

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ-AÇU (AIBH RIO ITAJAÍ-AÇU)

VOLUME 2 - PROGNÓSTICO

ELABORAÇÃO:



MARÇO DE 2021



ÍNDICE

1	EMPREENDEDORES E CONSULTOR	22
1.1	EMPREENDEDORES	22
1.2	CONSULTORES	27
2	EQUIPE TÉCNICA	28
2.1	COORDENAÇÃO GERAL	28
2.2	COORDENAÇÃO TÉCNICA	28
2.3	MEMBROS DA EQUIPE	28
3	AVALIAÇÃO AMBIENTAL DISTRIBUÍDA - AAD	30
3.1	COMPARTIMENTALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	30
3.2	ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO CENÁRIO ATUAL.....	31
3.3	SELEÇÃO DO INDICADORES DE SENSIBILIDADE AMBIENTAIS E AS VARIÁVEIS DE ANÁLISE	32
3.3.1	Hierarquização dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental e suas Variáveis de Análise	35
3.3.2	Obtenção do Índice de Sensibilidade Ambiental.....	36
3.3.3	Resultados da Sensibilidade Ambiental	62
3.3.4	Espacialização dos Indicadores de Sensibilidade	70
3.4	ANÁLISE GERAL DA SENSIBILIDADE DA BACIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU	75
4	MODELAGEM AMBIENTAL	78
4.1	ESCOLHA E JUSTIFICATIVA DA FERRAMENTA DE ANÁLISE	82
4.2	MODELO CONCEITUAL DA MODELAGEM AMBIENTAL	83
4.3	CENÁRIOS.....	85
4.4	DADOS UTILIZADOS E CALIBRAÇÃO	88
4.4.1	Ajuste de cargas.....	88
4.4.2	Calibração	89
4.5	RESULTADOS DO MODELO HIDRÁULICO	90
4.5.1	Vazões, níveis d'água e velocidades $Q_{7,10}$	91
4.5.2	Vazões, níveis d'água e velocidades Q_{MLT}	114
4.5.3	Níveis d'água e velocidades para a Q_{TR2}	139



4.5.4	Vazões, níveis d'água e velocidades Q_{TR10}	147
4.5.5	Vazões, níveis d'água e velocidades Q_{TR100}	171
4.5.6	Considerações finais.....	191
4.6	RESULTADOS DO MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA	191
4.6.1	Temperatura.....	192
4.6.2	Oxigênio dissolvido.....	196
4.6.3	Demanda bioquímica de oxigênio	200
4.6.4	Nitrogênio	203
4.6.5	Fósforo	215
4.6.6	Concentrações extremas	223
5	ANÁLISE MULTICRITÉRIO	230
5.1	CENÁRIOS	230
5.1.1	Cenário 1 – Cenário de curtíssimo prazo – até 2 anos.....	231
5.1.2	Cenário 2 – Cenário de curto prazo – até 5 anos.....	231
5.1.3	Cenário 3 – cenário de médio prazo – até 10 anos.....	231
5.1.4	Cenário 4 – Cenário de longo prazo – até 20 anos.....	231
6	IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS	232
6.1	USO DOS RECURSOS HÍDRICOS	233
6.1.1	Usos consuntivos.....	233
6.1.2	Aspectos ecológicos.....	245
6.2	INFRAESTRUTURA	246
6.2.1	PCH Rio do Sul	246
6.2.2	PCH Foz do Hercílio	252
6.2.3	PCH Ascurra	253
6.2.4	PCH Zimlich	254
6.3	ATIVIDADES TURÍSTICAS	255
6.3.1	Rafting e canoagem.....	255
6.3.2	Perturbações durante as obras	255
6.4	EVENTOS EXTREMOS	256
6.5	CONFLITOS DE USO DA TERRA	259
6.5.1	Aspectos fundiários e imobiliários	259
6.5.2	Aspectos ecológicos dos usos da terra	260
6.6	PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO	261



7	AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA - AAI	261
7.1	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS	262
7.2	SELEÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS INDICADORES DE IMPACTO	265
7.2.1	Ponderação dos Indicadores: Obtenção do Índice de Impacto Socioambiental	266
7.3	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NEGATIVOS	266
7.3.1	Critérios de Avaliação e Magnitudes dos Indicadores de Impacto	266
7.3.2	Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos	267
7.3.3	Aspectos Físicos e Ecossistemas Terrestres	271
7.3.4	Socioeconômico	281
7.3.5	Resultados da Avaliação de Impactos Negativos	287
7.4	IMPACTOS POSITIVOS	335
7.4.1	Recuperação de Vegetação de Área de APP	335
7.4.2	Alteração da biota de macroinvertebrados	338
7.4.3	Regularização Fundiária	340
7.4.4	Geração Energética	349
7.4.5	Criação de novos empregos	352
7.4.6	Aumento da arrecadação tributária municipal	352
7.4.7	Melhoria na Infraestrutura Viária	352
7.4.8	Melhora na Qualidade da água	352
7.5	EFEITOS CUMULATIVOS E SINÉRGICOS	353
7.5.1	Bloqueio das espécies migratórias	356
7.5.2	Modificação da comunidade da ictiofauna	357
7.5.3	Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante	358
7.5.4	Perda de Cobertura Florestal Nativa	358
7.5.5	Perda de Mata Ciliar	359
7.5.6	Supressão de Margem Classe I	361
7.5.7	Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido	362
7.5.8	Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos	363
7.5.9	Diversidade genética Raulinoa echinata	364
7.5.10	Diversidade genética Dyckia brevifolia	365



7.5.11	Interferência em trechos de rafting e canoagem.....	366
7.5.12	Interferência em infraestruturas	366
7.5.13	Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos.	367
7.5.14	Disponibilidade Hídrica.....	368



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 – Etapas da AAD.....	32
Figura 3-2 – ISA por Componentes–Síntese.....	70
Figura 4-1 - Fluxograma das atividades de modelagem	80
Figura 4-2 - Ilustração dos dados hidráulicos requeridos para modelo hidráulico unidirecional.	81
Figura 4-3 - Ilustração das captações e descargas de efluentes a serem simulados em modelos de qualidade de água unidirecional.	82
Figura 4-4 - Seções Transversais utilizadas no modelo hidráulico.....	90
Figura 4-5 – Alterações de vazões e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10	92
Figura 4-6 - Alterações de vazões e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10.....	93
Figura 4-7 - Alterações de vazões e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10	94
Figura 4-8 - Alterações de vazões e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10.....	95
Figura 4-9 - Alterações de vazões e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10	96
Figura 4-10 - Alterações de vazões e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10	97
Figura 4-11 - Vazão espacializada nas seções transversais para o cenário atual em vazão de estiagem Q ₇₁₀	98
Figura 4-12 - Vazão espacializada nas seções transversais para cenário de longo prazo em vazão de estiagem Q ₇₁₀	99
Figura 4-13 - Destaque para os trechos de vazão reduzida no cenário de vazão da Q710 no cenário de longo prazo.	100
Figura 4-14 - Alterações de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10	101
Figura 4-15 - Alterações de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10.....	102
Figura 4-16 - Alterações de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10	103
Figura 4-17 – Alterações de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10.....	104



Figura 4-18 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10	105
Figura 4-19 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10.....	106
Figura 4-20 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10.....	108
Figura 4-21 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10	109
Figura 4-22 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10.....	110
Figura 4-23 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10	111
Figura 4-24 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10.....	112
Figura 4-25 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10	113
Figura 4-26 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	115
Figura 4-27 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT	116
Figura 4-28 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	117
Figura 4-29 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT	118
Figura 4-30 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	119
Figura 4-31 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT	120
Figura 4-32 - Vazão espacializada nas seções transversais para o cenário atual na vazão Q_{MLT}	121
Figura 4-33 - Vazão espacializada nas seções transversais para o cenário de longo prazo na vazão Q_{MLT}	122
Figura 4-34 - Destaque para os trechos de vazão reduzida das CGHs no cenário de vazão QMLT no cenário de longo prazo.	123



Figura 4-35 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	124
Figura 4-36 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.....	125
Figura 4-37 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	126
Figura 4-38 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.....	127
Figura 4-39 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	128
Figura 4-40 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.....	129
Figura 4-41 - Diferença de nível entre os cenários de longo prazo e atual especializada para a vazão Q_{MLT}	130
Figura 4-42 - Destaque nos trechos de vazão reduzida de UHE Salto Pilão até a PCH Apiúna.....	131
Figura 4-43 - Alterações de velocidades de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	132
Figura 4-44 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.....	133
Figura 4-45 - Alterações de velocidades de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	134
Figura 4-46 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.....	135
Figura 4-47 - Alterações de velocidades de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.....	136
Figura 4-48 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.....	137
Figura 4-49 - Diferença de velocidade do cenário de longo prazo para o cenário atual para a vazão Q_{MLT}	138
Figura 4-50 - Destaque no trecho da PCH Rio do Sul à PCH Apiúna na Q_{MLT} para a diferença de velocidade entre os cenários atual e de longo prazo.....	139
Figura 4-51 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR2.....	140



Figura 4-52 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR2.....	141
Figura 4-53 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR2	142
Figura 4-54 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR2.....	143
Figura 4-55 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR2	144
Figura 4-56 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR2.....	145
Figura 4-57 - Diferença da velocidade do cenário de longo prazo para o cenário atual para a vazão de cheia Q_{TR2}	146
Figura 4-58 - Destaque no trecho da PCH Rio do Sul à PCH Apiúna para a diferença de velocidade do cenário de longo prazo para o cenário atual na Q_{TR2}	147
Figura 4-59 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10.....	148
Figura 4-60 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10	149
Figura 4-61 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10.....	150
Figura 4-62 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10	151
Figura 4-63 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10.....	152
Figura 4-64 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10	153
Figura 4-65 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10	155
Figura 4-66 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10.....	156
Figura 4-67 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10	157
Figura 4-68 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10.....	158



Figura 4-69 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10	159
Figura 4-70 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10.....	160
Figura 4-71 - Níveis d'água espacializados para o cenário atual na Q_{TR10}	161
Figura 4-72 - Níveis espacializados no cenário de longo prazo para a Q_{TR10}	162
Figura 4-73 - Diferença de nível entre o cenário de longo prazo e atual para a Q_{TR10}	163
Figura 4-74 - Destaque para o reservatório da PCH Foz do Hercílio para a diferença de nível entre os cenários de longo prazo e atual na Q_{TR10}	164
Figura 4-75 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10.....	165
Figura 4-76 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10	166
Figura 4-77 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10.....	167
Figura 4-78 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10	168
Figura 4-79 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10.....	169
Figura 4-80 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10	170
Figura 4-81 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100	172
Figura 4-82 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100.....	173
Figura 4-83 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100	174
Figura 4-84 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100.....	175
Figura 4-85 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100	176
Figura 4-86 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100.....	177
Figura 4-87 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100	179



Figura 4-88 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100	180
Figura 4-89 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100	181
Figura 4-90 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100	182
Figura 4-91 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100.....	183
Figura 4-92 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100	184
Figura 4-93 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e Apiuna para a vazão de cheia da QTR100.....	185
Figura 4-94 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100.....	186
Figura 4-95 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e Apiuna para a vazão de cheia da QTR100.....	187
Figura 4-96 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100.....	188
Figura 4-97 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e Apiuna para a vazão de cheia da QTR100.....	189
Figura 4-98 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100.....	190
Figura 4-99 - Temperatura em função do tempo na vazão Qmlt.....	193
Figura 4-100 - Variação espacial da temperatura para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	194
Figura 4-101 - Variação espacial da temperatura para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	194
Figura 4-102- Temperatura em função do tempo na vazão Qest.....	195
Figura 4-103 - Variação espacial da temperatura para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	195
Figura 4-104 - Variação espacial da temperatura para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	196
Figura 4-105 - Gráfico com a variação espacial do oxigênio dissolvido para todos os cenários.	197



Figura 4-106 - Variação espacial do OD para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	198
Figura 4-107 - Variação espacial do OD para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	198
Figura 4-108 - Variação espacial do OD para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	199
Figura 4-109 - Variação espacial do OD para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	199
Figura 4-110 - Gráfico com a variação espacial da DBO para todos os cenários	201
Figura 4-111 - Variação espacial da DBO para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	201
Figura 4-112 - Variação espacial da DBO para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	202
Figura 4-113 - Variação espacial da DBO para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	202
Figura 4-114 - Variação espacial da DBO para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	203
Figura 4-115 - Gráfico com a variação espacial do Nitrogênio orgânico para todos os cenários	204
Figura 4-116 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).	205
Figura 4-117 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).	205
Figura 4-118 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	206
Figura 4-119 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	206
Figura 4-120 - Gráfico com a variação espacial da amônia para todos os cenários.....	207
Figura 4-121 - Variação espacial do amônia para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	208
Figura 4-122 - Variação espacial do amônia para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).	208
Figura 4-123 - Variação espacial do amônia para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	209



Figura 4-124 - Variação espacial do amônia para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	209
Figura 4-125 - Gráfico com a variação espacial do nitrito para todos os cenários.....	210
Figura 4-126 - Variação espacial do nitrito para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	211
Figura 4-127 - Variação espacial do nitrito para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	211
Figura 4-128 - Variação espacial do nitrito para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	212
Figura 4-129 - Variação espacial do nitrito para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	212
Figura 4-130 - Gráfico com a variação espacial do nitrato para todos os cenários.....	213
Figura 4-131 - Variação espacial do nitrato para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	213
Figura 4-132 - Variação espacial do nitrato para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	214
Figura 4-133- Variação espacial do nitrato para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	214
Figura 4-134- Variação espacial do nitrato para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	215
Figura 4-135 - Gráfico com a variação espacial do fósforo orgânico para todos os cenários.	217
Figura 4-136 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	218
Figura 4-137 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	218
Figura 4-138 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	219
Figura 4-139 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	219
Figura 4-140 - Gráfico com a variação espacial do fósforo inorgânico para todos os cenários.	220
Figura 4-141 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	220



Figura 4-142 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).....	221
Figura 4-143 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	221
Figura 4-144 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).....	222
Figura 4-145 - Gráfico com a variação espacial do fósforo total para todos os cenários....	222
Figura 4-146 - Concentração de DBO e OD ao longo do rio Itajaí.....	223
Figura 4-147 - Concentração de nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo total ao longo do rio Itajaí.....	224
Figura 4-148 - Resultados de concentrações extremas de OD, para OD e DBO.	225
Figura 4-149 - Resultados de concentrações extremas de OD, para nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo orgânico.	225
Figura 4-150 - Resultados de concentrações extremas de amônia, para OD e DBO.	226
Figura 4-151 - Resultados de concentrações extremas de amônia, para nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo orgânico.	227
Figura 4-152 - Resultados de concentrações extremas de nitrato, para OD, DBO e nitrato.	228
Figura 4-153 - Resultados de concentrações extremas de nitrato, para nitrogênio orgânico, amônia e fósforo orgânico.....	228
Figura 4-154 - Resultados de concentrações extremas de fósforo inorgânico, para OD e DBO.	229
Figura 4-155 - Resultados de concentrações extremas de fósforo inorgânico, para nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo orgânico.	229
Figura 6-1 - Curva de permanência CGH Tafona.....	234
Figura 6-2 - Afluentes contribuintes do TVR da CGH Tafona.....	236
Figura 6-3 - Curva de Permanência CGH José Grabowski.....	237
Figura 6-4 - Afluentes que contribuem para o TVR da CGH José Grabowski.	239
Figura 6-5 - Curva de Permanência CGH José Grabowski I.....	240
Figura 6-6 - Afluentes que contribuem para o TVR da CGH José Grabowski I.....	242
Figura 6-7 - Conflito no uso consuntivo.	244
Figura 6-8 - Níveis d'água na QTR50 com os cenários com barramentos e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.....	247
Figura 6-9 - Níveis d'água na QTR10 com os cenários com barramentos e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.....	248



Figura 6-10 – Impacto especializado pelas seções topobatimétricas.....	249
Figura 6-11 – Níveis d'água na QTR50 com os cenários com barramento alterado e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.....	250
Figura 6-12 – Níveis d'água na QTR10 com os cenários com barramento alterado e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.....	251
Figura 6-13 – Conflitos na PCH Foz do Hercílio	252
Figura 6-14 – Conflitos na PCH Ascurra	253
Figura 6-15 – Conflitos na PCH Zimlich.....	254
Figura 7-1- Fluxograma da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do rio Itajaí-Açu.....	263
Figura 7-2- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 00.....	315
Figura 7-3- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 01.....	319
Figura 7-4- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 02.....	323
Figura 7-5- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 03.....	327
Figura 7-6- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 04.....	331
Figura 7-7 - Possível Regularização Fundiária PCH Apiúna.....	341
Figura 7-8 - Possível Regularização Fundiária PCH Apiúna.....	342
Figura 7-9 - Possível Regularização Fundiária PCH Ascurra.....	343
Figura 7-10 - Possível Regularização Fundiária PCH Ascurra	344
Figura 7-11 - Possível Regularização Fundiária PCH Estação Indaial.....	345
Figura 7-12 - Possível Regularização Fundiária PCH Foz do Hercílio.....	346
Figura 7-13 - Possível Regularização Fundiária PCH Rio do Sul.....	347
Figura 7-14 - Possível Regularização Fundiária PCH Subida I.....	348
Figura 7-15 - Possível Regularização Fundiária PCH Zimlich.....	349



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 4-1 - Campanhas de qualidade da água e respectivas vazões.....	84
Quadro 4-2 - Parâmetros das reações.....	89
Quadro 5-1 - Status dos barramentos.....	230
Quadro 6-1 - Escala de Impacto	249
Quadro 7-1 - Efeitos Sinérgicos.....	355
Quadro 7-2- Efeitos Cumulativos.....	356



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 – Indicadores de Sensibilidade Ambiental (ISA) e suas Variáveis de Análise (VA).	34
Tabela 3-2 – Escala de Análise Hierárquica de Processo de Pares de Variáveis (Escala Fundamental de Saaty).	35
Tabela 3-3 – Valores de IR para Matrizes de Diferentes Tamanhos.	36
Tabela 3-4 – Escala de magnitude para compor os Índices de Sensibilidade Ambiental.	37
Tabela 3-5 – Oxigênio dissolvido.	38
Tabela 3-6 – Coliformes Termotolerantes	39
Tabela 3-7 – Fósforo total	39
Tabela 3-8 – Sensibilidade da diversidade de espécies.	40
Tabela 3-9 – Sensibilidade da riqueza de espécies.	41
Tabela 3-10 – Sensibilidade de ocorrência de espécies migratórias.	42
Tabela 3-11 – Espécies ameaçadas, raras e endêmicas.	42
Tabela 3-12 – Número de fragmentos florestais.	43
Tabela 3-13 – Tamanho médio dos fragmentos florestais.	44
Tabela 3-14 – Índice de forma.	45
Tabela 3-15 – Índice de área central – 100 metros.	46
Tabela 3-16 – Distância média do vizinho mais próximo.	46
Tabela 3-17 – Corredores ecológicos.	47
Tabela 3-18 – Riqueza de espécies.	48
Tabela 3-19 – Endemismo.	49
Tabela 3-20 – Unidades de conservação.	50
Tabela 3-21 – Extensão e cobertura florestal.	51
Tabela 3-22 – Endemismo.	52
Tabela 3-23 – Espécies raras e/ ou ameaçadas.	53
Tabela 3-24 – Riqueza de espécies.	54
Tabela 3-25 – Hábitat das espécies.	56
Tabela 3-26 – Processos erosivos.	57
Tabela 3-27 – Extensão utilizada para rafting e canoagem.	58
Tabela 3-28 – Ocupação urbana.	59
Tabela 3-29 – Ocupação rural.	60
Tabela 3-30 – Tipos de Infraestrutura.	61
Tabela 3-31 – Ocupação humana na região limdeira.	62
Tabela 3-32 – ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos.	64



