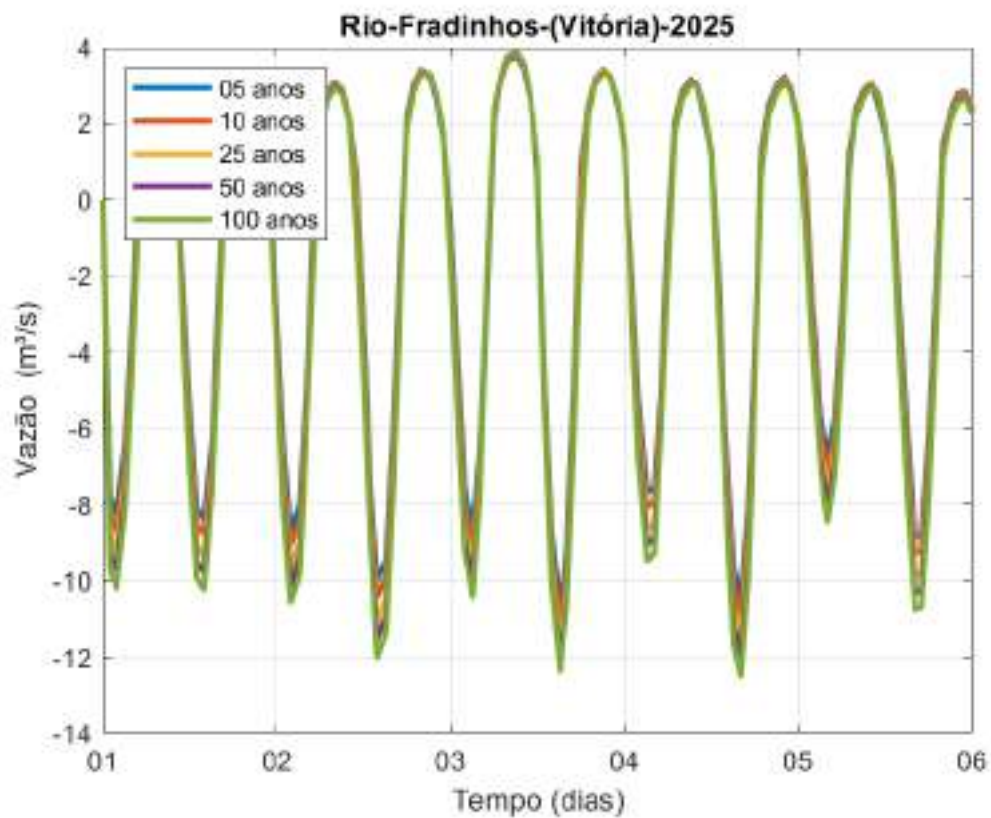
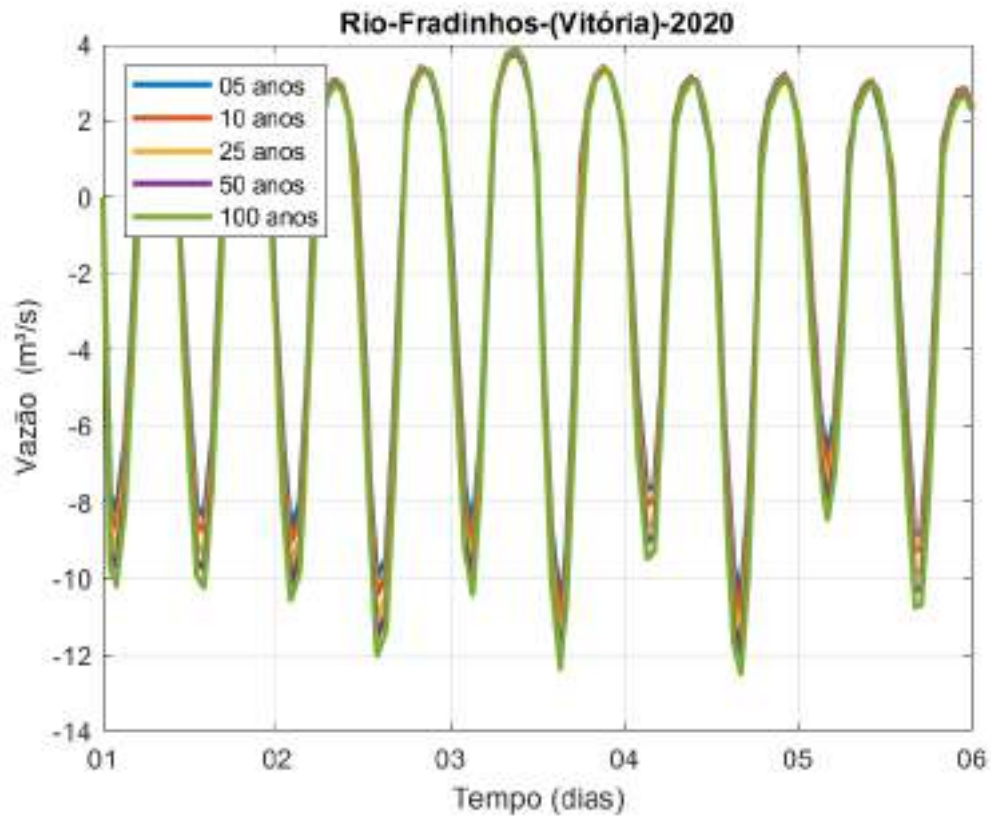


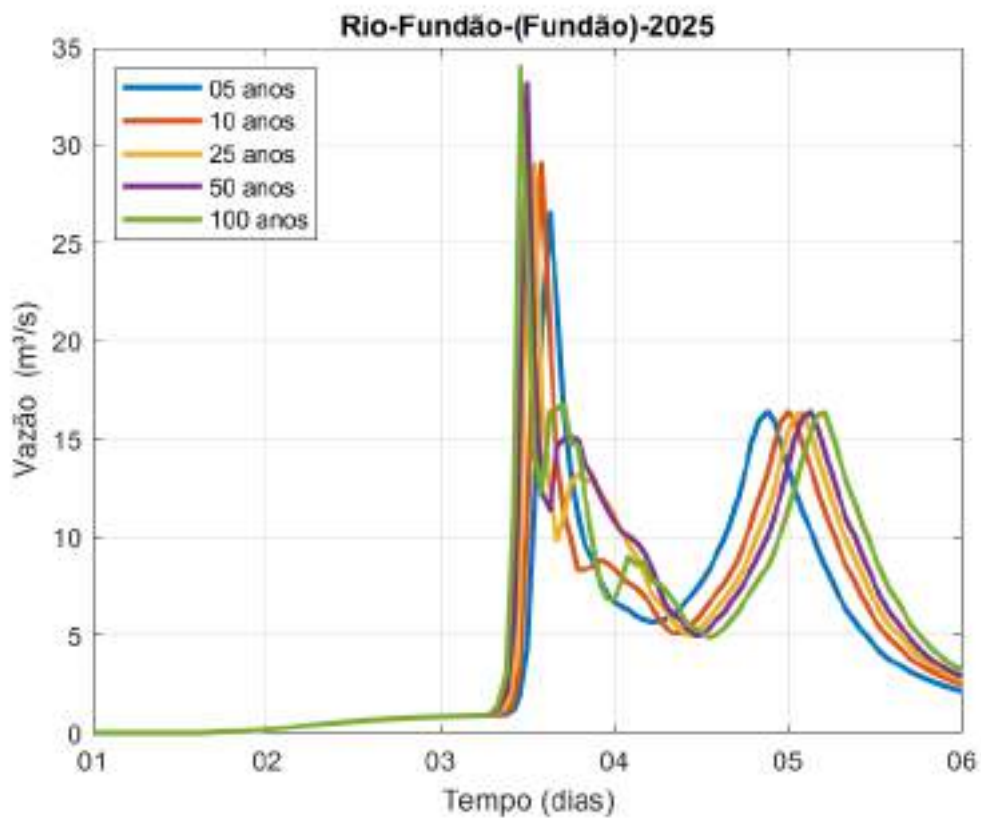
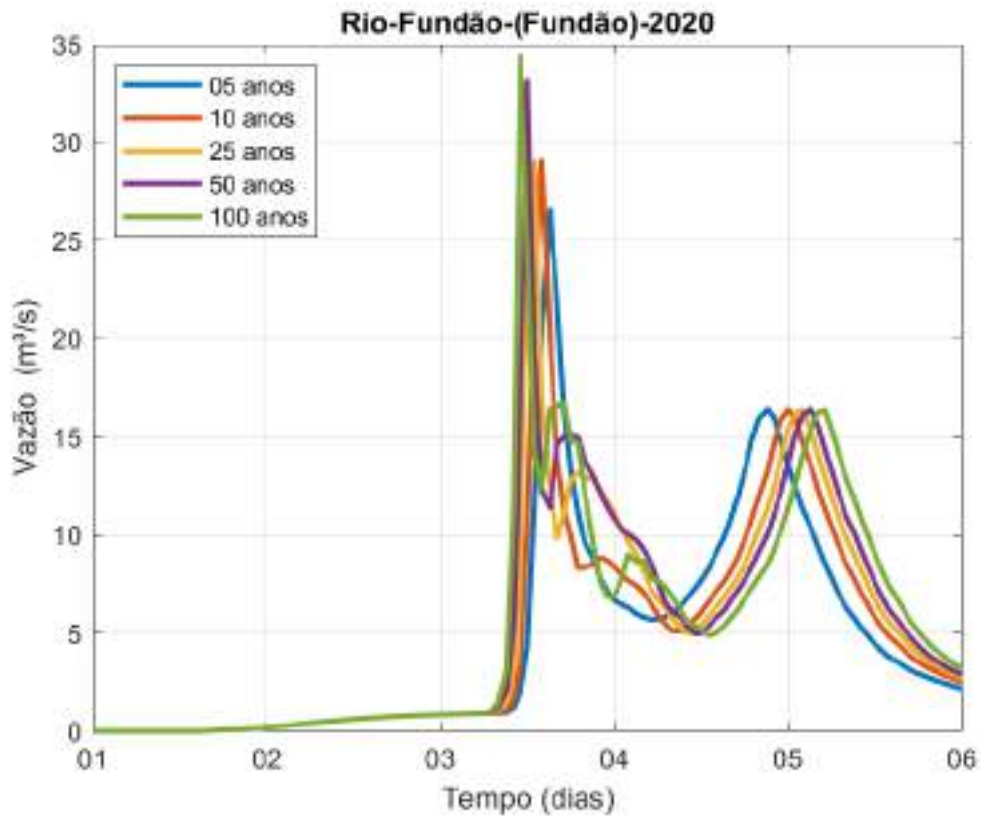