Tabela 3-33 - ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Terrestres.....	64
Tabela 3-34 - ISA - Componentes-síntese Socioeconômico.....	65
Tabela 3-35 - Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Aquáticos.....	65
Tabela 3-36 - Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Terrestres - Parte 1 - Avaliação.....	66
Tabela 3-37- Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Terrestres -Parte2 - Normalização.....	67
Tabela 3-38 - Variáveis de Análise do Componente Síntese Socioeconômico.....	68
Tabela 3-39 - Cálculos do ISA por Componente-Síntese.....	69
Tabela 3-40 - ISA por Componente-Síntese.....	70
Tabela 3-41 - Mapas de ISA.....	71
Tabela 42 - Média de vazão mensal.....	234
Tabela 43 - Resumo dos afluentes contribuintes da CGH Tafona.....	236
Tabela 44 - Média de vazão mensal.....	237
Tabela 45 - Resumo dos afluentes contribuintes da CGH José Grabowski.....	239
Tabela 46 - Média de vazão mensal.....	241
Tabela 47 - Resumo dos afluentes contribuintes da CGH José Grabowski I.....	243
Tabela 6-48 - Registros de alagamentos, enxurradas, inundações e estiagens (1991-2012).....	257
Tabela 6-49 - Número estimado de propriedades atingidas.....	259
Tabela 7-1 - Escala de magnitude para compor os Índices de Sensibilidade Ambiental.....	266
Tabela 7-2 - Avaliação dos Indicadores de Impactos Ambientais - Bloqueio de Rotas Migratórias.....	267
Tabela 7-3 - Avaliação dos Indicadores de Impactos Ambientais - Modificação da comunidade da ictiofauna.....	268
Tabela 7-4 - Alteração no regime hídrico.....	270
Tabela 7-5 - Perda de cobertura florestal.....	272
Tabela 7-6 - Perda de mata ciliar.....	273
Tabela 7-7 - Empreendimentos e necessidade de supressão de vegetação Classe 1 (secundário avançado) para respectiva implantação, em hectares e percentual em relação ao total desta classe na área de estudo.....	274
Tabela 7-8 - Número total de indivíduos a serem suprimidos para a implantação dos empreendimentos.....	276
Tabela 7-9 - Número total de populações a serem parcial (Parc.) ou totalmente (Total) suprimidas para a instalação dos empreendimentos.....	277



Tabela 7-10 – Empreendimentos, necessidade de supressão e diversidade genética da população a ser suprimida, com base na proximidade dos pontos caracterizados por Reis et al. (2003).....	279
Tabela 7-11- Empreendimentos, necessidade de supressão e diversidade genética da população a ser suprimida.....	280
Tabela 7-12 – Extensão do rio utilizada para rafting e canoagem.....	282
Tabela 7-13 – Tipos de infraestrutura.....	283
Tabela 7-14 – Análise de nível e ocupações humanas peto do rio.....	285
Tabela 7-15 – Porcentagem de vazão desviada.....	287
Tabela 7-16 - Hierarquização.....	290
Tabela 7-17 – Índice de Consistência Randômico.....	291
Tabela 7-18 - Ponderação dos Impactos dos Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos.....	292
Tabela 7-19 - Ponderação dos Impactos dos Ecossistemas Terrestres e Meio Físico.....	293
Tabela 7-20 - Ponderação dos Impactos Socioeconômicos.....	294
Tabela 7-21- Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – EA – Cenário 00.....	295
Tabela 7-22 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ET – Cenário 00.....	296
Tabela 7-23 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ES – Cenário 00.....	297
Tabela 7-24 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – EA – Cenário 01.....	298
Tabela 7-25 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ET – Cenário 01.....	299
Tabela 7-26 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ES – Cenário 01.....	300
Tabela 7-27 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – EA – Cenário 02.....	301
Tabela 7-28 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ET – Cenário 02.....	302
Tabela 7-29 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ES – Cenário 02.....	303
Tabela 7-30 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – EA – Cenário 03.....	304
Tabela 7-31 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ET – Cenário 03.....	305
Tabela 7-32 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ES – Cenário 03.....	306
Tabela 7-33 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – EA – Cenário 04.....	307
Tabela 7-34 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ET – Cenário 04.....	308
Tabela 7-35 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais – ES – Cenário 04.....	309
Tabela 7-36 - Cálculo da Cumulatividade dos Impactos por Cenário – EA.....	311
Tabela 7-37 - Cálculo da Cumulatividade dos Impactos por Cenário – ET.....	312
Tabela 7-38 - Cálculo da Cumulatividade dos Impactos por Cenário – ES.....	313
Tabela 7-39 - Resumo dos Índices Ambientais Cumulativos – IAC.....	314
Tabela 7-40 - Índices Ambientais FINAIS (IA) por Cenário Ponderados pelo ISA (W).....	314



Tabela 7-41 – Média geral dos empreendimentos.....	335
Tabela 7-42 – Índice de recomposição calculados para uma faixa de 30 m entorno do futuro reservatório e supressão geral.....	336
Tabela 7.43 – Qualidade ambiental da biota aquática.....	339
Tabela 7.44 - Relação Impacto x Potência Instalada	351



ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1- Mapa de sensibilidade do meio físico e ecossistema terrestre.....	72
Mapa 2- Mapa de sensibilidade dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos	73
Mapa 3 - Mapa de sensibilidade da socioeconomia.....	74
Mapa 4 –Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 0	316
Mapa 5 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Aquático - Cenário 0	317
Mapa 6 – Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 0.....	318
Mapa 7 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 1.....	320
Mapa 8 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Aquático - Cenário 1.....	321
Mapa 9 – Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 1.....	322
Mapa 10 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 2.....	324
Mapa 11 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Aquático - Cenário 2.....	325
Mapa 12 – Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 2	326
Mapa 13 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 3.....	328
Mapa 14 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Aquático - Cenário 3.....	329
Mapa 15 – Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 3	330
Mapa 16 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 4.....	332
Mapa 17 – Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Aquático - Cenário 4	333
Mapa 18 – Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 4.....	334



1 EMPREENDEDORES E CONSULTOR

1.1 EMPREENDEDORES

Razão Social: LONTRAS ENERGÉTICA S.A.

CNPJ/MF: 11.491.435/0001-00

Endereço: Rua São Paulo, 2650, apto. 202-Q, bairro
Itoupava Seca, Blumenau/SC

CEP: 89030-000

Contato: Elizeu Riba

Fone: (47) 98827-7788

E-mail: elizeu@3energie.com.br

Empreendimento: PCH Rio do Sul

Razão Social: HYDRO HS

CPF: 219.470.648-86

Endereço: Rua Princesa Isabel, 228,

Rio do Sul – SC

CEP: 89164-054

Contato: Cristiano Segatto

Fone: (47) 99607 – 6681

e-mail: cs@hydrohs.com.br

Empreendimento: CGH Tafona





Razão Social: COMERCIAL DACLANDE LTDA.

CNPJ/MF: : 03.222.166/0001-40

Endereço: Estrada Geral subida, s/n,
Ibirama/SC

CEP: 89140-000

Contato: Cristiano Segatto

Fone: (47) 99607 – 6681

e-mail: cs@hydrohs.com.br

Empreendimento: CGHs José Grabowski e
José Grabowski I

Razão Social: PEQUENA CENTRAL HIDRELETRICA SUBIDA I SPE LTDA

CNPJ/MF: 25.165.552/0001-80

Endereço: Rua Itajaí, 35, Vorstadt, Blumenau/SC

CEP: 89.015-200

Contato: João Carlos Chiare Jr

Fone: (47) 3237-2495 | (47)991388388

e-mail: joao@enertechne.com.br

Empreendimento: PCH Subida I





Razão Social: APIÚNA ENERGIA LTDA.

CNPJ/MF: 07.600.348/0001-69

Endereço: Rua São Paulo, 2650 – Blumenau/SC

CEP: 89030-000

Contato: Sérgio Moisés Rodrigues Batista

Fone: (47) 3035-1094

e-mail: sergio.moises@3energie.com.br

Empreendimento: PCH Apiúna



Razão Social: INDAIAL ENERGIA LTDA.

CNPJ/MF: 07.872.265/0001-29

Endereço: Rua Bom Jesus, 212, Sala 2504, Andar 25,
Bairro Juveve, Curitiba, PR.

CEP: 80.035-010

Contato: Paulo Henrique Gulin Gomes

Fone: (041) 3099-9600

e-mail: paulo@paineirapar.com.br

Empreendimento: PCH Zimlich



Razão Social: ESTAÇÃO INDAIAL ENERGÉTICA S/A - EIESA

CNPJ/MF: 06.273.886/0001-23

Endereço: Rua Dr. Blumenau, 2725, Encano, Indaial

CEP: 89.130-000

Contato: Ivo Rischbieter

Fone: (47) 2102-3333

e-mail: ivo@rischbieter.com.br

Empreendimento: PCH Estação Indaial



Razão Social: ENCANO ENERGIA LTDA.

CNPJ/MF: 07.889.798/0001-13

Endereço: Rua Bom Jesus, 212, Sala 2504, Andar 25,
Bairro Juveve, Curitiba, PR.

CEP: 80.035-010

Contato: Paulo Henrique Gulin Gomes

Fone: (041) 3099-9600

e-mail: paulo@paineirapar.com.br

Empreendimento: PCH Encano



Razão Social: Mafrás Energia e Reflorestamento Ltda.

CNPJ/MF: 76.312.008/0001-55

Endereço: Alameda Aristiliano Ramos, 1695 - Sala
01 - Bairro Jardim América - Rio do Sul

CEP: 89260-140

Contato: André Faller

Fone: (47) 3521-0893

e-mail: andre@mafras.com.br

Empreendimento: CGH Gunther Faller





1.2 CONSULTORES

Razão Social: Cedro Assessoria Ambiental LTDA EPP.

CNPJ/MF: 05.556.254/0001-04

Endereço: R. Marechal Deodoro da Fonseca, 336,
Bairro das Nações, Timbó/SC

CEP: 89120-000

Contato: Marcelo Silveira Netto

Fone: (47) 3394-3570

e-mail: marcelo@cedroambiental.com.br



**Razão Social: ENGERA – Engenharia E Gerenciamento De Recursos Ambientais
LTDA.**

CNPJ/MF: 07.124.818/0001-65

Endereço: Av. Desembargador Vitor Lima, 260, sala
703, Edifício Madison Center, Florianópolis/SC

CEP: 88.040-400

Contato: Edney Rodrigues de Farias

Fone: (48) 3389-2007

e-mail: edney@engera.com.br





2 EQUIPE TÉCNICA

2.1 COORDENAÇÃO GERAL

Nome	Formação	Nº de registro no conselho de classe	RCT/IBAMA
Edney Rodrigues de Farias	Eng. Civil	CREA/SC 483334-4	79.936
Marcelo Silveira Netto	Eng. Florestal	CREA/SC 63731-7	33.822

2.2 COORDENAÇÃO TÉCNICA

Nome	Formação	Nº de registro no conselho de classe	RCT/IBAMA
Andreza Abdalla	Geógrafa, Esp.	CREA/SC 081762-7	5.210.788
Davi de Souza Schweitzer	Geógrafo, Msc.	CREA/SC 76026-4	665.296

2.3 MEMBROS DA EQUIPE

Nome	Formação	Nº de registro no conselho de classe	RCT/IBAMA
Ademir Reis	Biólogo – Orientação técnica – Botânica e Ecologia de Reófitas, Dr.	CRBio 284420/03-D	543.538
Aharon I. B. Saldanha	Geólogo, Estudos Meio Físico	CREA/SC 166872-9	7.461.708
Alex Bergmann	Biólogo – Herpetofauna, Msc.	CRBio 095176/03-D	6.386.223
Andiara Paula Hermann	Bióloga – Mastofauna	CRBio 118456/03-D	6.890.945
Daniela Flesch Laforce	Engª Sanitarista e Ambiental – Modelagem ambiental e meio físico	CREA/SC 169594-2	7.559.122
Fernanda dos Santos	Bióloga – Avifauna	CRBio 100551/03-D	6.228.402
Lara Piluski Santini	Engª Sanitarista e Ambiental – Meio físico	CREA/SC 173470-4	7.657.428
Mariáh de Sousa	Engª Ambiental e Sanitarista – Ecologia da Paisagem	CREA/SC 168120-1	7.498.142
Marianna Harakawa	Geógrafa – Estudos socioeconômicos	CREA/SC 96661-6	7.561.738
Natani dos Santos Coser	Bióloga – Flora	CRBio 118439/03-D	7.593.547
Raphael Farage de Freitas	Biólogo – Ictiofauna, Esp.	CRBio 066050/03-D	3.804.599



Nome	Formação	Nº de registro no conselho de classe	RCT/IBAMA
William Gebien	Biólogo – Botânica e Ecologia de reófitas	CRBio 118095/03-D	7.365.295
Felipe Amorim	Estagiário em Eng. Civil		
Júlia Mella Massing	Estagiária em Eng. Sanitária e Ambiental		
Rodrigo Mendes Macuco	Estagiário em Eng. Sanitária e Ambiental		



3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DISTRIBUÍDA - AAD

O principal objetivo da Avaliação Ambiental Distribuída é analisar a sensibilidade ambiental da bacia e seus conflitos atuais com base na Caracterização Ambiental apresentada.

Este capítulo promove a integração dos estudos ambientais analisados e suas interrelações com os componentes-síntese: Recursos Hídricos e Ecossistema Aquático, Meio Físico e Ecossistema Terrestre e Meio Socioeconômico. A Avaliação Ambiental Distribuída-AAD constitui a segunda etapa dos estudos da Avaliação Integrada de Bacia Hidrográfica e tem por finalidade definir os Indicadores de Sensibilidade Ambiental - ISA.

De acordo com o Manual do Inventário Hidroenergético (MME, 2007), *sensibilidade* é definida como a “propriedade de reagir que possuem os sistemas ambientais e os ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, quando afetados por uma ação humana”, ou seja, a sensibilidade aqui utilizada tem a finalidade de identificar e espacializar as áreas mais sensíveis das subáreas da bacia hidrográfica, de modo a expressar a integridade dos recursos naturais, os aspectos qualitativos da paisagem e as diferentes situações socioeconômicas em diferentes graus de sensibilidade.

O ISA foi avaliado quali/quantitativamente com base em variáveis que representam as condições naturais e o estado atual de conservação ou degradação dos recursos naturais da área em estudo.

A Espacialização dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental é apresentada por meio dos mapas que representam a sensibilidade através de análise multicritério, por componente-síntese.

3.1 COMPARTIMENTALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Os estudos realizados na etapa do Diagnóstico devem levar à compartimentação da bacia em subáreas, analisadas mediante suas características de similitude ou diferenciação. As subáreas, definidas como recortes territoriais, determinam a dinâmica dos componentes-síntese.

Para a AIBH do rio Itajaí-Açu, a metodologia adotada partiu da identificação de subdivisões com semelhanças do ponto de vista dos Recursos Hídricos e Ecossistemas



Aquáticos, do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e do Meio Socioeconômico, seguindo uma padronização de critérios indicadores qualificadores e demilitadores.

As análises realizadas corroboraram com o Termo de Referência aprovado pelo Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – IMA, por meio de Ofício DIRA/GELOP nº 3225/2019, de 22 de novembro de 2019, para essa AIBH.

O trecho de interesse hidrelétrico do rio Itajaí-Açu, compreendendo a faixa entre as cidades de Rio do Sul a Blumenau apresentam condições ambientais já conhecidas e homogêneas, levando a AIBH a ser subdividida em duas escalas de análise, sendo toda a bacia hidrográfica considerada para os dados secundários e o trecho de interesse energético inventariado para os levantamentos de dados primários.

Diante dessa metodologia de análise, o trecho proposto e aprovado no Termo de Referência foi considerado como uma unidade homogênea, embora ocorra considerações individuais provocadas, sobretudo, pela declividade e influência de usinas hidrelétricas em operação, ainda sim são similares as condições naturais do trecho em análise.

Importante ressaltar que os processos históricos e sociais da ocupação das margens do rio Itajaí-Açu são similares entre si e em sua grande maioria expansão da colonização da Companhia Hanseática.

3.2 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO CENÁRIO ATUAL

Conforme descrito anteriormente, o termo sensibilidade é utilizado neste estudo de forma a identificar elementos mais susceptíveis a alterações na sua qualidade ambiental, os quais serão potencializados pela inserção dos empreendimentos hidrelétricos.

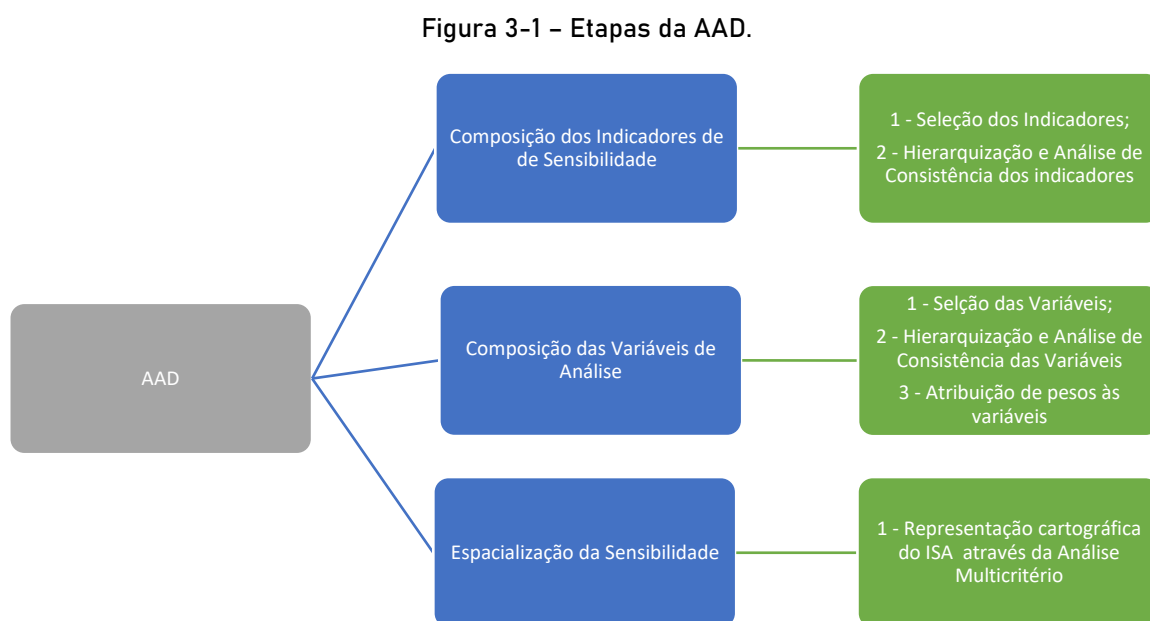
A associação dos componentes socioambientais avaliados nesta etapa permitiu a representação cartográfica da sensibilidade ambiental no âmbito da bacia do rio Itajaí. A composição da Sensibilidade Ambiental foi desenvolvida com base no Diagnóstico Ambiental, o qual permitiu definir os Indicadores de Sensibilidade Ambiental e as respectivas Variáveis de Análise, as quais representam as condições atuais dos recursos naturais da área em estudo.

Desse modo, a Avaliação Ambiental Distribuída (AAD) foi baseada fundamentalmente nas seguintes etapas:

- a) Seleção dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental e Variáveis de Análise;

- b) Hierarquização e Definição dos Pesos das Variáveis de Análise;
- c) Hierarquização dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental e Obtenção do Índice de Sensibilidade Ambiental;
- d) Mapeamento das Sensibilidade Ambiental.

A Figura 3-1 representa as etapas da Avaliação Ambiental Distribuída (AAD).



3.3 Seleção do Indicadores de Sensibilidade Ambientais e as Variáveis de Análise

Os indicadores são selecionados a partir do resultado do Diagnóstico Ambiental aplicando a metodologia de análise hierárquica AHP (Analytic Hierarchy Process), que consiste na decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho, proposta pelo matemático Saaty em 1991.

A metodologia proposta adotada no Manual do Inventário Hidroenergético (Eletrobras, 2007), conforme já exposto, permite que se avalie não só propostas de alternativas locais e suas implicações socioambientais, como também é possível a construção de cenários matemáticos. Pela aplicabilidade dela para avaliação de AHEs, também a metodologia indicada pelo IMA para o desenvolvimento de AIBH através do Decreto Nº 365 de 11/05/2015 – Anexo Único.



A partir dos resultados da caracterização ambiental e sua respectiva síntese, foram determinados os principais elementos de qualificação socioambiental da bacia do rio Itajaí, bem como seus principais processos associados.