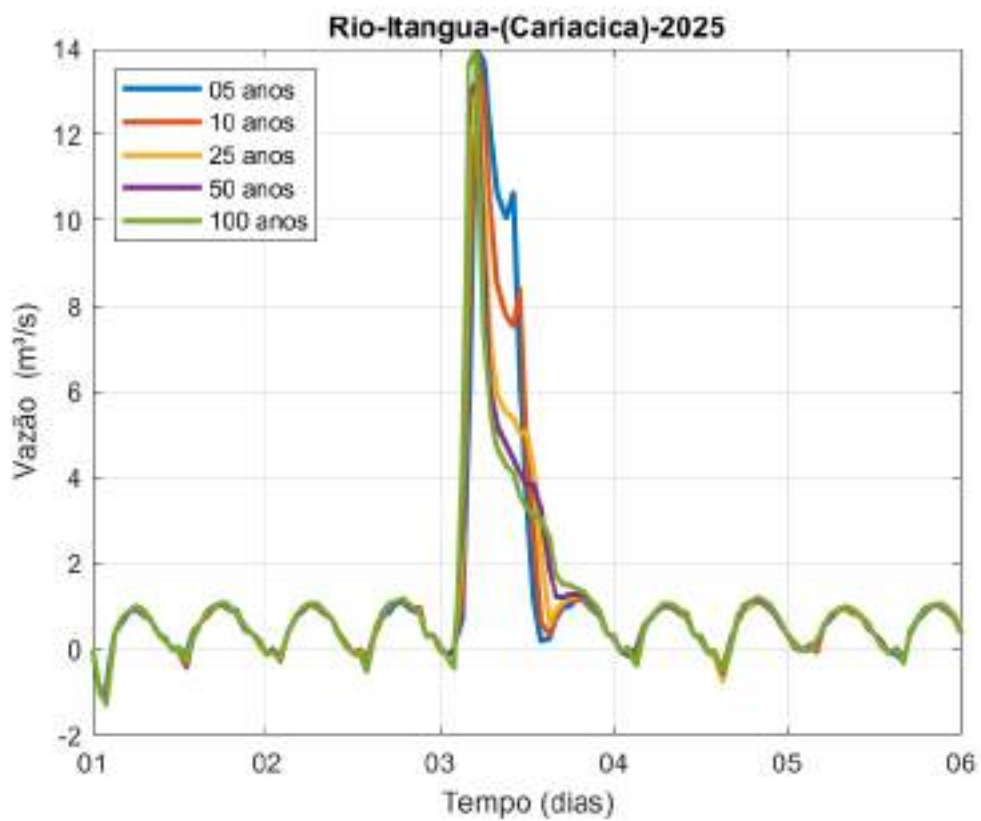
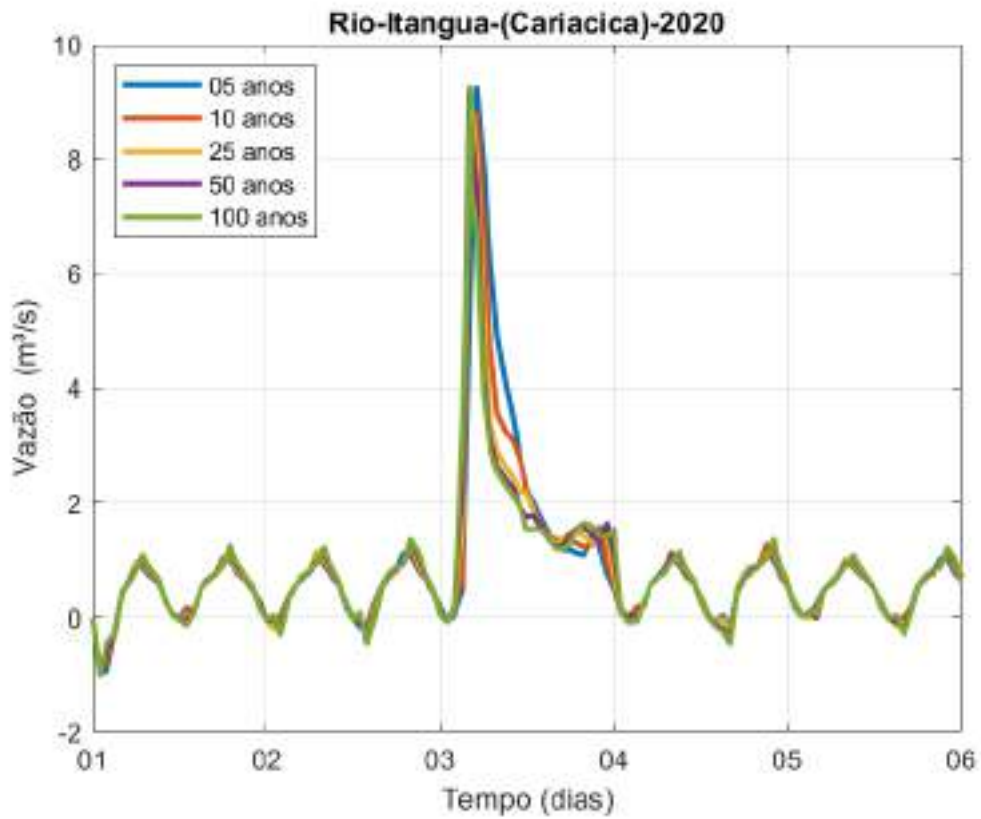


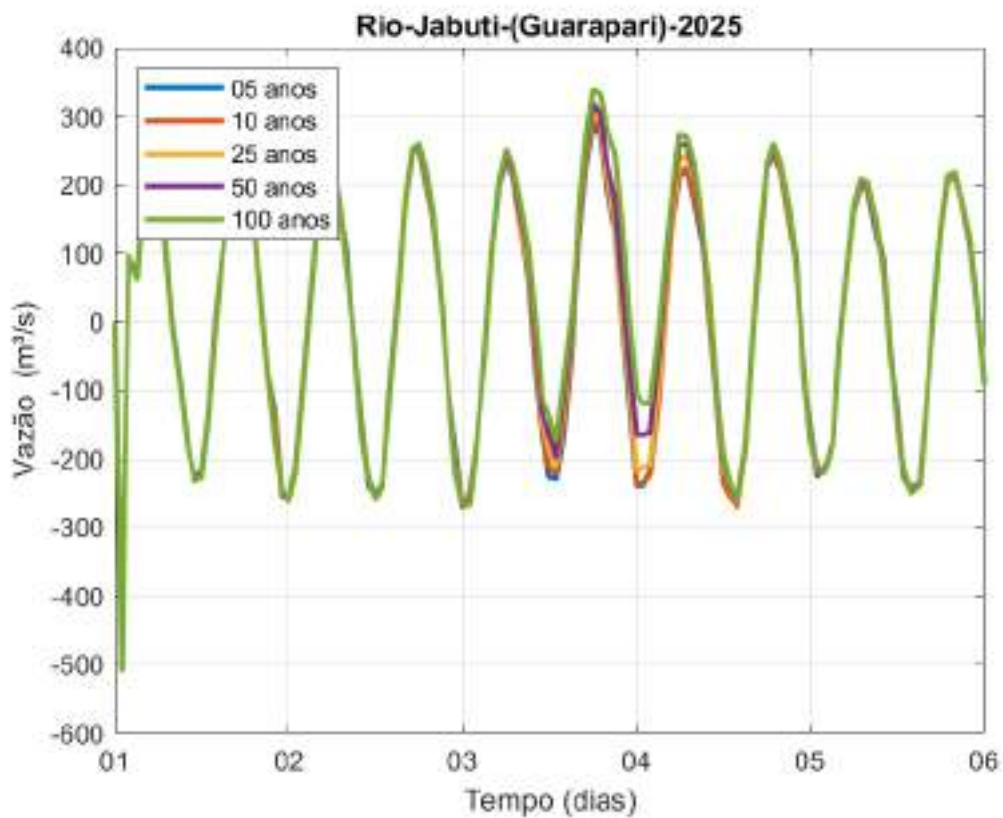
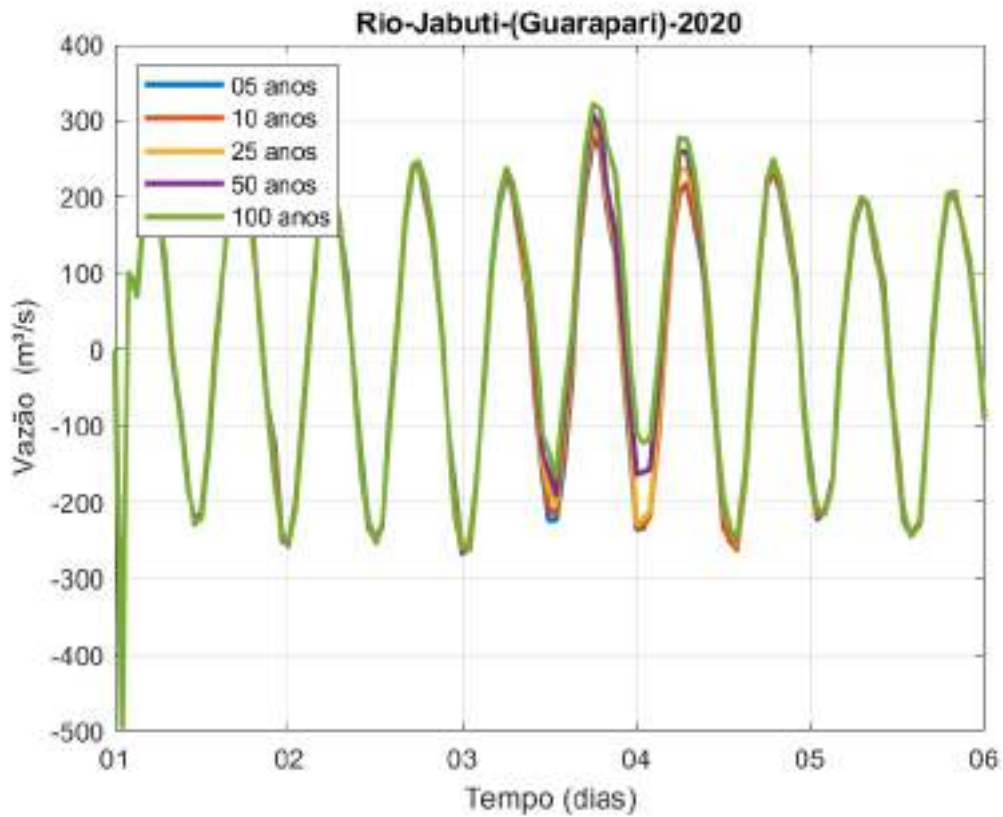