Uma vez determinados os Indicadores de Sensibilidade Ambiental, foram definidas as respectivas Variáveis de Análise, as quais permitiram avaliar as condições de integridade, pressão e interesse social, conforme preconiza o Manual de Inventário Hidroelétrico (2007).

Ressalta-se que as Variáveis de Análise que compõem os Indicadores de Sensibilidade Ambiental, respondem a critérios restritivos, como relevância e disponibilidade de representação cartográfica.

Conforme Sánchez (2008), os Indicadores representam de maneira prática a descrição do meio ambiente, fornecendo subsídios para a interpretação de dados ambientais. É um parâmetro que serve como medida das condições ambientais de uma área ou ecossistema.

Os Indicadores de Sensibilidade Ambiental (ISA), com suas respectivas Variáveis de Análise (VA) são apresentadas na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 – Indicadores de Sensibilidade Ambiental (ISA) e suas Variáveis de Análise (VA).

Componente-síntese	Aspecto	Indicador de Sensibilidade Ambiental	Variáveis de Análise
Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos	Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos e Qualidade da Água	Qualidade da Água	Oxigênio Dissolvido
			Coliformes Termotolerantes
	Ictiofauna	Vulnerabilidade da Ictiofauna	Fósforo Total
			Diversidade da Ictiofauna
			Riqueza da Ictiofauna
			Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna
			Ocorrência de espécies ameaçadas, raras e endêmicas
Meio Físico e Ecossistemas Terrestres	Vegetação	Níveis de Conservação Florestal	Número de Fragmentos Florestais (NUMP)
			Tamanho Médio dos Fragmentos Florestais (MPS)
			Índice de Forma (MSI)
			Índice de Área Central - 100 m (CAI)
			Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN)
	Fauna Terrestre	Áreas de Interesse para a Conservação Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Flora Ripária (Reófitas endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção)	Corredores Ecológicos
			Riquezas de espécies
		Manutenção da Diversidade Biológica Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre	Endemismo - reófitas
			Unidades de Conservação
	Meio Físico	Integridade do solo	Extensão e Cobertura Florestal
			Endemismo - fauna terrestre
	Socioeconomia	Aspectos Socioeconômicos	Mapa da Susceptibilidade Erosiva
			Extensão utilizada para rafting e canoagem
Ocupação urbana			
Ocupação rural			
Tipos de infraestruturas			
		Cheias	Ocupações humanas em região lindeira



3.3.1 Hierarquização dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental e suas Variáveis de Análise

Tendo como objetivo a minimização da subjetividade para a avaliação das sensibilidades, foi realizada a hierarquização das Variáveis de Análise correspondente a cada Indicador de Sensibilidade Ambiental, gerando como resultado um grau de ponderação para cada Variável analisada.

Os Indicadores de Sensibilidade, assim como suas variáveis de análise, também foram hierarquizados de acordo com o seu respectivo componente-síntese. Esta segunda hierarquização é a mais complexa, pois hierarquiza indicadores de sensibilidade de diferentes áreas que estão inseridos em um mesmo componente-síntese.

Deste modo, para chegar a um consenso quanto à comparação entre pares estabelecida pela Tabela 3-2 (escala fundamental de Saaty), foram realizadas diversas reuniões entre membros da equipe técnica, os quais definiram o grau de importância, possibilitando a hierarquização, fundamentando-se no cenário atual da bacia do rio Itajaí.

O método de análise hierárquica corroborou com o preconizado pelo Manual de Inventário Hidroelétrico (MME, 2007), desenvolvido por Thomas L. Saaty como ferramenta no processo decisório de classificação. Este método procura hierarquizar os elementos por meio de comparações paritárias, onde o processo de atribuição de importância relativa implica em $(i,j) = 1/a(j,i)$ e a matriz é então definida recíproca. Em outras palavras, o elemento preferencial recebe uma nota entre 1 e 9 e o elemento preterido recebe o valor recíproco desta nota (Tabela 3-2) (MME, 2007).

Tabela 3-2 – Escala de Análise Hierárquica de Processo de Pares de Variáveis (Escala Fundamental de Saaty).

Intensidade de importância do elemento preferencial	Definição	Intensidade de importância do elemento preterido	Definição
1	Igual importância	1	Igual importância
3	Elemento ligeiramente mais importante	1/3	Elemento ligeiramente menos importante
5	Elemento medianamente mais importante	1/5	Elemento medianamente menos importante
7	Elemento fortemente mais importante	1/7	Elemento fortemente menos importante
9	Elemento absolutamente mais importante	1/9	Elemento absolutamente menos importante
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Valores intermediários



A partir da matriz, foram efetuados cálculos para obtenção do autovetor de maior valor, que corresponde ao “vetor de prioridades”, expressando os pesos relativos entre os elementos comparados. Este método permite medir a consistência dos julgamentos realizados, obtendo dessa forma, resultados confiáveis. A inconsistência nos julgamentos é frequente, portanto, a matriz de comparação pareada deve ter sua consistência verificada pela comparação do Índice de Consistência (IC) e Índice de Consistência Randômico (IR).

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Onde:

n – Dimensão da matriz

λ_{\max} – é dado pela equação a seguir

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i/W_i}{n - 1}$$

A razão entre IC e IR corresponde à máxima inconsistência e deve ser $\leq 0,1$, que corresponde no máximo 10% de inconsistência. O Valor do IR é estabelecido conforme a Tabela 3-3 a seguir, onde n corresponde à dimensão da matriz de critérios.

Tabela 3-3 – Valores de IR para Matrizes de Diferentes Tamanhos.

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Índice de Consistência Randômica (IR)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,58	1,57	1,59

Fonte: Saaty, 1991 apud PUC Rio.

Os resultados obtidos em cada um dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental foram sistematizados e inseridos em planilhas, de acordo com o seu grau de magnitude.

3.3.2 Obtenção do Índice de Sensibilidade Ambiental

A atribuição dos pesos para cada variável de análise foi realizada a partir de discussões promovidas entre os especialistas que compõem a equipe técnica deste estudo e fundamentadas nos levantamentos realizados no âmbito do diagnóstico, conforme características da área de estudo.

Os pesos foram estabelecidos entre 0 e 1,00, considerando-se 1 (um) para o máximo grau da sensibilidade e 0 (zero) para a ausência de sensibilidade, conforme Tabela 3-4.



Para cada variável foi desenvolvida uma análise específica, levando em consideração seus critérios de referência estabelecidos, permitindo uma escala de quantificação específica definida pelos especialistas.

Tabela 3-4 – Escala de magnitude para compor os Índices de Sensibilidade Ambiental.

Grau do Índice	Magnitude
0,00 - 0,20	Baixa
0,21 - 0,40	Moderadamente Baixa
0,41 - 0,60	Média
0,61 - 0,80	Moderadamente Alta
0,81 - 1,00	Alta

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

3.3.2.1 Componente-síntese: Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos

3.3.2.1.1 Qualidade da Água

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

Os critérios escolhidos para expressar a qualidade da água são:

- Oxigênio dissolvido;
- Coliformes termotolerantes;
- Fósforo total.

3.3.2.1.1.1 Oxigênio dissolvido

O decaimento das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) é a repercussão mais nociva de poluição por matéria orgânica. Ele é causado pela respiração dos microrganismos envolvidos na depuração dos dejetos. O impacto é estendido a toda comunidade aquática, e cada redução nas concentrações de oxigênio dissolvido é seletiva para determinadas espécies (VON SPERLING, 2007). Devido a sua importância no ecossistema aquático, este parâmetro tem sido utilizado tradicionalmente como um indicador de degradação da qualidade de água.



Para a sensibilidade, se foi estipulado que quanto maior a concentração de oxigênio dissolvido, mais sensível é o corpo d'água a alguma alteração antrópica.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 2 mg/L;

Moderadamente Baixa: entre 2 a 4 mg/L;

Média: entre 4 a 6 mg/L;

Moderadamente Alta: entre 6 a 8 mg/L;

Alta: acima de 8 mg/L;

Tabela 3-5 – Oxigênio dissolvido.

mg/L	Classe	Classificação	Peso
8,34	Alta		0,84

A partir das campanhas levantadas de qualidade da água, foi feita uma média dos valores de oxigênio dissolvido, que tiveram resultados todos acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005, resultando em um valor alto de oxigênio dissolvido de 8,34 mg/L, caracterizando um rio bastante oxigenado.

3.3.2.1.1.2 Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são uma espécie de microrganismo que vive naturalmente no sistema digestório humano e são muito utilizados como indicadores de contaminação por esgoto humano em corpos d'água naturais.

Assim como para o oxigênio dissolvido e para o fósforo total, a sensibilidade foi considerada de tal forma que quanto menor o valor de coliformes, mais sensível é a bacia, por indicar maior preservação do corpo d'água.

Critérios de classificação:

Baixa: Acima de 5001 UFC/100 mL;

Moderadamente Baixa: entre 2501 a 5000 UFC/100 mL;

Média: entre 1001 a 2500 UFC/100 mL;

Moderadamente Alta: entre 500 a 1000 UFC/100 mL;

Alta: \leq 500 UFC/100 mL;



Tabela 3-6 – Coliformes Termotolerantes

UFC/100 mL	Classe	Classificação	Peso
2545	Moderada Baixa		0,40

A partir das campanhas levantadas de qualidade da água, foi feita uma média dos valores de coliformes termotolerantes, que tiveram alguns resultados abaixo e acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005, resultando em um valor alto de coliformes termotolerantes de 2545 UFC/100 mL, o que indica contaminação por esgoto doméstico em alguns pontos.

3.3.2.1.1.3 Fósforo total

O fósforo é um elemento que ocorre naturalmente nos rios. O seu excesso, no entanto, é indicador de poluição por matéria orgânica, como fertilizantes utilizados por agricultura. Este elemento, junto do nitrogênio, pode acarretar em um excesso de nutrientes na água que causa o aumento da população de algas e deixa o ambiente eutrofizado, situação ameaçadora para a ictiofauna.

Para o cálculo da sensibilidade do fósforo, se considerou que a sensibilidade diminui a medida que a concentração de fósforo na água aumenta, denotando uma degradação da qualidade da água por forças antrópicas.

Critérios de classificação:

Baixa: Acima de 0,5 mg/L;

Moderadamente Baixa: entre 0,051 a 0,5 mg/L;

Média: entre 0,031 a 0,05 mg/L;

Moderadamente Alta: entre 0,011 a 0,03 mg/L;

Alta: \leq 0,01 mg/L;

Tabela 3-7 – Fósforo total

mg/L	Classe	Classificação	Peso
0.28	Moderada Baixa		0,20

A partir das campanhas levantadas de qualidade da água, foi feita uma média dos valores de fósforo total, que tiveram resultados todos acima dos padrões estabelecidos pela



Resolução CONAMA 357 de 2005, resultando em um valor alto de fósforo de 0,28 mg/L, o que indica contaminação humana ao longo de todo o rio.

3.3.2.1.2 Vulnerabilidade da ictiofauna

Para a análise do indicador foram considerados os resultados da campanha realizada em 22 pontos amostrais avaliando os seguintes parâmetros:

- Diversidade da ictiofauna;
- Riqueza da ictiofauna;
- Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna;
- Espécies ameaçadas, raras e endêmicas.

3.3.2.1.2.1 Diversidade da ictiofauna

Os índices baseados nas abundâncias proporcionais das espécies são as medidas de diversidade mais utilizadas em ecologia. Esses índices levam em conta, tanto a uniformidade quanto a riqueza de espécies, sendo chamados também de índices de heterogeneidade. O aumento do número de espécies ou o aumento da uniformidade das abundâncias aumenta a diversidade (índice de Shannon-Wiener), o qual apresenta maior peso para as espécies raras. Medidas de diversidade de espécies são úteis para comparar padrões em diferentes locais, gradientes e áreas ao longo do tempo.

Critérios de classificação:

Baixa: Valor da diversidade entre 0 – 1,000

Moderadamente Baixa: Valor da diversidade entre 1,001 – 2,000

Média: Valor da diversidade entre 2,001 – 3,000

Moderadamente Alta: Valor da diversidade entre 3,001 – 4,000

Alta: Valor da diversidade > 4,000

Tabela 3-8 – Sensibilidade da diversidade de espécies.

Valor da diversidade	Classificação	
	Classe	Peso
2,99	Média	0,60

3.3.2.1.2.2 Riqueza da ictiofauna

Riqueza de espécies é um termo utilizado na ecologia para designar o número de espécies de uma determinada região, sendo a unidade fundamental para a avaliação da



homogeneidade de um ambiente. Segundo Silveira (2012) informa que no rio Itajaí-Açu pode apresentar 62 espécies, desta forma, esta sensibilidade será baseada no número de espécies relacionadas por Silveira (2012).

Critérios de classificação:

Baixa: Valor da riqueza entre 0 – 14

Moderadamente Baixa: Valor da riqueza entre 15 – 26

Média: Valor da riqueza entre 27 – 39

Moderadamente Alta: Valor da riqueza entre 40 – 51

Alta: Valor da riqueza >62

Tabela 3-9 – Sensibilidade da riqueza de espécies.

Riqueza		Classificação	
	Classe		Peso
47	Moderadamente Alta		0,80

3.3.2.1.2.3 Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna

As espécies migratórias são as mais prejudicadas pelos represamentos, não apenas pelo bloqueio de sua rota migratória como também pela redistribuição temporal da vazão no trecho a jusante (AGOSTINHO et al., 2007). A migração é denominada reprodutiva quando ocorre em direção ao sítio de reprodução. A direção da migração depende das condições locais e pode ser descendente, ou seja, para jusante (rio abaixo) ou ascendente, ou seja, para montante (rio acima) (JUNHO, 2008).

Critérios de classificação:

Baixa: ausência de espécies migratórias

Moderadamente Baixa: Não se aplica;

Média: Não se aplica;

Moderadamente Alta: Não se aplica;

Alta: Ocorrência de espécies migratórias na bacia.



Tabela 3-10 – Sensibilidade de ocorrência de espécies migratórias.

Número de espécies	Classificação	
	Classe	Peso
3	Alta	1,00

3.3.2.1.2.4 Espécies ameaçadas, raras e endêmicas

As espécies endêmicas são importantes devido a restrição de distribuição que possuem, visto que, as espécies endêmicas tendem a se concentrar em regiões denominadas áreas de endemismo, que são determinadas por regiões geográficas marcadas pelas adaptações de cada espécie ao local que se encontra, ou seja, essas restrições podem se referir a mata atlântica, a drenagem do atlântico sul ou à bacia do rio Itajaí-Açu.

As espécies raras são aquelas encontradas em populações naturalmente baixas na natureza, sendo, indivíduos de difícil visualização e registro. Isso pode ocorrer por diferentes fatores, desde comportamentos que dificultem a sua captura, como no caso de indivíduos crípticos, micro habitats muito específicos e densidades naturais baixas. Já as espécies ameaçadas foram aquelas presentes nas listas do estadual e do Brasil.

Critérios de classificação:

Baixa: Apresenta somente espécies raras;

Moderadamente Baixa: Apresenta espécies endêmicas da mata atlântica;

Média: Espécies endêmicas para a drenagem do atlântico sul;

Moderadamente Alta: Apresenta uma ou mais espécies ameaçadas de extinção na lista brasileira;

Alta: Apresenta espécies endêmicas para a bacia do rio Itajaí-Açu e uma ou mais espécies ameaçadas de extinção na lista de Santa Catarina.

Tabela 3-11 – Espécies ameaçadas, raras e endêmicas.

Espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção	Classificação	
	Classe	Peso
3	Média	0,60

No levantamento dos dados primários não foram registrados nenhuma espécie rara ou ameaçada de extinção, somente ocorreram registros de 3 espécies endêmicas ao longo



da avaliação integrada da bacia hidrográfica, das quais nenhuma destas espécies são endêmicas para a bacia do rio Itajaí-Açu, sendo as espécies *Corydora ehrhardti* e *Oligosarcus hepsetus* são endêmicas a mata atlântica e espécie *Crenicichla maculata* é endêmica para a drenagem do atlântico sul.

3.3.2.2 Componente-síntese: Meio Físico e Ecossistemas Terrestres

3.3.2.2.1 Níveis de Conservação Florestal

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

Os critérios escolhidos para expressar o nível de conservação florestal são:

- Número de fragmentos florestais (NUMP);
- Tamanho médio dos fragmentos florestais (MPS);
- Índice de forma (MSI);
- Índice de área central - 100 metros (CAI);
- Distância média do vizinho mais próximo (MNN).

3.3.2.2.1.1 Número de fragmentos florestais (NUMP)

O NUMP apresenta o número total de fragmentos florestais na área de estudo. Quanto maior o valor do NUMP, mais fragmentada é a paisagem.

Critérios de classificação:

Baixa: acima de 10.000 fragmentos;

Moderadamente Baixa: 5.000 até 10.000 fragmentos;

Média: 2.000 até 5.000 fragmentos;

Moderadamente Alta: 1.000 até 2.000 fragmentos;

Alta: 0 até 1.000 fragmentos.

Tabela 3-12 - Número de fragmentos florestais.

Número de fragmentos (adimensional)	Classe	Classificação	Peso
11.466	Baixa		0,10

A bacia do rio Itajaí apresenta grande quantidade de manchas florestais, e aproximadamente 70% destas possuem menos de 5 ha de área, logo a bacia foi categorizada com **Baixa** sensibilidade ambiental devido sua alta fragmentação.



3.3.2.2.1.2 Tamanho médio dos fragmentos florestais (MPS)

O MPS apresenta a média de área dos fragmentos florestais. Quanto maior este valor, mais conservado está o ambiente.

Critérios de classificação:

Baixa: 0 até 5 ha

Moderadamente Baixa: 5,1 até 10 ha

Média: 10,1 até 50 ha

Moderadamente Alta: 50,1 até 100 ha

Alta: acima de 100 ha

Tabela 3-13 - Tamanho médio dos fragmentos florestais.

Tamanho médio dos fragmentos (hectares)		Classificação	
	Classe		Peso
74,55	Moderadamente Alta		0,75

Apesar da maioria dos fragmentos serem menores que 5 ha, a média geral de tamanho foi de 74,55 ha, pois também há manchas florestais significativas na bacia, resultando em uma classe **Moderadamente Alta** de sensibilidade ambiental.

3.3.2.2.1.3 Índice de forma

O índice de forma expressa o quão próximo ao formato circular é o fragmento, quanto mais próximo de 1, mais esférico e possui menos bordas. Formatos circulares são mais desejáveis.

Critérios de classificação:

Baixa: acima de 6

Moderadamente Baixa: 4 a 6

Média: 3 a 4

Moderadamente Alta: 1,51 a 3

Alta: 1 a 1,5



Tabela 3-14 - Índice de forma.

Índice de Forma (adimensional)	Classificação	
	Classe	Peso
1,91	Moderadamente Alta	0,70

O resultado da forma média de todos os fragmentos florestais analisados da bacia do Rio Itajaí situa-se na classe **Moderadamente Alta**, indicando que a maioria das manchas não possuem muitas bordas recortadas, se assemelhando ao formato circular, que permite maior conservação do fragmento por possuir menor influência do efeito de borda. Mas como esse índice considera o número de fragmentos e não sua área, para este caso, o baixo valor do índice se deve a grande quantidade de fragmentos pequenos, menores que 5 ha, que apesar de serem a maioria em quantidade são pouco significativos na paisagem pelo baixo percentual de área ocupada.

3.3.2.2.1.4 Índice de área central - 100 metros

A área central do fragmento é sua área retirando-se uma distância pré-determinada das bordas, neste caso de 100 metros. Este índice vem se mostrando mais significativo que a área total, pois o fragmento pode apresentar um bom tamanho para o desenvolvimento de espécies, mas muitas vezes sua forma mais alongada e recortada não lhe permite formar áreas de núcleo, não se tornando um ambiente que sustente a biodiversidade. O índice de área central expressa em termos percentuais quanto da área total dos fragmentos é destinado para área de núcleo. Logo quanto maior a porcentagem, melhor a conservação dos fragmentos.

Critérios de classificação:

Baixa: 1 a 5 %;

Moderadamente Baixa: 5,1 a 10 %;

Média: 10,1 a 50 %;

Moderadamente Alta: 50,1 a 70 %;

Alta: acima de 70 %.



Tabela 3-15 - Índice de área central - 100 metros.

Índice de área central - 100 m (%)	Classificação Classe	Peso
47,95	Média	0,55

Os fragmentos apresentaram um valor regular de índice de área central, sendo que praticamente metade da área total dos fragmentos é destinada a área de núcleo, sendo assim categorizados na classe **Média**.

3.3.2.2.1.5 Distância média do vizinho mais próximo

O MNN apresenta a distância média das manchas dos remanescentes na bacia. Quanto menor a distância entre eles, maior a conectividade da cobertura florestal.

Critérios de classificação:

Baixa: acima de 200 m;

Moderadamente Baixa: 150,1 até 200 m;

Média: 80,1 até 150 m;

Moderadamente Alta: 50,1 até 80 m;

Alta: 0 até 50 m.

Tabela 3-16 - Distância média do vizinho mais próximo.

Distância média do vizinho mais próximo (metros)	Classificação Classe	Peso
62,71	Moderadamente Alta	0,70

A média da distância entre os fragmentos da bacia foi de 62,71 metros, ou seja, apresenta boa proximidade entre as manchas florestais, permitindo maior deslocamento da fauna, e por isso por classificada com a sensibilidade **Moderadamente Alta**.

3.3.2.2.2 Áreas de Interesse para a Conservação

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.



Os critérios escolhidos para expressar as áreas de Interesse para a Conservação são:

- Corredores ecológicos.

3.3.2.2.1 Corredores ecológicos

Foram considerados como corredores ecológicos, as áreas de expressiva cobertura vegetal que conectam as unidades de conservação ao longo da bacia do rio Itajaí Açu. Quanto melhor a conexão entre as unidades de conservação, melhor será o corredor ecológico e maior a sensibilidade ambiental.

Critérios de classificação:

Baixa: unidades de conservação isoladas por uso do solo de origem antrópica, como lavouras, pastagens e mancha urbana;

Moderadamente Baixa: unidades de conservação parcialmente conectadas por fragmentos florestais esparsos;

Média: unidades de conservação de conexão mediana por meio de fragmentos de vegetação nativa e usos de solo antrópicos de maior permeabilidade para a biota nativa, como reflorestamentos;

Moderadamente Alta: unidades de conservação altamente conectadas por fragmentos florestais contínuos;

Alta: unidades de conservação altamente conectadas por corredores ecológicos legalmente instituídos.

Tabela 3-17 - Corredores ecológicos.

Tipologia	Classificação	
	Classe	Peso
Fragmentos de mediana conexão	Média	0,60

Ao ser observado o mapa de unidades de conservação, verifica-se conexão mediana entre as principais UCs da bacia, sendo o Parque Nacional da Serra do Itajaí, a UC de maior relevância, conectada com as UCs da região norte como a Área de Relevante Interesse Ecológico da Serra da Abelha e Reserva Biológica do Sassafrás por meio dos fragmentos florestais e reflorestamentos existentes ao longo da periferia do rio Itajaí do Norte. A conexão do parque municipal do Morro do Baú, se dá ao norte pelos remanescentes florestais entre a cadeia montanhosa que separa as bacias do rio Itajaí e do rio Itapocú e ao sul, por remanescentes florestais nos municípios de Blumenau e Gaspar. A conexão entre o o Parque



Nacional da Serra do Itajaí e a Área de Proteção Ambiental do Brilhante, se dá principalmente pela cadeia montanhosa que separa as bacias do rio Itajaí Mirim e do rio Tijucas.

3.3.2.2.3 Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Flora Ripária (Reófitas endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção)

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

Os critérios escolhidos para expressar a presença de espécies de interesse conservacionista da flora ripária são:

- Riqueza de espécies;
- Endemismo – reófitas.

3.3.2.2.3.1 Riqueza de espécies

A riqueza de espécies, diz respeito a quantidade de espécies da flora reofítica ameaçada de extinção. Quanto maior o número de espécies pertencentes à estas categorias na bacia, maior será a sensibilidade ambiental da mesma.

Critérios de classificação:

Baixa: uma (1) espécie reófitas ameaçada de extinção.

Moderadamente Baixa: duas (2) espécies reófitas ameaçadas de extinção.

Média: três (3) espécies reófitas ameaçadas de extinção.

Moderadamente Alta: quatro (4) espécies reófitas ameaçadas de extinção.

Alta: cinco (5) ou mais espécies reófitas ameaçadas de extinção.

Tabela 3-18 - Riqueza de espécies.

Número de espécies	Classificação	
	Classe	Peso
5	Alta	1,00

Durante a realização do presente estudo, foi constatada a presença de cinco (5) espécies reófitas ameaçadas de extinção, incluindo uma espécie considerada extinta na natureza. Portanto, a bacia do rio Itajaí apresenta alta sensibilidade neste quesito.



3.3.2.2.3.2 Endemismo - reófitas

O endemismo, diz respeito ao número de espécies reófitas endêmicas da bacia do Itajaí. Quanto maior a riqueza para este grupo, maior será a sensibilidade ambiental da mesma.

Critérios de classificação:

Baixa: nenhuma espécie endêmica;

Moderadamente Baixa: não se aplica;

Média: não se aplica;

Moderadamente Alta: não se aplica;

Alta: Endêmica da bacia do rio Itajaí.

Tabela 3-19 - Endemismo.

Número de espécies	Classificação	
	Classe	Peso
3 espécies de endemismo confirmado e 1 possivelmente endêmica.	Alta	1,00

Durante o estudo da bacia, foi percebida a presença de *Raulinoa echinata*, *Eugenia mattosii* e *Spigelia catarinensis* espécies comprovadamente endêmicas da bacia, sendo *Raulinoa echinata* e *Eugenia mattosii* restritas ao rio Itajaí Açu. *Spigelia catarinensis* ocorre tanto no rio Itajaí Açu, quanto no rio Itajaí do Norte. Quanto a *Dyckia brevifolia*, ainda existem controvérsias a respeito de seu endemismo na bacia, conforme apresentado no diagnóstico. Devido a presença de três espécies endêmicas na bacia e uma potencialmente endêmica, a sensibilidade para este grupo é alta.

3.3.2.2.4 Manutenção da Diversidade Biológica

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

Os critérios escolhidos para expressar as áreas de Manutenção da Diversidade Biológica são:

- Unidade de conservação;
- Extensão e cobertura florestal.



3.3.2.2.4.1 Unidade de conservação

A meta da CBD, é que pelo menos 10% de cada região ecológica do mundo seja efetivamente protegida (CBD, 2006). Para a presente análise, os valores estabelecidos pela CBD foram considerados como medianos. Os valores de áreas de conservação - UCs apresentados neste item, derivam das principais UCs existentes na bacia do rio Itajaí Açu. Quanto maior a área ocupada por estas, maior será a proporção de áreas sensíveis a perturbações de origem antrópica.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 3,5% de área da bacia recoberta por unidade de conservação;

Moderadamente Baixa: entre 3,6 a 7% de área da bacia recoberta por unidade de conservação;

Média: entre 7,1 a 10,5% de área da bacia recoberta por unidade de conservação;

Moderadamente Alta: entre 10,6 a 14% de área da bacia recoberta por unidade de conservação;

Alta: acima de 14,1% de área da bacia recoberta por unidade de conservação.

Tabela 3-20 - Unidades de conservação.

% de área ocupada	Classificação	
	Classe	Peso
5	Moderadamente Baixa	0,30

A área ocupada por unidades de conservação na bacia do rio Itajaí Açu, abrange cerca de 5% do território da mesma, valor abaixo da cobertura do estado de Santa Catarina (Incluindo as unidades de conservação marinhas) onde encontra-se protegido cerca de 8,4% do território. Portanto, conclui-se que há menor proporção de áreas protegidas na bacia do Rio Itajaí Açu em relação ao estado de Santa Catarina e meta da CBD, logo, menor proporção de áreas sensíveis a atividades antrópicas.

3.3.2.2.4.2 Extensão e cobertura florestal

A meta da CBD, é que pelo menos 10% de cada região ecológica do mundo seja efetivamente protegida (CBD, 2006). Para a presente análise analisamos a cobertura florestal da Bacia Hidrográfica analisada como um todo, indicando seu potencial para manutenção da fauna na região. Assim, os valores estabelecidos pela CBD foram considerados como medianos. Quanto maior for a porcentagem de área com cobertura florestal na área



determinada, melhor será sua utilização e ocupação pela fauna, e assim, maior será a sensibilidade.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 3,5% de área com cobertura florestal;

Moderadamente Baixa: entre 3,6 a 7% de área com cobertura florestal;

Média: entre 7,1 a 10,5% de área com cobertura florestal;

Moderadamente Alta: entre 10,6 a 14% de área com cobertura florestal;

Alta: acima de 14,1% de área com cobertura florestal.

Tabela 3-21 - Extensão e cobertura florestal.

% de área ocupada	Classificação	
	Classe	Peso
56,6	Alta	1,00

Mais da metade da área da bacia hidrográfica (56,6%) ainda é composta por áreas florestais. Isso pode ter relação com o relevo da região que auxiliou na conservação das áreas florestais que são utilizadas também pela fauna. O fato é que a grande presença de áreas florestais favorece a ocorrência da fauna e fornece ambientes para serem colonizados, proporciona área de forrageio e ambientes reprodutivos.

3.3.2.2.5 Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

Os critérios escolhidos para expressar a Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre são:

- Endemismo – fauna terrestre;
- Espécies raras e/ ou ameaçadas;
- Riqueza de espécies.

3.3.2.2.5.1 Endemismo – fauna terrestre

As espécies endêmicas são importantes devido a restrição de distribuição que possuem. Essa restrição pode ser referente ao bioma, ao estado ou à Bacia avaliada. De



qualquer forma, o endemismo reflete uma simbiose da espécie com a sua área de ocorrência, impedindo que a espécie em questão seja registrada em outro local/estado/bioma.

Isso faz com que o tamanho das áreas de ocorrência de espécies endêmicas sejam inversamente proporcionais a sensibilidade da espécie para a avaliação, ou seja, quanto maior a área de ocorrência de uma espécie endêmica, menor é sua sensibilidade para este estudo.

Critérios de classificação:

Baixa: espécies endêmicas para o Bioma;

Moderadamente Baixa: Não se aplica;

Média: Espécies endêmicas para o estado de Santa Catarina;

Moderadamente Alta: Não se aplica;

Alta: Espécies endêmicas para a bacia.

Tabela 3-22 - Endemismo.

Endemismo	Classificação	
	Classe	Peso
Herpetofauna	Alta	0,80
Avifauna	Baixa	0,20
Mastofauna	Baixa	0,20
Total (Fauna terrestre)	Moderadamente Baixa	0,40

Entre a herpetofauna registrada na bacia hidrográfica, temos 25 répteis endêmicos para a Mata Atlântica (MA). Já entre os anfíbios, temos 57 endêmicos da MA, 4 endêmicos para Santa Catarina e 1 (um) endêmico da Bacia hidrográfica avaliada. Embora a espécie seja endêmica da bacia, ela se encontra relativamente distante do ponto de interesse dos empreendimentos, sendo assim sua pontuação mesmo sendo alta, não é total.

A Mata Atlântica contém 75,6% das espécies ameaçadas e endêmicas do Brasil, fazendo do bioma o mais crítico para a conservação de aves no Brasil (MARINI & GARCIA, 2005). Das 216 espécies de aves consideradas endêmicas da Mata Atlântica por Bencke et al. (2006), 95 foram elencadas para a Bacia do rio Itajaí-açu.

Para a mastofauna são classificadas como endêmicas para o bioma 89 espécies (GRAIPEL et al., 2017). 22 espécies com ocorrência comprovada e de possível ocorrência na área de estudo são endêmicos do bioma. Não foram registrados mamíferos endêmicos para o estado e/ou para a bacia.



3.3.2.2.2 Espécies raras e/ ou ameaçadas

As espécies raras são aquelas encontradas em populações naturalmente baixas na natureza, sendo portanto, indivíduos de difícil visualização e registro. Isso pode ocorrer por diferentes fatores, desde comportamentos que dificultem a sua visualização, como no caso de indivíduos fossoriais, micro habitats muito específicos e densidades naturais baixas.

Já as espécies ameaçadas foram aquelas presentes nas listagem estadual e nacional dos respectivos grupos da fauna terrestre de vertebrados.

Critérios de classificação:

Baixa: Não possui espécies ameaçadas ou raras;

Moderadamente Baixa: Possui apenas espécies raras;

Média: Possui espécies “Vulneráveis” em alguma das listagens de fauna consultadas;

Moderadamente Alta: Possui espécies “Em Perigo” em alguma das listagens de fauna consultadas;

Alta: Possui espécies “Criticamente em perigo” em alguma das listagens de fauna consultadas.

Tabela 3-23 - Espécies raras e/ ou ameaçadas.

Status de Conservação	Classe	Classificação	Peso
Herpetofauna	Moderadamente alta		0,80
Avifauna	Alta		0,90
Mastofauna	Alta		0,90
Total (Fauna terrestre)	Alta		0,87

Para a herpetofauna, foram registradas 31 espécies de répteis consideradas raras e 8 espécies de anfíbios. Já para as espécies ameaçadas de répteis tivemos uma espécie classificada “Em perigo” na listagem estadual de fauna ameaçada e 1 espécie classificada como “Vulnerável”. Para os anfíbios, foram 4 espécies “Vulneráveis” e uma “em Perigo” na listagem estadual, e uma “Em perigo” na listagem nacional de fauna ameaçada de extinção.

Para a Avifauna a área de estudo abriga 30 espécies ameaçadas de extinção em âmbito estadual, nacional e/ou mundial. Das espécies registradas primariamente está enquadrada como ameaçada de extinção: *Amadonastur lacernulatus* (gavião-pombo-pequeno), *Amazona vinacea* (papagaio-de-peito-roxo) e *Triclaria malachitacea* (sabiá-cica).

Para os mamíferos são registradas espécies com ameaça em nível estadual. São 15 espécies classificadas como Vulnerável; 3 em perigo e 2 criticamente ameaçadas. Para a



listagem nacional há 5 espécies classificadas como Vulnerável e 1 Em Perigo. Durante o levantamento primário foi registrada uma espécie classificada como Quase Ameaçada (NT) *Lontra longicaudis* (lontra).

3.3.2.2.5.3 Riqueza de espécies

Apesar de existirem espécies que se destacam pelo grau de ameaça ou raridade de ocorrência natural, a quantidade de espécies que ocorrem na região deve ser levada em conta na avaliação das mesmas. Assim, a porcentagem da fauna encontrada na área, com relação ao total presente no estado de Catarina é um fator importante, visto que ao resguardar áreas da Bacia do Rio Itajaí-açu e avaliada, resguardamos a fauna do estado como um todo.

Para o estado de Santa Catarina Haddad (2017) elencou 131 espécies de anfíbios. Para os répteis Costa e Bérnils (2018) listaram para o estado de Santa Catarina, 120 espécies excluindo aqui as tartarugas marinhas.

De acordo com Rosário (1996), Santa Catarina possui a riqueza de 596 espécies documentada para o estado de Santa Catarina.

A partir de referências bibliográficas, são registradas 152 espécies de mamíferos nativos de ocorrência confirmada par o estado de SC (CHEREM et al., 2004).

Critérios de classificação:

Baixa: (< 20%) acima de 100 espécies;

Moderadamente Baixa: (≥20%) entre 200 a 400 espécies;

Média: (≥40%) entre 400 a 600 espécies;

Moderadamente Alta: (≥60%) entre 600 a 800 espécies;

Alta: (≥80%) Acima de 999 espécies.

Tabela 3-24 - Riqueza de espécies.

Número de espécies	Classificação	
	Classe	Peso
Herpetofauna	Moderadamente Alta	0,7
Avifauna	Moderadamente	0,8
Mastofauna	Alta	0,9
Total (Fauna terrestre)	Moderadamente Alta	0,62



Para a herpetofauna, no Vale do Itajaí temos 63,34 % da fauna registrada para o estado sendo que a bacia hidrográfica avaliada contém 58,8% da riqueza de anfíbios e 66,7% da riqueza de répteis.

Um total de 359 espécies de aves foram registradas para a Bacia através de dados primários e secundários. Essa riqueza representa 60% das espécies com ocorrência documentada para o estado de Santa Catarina.

Para a área de estudo foram registrados uma riqueza de 105 espécies de ocorrência e possível ocorrência, representando 87% dos mamíferos terrestres de SC.

Ao levarmos em consideração toda a fauna terrestre de vertebrados, estão reunidas 999 espécies no território catarinense e destas, 623 foram registradas na bacia avaliada representando 62% da fauna registrada para o estado de Santa Catarina.

3.3.2.2.6 Hábitat para Fauna Terrestre

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

O critérios escolhido para expressar o hábitat para fauna terrestre foi:

- Hábitat das espécies.

3.3.2.2.6.1 Hábitat das espécies

A bacia hidrográfica do rio Itajaí está toda inserida no domínio da Mata Atlântica, sendo assim a ocorrência de espécies com hábitat florestal pesa sobre a ocupação do solo na área da bacia, visto que pressiona as espécies que originalmente ocorriam no vale.

Assim, espécie com hábitat florestal são consideradas mais especializadas e demandam características ambientais mais específicas.

Critérios de classificação:

Baixa: 0-20 espécies florestais;

Moderadamente Baixa: 20-40 espécies florestais;

Média: 40-60 espécies florestais;

Moderadamente Alta: 60-80 espécies florestais;



Alta: Acima de 80 espécies florestais.

Tabela 3-25 - Hábitat das espécies.

Grupo	Classificação	
	Classe	Peso
Herpetofauna	Média	0,50
Avifauna	Alta	0,80
Mastofauna	Moderadamente Baixa	0,40
Total (Terrestre)	Média	0,57

Para a herpetofauna foi possível fazer essa análise de forma mais apurada para os anfíbios, assim foram registradas para a bacia 43 espécies de anfíbios de hábitat florestal.

Salienta-se que o agrupamento é artificial, ou seja, apresenta-se o hábitat preferencial das espécies, sendo que uma espécie que habita áreas florestadas, pode em determinado momento utilizar bordas de mata ou ser vista em áreas abertas. Para a bacia foram documentados 120 espécies de aves dependentes de ambientes florestados.

Dos mamíferos registrados são considerados florestais ou essencialmente florestais 25 espécies, dentre elas destacam-se os primatas, alguns roedores de pequeno porte e marsupiais.

3.3.2.2.7 Integridade do Solo

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

O critérios escolhido para expressar a integridade do solo foi:

- Mapa de susceptibilidade erosiva.

3.3.2.2.7.1 Mapa de Susceptibilidade Erosiva

A erosão de solos se trata do processo de desgaste, com a atuação de agentes erosivos, como água e vento. A desagregação dos sedimentos de rochas é resultado do intemperismo, onde processos físicos, químicos e biológicos provocam o desgaste dos solos. Outro processo que ocorre é a sedimentação, onde partículas se depositam no ambiente onde a erosão ocorre. Todos estes auxiliam no agravamento de processos erosivos.

Para definição da sensibilidade da bacia a processos erosivos, foi analisada a susceptibilidade a processos, tendo sido levado em conta a declividade, a pedologia e o uso



do solo. Considerou-se uma maior sensibilidade uma baixa susceptibilidade aos processos erosivos, como mostrado na classificação a seguir.

Critérios de classificação:

Baixa: classe de susceptibilidade Muito Baixa;

Moderadamente Baixa: classe de susceptibilidade Baixa

Média: classe de susceptibilidade Média;

Moderadamente Alta: classe de susceptibilidade Alta;

Alta: classe de susceptibilidade Muito Alta.

Tabela 3-26 - Processos erosivos.

Susceptibilidade		Classificação	Peso
		Classe	
Baixa		Moderadamente Baixa	0,40

Para a classificação da sensibilidade, foi utilizada a classe de susceptibilidade preponderante da bacia, que de acordo com resultado do diagnóstico é a baixa susceptibilidade a processos erosivos, ocupando 64,2% da área da bacia.

3.3.2.3 *Componente-síntese: Aspectos Socioeconômicos*

3.3.2.3.1 Rafting

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

O critério escolhido para expressar o rafting foi:

- Extensão utilizada para rafting e canoagem.