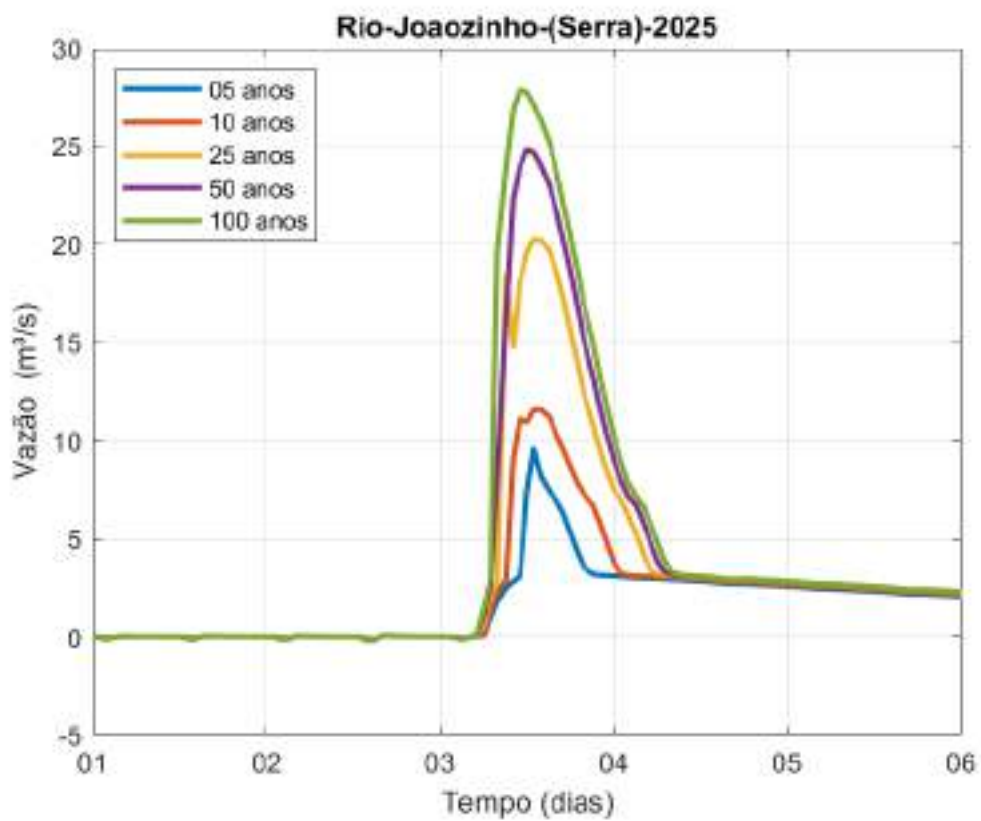
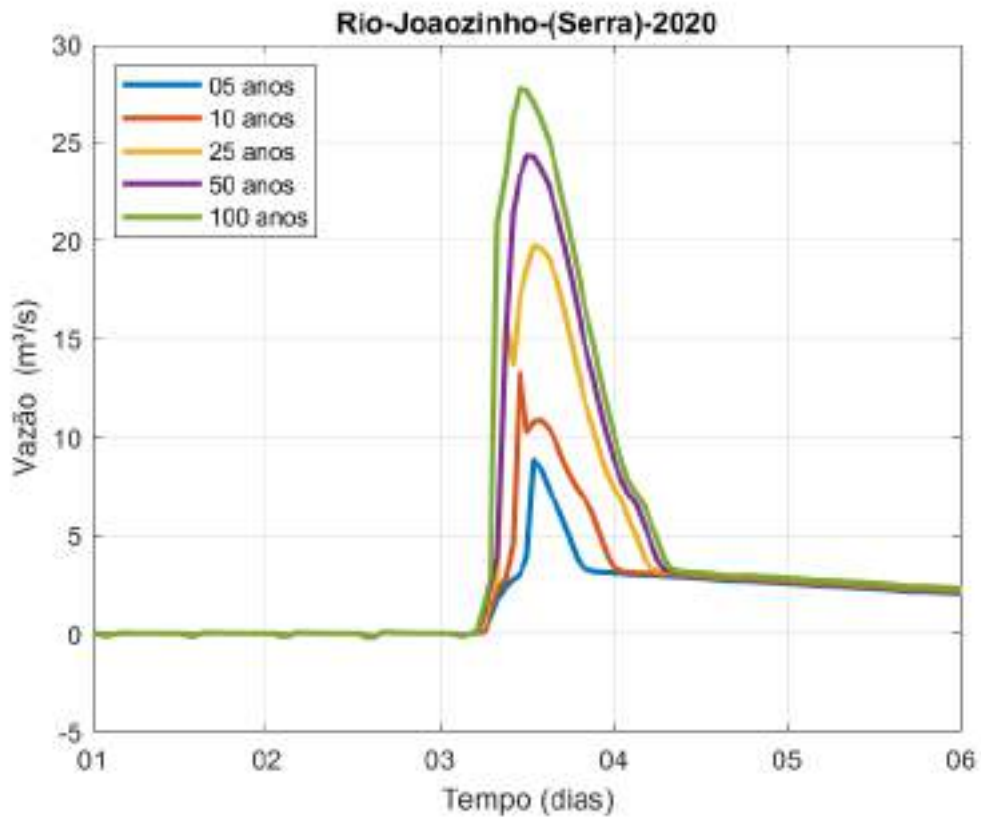


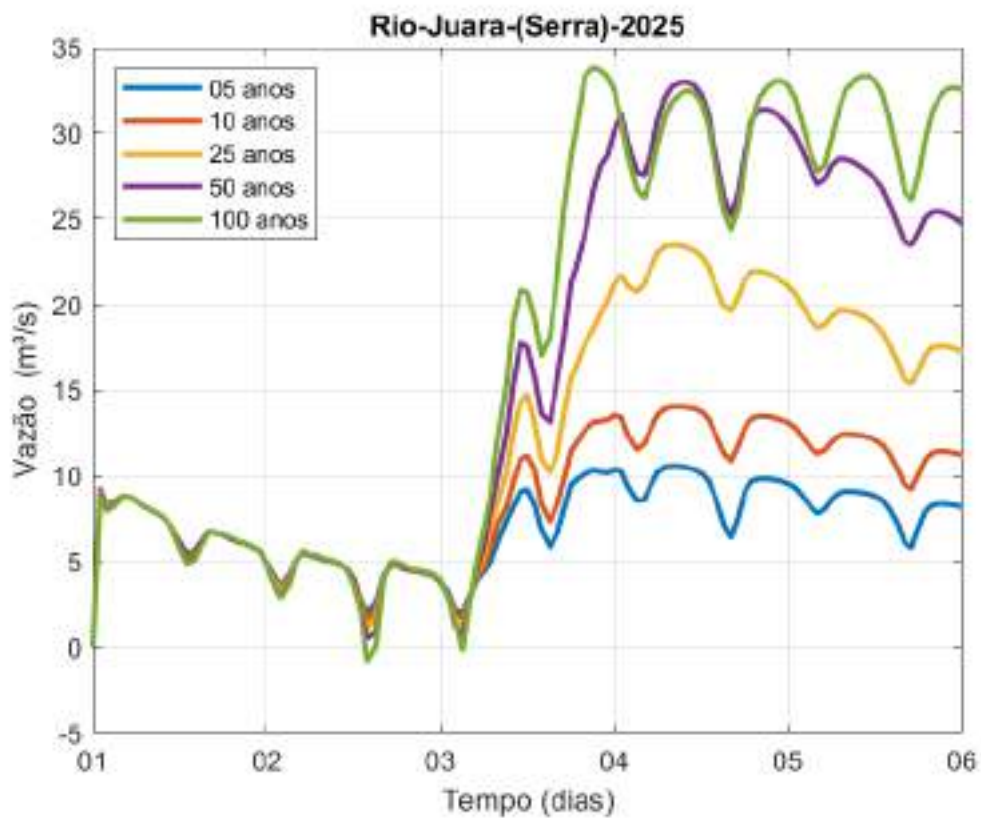
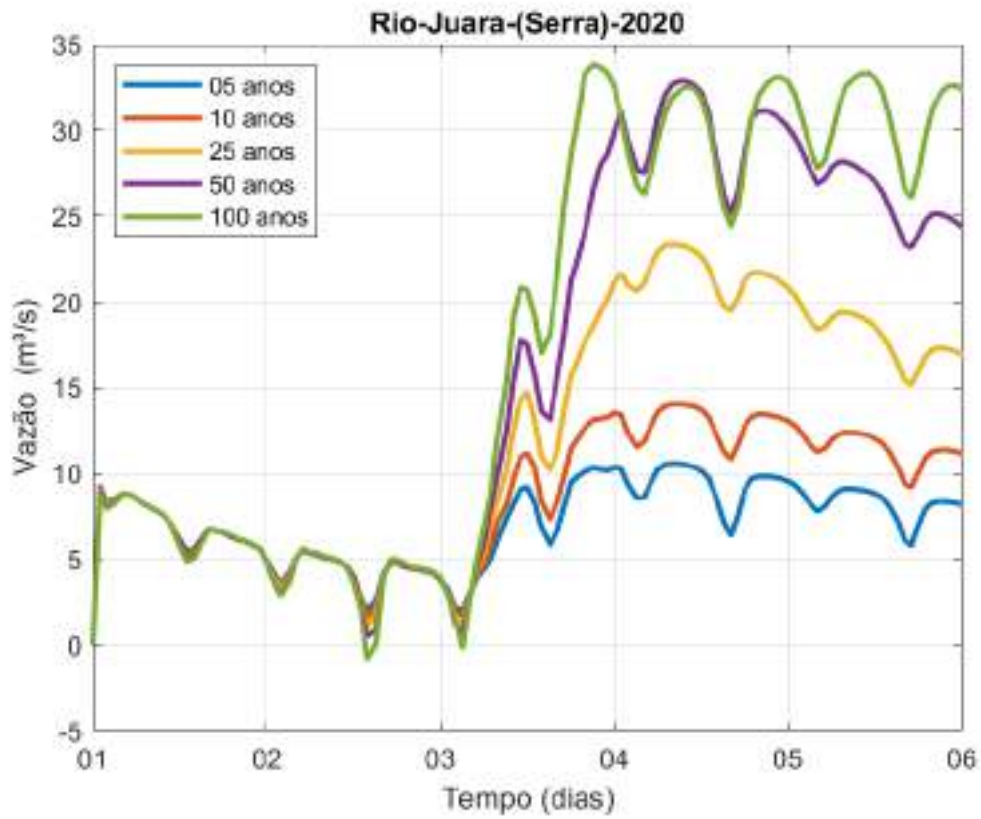