3.3.2.3.1.1 Extensão utilizada para rafting e canoagem

Para avaliar a sensibilidade da atividade econômica do rafting, é necessário analisar a porcentagem do rio que é efetivamente utilizada para esta atividade. Para este cálculo de



porcentagem, estimou-se que mais ou menos 50% da extensão toda do trecho de análise é adequado para a prática, ou seja, 80 km.

Como já definido no capítulo 6 IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS, as atividades de rafting e canoagem ocupam trechos de extensão somada 39 km. Alguns destes trechos, no entanto, são utilizados por duas empresas, e portanto, o trecho é duplamente utilizado, portanto, foi considerado que os trechos utilizados por mais de uma empresa teriam peso relativo no cálculo da extensão do número de empresas que o utilizam, resultando na seguinte equação:

$$E_{total} = \sum E * N$$

Sendo E a extensão do trecho e N o número de empresas que se utilizam do trecho. O E_{total} foi então dividido pela extensão de rio passível deste tipo de utilização, de 80 km.

Para os critérios de classificação, foi utilizada a porcentagem como definidor da sensibilidade, portanto, se a porcentagem do trecho utilizado para o rafting for maior, a sensibilidade aumenta.

Critérios de classificação:

Baixa: ≤ que 20% do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Moderadamente Baixa: entre 21 a 40% do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Média: entre 41 a 60 % do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Moderadamente Alta: entre 61 a 80% do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Alta: acima de 81% do trecho utilizado para rafting e canoagem.

Tabela 3-27 – Extensão utilizada para rafting e canoagem.

% de área ocupada	Classificação	
	Classe	Peso
69%	Moderadamente alta	0,69

O resultado da equação foi de 55 km, que divididos por 80, resulta em um aproveitamento do trecho de 69%, resultando em uma sensibilidade moderadamente alta.

3.3.2.3.2 Ocupação humana em APPs

Como caracterizado no item Aspectos Socioeconômicos, do histórico da ocupação humana na Bacia do rio Itajai-Açu, as vias fluviais eram as únicas conexões entre o litoral e as áreas a montante, o que facilitou a colonização e expansão para as áreas do interior



próximo ao rio e aos tributários. Com a instituição de áreas de preservação permanente nas faixas circunvizinhas ao rio, ocupações que datam das épocas da colonização se tornaram irregulares, acarretando em um problema para a bacia.

Para o cálculo desta sensibilidade, o componente foi dividido em duas variáveis de análise:

- Ocupação urbana;
- Ocupação rural.

3.3.2.3.2.1 Ocupação urbana

A ocupação urbana das áreas de preservação permanente é mais problemática, pois se tratam de áreas mais densamente povoadas e os valores de desapropriação são relativamente maiores, quando se comparado aos valores da ocupação rural.

Para a quantificação do peso desta variável, foi calculada a porcentagem de ocupação urbana dentro de uma faixa de 100 metros ao longo do rio. Esta porcentagem que deu o resultado para o critério. As manchas urbanas foram levantadas utilizando-se da base de dados do uso do solo do MapBiomias.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 20% da área ocupada por população urbana;

Moderadamente Baixa: entre 21 a 40% da área ocupada por população urbana;

Média: entre 41 a 60 % da área ocupada por população urbana;

Moderadamente Alta: entre 61 a 80% da área ocupada por população urbana;

Alta: acima de 81% da área ocupada por população urbana.

Tabela 3-28 – Ocupação urbana.

Classificação		
% de área ocupada	Classe	Peso
23	Moderadamente Baixa	0,23

A área ocupada por população urbana é em torno de 23% para a faixa analisada, o que caracteriza uma sensibilidade moderadamente baixa. Os principais aglomerados urbanos se encontram nos municípios de Blumenau e Rio do Sul, havendo um grande trecho de rio que não possui manchas urbanas em seu entorno.



3.3.2.3.2.2 Ocupação rural

Para a análise da ocupação rural, se utilizou do CAR, o cadastro de propriedades rurais. Da mesma forma que para a ocupação urbana, foi feito o levantamento da porcentagem da faixa de app ocupada por ocupação rural.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 20% da área ocupada por população rural;

Moderadamente Baixa: entre 21 a 40% da área ocupada por população rural;

Média: entre 41 a 60 % da área ocupada por população rural;

Moderadamente Alta: entre 61 a 80% da área ocupada por população rural;

Alta: acima de 81% da área ocupada por população rural.

Tabela 3-29 – Ocupação rural.

Classificação		Peso
% de área ocupada	Classe	
37%	Moderadamente Baixa	0,37

O resultado foi de 37% da área sendo ocupada por propriedades rurais. Além da diferença de manejo das propriedades rurais que da zona urbana, as propriedades rurais são maiores e menos densas, portanto, é provável que mesmo com uma maior área de ocupação que a área urbana se tenha no total uma menor quantidade de propriedades a serem desapropriadas.

O resultado acumulado do componente-síntese é de que 60% da área de APP é ocupada por propriedades rurais e urbanas.

3.3.2.3.3 Infraestruturas próximas ao rio

Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

A variável de análise escolhida para avaliar o componente-síntese foi:

- Tipo de infraestrutura.



3.3.2.3.3.1 Tipos de infraestrutura

Para a análise de infraestruturas existentes na bacia, foram levantadas as rodovias, as linhas de transmissão, as captações e as pontes. Além disso, foram levantadas as obras de macrodrenagem planejadas pela defesa civil. Estipulou-se que quanto mais tipos de infraestruturas próximas ao rio, maior é a sensibilidade.

Critérios de classificação:

Baixa: 1 tipo de infraestrutura próximo ao rio;

Moderadamente Baixa: 2 tipos de infraestrutura próximos ao rio;

Média: 3 tipos de infraestrutura próximos ao rio;

Moderadamente Alta: 4 tipos de infraestrutura próximos ao rio;

Alta: 5 tipos de infraestrutura próximos ao rio.

Tabela 3-30 – Tipos de Infraestrutura.

Tipos de Infraestrutura	Classe	Peso
5	Alta	1,00

Perto do rio é possível encontrar Linhas de Transmissão e rodovias. Há diversas pontes que cortam o rio e há a presença de uma captação de água no trecho analisado. Além disso, há a presença de diversos projetos de rebaixo e contenção de cheia no trecho em análise, portanto, a sensibilidade é alta.

3.3.2.3.4 Cheias

A cheia, apesar de muitas vezes pensado como um aspecto do meio físico é um problema antrópico, visto que a ocorrência de eventos extremos e o extravasamento da calha natural do rio é um fenômeno natural. Os problemas de cheias ocorrem quando há a ocupação humana nas áreas de planície de inundação e extravasamento natural do rio, acarretando na inundação de casas e áreas públicas, o que pode causar grandes prejuízos socioeconômicos.

Um dos problemas das cheias é que quanto maior a ocupação perto do rio, menos espaço a água tem para ocupar e ela acaba atingindo locais que não chegaria naturalmente. A sensibilidade para eventos extremos, portanto, é a presença de ocupações humanas nas regiões lindeiras.



Apresenta-se a seguir os critérios de classificação das Variáveis de Análise selecionadas, bem como os pesos correspondentes quanto à magnitude da sensibilidade ambiental, por componente-síntese.

A variável de análise escolhida para avaliar o componente-síntese foi:

- Ocupações humanas em região lindeira.

3.3.2.3.4.1 Ocupações humanas em região lindeira

Para o cálculo da ocupação humana, foi utilizado do mapa de uso do solo do Mapbiomas, fazendo um cálculo do percentual de ocupações humanas urbanas em uma faixa de 200 km para cada lado do rio. Neste item não foram consideradas as propriedades rurais visto que o impacto é a inundação da casa, não do terreno. O critério da classificação ficou por conta da porcentagem da ocupação.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 20% da área lindeira ocupada;

Moderadamente Baixa: entre 21 a 40% da área lindeira ocupada;

Média: entre 41 a 60 % da área lindeira ocupada;

Moderadamente Alta: entre 61 a 80% da área lindeira ocupada;

Alta: acima de 81% da área lindeira ocupada.

Tabela 3-31 – Ocupação humana na região lindeira.

% de área ocupada	Classificação	
	Classe	Peso
23	Moderadamente Baixa	0,23

Apesar de a bacia ser bastante conhecida por seus problemas de eventos extremos, a sensibilidade foi baixa pois no trecho em análise há muitas cidades com uma característica mais rural, sem ocupação humana densa. A característica é de grandes centros urbanos localizados nas proximidades de Rio do Sul e Blumenau, municípios bastante afetados.

3.3.3 Resultados da Sensibilidade Ambiental

Para esta etapa foram definidos Indicadores de Sensibilidade e suas respectivas Variáveis de Análise. Para obter os Graus de Ponderação (W) foram realizadas duas hierarquizações, sendo uma referente às Variáveis de Análise (WV) e outra dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental (WI).



Posteriormente às hierarquizações, foram realizadas reuniões técnicas com a participação da equipe multidisciplinar com o objetivo de atribuir pesos às Variáveis de Análise. Os pesos relativos a cada Variável de Análise (PV) foram multiplicados pelo seu respectivo Grau de Ponderação (WV):

<p style="text-align: center;">PV x WV</p> <p>PV = Peso atribuído às Variáveis de Análise</p>
--

Os resultados obtidos com a multiplicação entre PV e WV foram somados por Indicador de Sensibilidade Ambiental, resultando nos respectivos Pesos dos Indicadores (PI).

Com os Pesos dos Indicadores (PI) obtidos, foi realizada a multiplicação destes pelos respectivos Graus de Ponderação dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental (WI):

<p style="text-align: center;">PI x WI</p> <p>PI = Peso dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental</p> <p>WI=Grau de Ponderação dos Indicadores de</p>

Os resultados obtidos nesta multiplicação foram somados por Componente-síntese, resultando nos respectivos Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA).

Nas Tabelas a seguir (Tabela 3-32 a Tabela 3-34) estão apresentados os cálculos realizados para estabelecer os Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA) e Variáveis de Análise (VA) de cada Componente-síntese (Tabela 3-35 a Tabela 3-38).

Tabela 3-32 - ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos.

Análise de Sensibilidade - ISA - Componente Síntese Ecossistemas Aquáticos									
ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos	Avaliação			Normalização			Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
	Qualidade da Água	Vulnerabilidade da Ictiofauna	Total	Qualidade da Água	Vulnerabilidade da Ictiofauna				
Qualidade da Água	1,00	5,00	6,00	0,83	0,83		0,83	1,67	2,00
Vulnerabilidade da Ictiofauna	0,20	1,00	1,20	0,17	0,17		0,17	0,33	2,00
Total	1,20	6,00	7,20						2,00
		IR =	0,00	IC =	0,00		RC=IC/IR =		0,00%

Tabela 3-33 - ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Terrestres.

Análise de Sensibilidade - ISA - Componente Síntese Ecossistemas Terrestres e Meio Físico																		
ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Terrestres	Avaliação								Normalização							Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
	Níveis de Conservação Florestal	Áreas de Interesse para a Conservação	Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Flora Ripária	Manutenção da Diversidade Biológica	Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre	Hábitat para Fauna Terrestre	Integridade do solo	Total	Níveis de Conservação Florestal	Áreas de Interesse para a Conservação	Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Flora Ripária	Manutenção da Diversidade Biológica	Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre	Hábitat para Fauna Terrestre	Integridade do solo			
Níveis de Conservação Florestal	1,00	0,33	0,25	1,00	3,00	1,00	5,00	11,58	0,09	0,04	0,08	0,13	0,20	0,17	0,17	0,13	0,96	7,62
Áreas de Interesse para a Conservação	3,00	1,00	0,50	2,00	1,00	0,33	5,00	12,83	0,28	0,12	0,15	0,27	0,07	0,06	0,17	0,16	1,26	7,87
Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Flora Ripária	4,00	2,00	1,00	2,00	3,00	2,00	5,00	19,00	0,38	0,25	0,30	0,27	0,20	0,34	0,17	0,27	2,15	7,87
Manutenção da Diversidade Biológica	1,00	0,50	0,50	1,00	4,00	1,00	4,00	12,00	0,09	0,06	0,15	0,13	0,26	0,17	0,14	0,14	1,10	7,60
Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre	0,33	1,00	0,33	0,25	1,00	0,33	3,00	6,25	0,03	0,12	0,10	0,03	0,07	0,06	0,10	0,07	0,56	7,62
Hábitat para Fauna Terrestre	1,00	3,00	0,50	1,00	3,00	1,00	6,00	15,50	0,09	0,37	0,15	0,13	0,20	0,17	0,21	0,19	1,49	7,86
Integridade do solo	0,20	0,20	0,20	0,25	0,33	0,17	1,00	2,35	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,24	7,42
Total	10,53	8,03	3,28	7,50	15,33	5,83	29,00	79,52										7,69
									IR =	1,32	IC =	0,12	RC= IC/IR =					8,76%

Tabela 3-34 - ISA - Componentes-síntese Socioeconômico.
Análise de Sensibilidade - ISA - Componente Síntese Socioeconômico

ISA - Componentes-síntese Socioeconômico	Avaliação					Normalização						
	Rafting	Ocupação humana em APPS	Infraestruturas próximas ao rio	Cheias	Total	Rafting	Ocupação humana em APPS	Infraestruturas próximas ao rio	Cheias	Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
Rafting	1,00	3,00	7,00	0,25	11,25	0,18	0,27	0,32	0,17	0,23	1,03	4,39
Ocupação humana em APPS	0,33	1,00	5,00	0,14	6,48	0,06	0,09	0,23	0,09	0,12	0,49	4,12
Infraestruturas próximas ao rio	0,14	0,20	1,00	0,11	1,45	0,03	0,02	0,05	0,07	0,04	0,17	4,05
Cheias	4,00	7,00	9	1,00	21,00	0,73	0,63	0,41	0,66	0,61	2,74	4,51
Total	5,5	11,2	22,0	1,5	40,2							4,27
						IR =	0,90	IC =	0,09	RC=IC/IR =		9,87%

Tabela 3-35 - Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Aquáticos.

Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Aquáticos	Avaliação								Normalização								Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W			
	Oxigênio Dissolvido	Coliformes Termotolerantes	Fósforo Total	Diversidade da Ictiofauna	Riqueza da Ictiofauna	Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna	Ocorrência de espécies ameaçadas, raras e endêmicas	Total	Oxigênio Dissolvido	Coliformes Termotolerantes	Fósforo Total	Diversidade da Ictiofauna	Riqueza da Ictiofauna	Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna	Ocorrência de espécies ameaçadas, raras e endêmicas							
Oxigênio Dissolvido	1,00	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00	2,00	26,00	0,38	0,24	0,29	0,31	0,43	0,42	0,41	0,356	2,69	7,55				
Coliformes Termotolerantes	0,20	1,00	1,00	0,20	0,33	0,33	0,33	3,40	0,08	0,05	0,06	0,02	0,03	0,03	0,07	0,047	0,34	7,18				
Fósforo Total	0,20	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50	0,50	3,87	0,08	0,05	0,06	0,03	0,03	0,04	0,10	0,056	0,41	7,26				
Diversidade da Ictiofauna	0,33	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	11,67	0,13	0,24	0,18	0,10	0,09	0,08	0,07	0,126	0,92	7,29				
Riqueza da Ictiofauna	0,20	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	9,53	0,08	0,14	0,18	0,10	0,09	0,08	0,07	0,106	0,78	7,38				
Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna	0,20	3,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,33	8,53	0,08	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,097	0,72	7,45				
Ocorrência de espécies ameaçadas, raras e endêmicas	0,50	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	1,00	15,50	0,19	0,14	0,12	0,31	0,26	0,25	0,21	0,212	1,63	7,70				
Total	2,63	21,00	17,00	9,53	11,67	11,83	4,83	78,50	-	-	-	-	-	-	-	-		7,40				
																	IR =	1,32	IC =	0,05	RC=IC/IR =	3,80%

Tabela 3-36 - Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Terrestres - Parte 1 - Avaliação.

Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Terrestres	Avaliação														
	Número de Fragmentos Florestais (NUMP)	Tamanho Médio dos Fragmentos Florestais (MPS)	Índice de Forma (MSI)	Índice de Área Central - 100 m (CAI)	Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN)	Corredores ecológicos	Riqueza de espécies	Endemismo - reófitas	Unidade de Conservação	Extensão e Cobertura Florestal	Endemismo - fauna terrestre	Espécies raras e/ou ameaçadas	Riqueza de espécies	Hábitat das espécies	Mapa da Susceptibilidade Erosiva
Número de Fragmentos Florestais (NUMP)	1,00	0,14	3,00	0,25	0,25	0,14	0,33	0,17	0,13	0,13	0,33	0,25	0,25	0,20	4,00
Tamanho Médio dos Fragmentos Florestais (MPS)	7,00	1,00	8,00	1,00	5,00	3,00	2,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	7,00
Índice de Forma (MSI)	0,33	0,13	1,00	0,11	0,33	0,14	0,50	0,33	0,20	0,17	0,33	0,25	0,14	0,20	1,00
Índice de Área Central - 100 m (CAI)	4,00	1,00	9,00	1,00	4,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,25	3,00	1,00	5,00
Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN)	4,00	0,20	3,00	0,25	1,00	0,33	0,20	0,11	0,14	0,20	0,50	0,33	0,50	0,14	2,00
Corredores ecológicos	7,00	0,33	7,00	0,33	3,00	1,00	3,00	0,33	1,00	1,00	3,00	1,00	2,00	0,50	5,00
Riqueza de espécies	3,00	0,50	2,00	1,00	5,00	0,33	1,00	0,25	0,20	0,33	1,00	3,00	1,00	0,33	3,00
Endemismo - reófitas	6,00	1,00	3,00	1,00	9,00	3,00	4,00	1,00	1,30	3,00	1,00	3,00	3,00	1,00	5,00
Unidade de Conservação	8,00	1,00	5,00	1,00	7,00	1,00	5,00	0,77	1,00	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00	8,00
Extensão e Cobertura Florestal	8,00	1,00	6,00	1,00	5,00	1,00	3,00	0,33	0,33	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	5,00
Endemismo - fauna terrestre	3,00	0,33	3,00	3,00	2,00	0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50	4,00
Espécies raras e/ou ameaçadas	4,00	0,33	4,00	4,00	3,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	5,00
Riqueza de espécies	4,00	0,33	7,00	0,33	2,00	0,50	1,00	0,33	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	3,00
Hábitat das espécies	5,00	1,00	5,00	1,00	7,00	2,00	3,00	1,00	0,50	1,00	2,00	2,00	5,00	1,00	8,00
Mapa da Susceptibilidade Erosiva	0,25	0,14	1,00	0,20	0,50	0,20	0,33	0,20	0,13	0,20	0,25	0,20	0,33	0,13	1,00
Total	64,58	8,44	67,00	15,48	54,08	16,99	25,70	8,16	8,76	14,03	19,75	18,28	25,23	9,70	66,00

Tabela 3-37- Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Terrestres -Parte2 - Normalização.

Variáveis de Análise do Componente Síntese Ecossistemas Terrestres	Normalização															Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
	Número de Fragmentos Florestais (NUMP)	Tamanho Médio dos Fragmentos Florestais (MPS)	Índice de Forma (MSI)	Índice de Área Central - 100 m (CAI)	Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN)	Corredores ecológicos	Riqueza de espécies	Endemismo - reófitas	Unidade de Conservação	Extensão e Cobertura Florestal	Endemismo - fauna terrestre	Espécies raras e/ ou ameaçadas	Riqueza de espécies	Hábitat das espécies	Mapa da Susceptibilidade Erosiva			
Número de Fragmentos Florestais (NUMP)	0,02	0,02	0,04	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	0,019	0,31	16,05
Tamanho Médio dos Fragmentos Florestais (MPS)	0,11	0,12	0,12	0,06	0,09	0,18	0,08	0,12	0,11	0,07	0,15	0,16	0,12	0,10	0,11	0,114	1,94	16,92
Índice de Forma (MSI)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,016	0,25	15,78
Índice de Área Central - 100 m (CAI)	0,06	0,12	0,13	0,06	0,07	0,18	0,04	0,12	0,11	0,07	0,02	0,01	0,12	0,10	0,08	0,089	1,44	16,25
Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN)	0,06	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,020	0,39	19,23
Corredores ecológicos	0,11	0,04	0,10	0,02	0,06	0,06	0,12	0,04	0,11	0,07	0,15	0,05	0,08	0,05	0,08	0,074	1,30	17,55
Riqueza de espécies	0,05	0,06	0,03	0,06	0,09	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,16	0,04	0,03	0,05	0,051	0,88	17,29
Endemismo - reófitas	0,09	0,12	0,04	0,06	0,17	0,18	0,16	0,12	0,15	0,21	0,05	0,16	0,12	0,10	0,08	0,123	2,07	16,80
Unidade de Conservação	0,12	0,12	0,07	0,06	0,13	0,06	0,19	0,09	0,11	0,21	0,15	0,05	0,08	0,21	0,12	0,120	2,02	16,88
Extensão e Cobertura Florestal	0,12	0,12	0,09	0,06	0,09	0,06	0,12	0,04	0,04	0,07	0,10	0,05	0,08	0,10	0,08	0,079	1,39	17,65
Endemismo - fauna terrestre	0,05	0,04	0,04	0,19	0,04	0,02	0,04	0,12	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,059	1,01	17,12
Espécies raras e/ ou ameaçadas	0,06	0,04	0,06	0,26	0,06	0,06	0,01	0,04	0,11	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05	0,08	0,070	1,22	17,39
Riqueza de espécies	0,06	0,04	0,10	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,02	0,05	0,044	0,76	17,28
Hábitat das espécies	0,08	0,12	0,07	0,06	0,13	0,12	0,12	0,12	0,06	0,07	0,10	0,11	0,20	0,10	0,12	0,108	1,78	16,56
Mapa da Susceptibilidade Erosiva	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,014	0,22	15,86
16,97																		
IR = 1,59 IC = 0,14 RC=IC/IR = 8,87%																		

Tabela 3-38 - Variáveis de Análise do Componente Síntese Socioeconômico.

Variáveis de Análise do Componente Síntese Socioeconômico	Avaliação						Normalização						Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
	Extensão utilizada para rafting e canoagem	Ocupação Urbana	Ocupação Rural	Tipo de Infraestruturas	Ocupações humanas em região limdeira	Total	Extensão utilizada para rafting e canoagem	Ocupação Urbana	Ocupação Rural	Tipo de Infraestruturas	Ocupações humanas em região limdeira				
Extensão utilizada para rafting e canoagem	1,00	3,00	3,00	7,00	0,25	14,25	0,17	0,26	0,20	0,24	0,15	0,205	1,17	5,70	
Ocupação Urbana	0,33	1,00	2,00	7,00	0,14	10,48	0,06	0,09	0,13	0,24	0,09	0,121	0,65	5,35	
Ocupação Rural	0,33	0,50	1,00	5,00	0,11	6,94	0,06	0,04	0,07	0,17	0,07	0,081	0,43	5,23	
Tipo de Infraestruturas	0,14	0,14	0,20	1,00	0,11	1,60	0,02	0,01	0,01	0,03	0,07	0,031	0,16	5,09	
Ocupações humanas em região limdeira	4,00	7,00	9,00	9,00	1,00	30,00	0,69	0,60	0,59	0,31	0,62	0,562	3,24	5,76	
Total	5,81	11,64	15,20	29,00	1,62	63,27									5,42
							IR =	1,12	IC =	0,11	RC= IC/IR =		9,48%		

Tabela 3-39 - Cálculos do ISA por Componente-Síntese.

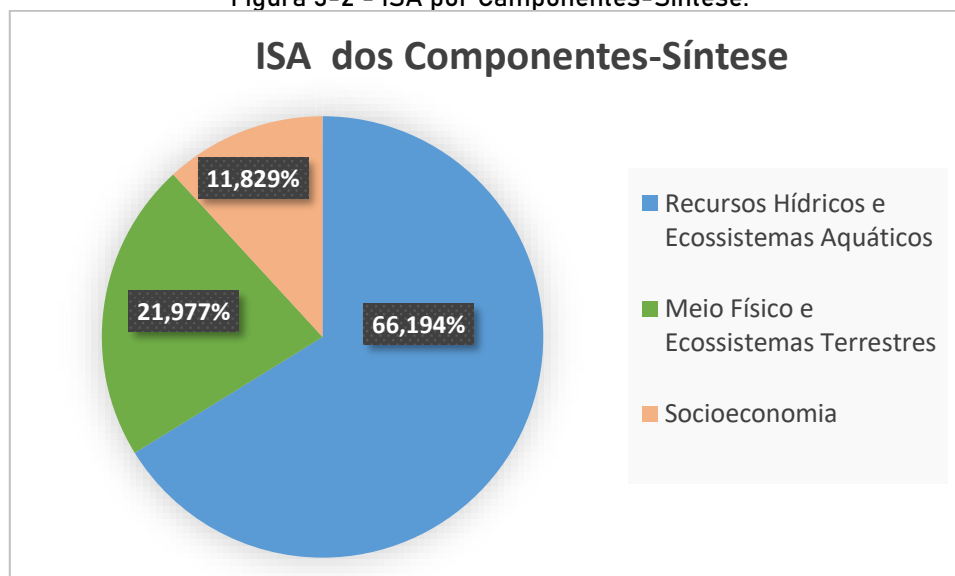
Componente-síntese	Aspecto	Indicador de Sensibilidade Ambiental	Variáveis de Análise	W VA	Valor	Valor Ponderado	Valor Final do VA	W ISA	Valor Ponderado ISA	Valor Final do CS	Normalização de W CS	
Recursos hídricos e ecossistemas aquáticos	Subterrâneos e Qualidade da Água	Qualidade da Água	Oxigênio dissolvido	0,356	0,84	0,297	0,327	0,83	0,27	0,337	0,662	
			Coliformes termotolerantes	0,047	0,40	0,019						
			Fósforo total	0,056	0,20	0,011						
	Ictiofauna	Vulnerabilidade da Ictiofauna	Diversidade da ictiofauna	0,126	0,60	0,076	0,385	0,17	0,06			
			Riqueza da ictiofauna	0,106	0,80	0,084						
			Ocorrência de espécies migratórias da ictiofauna	0,097	1,00	0,097						
			Ocorrência de espécies ameaçadas, raras e endêmicas	0,212	0,60	0,127						
Meio Físico e Ecossistemas Terrestres	Vegetação	Níveis de Conservação Florestal	Número de fragmentos florestais (NUMP)	0,019	0,10	0,002	0,162	0,13	0,02	0,112	0,220	
			Tamanho médio dos fragmentos florestais (MPS)	0,114	0,75	0,086						
			Índice de forma (MSI)	0,016	0,70	0,011						
			Índice de área central - 100 m (CAI)	0,089	0,55	0,049						
			Distância média do vizinho mais próximo (MNN)	0,020	0,70	0,014						
	Áreas de Interesse para a Conservação	Corredores ecológicos	0,074	0,60	0,044	0,044	0,16	0,01				
			Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Flora Ripária (Reófitas endêmicas, raras ou ameaçadas)	Riqueza de espécies	0,051	1,00	0,051	0,174	0,27			0,05
	Endemismo - reófitas	0,123		1,00	0,123							
	Fauna Terrestre	Manutenção da Diversidade Biológica	Unidade de conservação	Extensão e cobertura florestal	0,079	1,00	0,079	0,115	0,14			0,02
				Endemismo - fauna terrestre	0,059	0,40	0,024					
			Presença de Espécies de Interesse Conservacionista da Fauna Terrestre	Espécies raras e/ ou ameaçadas	0,070	0,87	0,061	0,112	0,07			0,01
				Riqueza de espécies	0,044	0,62	0,027					
			Habitat para Fauna Terrestre	Habitat das espécies	0,108	0,57	0,061	0,061	0,19			0,01
	Meio Físico	Integridade do solo	Mapa da susceptibilidade erosiva	0,014	0,40	0,006	0,006	0,03	0,00			
Socioeconomia	Socioeconomia	Rafting	Extensão utilizada para rafting e canoagem	0,205	0,69	0,141	0,141	0,23	0,03	0,060	0,118	
		Ocupação humana em APPS	Ocupação urbana	0,121	0,23	0,028	0,028	0,12	0,00			
			Ocupação rural	0,081	0,37	0,030						
		Infraestruturas próximas ao rio	Tipo de infraestruturas	0,031	1,00	0,031	0,031	0,04	0,02			
Cheias	Ocupações humanas em região lindeira	0,562	0,23	0,129	0,129	0,61	0,01					

Os resultados apresentados na Tabela 3-20 e na Figura 3-2 correspondem ao Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) de cada Componente-síntese. Os resultados serão usados na próxima etapa para o cálculo dos IAs (índices ambientais das alternativas de divisão de queda dos cenários estudados).

Tabela 3-40 - ISA por Componente-Síntese.

Componente-Síntese	Índice de Sensibilidade Ambiental
Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos	0,662
Meio Físico e Ecossistemas Terrestres	0,220
Socioeconomia	0,118

Figura 3-2 - ISA por Componentes-Síntese.



3.3.4 Espacialização dos Indicadores de Sensibilidade

Fundamentando-se nas análises realizadas dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental e nas respectivas Variáveis de Análise, foi realizada a integração da base cartográfica, resultando nos Mapas de Sensibilidade Ambiental.

Para esta representação espacial utilizou-se uma escala gradual de cores, a qual possui intervalo entre verde e vermelho, com cores intermediárias (amarelo, laranja e seus variados tons).

O menor Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) é representado pela cor verde, e o maior é representado pelo vermelho, ou seja, quanto mais sensível, mais avermelhada será a sua



representação no mapa, e quanto menos sensível for, mais verde será a sua representação no mapa.

O produto cartográfico final da Avaliação Ambiental Distribuída (AAD) é, portanto, a composição de um mapa para cada Componente-síntese: Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos, Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e Socioeconomia, conforme relacionado na Tabela 3-41.

Tabela 3-41 - Mapas de ISA.

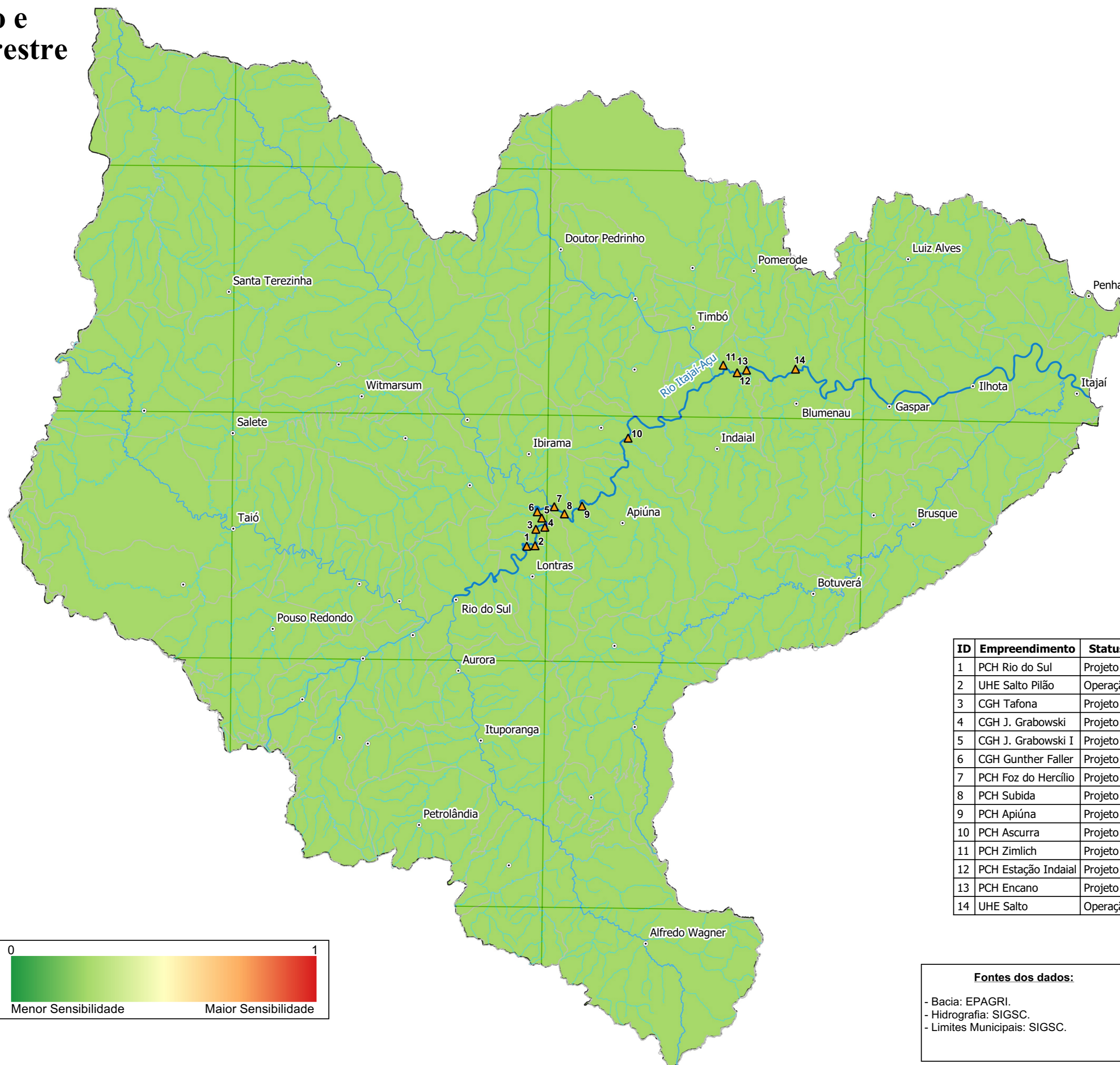
Título
Mapa de Sensibilidade do Meio Físico e Ecossistema Terrestre
Mapa de Sensibilidade dos Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos
Mapa de Sensibilidade da Socioeconomia

Os mapas são apresentados a seguir, sendo o Mapa 1 de sensibilidade do meio físico e ecossistema terrestre, Mapa 2 de sensibilidade dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos e Mapa 3 de sensibilidade da socioeconomia.



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Mapa de Sensibilidade do Meio Físico e Ecosistema Terrestre



ID	Empreendimento	Status
1	PCH Rio do Sul	Projeto
2	UHE Salto Pilão	Operação
3	CGH Tafona	Projeto
4	CGH J. Grabowski	Projeto
5	CGH J. Grabowski I	Projeto
6	CGH Gunther Faller	Projeto
7	PCH Foz do Hercílio	Projeto
8	PCH Subida	Projeto
9	PCH Apiúna	Projeto
10	PCH Ascurra	Projeto
11	PCH Zimlich	Projeto
12	PCH Estação Indaial	Projeto
13	PCH Encano	Projeto
14	UHE Salto	Operação

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Hidrografia
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajaí-Açu

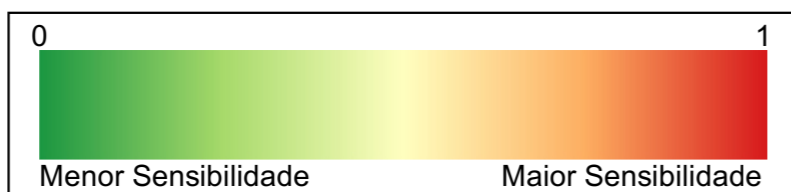
Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.

5 0 5 10 15 20 25 km

Escala 1:500000

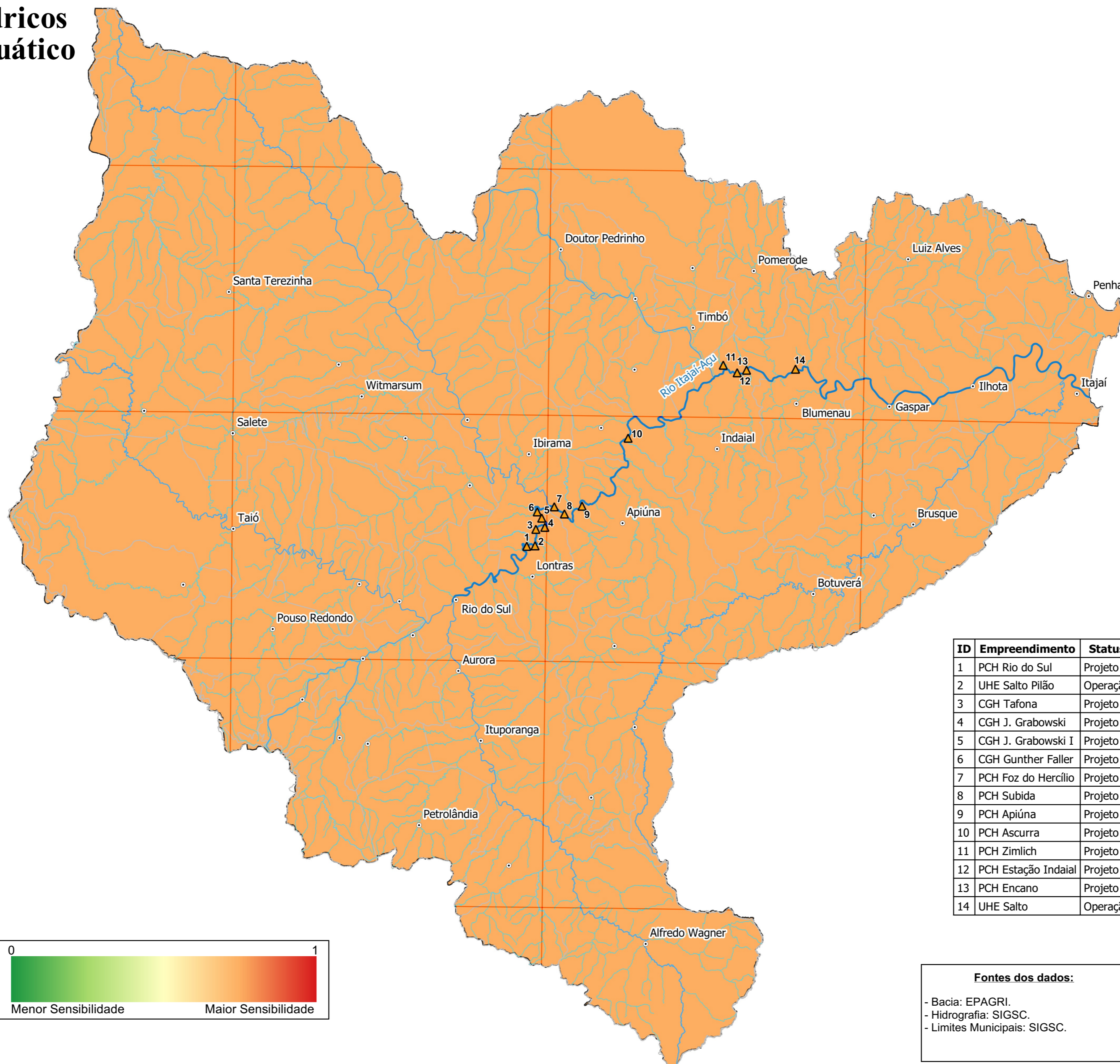
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 - Zona 22S





AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Mapa de Sensibilidade dos Recursos Hídricos e Ecossistema Aquático



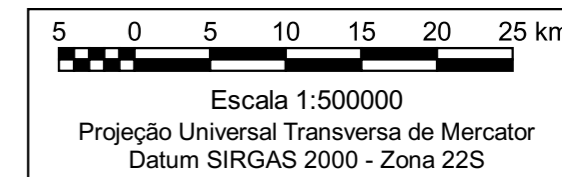
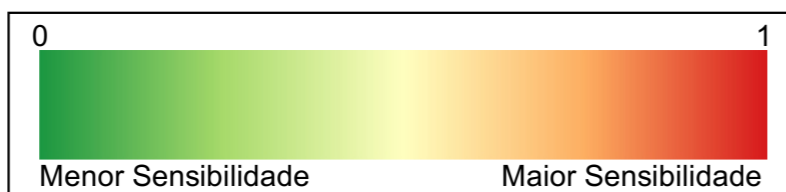
ID	Empreendimento	Status
1	PCH Rio do Sul	Projeto
2	UHE Salto Pilão	Operação
3	CGH Tafona	Projeto
4	CGH J. Grabowski	Projeto
5	CGH J. Grabowski I	Projeto
6	CGH Gunther Faller	Projeto
7	PCH Foz do Hercílio	Projeto
8	PCH Subida	Projeto
9	PCH Apiúna	Projeto
10	PCH Acurra	Projeto
11	PCH Zimlich	Projeto
12	PCH Estação Indaial	Projeto
13	PCH Encano	Projeto
14	UHE Salto	Operação