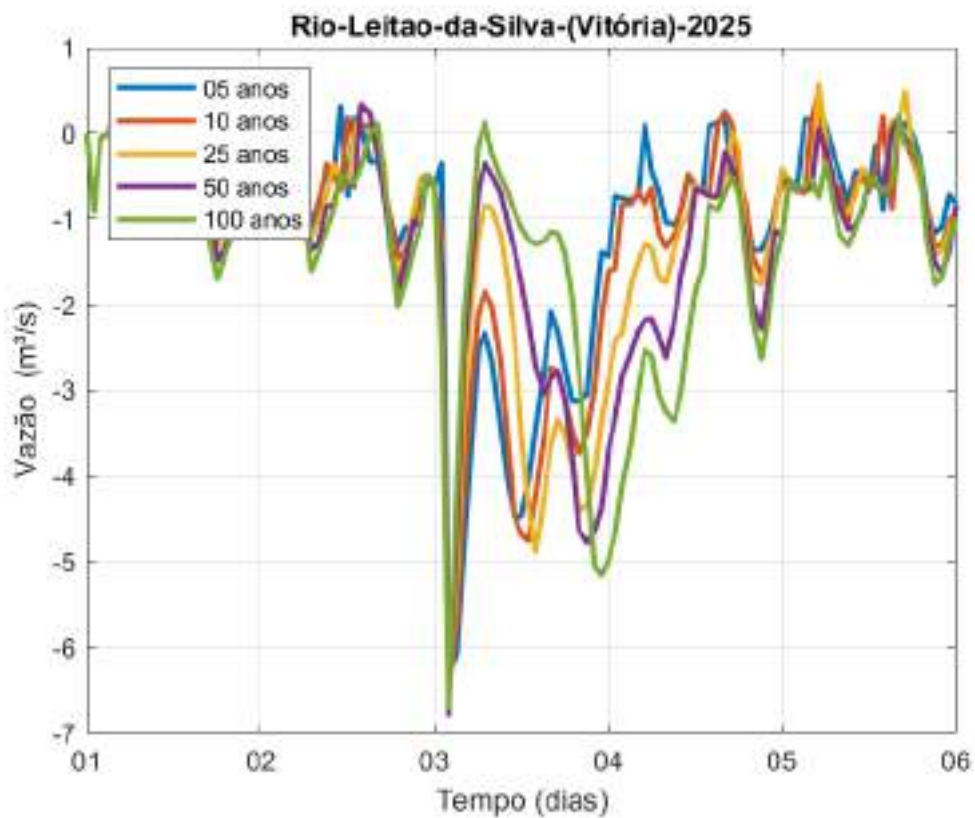
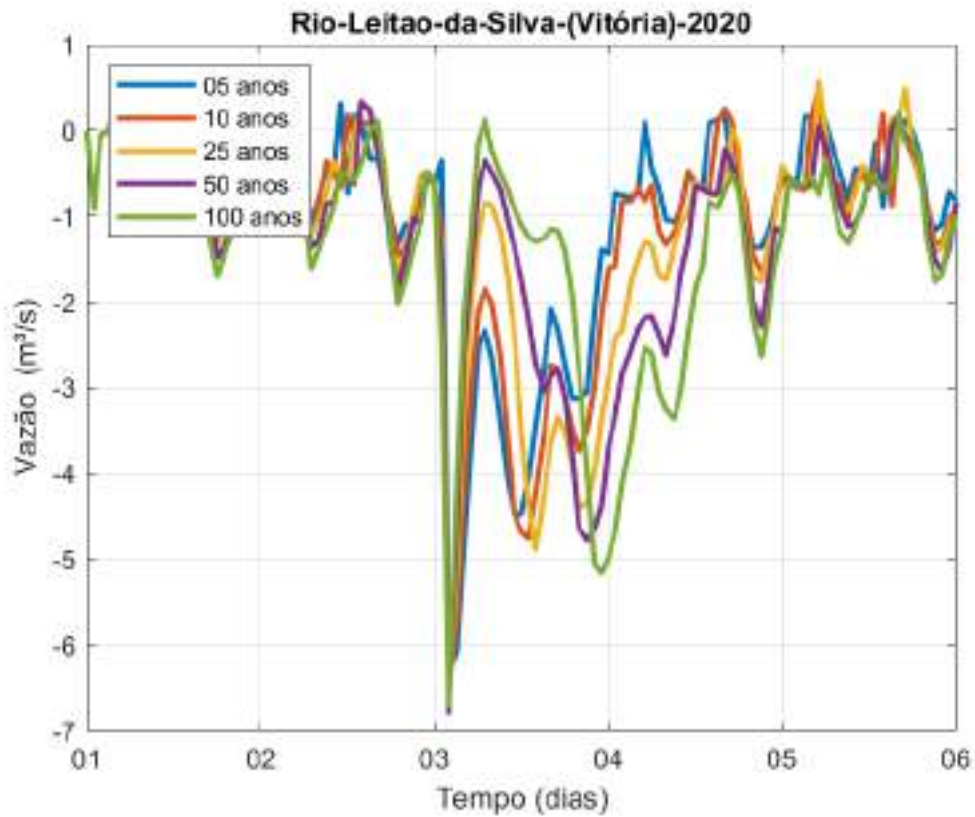


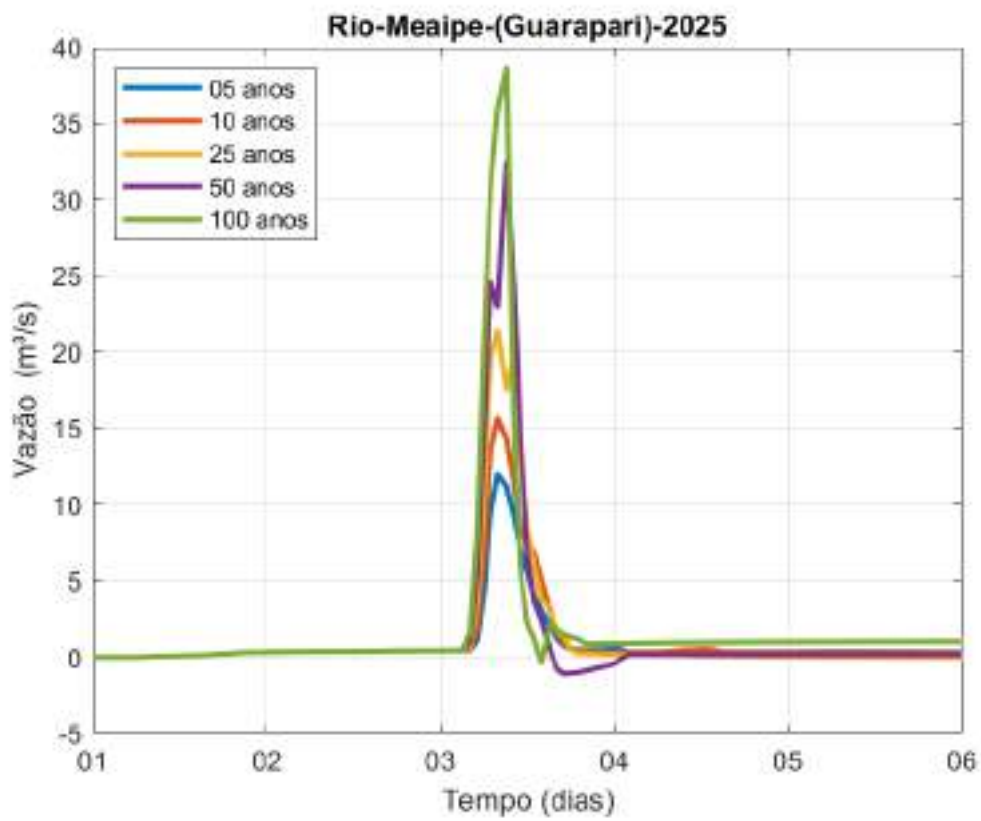
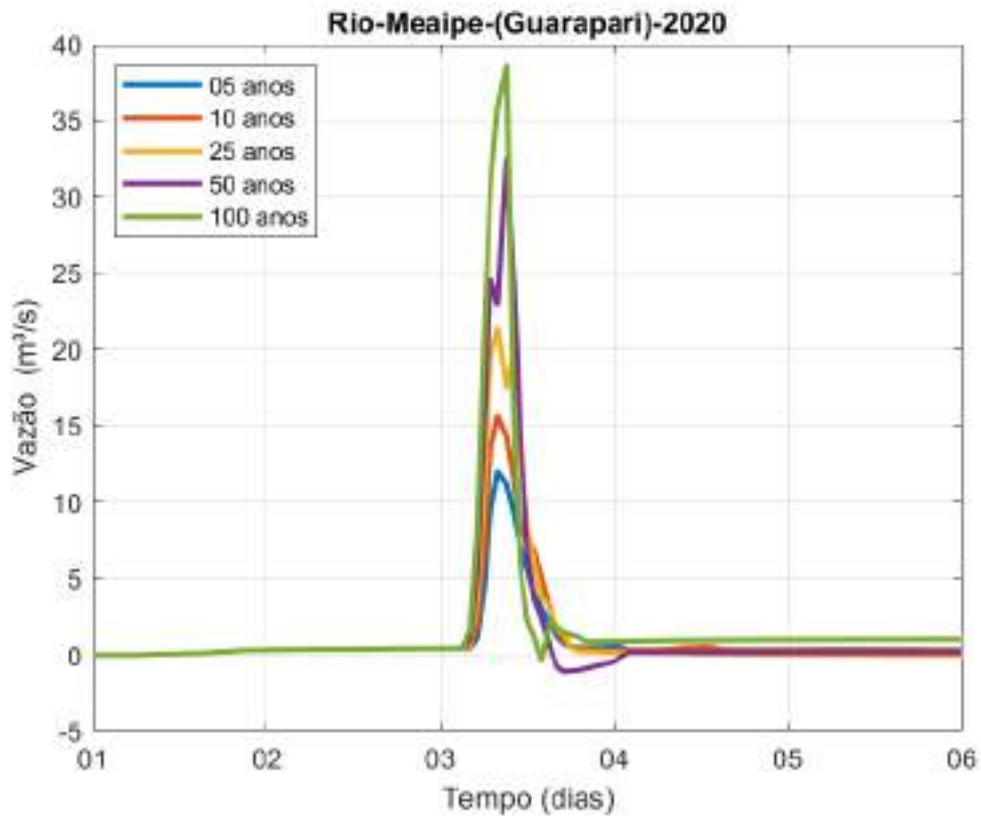


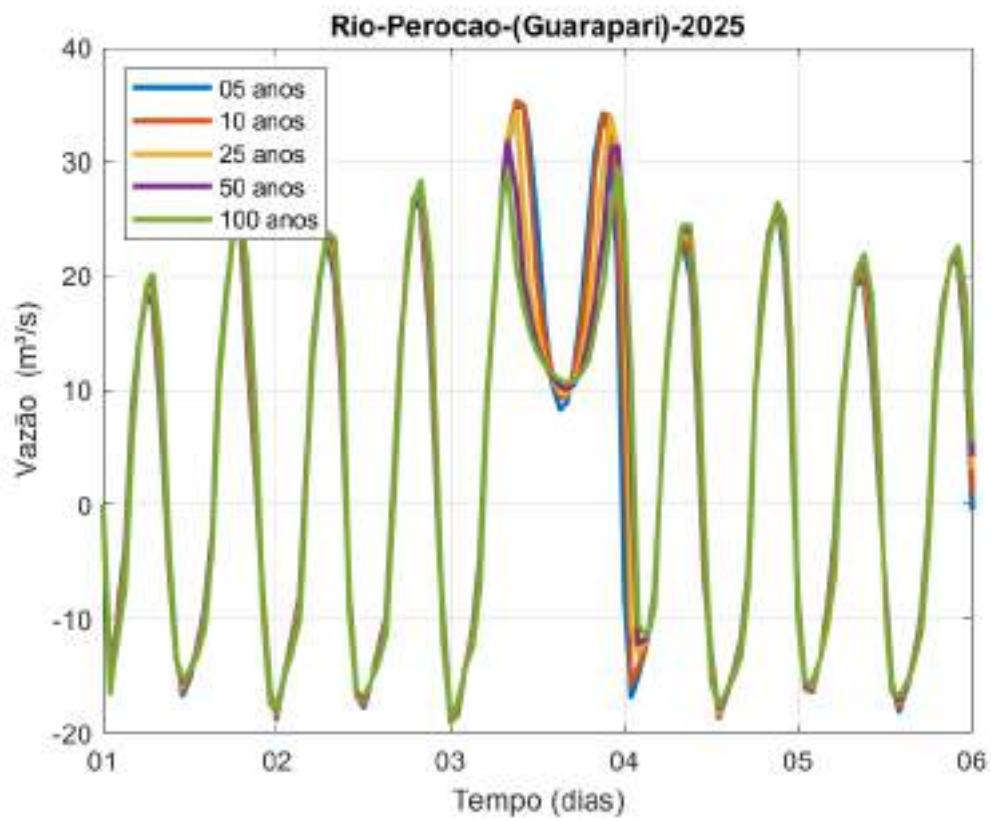
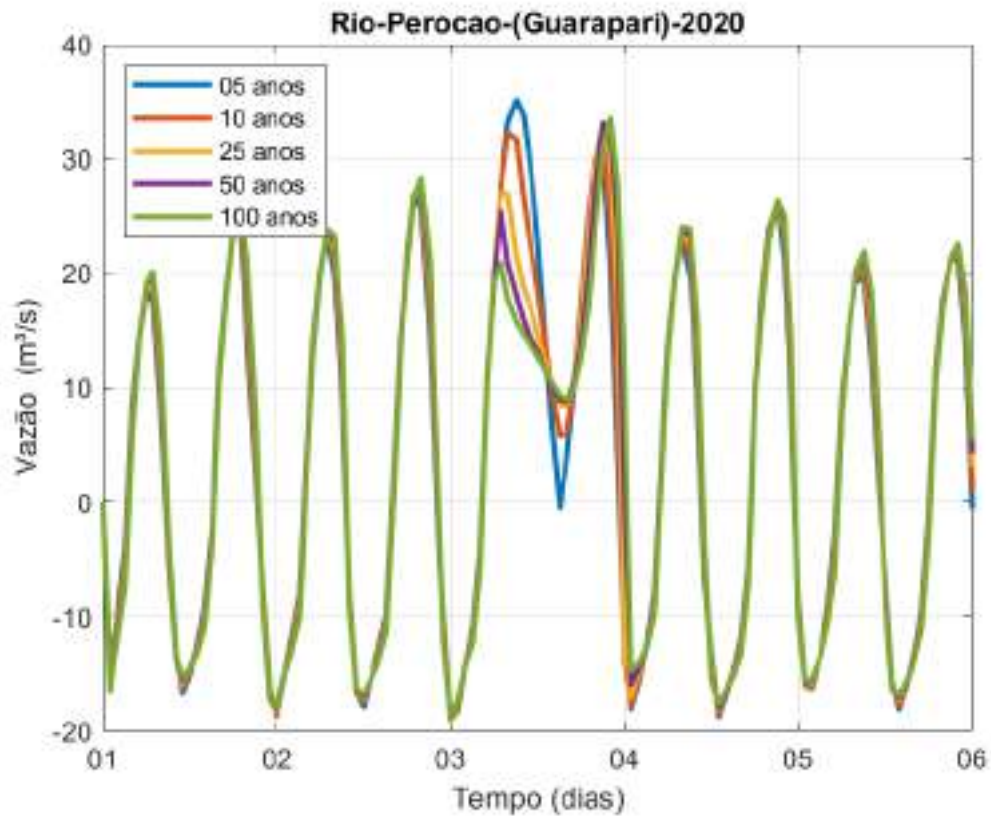