Legenda

- ▲ Aproveitamentos hidrelétricos
- ⊙ Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Hidrografia
- Limites municipais
- ▭ Bacía do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

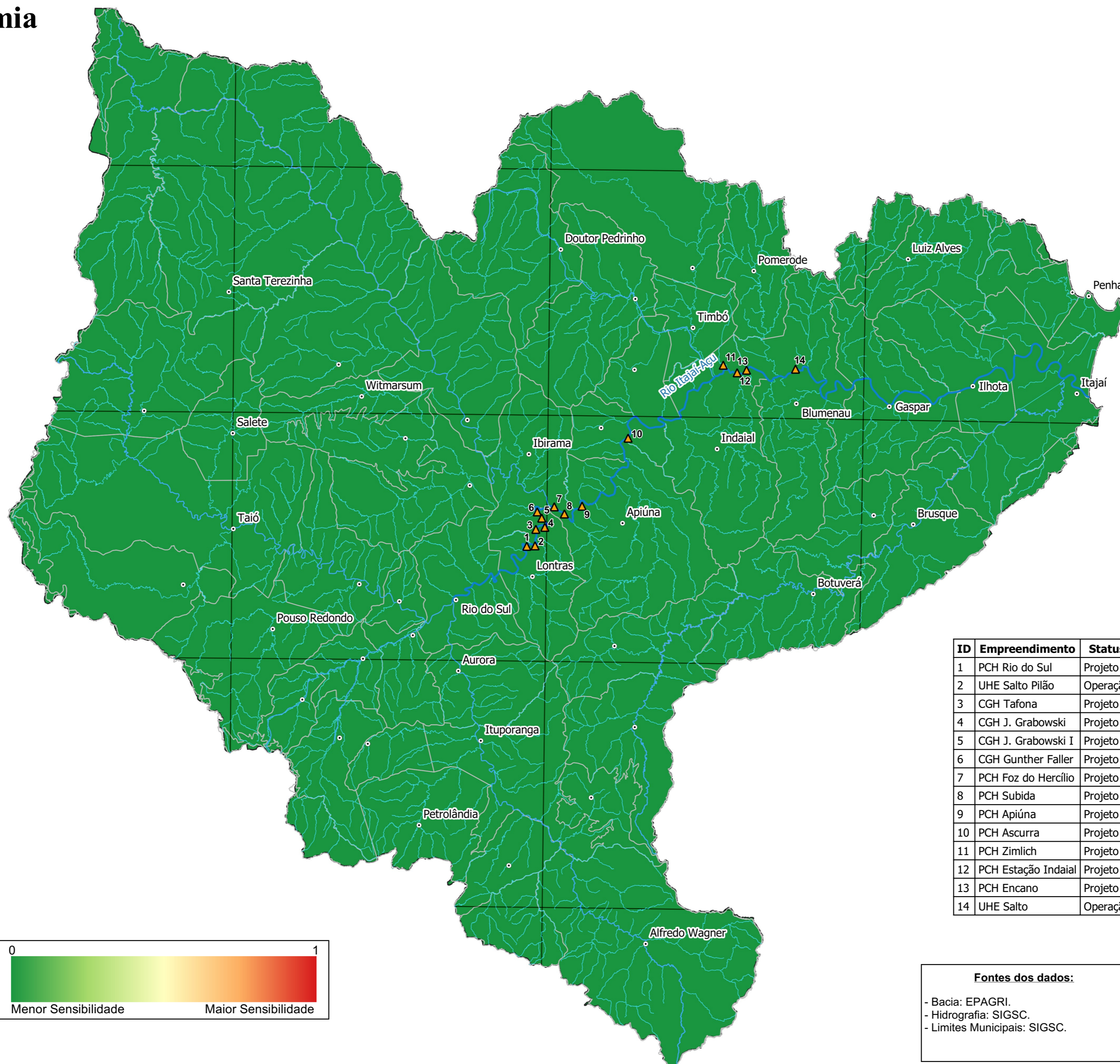
- Bacía: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.





AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Mapa de Sensibilidade da Socioeconomia



ID	Empreendimento	Status
1	PCH Rio do Sul	Projeto
2	UHE Salto Pilão	Operação
3	CGH Tafona	Projeto
4	CGH J. Grabowski	Projeto
5	CGH J. Grabowski I	Projeto
6	CGH Gunther Faller	Projeto
7	PCH Foz do Hercílio	Projeto
8	PCH Subida	Projeto
9	PCH Apiúna	Projeto
10	PCH Acurra	Projeto
11	PCH Zimlich	Projeto
12	PCH Estação Indaial	Projeto
13	PCH Encano	Projeto
14	UHE Salto	Operação

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Hidrografia
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajaí-Açu

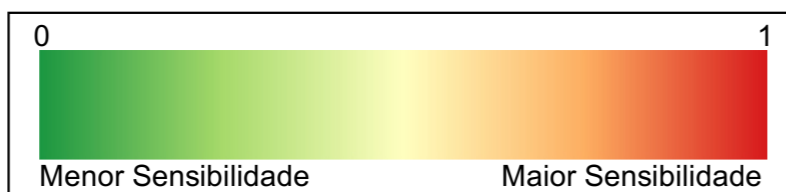
Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.

5 0 5 10 15 20 25 km

Escala 1:500000

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 - Zona 22S





3.4 ANÁLISE GERAL DA SENSIBILIDADE DA BACIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU

Resgatando o conceito de sensibilidade ambiental apresentado neste estudo, como sendo a propriedade de reagir que possuem os sistemas ambientais e os ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, a análise a seguir apresenta em descrição geral, o que foi apresentado ao longo do capítulo, ou seja, aquilo que possui sensibilidade na bacia do rio Itajaí-Açu, sobretudo no local proposto para os empreendimentos.

A bacia do rio Itajaí apresenta cobertura vegetal diversificada com o predomínio da Floresta Ombrófila Densa em diferentes estágios sucessionais. O trecho estudado da bacia do rio Itajaí-Açu apresenta predominância de vegetação antropizada e fragmentos florestais secundários intermediários, ou seja, profundamente alterados de suas condições originais;

Fragmentos secundários avançados são pouco representativos em termos de área de cobertura no trecho de estudo. Apesar de degradado em sua maioria, de acordo com o levantamento realizado, o entorno do rio Itajaí-Açu abriga nove (9) espécies ameaçadas de extinção (*Cedrela fissilis*, *Euterpe edulis*, *Ocotea odorifera*, *Virola bicuhyba*, *Wittrockia superba*, *Ocotea catharinensis*, *Cattleya intermedia*, *Inga edwallii*, *Dyckia wilsonii*). Foram registradas cinco espécies reófitas ameaçadas de extinção (*Raulinoa echinata*, *Eugenia mattosii*, *Coliguaja brasiliensis*, *Spigelia catarinenses* e *Dyckia brevifolia*).

Na atualidade, as áreas de várzeas e terras baixas das planícies quaternárias, estão sobre intensa pressão imobiliária e agrícola. Muitas áreas foram e ainda são, drenadas e alteradas para ocupação humana. Essa ocupação traz questões como uso de agroquímicos, e lançamento de esgoto no rio Itajaí e seus afluentes.

Junto com a colonização, foi trazida para a região, a cultura da caça. Relatos históricos confirmaram que a prática dessa atividade sempre foi muito intensa no Vale do Itajaí, com evidentes reflexos negativos sobre a fauna. Com isso, a reconhecida riqueza e abundância da fauna não resistiu à pressão da ocupação das florestas nativas, que foi sendo substituída por espaços antrópicos, concomitante com a habitual atividade de caça. Tal fato é citado, por exemplo, no livro Centenário de Blumenau (1950, p. 353 Apud ACAPRENA, 2009, p.46), onde narra que já naquela época “as caçadas tornam-se sempre mais distantes [...] antigamente era muito mais abundante a caça na colônia de Blumenau”

As manifestações ‘culturais’ de atividades tradicionais (caça) trazidas pelos imigrantes, como as atividades dos Clubes de Caça e Tiro, que não são, atualmente, desempenhadas para garantir a subsistência das famílias, mas praticada em sua forma esportiva. Porém quando



praticada de forma intensiva e ilegal, implica negativamente na biota local. Isso se evidencia pela ausência de espécies, que ocorriam na bacia e seu entorno anos atrás e não foram mais registradas. Entre essas espécies, atualmente desaparecidas ou muito raras, na região, destacam-se a anta, o porco-queixada, a onça pintada e cachorro do mato vinagre.

Sobre as antas (*Tapirus terrestris*), há evidências de que haviam muitos indivíduos habitando em localidades onde hoje fazem parte da área de proteção do Parque Nacional Serra do Itajaí (PSNI). No plano de manejo deste Parque (ACAPRENA, 2009) citam os anos de caça desses últimos exemplares em 1968.

Sobre a onça-pintada (*Panthera onca*), há um relato de um dos entrevistados para o plano de fauna do PNSI, que avistou um exemplar no ano 1959. Por outro lado, citam o abate de um indivíduo por um caçador em agosto de 1981 no Alto Encano em Blumenau. Ainda sobre essa espécie, AVÉ-LALLEMANT (1980) publicou um longo e minucioso relato em quatro volumes, no estilo dos naturalistas viajantes do século XIX sobre a fauna encontrada ao atracar em SC, descrevendo as onças aqui encontradas bem como as caçadas. Outro relato de George Schelvocke (BERGER, 1984) comandante de um pequeno navio inglês, em junho de 1719, afirma que nada era mais comum do que se ver as marcas das patas de onças sobre as areias das praias.

Em média 23% de toda a comunidade das aves silvestres são frequentemente caçadas na região. É um valor alto e, segundo informações dos proprietários e de moradores locais entrevistados, a caça ainda é frequente, significando um grave problema para a conservação de algumas espécies como o macuco (*Tinamus solitarius*), por exemplo. A jacutinga (*Aburria jacutinga*) ocorria em vários locais do vale do rio Itajaí do Norte e atualmente se encontra extinta na região devido à caça predatória de acordo com os moradores locais. Segundo os mesmo entrevistados a região é um tradicional sítio de captura de curiós (*Sporophila angolensis*) e azulões (*Cyanocompsa brissonii*), que abastecem o comércio ilegal (RPPN Corredeiras do Rio Itajaí, 2008).

Essa mesma pressão de ocupação ocorre também nas áreas mais altas da bacia, contudo, rio acima, à medida que o relevo se torna mais acidentado, a manutenção das APPs de encosta e de matas ciliares se fez necessária, visto que essas áreas são em sua maioria inapropriadas para o plantio ou pastoreio. Além disso, o desrespeito dessas áreas para a ocupação humana ilegal facilita a ocorrência de deslizamentos e assoreamento de rios e riachos.



O relevo acidentado, faz com que algumas espécies ocorram de forma pontual, dificultando sua proteção visto que algumas delas estão em áreas desprotegidas, como no caso dos anfíbios do gênero *Brachycephalus*. O mesmo relevo acidentado faz com que algumas fitofisionomias não sejam contempladas com unidades de conservação na área da Bacia, como por exemplo os campos das regiões mais altas.

Ainda sobre a pressão antrópica, a ictiofauna também sobre os impactos das ocupações lindeiras, todavia, pouco se sabe sobre as espécies endêmicas da bacia, pois há carência de uma lista específica, sendo utilizada a lista para espécies da Mata Atlântica.

A região de Rio do Sul, Lontras e Ibirama, Indaial e Blumenau possuem duas potencialidades econômicas em termos extrativos: Argilas (mormente caulim), areia/cascalho e granito (ou rochas granitoides no geral), principalmente como agradados para a construção civil. Os principais depósitos areno-cascalhosos economicamente viáveis estão fora da influência de todos os aproveitamentos econômicos da Bacia; o mesmo é válido para os processos relacionados a rochas cristalinas, seja para brita ou rochas ornamentais. Sua frequência é bem distribuída ao longo da bacia, representados por diversos afloramentos e outras regiões potenciais, principalmente na região geomorfológica das Serras do Leste Catarinense (embasamento cristalino). A mesma lógica é válida para argilas ou saibro. Logo, um título bloqueado pelos empreendimentos energéticos não significará uma perturbação mercadológica na oferta de agregados e outros materiais para a região, senão apenas um impacto voltado a um ou outro título de um particular.

A sensibilidade da bacia em relação a qualidade da água pode ser considerada relativamente baixa, visto que apesar de se tratar de um rio com bastante oxigênio dissolvido, os valores de fósforo e coliformes termotolerantes são altos, o que indica contaminação humana. A oxigenação do rio pode se dever ao fato de que há grandes extensões de corredeiras, que fazem o papel de reareação.

Existem alguns tópicos bastante importantes para a análise da bacia do rio Itajaí-Açu no aspecto socioeconômico, tendo grande destaque os eventos extremos e a presença de uso recreacional de Rafting e Canoagem. A sensibilidade da bacia para os eventos extremos é considerada baixa, visto que há vários trechos de rio que não possuem casas ao seu redor, o que abaixa a porcentagem total de ocupação de áreas lindeiras. Os danos socioeconômicos, no entanto, são bastante conhecidos e noticiados para as principais manchas urbanas da bacia.

O rafting possui uma sensibilidade maior visto que uma grande área do rio é utilizada para este uso. Uma das maiores sensibilidades para o meio socioeconômico é relativo a



presença de infraestruturas perto do rio Itajai-Açu. Foram encontradas captações, pontes, rodoviais, linhas de transmissão e até mesmo projeto de obras de macrodrenagem.

A ocupação humana na área de estudo são consideradas padrão de civilizações hidráulicas, que contribuiu com a degradação das APPs. Atualmente, a ocupação está quase 60% da área de APP. Dois terços desta porcentagem, no entanto, são ocupados por áreas rurais, que são menos densas e possuem característica de desapropriação mais simples e barata. Considerando-se que alguns reservatórios das barragens aqui analisadas são diminutos e a faixa de APP de reservatório costuma ser inferior ao de rio natural, é provável que aconteça o fenômeno de regularização fundiária, transformando em regulares propriedades que antes não o eram.

Ainda, é importante ressaltar que a sensibilidade apresentada neste capítulo está sendo avaliada juntamente com os capítulos posteriores, onde as modelagens ambientais são apresentadas, bem como os conflitos existentes e potenciais. A partir desse somatório de dados apresentados no Prognóstico é que se faz a inserção dos empreendimentos e a construção dos cenários de avaliação ambiental, conforme será apresentado no Capítulo 7. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA - AAI.

4 MODELAGEM AMBIENTAL

A formação de reservatórios em geral provoca modificações nas características físicas (hidráulicas), que por sua vez podem alterar as características físicas, químicas e bióticas dos recursos hídricos. Estas modificações tanto podem ser benéficas como prejudiciais. Portanto, estudos sobre o impacto que um reservatório poderá causar no ambiente são indispensáveis antes da sua implementação (ESTEVES, 1998).

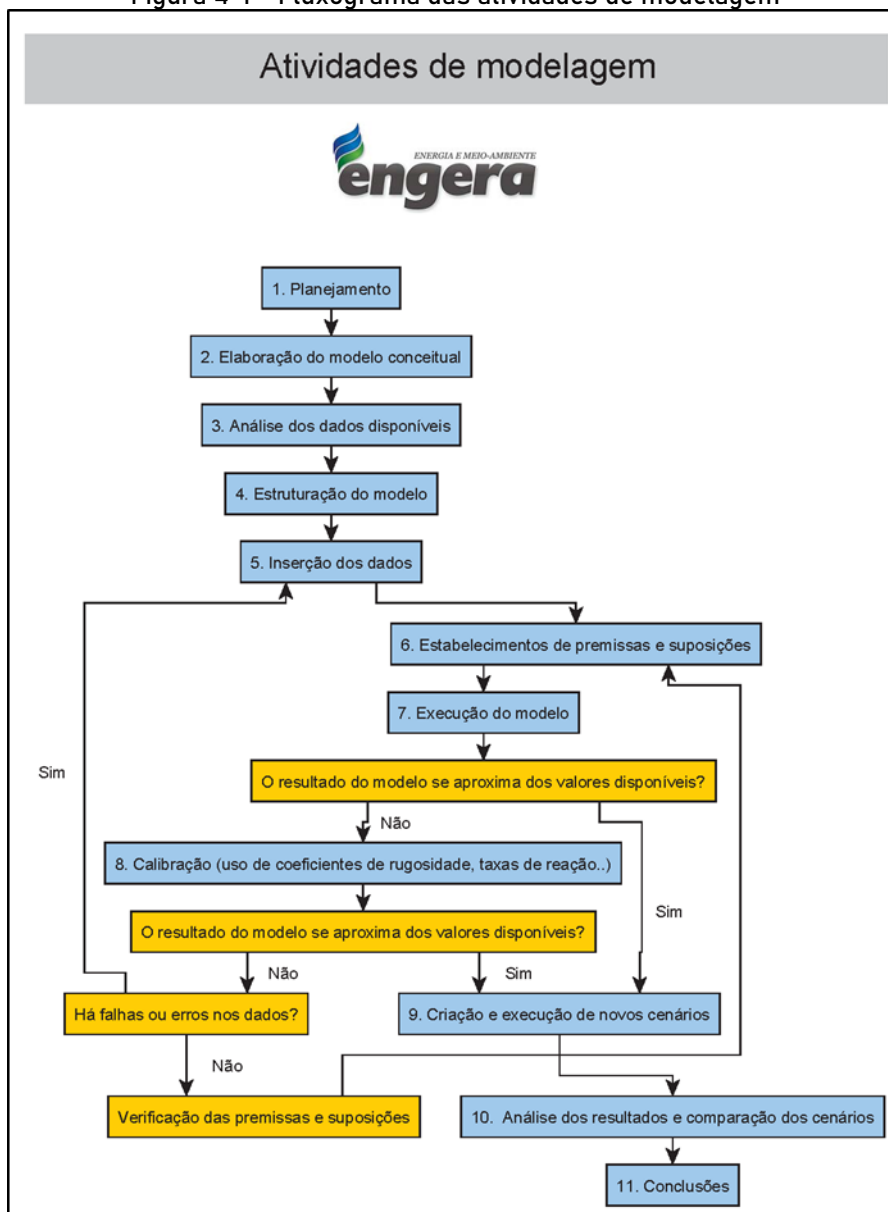
A elevada concentração de alguns constituintes pode ser prejudicial ao equilíbrio do meio ambiente e um perigo para a saúde das pessoas. Ferramentas de modelagem da qualidade da água podem ser usadas para melhor compreender as fontes de poluição e sua dispersão no corpo hídrico, bem como auxiliar na identificação da capacidade receptora do corpo hídrico em questão e de que forma elas podem ser otimizadas, isto é, que condições hidráulicas favorecem a dispersão de determinados constituintes. A modelagem pode servir como uma ferramenta de auxílio nas tomadas de decisão no que diz respeito ao controle da poluição, como por exemplo determinação das descargas e captações permitidas ao longo do rio, sendo assim, imprescindível na gestão integrada dos recursos hídricos.



Os modelos de qualidade de água podem ser utilizados para avaliar as concentrações dos constituintes em diferentes cenários. Isto é, esta ferramenta possui a capacidade de demonstrar o efeito sobre a qualidade da água em um rio devido às mudanças hidráulicas (alteração de vazão, alteração de velocidade e altura da lâmina d'água) e de lançamento de efluentes (alteração de cargas dos constituintes). Além disso, a determinação dos limites quantitativos de captação e limites qualitativos dos lançamentos pode ser alcançada por meio de modelos desta natureza com o objetivo de atingir metas específicas de qualidade da água dos recursos hídricos. Os modelos podem ser destinados ainda para diversos outros usos, como nos estudos de deslocamento dos derramamentos de poluentes como o óleo ou numa previsão de qualidade de água em longo termo.

A modelagem é um processo que visa a simulação de uma determinada variável, levando em considerações as características do meio e as externalidades. Este processo deve ser cuidadoso e bastante criterioso para que tenha a capacidade de representar ou se aproximar ao máximo ao que de fato ocorre. Uma visão geral das atividades do processo de modelagem é mostrada na Figura 4-1.