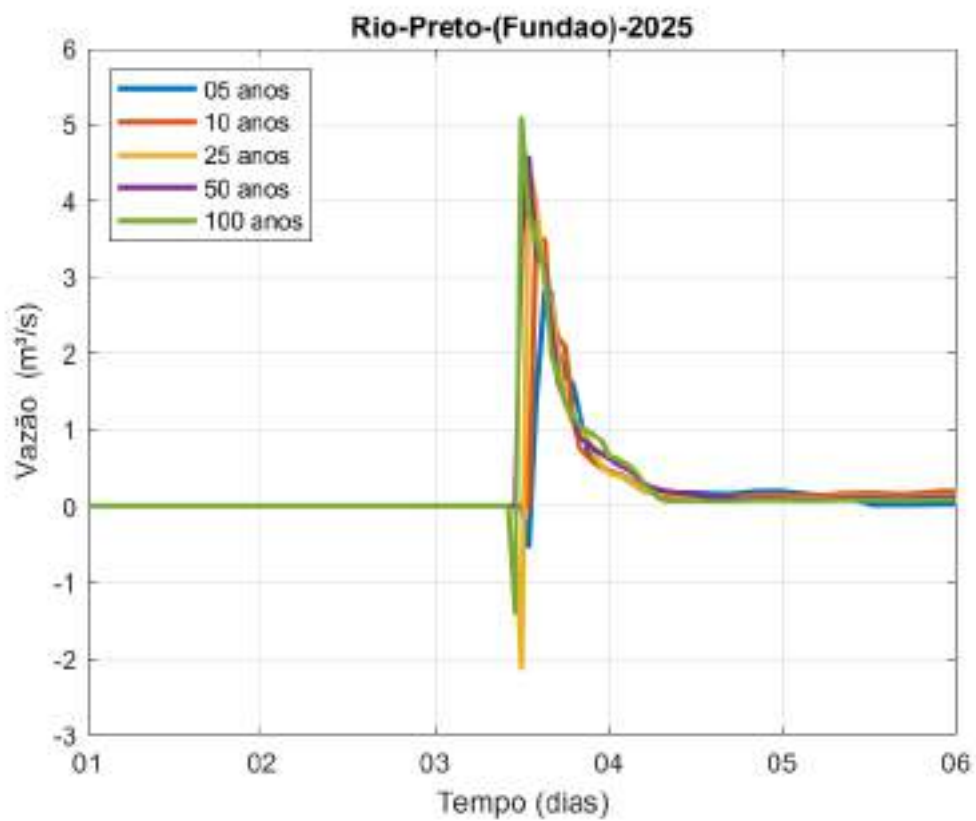
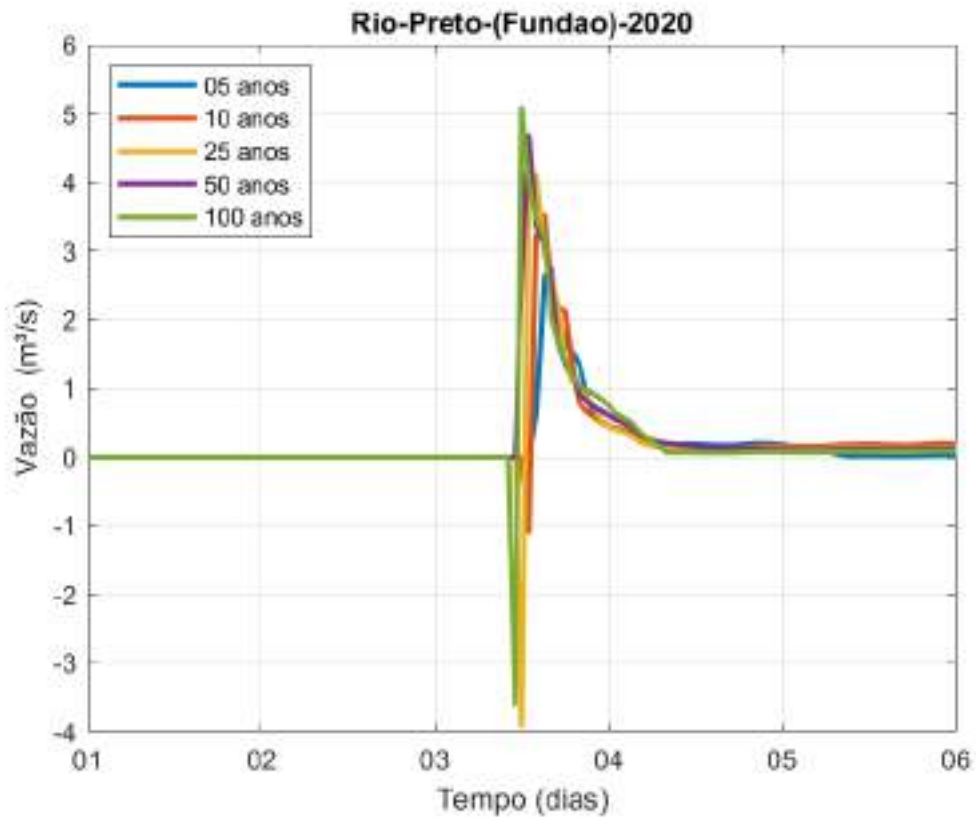


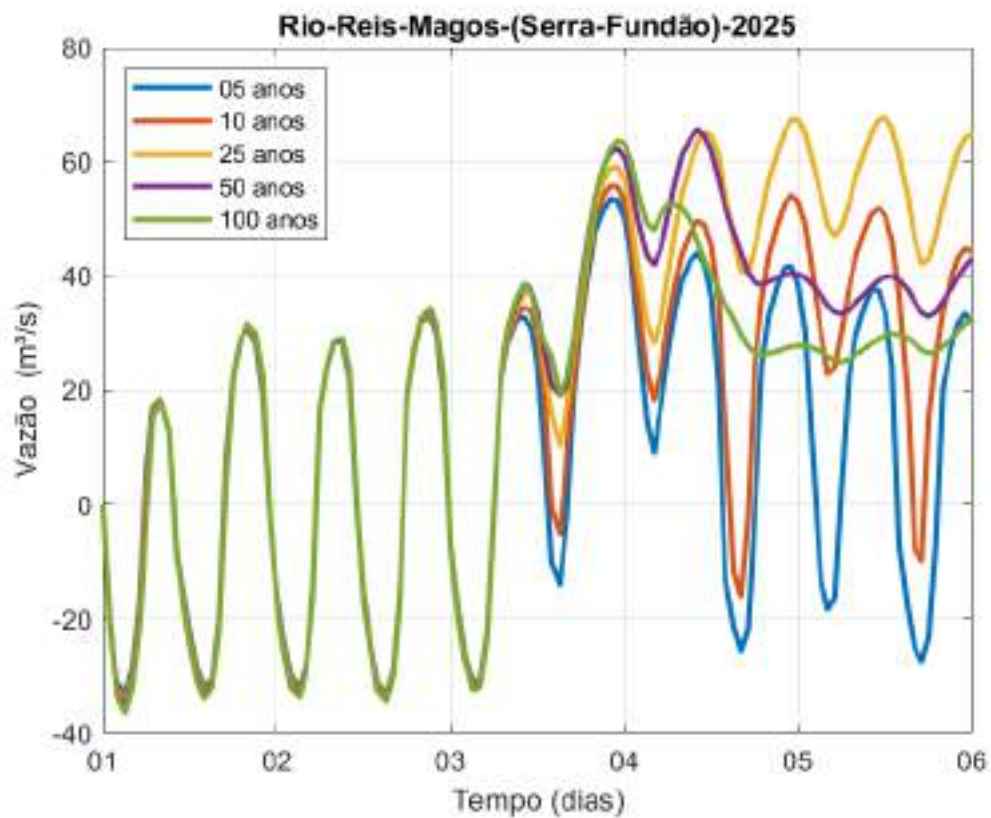
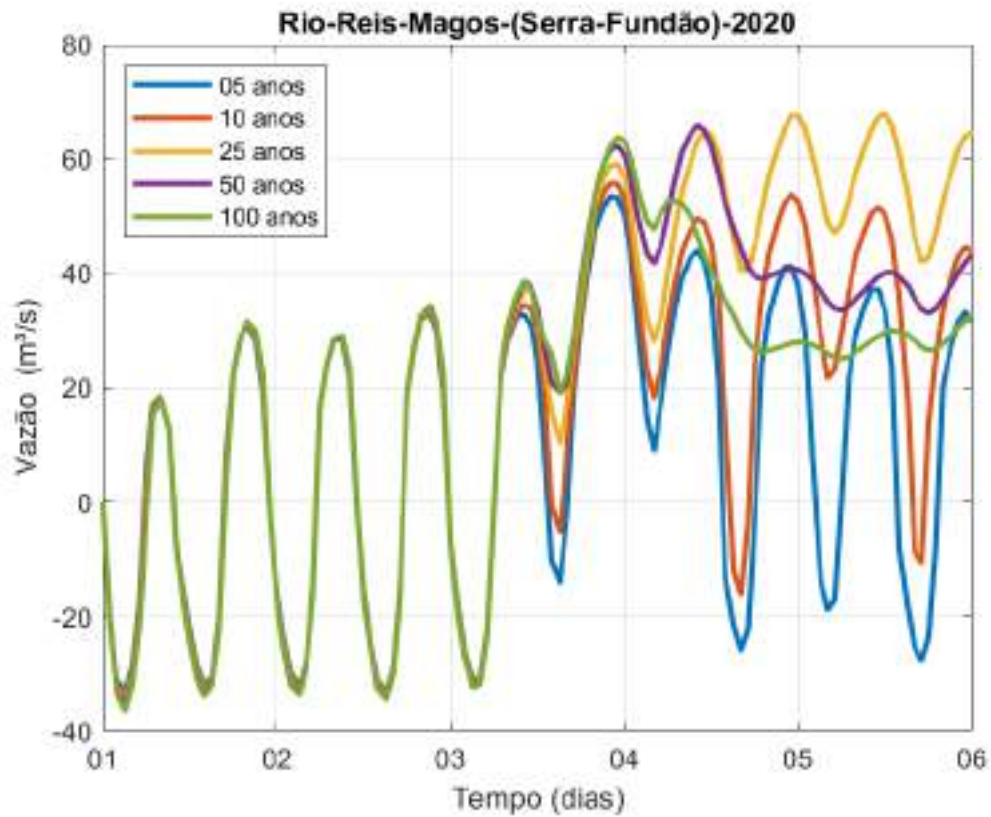


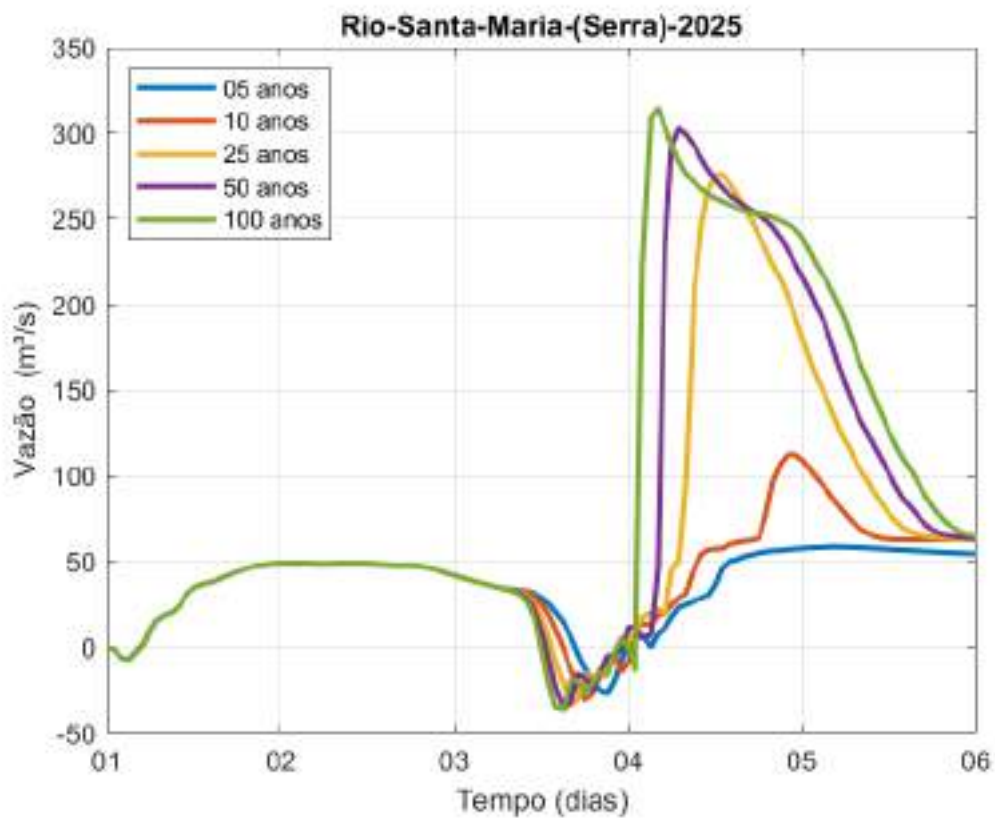
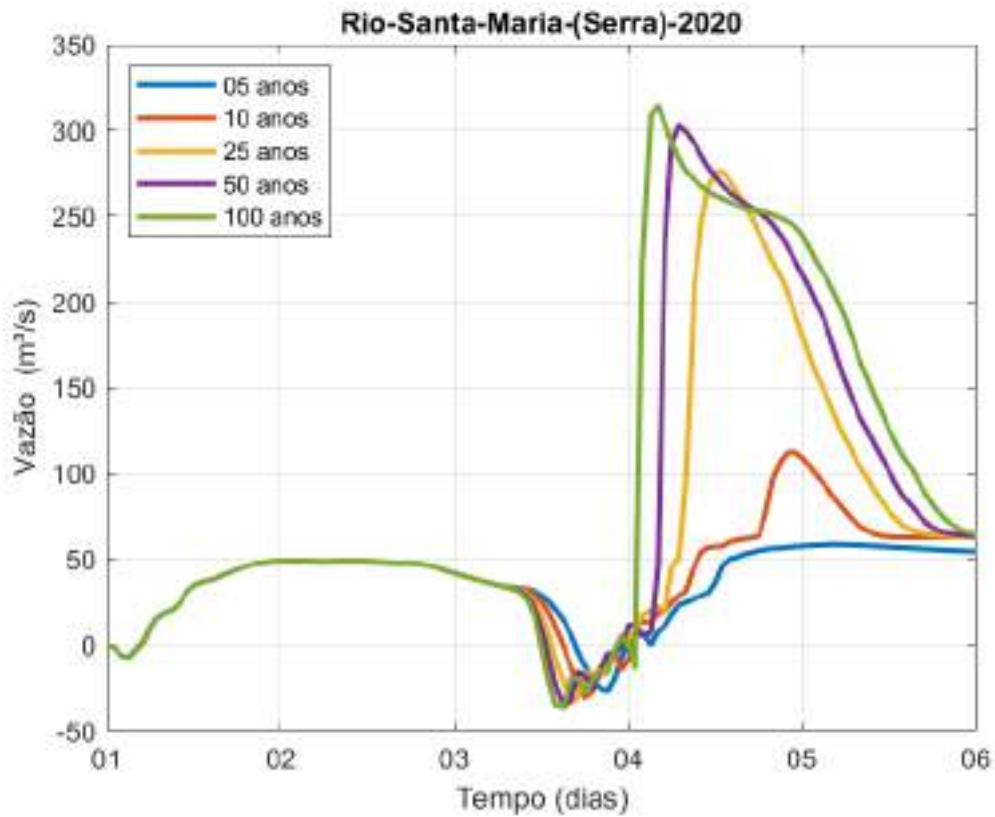


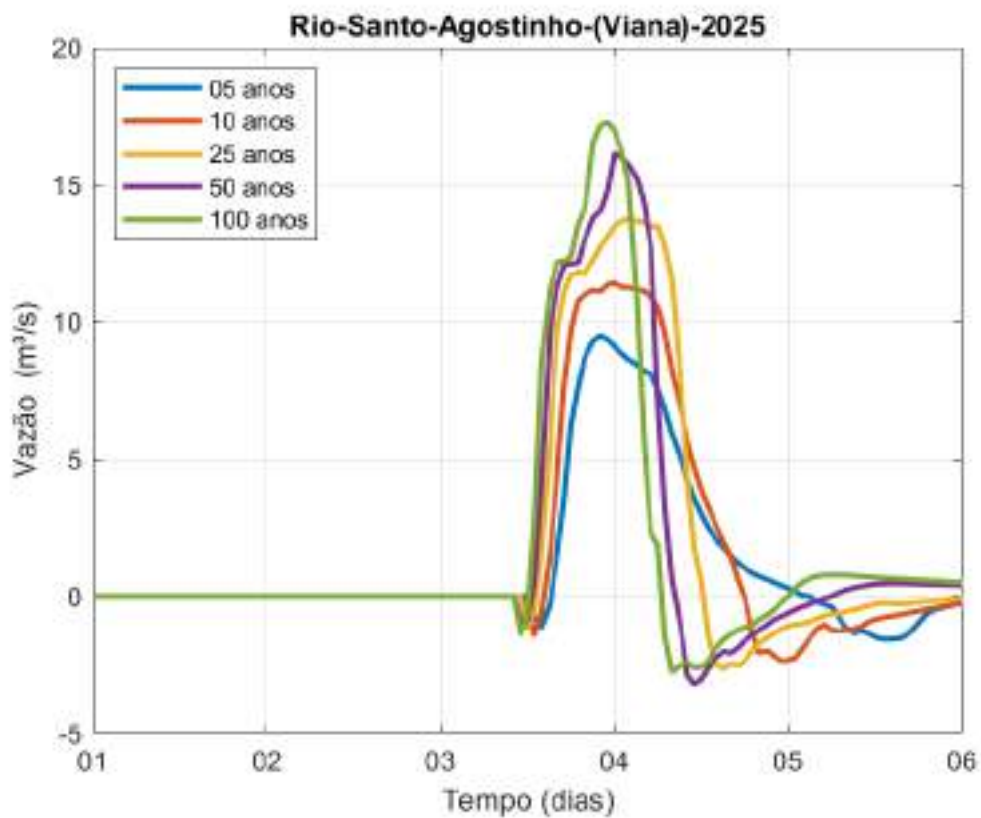
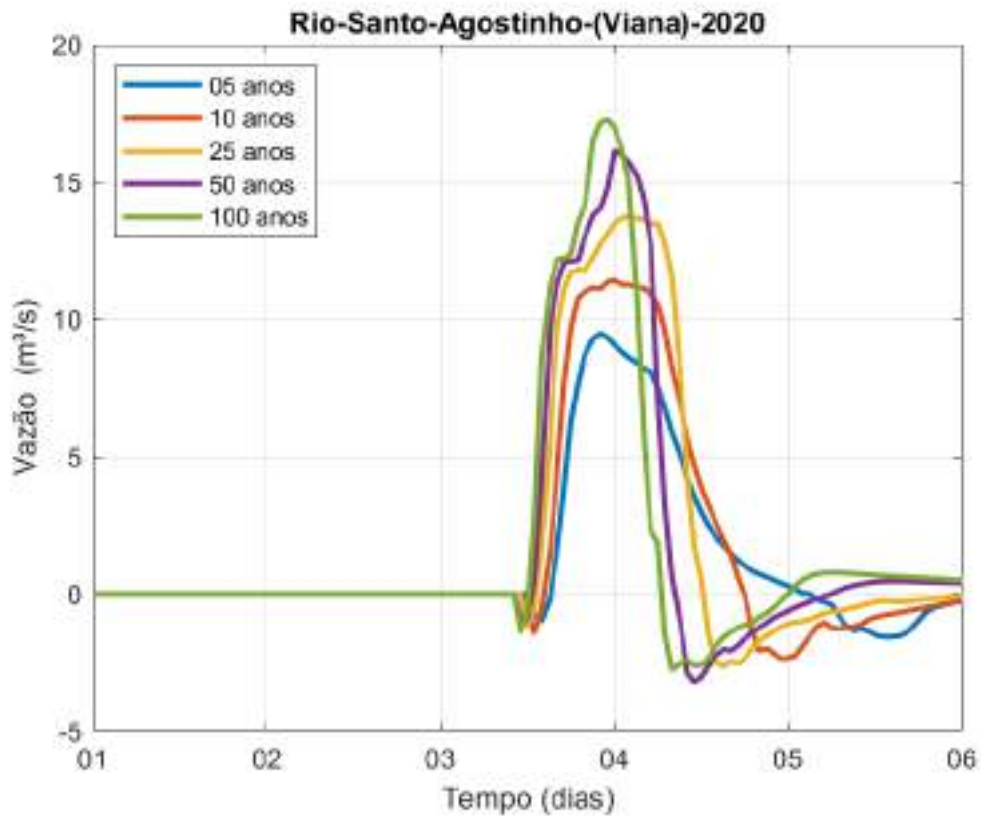


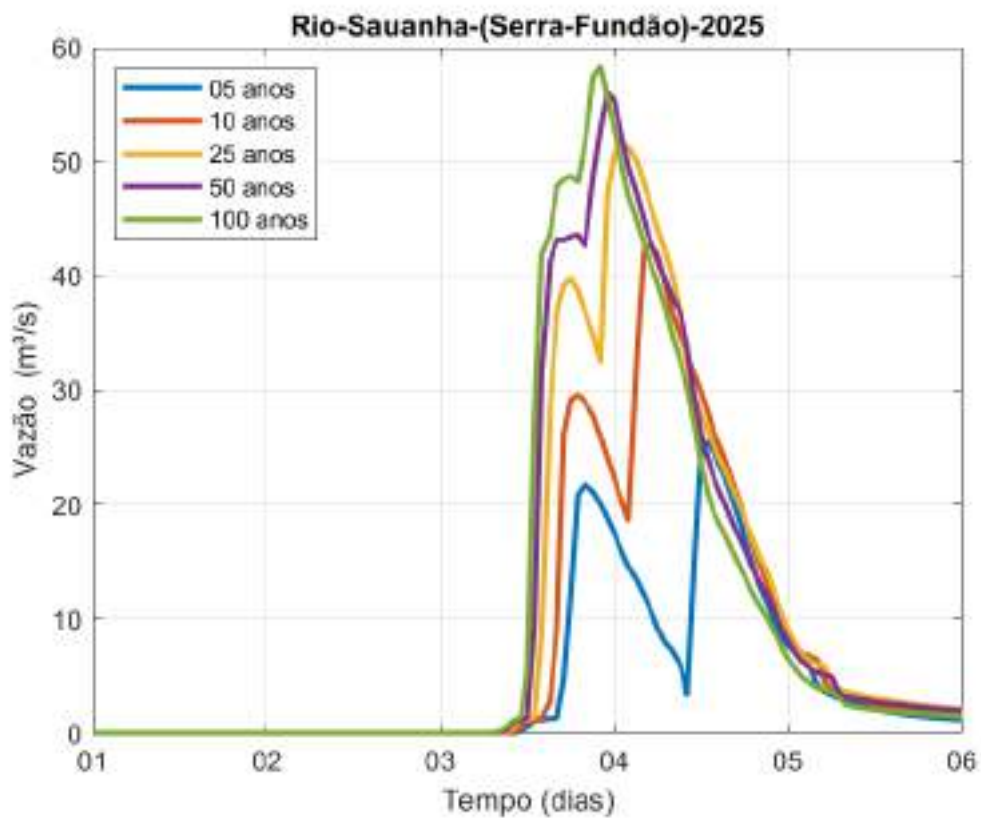
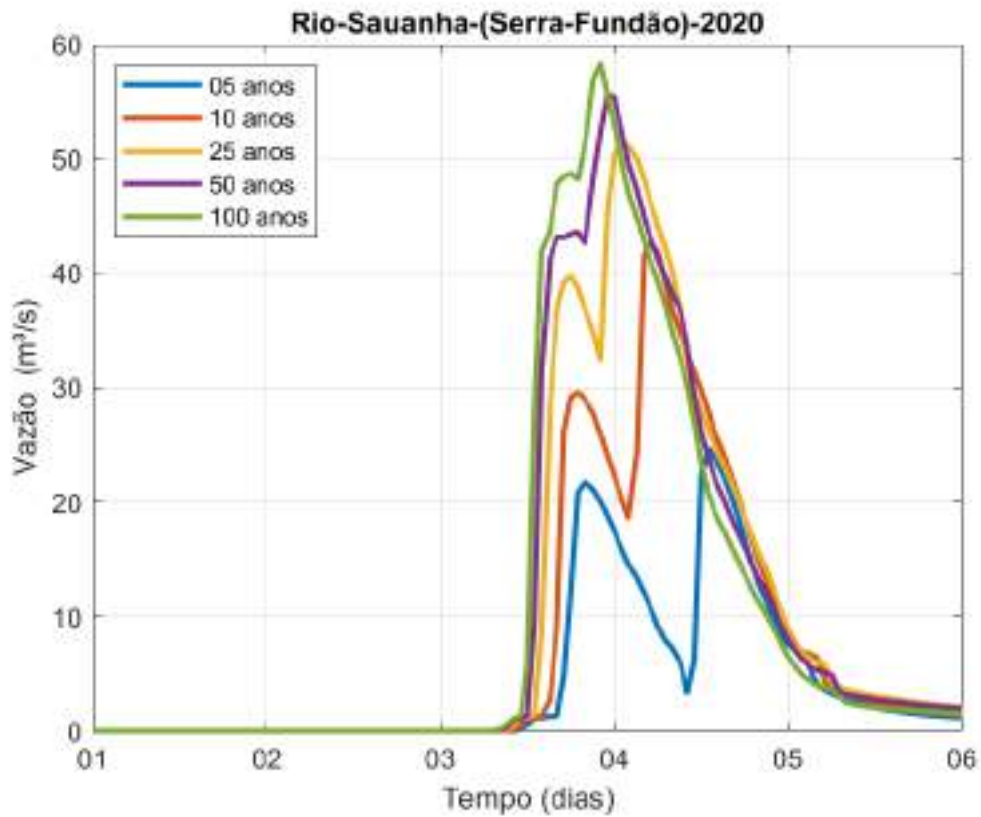


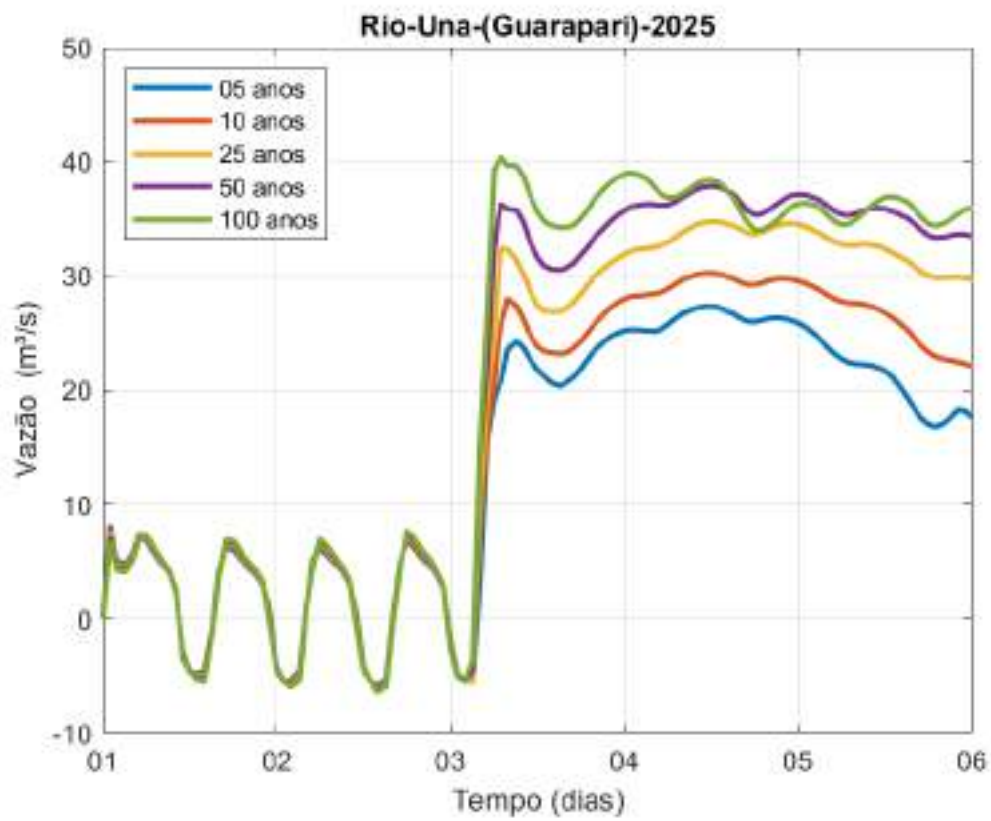
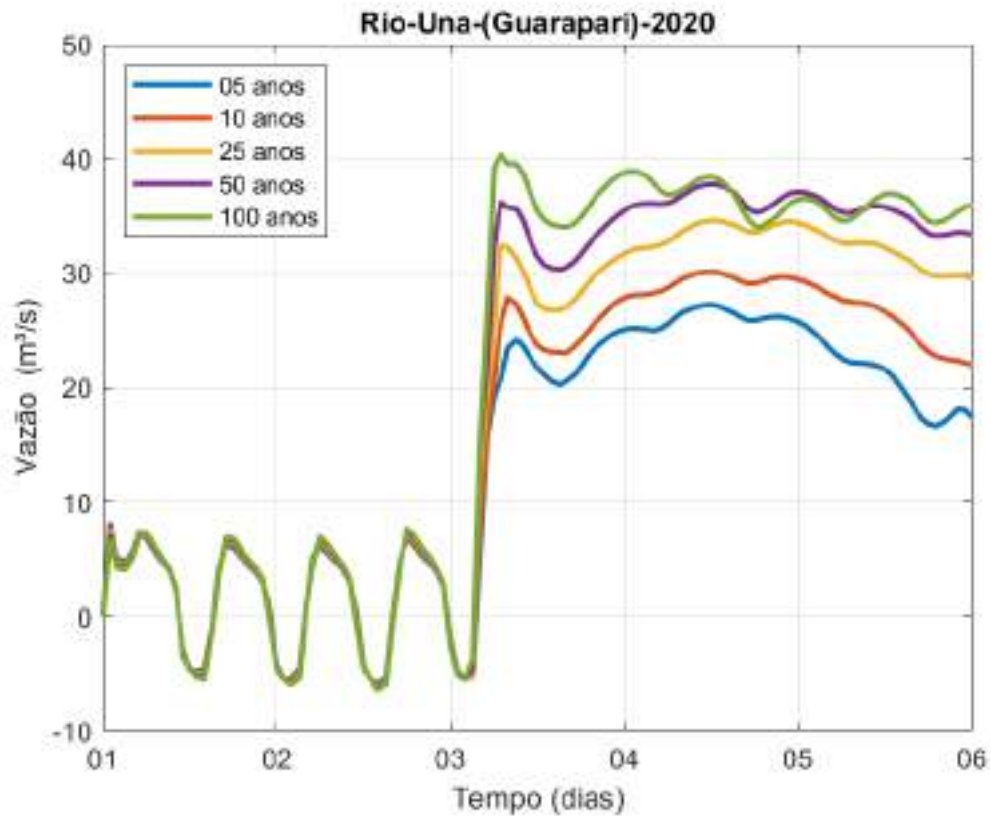












# **COTAGRAMAS**

**Anos de**

**2020 e 2025**

**Municípios de Fundão, Serra, Vitória,  
Cariacica, Viana e Guarapari**