Figura 4-1 - Fluxograma das atividades de modelagem



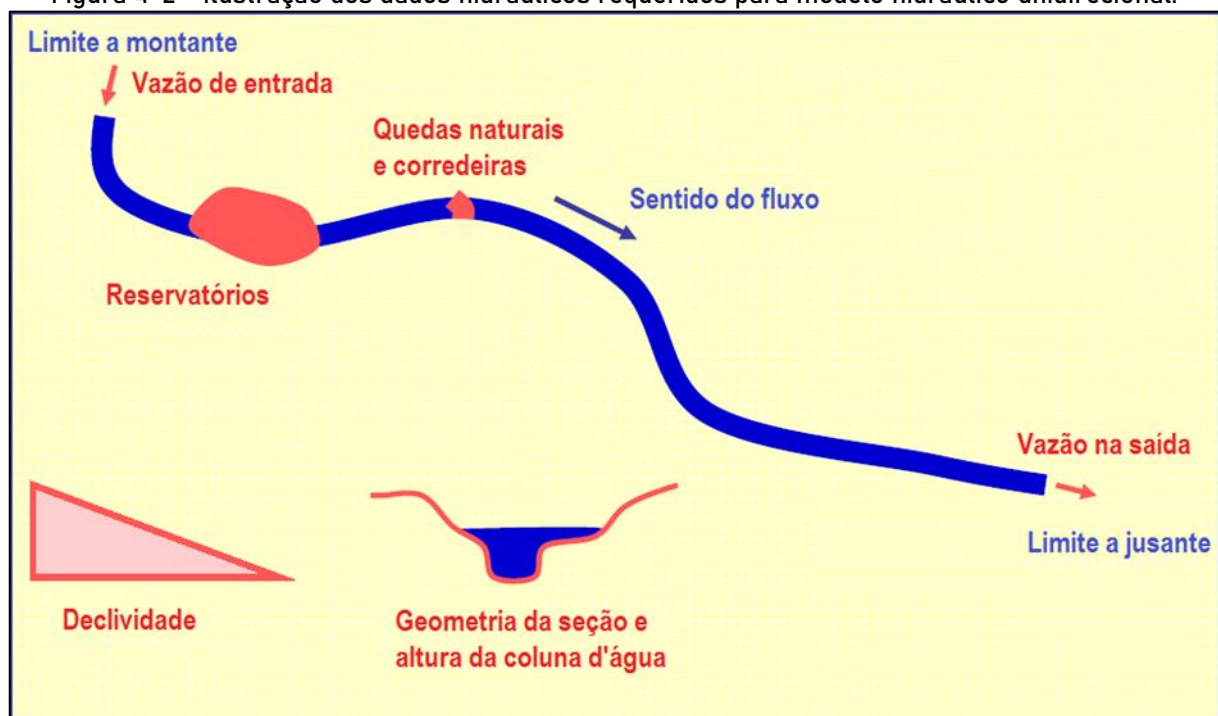
O processo de modelagem deve sempre começar pela fase de planejamento, em que são definidas as perguntas a serem respondidas com a utilização de modelos e também é nesta fase em que as informações e dados disponíveis são analisados.

Um dos fatores que mais compromete a confiabilidade dos modelos é a qualidade e a escassez dos dados de entrada. A resposta do modelo é um reflexo dos dados de entrada e das condições de contorno impostas. Quanto melhor a qualidade e a densidade dos dados maior é a confiabilidade dos modelos. Porém, alguns dados são de difícil obtenção, sendo que alguns deles não há metodologia consolidada para serem aferidas. Por isso suposições e premissas são feitas para suprir a falta de alguns dados, como por exemplo os coeficientes de reações

cinéticas dos constituintes. No entanto é indispensável que o resultado do modelo seja avaliado criteriosamente e confrontado com os dados obtidos em campo. O modelo pode ser calibrado alterando os valores dos parâmetros que não foram medidos de modo que os resultados do modelo se aproximem dos dados medidos em campo. Por isso a modelagem é um processo iterativo.

A modelagem de qualidade de água tem como base a modelagem hidráulica, pois os padrões de dispersão e decaimento dos seus constituintes dependem da circulação das massas de água. Por isso a modelagem de qualidade de água é subsequente a modelagem hidráulica dos rios, que visa simular as variações dos parâmetros hidráulicos relevantes para a qualidade de água, como, altura da lâmina d'água, velocidade, vazão, área molhada e tempo de detenção. A modelagem hidráulica requer o levantamento de alguns dados, como geometria das seções, declividade do rio, nível e vazão em seções de controle. A Figura 4-2 ilustra de maneira genérica os dados hidráulicos requeridos para o modelo hidráulico unidirecional.

Figura 4-2 - Ilustração dos dados hidráulicos requeridos para modelo hidráulico unidirecional.



Assim como o modelo hidráulico requer o levantamento de parâmetros hidráulicos, o modelo de qualidade de água necessita de levantamento de dados de qualidade de água, como variação de vazão, através dos usos consumptivos ao longo da bacia hidrográfica, bem como a variação das concentrações de seus constituintes em algumas seções de controle. A Figura 4-3

ilustra as captações e descargas de efluentes a serem simulados em modelos de qualidade de água unidirecional.

Figura 4-3 - Ilustração das captações e descargas de efluentes a serem simulados em modelos de qualidade de água unidirecional.



4.1 ESCOLHA E JUSTIFICATIVA DA FERRAMENTA DE ANÁLISE

Os modelos de qualidade de água de rios vêm sendo utilizados desde o desenvolvimento do modelo clássico de OD e DBO, de Streeter e Phelps, em 1925. Posteriormente, vários outros modelos foram desenvolvidos, aumentando o grau de complexidade e o número de variáveis modeladas.

Existem diversos modelos hidráulicos e de qualidade de água atualmente, cada um com sua complexidade e limitações. Quanto maior a complexidade, maior o número de variáveis que são simuladas pelo modelo, e maior é o número de coeficientes cinéticos e estequiométricos a serem obtidos ou adotados, ou seja, quanto mais complexo o modelo, maior a necessidade de dados para sua calibração.

A maioria dos modelos de qualidade de água foram desenvolvidos em países que já solucionaram grande parte dos seus problemas de qualidade de água (como a poluição por lançamentos de esgoto bruto), e no momento estão interessados em avaliar dificuldades mais complexas, como por exemplo, a carga de poluição difusa. Portanto, estes países estão interessados na aplicação de modelos mais complexos.



Já os locais em que os problemas básicos da qualidade de água não estão bem conhecidos e dominados, os modelos mais simples têm grande contribuição a prestar para o adequado gerenciamento dos recursos hídricos, como exemplo a diluição de cargas, alocação de cargas poluidoras, determinação da zona de mistura, capacidade suporte dos rios, entre outros. Este é o caso do presente estudo, que visa avaliar a alteração da concentração dos principais parâmetros de qualidade de água com a implantação das PCHs inventariadas, considerando a carga de poluição ao longo do seu trecho; e por isso utilizou-se de modelo mais simplificado.

Além disso, modelos de qualidade de água específicos para reservatórios, como por exemplo, o CE-QUAL-2K, que calcula a variação dos constituintes ao longo da coluna d'água e no sentido longitudinal, são modelos bidimensionais mais complexos. Esses vêm sendo utilizados em grandes reservatórios como UHs, onde a estratificação vertical pode ser relevante para seus estudos. Entretanto estes modelos bidimensionais não se aplicam para o caso do presente estudo uma vez que os empreendimentos inventariados possuem reservatórios com pequenas dimensões.

O modelo utilizado no presente estudo foi o HEC-RAS 5.0.7, modelo de qualidade de água unidirecional. Este modelo é difundido mundialmente com diversas aplicações em diferentes condições, sendo, inclusive, recomendado pela FEMA (Federal Emergency Management Agency) nos EUA. Tal modelo já foi calibrado e validado em outras aplicações.

Optou-se pela utilização deste modelo no presente estudo, um modelo 1D, devido ao pequeno porte dos reservatórios, com baixo tempo de detenção, baixa profundidade e com pouca estratificação. Além disso, esta ferramenta atende bem a exigências do estudo, ou seja, possibilita avaliar as concentrações antes e depois da instalação dos empreendimentos inventariados ao longo do seu sentido longitudinal e em escala regional.

4.2 MODELO CONCEITUAL DA MODELAGEM AMBIENTAL

Uma das grandes vantagens de se utilizar modelos numéricos para avaliar os aspectos ambientais é a possibilidade de se trabalhar com cenários. Em se tratando de estudos ambientais este é um aspecto bastante relevante, pois diversas são as variáveis envolvidas nos processos ambientais. No caso de modelagem de qualidade de água a alteração das condições hidrológicas, hidráulicas, climatológicas e de aportes de poluentes podem alterar



significativamente as concentrações dos constituintes resultantes. Inúmeras são as combinações de variáveis que se pode simular, portanto é possível obter diferentes resultados.

Os resultados das simulações de qualidade de água dependem de diversas variáveis, como condições climatológicas, hidrológicas, hidráulicas e também das concentrações dos seus constituintes a montante e dos aportes ao longo do trecho simulado. Isto porque as taxas das reações variam de acordo com estes parâmetros.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se às simulações realizadas com base no modelo hidráulico, considerando um cenário de aporte de poluentes, determinado com base na análise de dados históricos de qualidade da água, observando-se a similaridade hidrológica entre as campanhas de campo as simulações realizadas.

Portanto os resultados apresentados representam o comportamento qualitativo do rio para estes cenários especificamente, considerando tais condições climatológicas, hidrológicas, hidráulicas e aporte de nutrientes e matéria orgânica. Qualquer alteração em uma dessas variáveis pode alterar os valores de concentração dos constituintes. No entanto, as primeiras simulações realizadas consideraram para cada uma dessas variáveis os valores médios obtidos em campo a fim de representar o comportamento do rio de forma significativa. Porém isto não impede que hajam concentrações diferentes dos resultados apresentados, uma vez que as variáveis envolvidas no processo possuem alteração e oscilação naturais.

Para determinação das condições climáticas e concentração dos constituintes, foi realizada 1 campanha de qualidade da água. Para complementar esta campanha, foram utilizados dados de campanhas anteriores, feitas para os estudos ambientais das usinas PCH Rio do Sul, CGH Tafona, CGH José Grabowski e CGH José Grabowski I. Os parâmetros foram relacionados com a vazão do curso hídrico no dia das coletas, para determinação de quais análises correspondiam aos cenários de vazão média de longo termo e vazão de estiagem. O Quadro 4-1 apresenta as datas das campanhas e respectivas vazões no momento da coleta no rio. Os laudos de qualidade da água são apresentados em anexo.

Quadro 4-1 - Campanhas de qualidade da água e respectivas vazões

Empreendimento	Campanha	Data
Todos os empreendimentos do rio	01	28/05/2020
PCH Rio do Sul	02	22/11/2010
CGH Tafona	03	25/06/2019
CGH José Grabowski	04	25/06/2019
CGH José Grabowski I	05	25/06/2019



A determinação das vazões de longo termo e estiagem foram definidas com base em estudo hidrológico feito com base na série histórica de 1927-2014 da Estação Apiúna (Código 83500002), localizada em posição estratégica em relação aos empreendimentos.

Isto posto, todas as campanhas avaliadas possuíram valores de vazão próximos à vazão de referência, tendo sido utilizados para os valores de entrada. Os valores obtidos nestas campanhas serviram como base do *input* do modelo de qualidade da água.

Além das concentrações de entrada e dos dados climáticos, houve a variação de geometria, ou seja, a inserção dos barramentos nos Cenário 1, 2 e 3, que por sua vez altera a hidráulica no local, o que permite avaliar os reais impactos do empreendimento hidrelétrico sobre a qualidade da água na região.

O modelo hidráulico trabalha com seções, onde em cada uma é imposta a batimetria e, após o modelo rodado, é obtido o nível para diversos cenários hidrológicos. Já o modelo de qualidade de água trabalha com volumes de controle definidos entre duas seções. Para cada célula considera-se que suas características são homogêneas. Logo, cada seção hidráulica fornecerá informação para um volume de controle do modelo de qualidade de água. O espaçamento entre as seções foi definido com base nos objetivos da aplicação do modelo de qualidade de água para o presente estudo e nas características de cada trecho. Com isso o tamanho de cada célula variou entre 150m à 200 m, com média de 188 m.

4.3 CENÁRIOS

A definição dos cenários é parte crucial dos estudos de modelagem numérica. Os cenários utilizados devem apresentar uma série de características para que não somente o desenvolvimento da modelagem seja correto, mas também que os resultados sejam úteis para a avaliação de condições onde outros métodos de previsão de impactos (checklists, matrizes de interação, avaliação multicritério) apresentem resultados imprecisos ou passíveis de alterações, dada a subjetividade dos avaliadores ou mesmo dos leitores. Segue abaixo uma listagem das características que os cenários devem possuir:

- **Coerência:** Deve-se modelar cenários possíveis de ocorrência, a fim que os resultados representem situações verificadas na área de estudo. Ex.: Não se deve modelar um rio de pequeno porte inserindo nele vazões de impossível ocorrência, pois o resultado será inútil.



- **Verificável:** Quando modelando situações futuras, deve-se adotar cenários que apresentem probabilidades razoáveis de ocorrência no futuro, a fim se possa atestar o resultado dos modelos.
- **Factível:** Considerando cada caso em particular, deve-se modelar cenários onde tanto os dados necessários como os parâmetros para calibração possam ser adquiridos ou inferidos. Do contrário, o modelo representará uma situação diferente das verificadas na realidade.
- **Objetividade:** Os cenários escolhidos devem atender a um propósito claro e bem definido. Antes de se iniciar qualquer estudo de modelagem, deve-se saber quais os objetivos aos quais a modelagem pretende atender. Do contrário, corre-se grande risco de erros nas etapas preliminares, com coleta de dados desnecessários, errôneos, falta de dados e/ou gastos excessivos sem qualquer retorno mensurável.
- **Clareza:** Os cenários devem ser compreensíveis ao público-alvo da modelagem, de forma que seja compreensível não somente o que se está fazendo, mas as justificativas para a escolha desses cenários e os resultados esperados.

Trabalhando com modelos hidráulicos e de qualidade da água 1D, há dois parâmetros básicos que devem ser determinados: a geometria e a hidrologia. A geometria representa as condições físicas do terreno, como a forma, localização e parâmetros dos canais e estruturas pela qual a vazão deve fluir; enquanto a hidrologia são as vazões características a serem simuladas e demais parâmetros que as afetem que não sejam diretamente determinados pela geometria do canal ou estruturas projetadas. Quando o estudo tem por objetivo avaliar o impacto decorrente da implantação de um empreendimento é necessário que se modelem cenários com geometrias diferentes, enquanto quando se deseja verificar os efeitos de diferentes vazões sobre o mesmo aproveitamento somente a hidrologia é alterada.

Este estudo contempla a simulação de 8 cenários de vazão e quatro cenários geométricos, a fim de atender o objetivo proposto, de analisar o impacto da implantação dos empreendimentos sobre a qualidade de água do rio Itajaí-Açu. As primeiras simulações foram realizadas então alterando a geometria considerando os seguintes cenários temporais de implantação dos potenciais hidrelétricos, tal como segue abaixo:

- **C0 - Cenário 0:** Representa a condição atual. Nesse cenário o único potencial considerado foi a UHE Salto Pilão;
- **C1 - Cenário 1:** É o cenário com a inserção das CGHs Tafona, José Grabowski, José Grabowski I e Gunther Faller;



- C2 – Cenário 2: É o cenário com as CGHs, PCHs com licença ambiental e com interesse econômico. Nesse cenário foram simuladas os potenciais dos cenários 0, 1 e foram incluídas os potenciais PCH Rio do Sul, PCH Subida I, PCH Apiúna, PCH Zimlich, PCH Estação Indaial e PCH Encano;
- C3 – Cenário 3: É o cenário com todos os potenciais inventariados no rio Itajaí. Foram simuladas os potenciais dos cenários 0, 1, 2 e incluídos os os potenciais PCH Foz do Hercílio e PCH Ascurra.

Quanto a hidrológica, optou-se pela elaboração de oito cenários de vazão:

- Q_{EST} – Vazão de estiagem: corresponde a vazão de estiagem, representada pela Q_{710} . Esta é a vazão constante no trecho de vazão reduzida dos aproveitamentos;
- Q_{MLT} – Vazão média: esta é a vazão média de longo termo, ou seja, a média de todas as vazões registradas no rio no período em que há observações. Ela representa, estatisticamente, a condição média do rio.
- Q_{TR10} – Corresponde à vazão que é igualada ou superada uma vez a cada 10 anos.
- Q_{TR50} – Corresponde à vazão que é igualada ou superada uma vez a cada 50 anos.
- Q_{TR100} – Corresponde à vazão que é igualada ou superada uma vez a cada 100 anos.

Portanto, foram realizadas ao total 32 simulações, tal como segue abaixo:

- C0 – Q_{MLT}
- C0 – Q_{EST}
- C0 – Q_{TR10}
- C0 – Q_{TR50}
- C0 – Q_{TR100}
- C1 – Q_{MLT}
- C1 – Q_{EST}
- C1 – Q_{TR10}
- C1 – Q_{TR50}
- C1 – Q_{TR100}
- C2 – Q_{MLT}
- C2 – Q_{EST}
- C2 – Q_{TR10}
- C2 – Q_{TR50}
- C2 – Q_{TR100}



- C3 – Q_{MLT}
- C3 – Q_{EST}
- C3 – Q_{TR10}
- C3 – Q_{TR50}
- C3 – Q_{TR100}

4.4 DADOS UTILIZADOS E CALIBRAÇÃO

Abaixo são apresentadas as fontes dos dados utilizados na modelagem:

- **Hidrologia:** Para os valores das vazões foi feito estudo hidrológico com base na Estação Fluviométrica Apiúna (83500002)
- **Batimetria:** foram utilizadas como base 120 seções topobatimétricas levantadas em campo;
- **Níveis d'água:** Níveis d'água medidos em campo;
- **Rugosidade:** foram utilizados os coeficientes padrões do *Hydraulic Reference Manual* do Software HEC-RAS (BRUNNER, 2016);
- **Arranjo e Reservatório:** Os arranjos e a delimitação do reservatório foram obtidos junto aos Projeto Básicos, estudos de inventário e estudos ambientais das PCHs Rio do Sul, Ascurra, Encano, Estação Indaial, Zimlich, Foz do Hercílio, Subida I, Apiúna, das CGHs Gunther Faller, Grabowski, Grabowski I e Tafona e da UHE Salto Pilão;
- **Dados climatológicos:** os dados horários de pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade, radiação, nebulosidade e velocidade do vento foram obtidos com base na estação meteorológica Indaial (A817) ($-26^{\circ} 54' 37.04''$ e $-49^{\circ} 16' 7978''$).
- **Concentrações dos constituintes de qualidade de água:** as concentrações afluentes foram definidas a partir dos resultados das campanhas realizadas para o estudo;

4.4.1 Ajuste de cargas

As concentrações de entrada dos constituintes foram definidas com base nos laudos de qualidade de água das campanhas feitas para o estudo. Nesta etapa foram analisados os resultados de todas as campanhas ao longo do trecho simulado, incluindo as campanhas mais recentes, e selecionados os laudos que tiveram características hidrológicas e hidráulicas semelhantes.

Foram selecionados dois grupos de resultados, um com baixas vazões e outro com vazões médias, de modo que as concentrações medidas em campo durante as vazões baixas



serviram para definir as concentrações de entrada do modelo para a Q_{EST} e as concentrações medidas em campo durante vazões médias definiram as concentrações de entrada do modelo para a Q_{MLT} .

4.4.2 Calibração

A calibração do modelo de qualidade de água foi baseada nos dados de campo ajustando as concentrações de entrada, e os parâmetros de decaimento e produção, como oxidação, sedimentação e oxigenação. O Quadro 4-2 aponta os parâmetros e as taxas de reação utilizadas no modelo.

As taxas de reação de vários parâmetros são influenciadas pela temperatura. A tabela abaixo apresenta a taxa para a temperatura de 20° C. A relação entre a taxa de reação e a temperatura é expressa da seguinte forma:

$$K_t = K_{20} \cdot \theta^{(t-20)}$$

Onde K_t é a taxa da reação na temperatura; “t” é a taxa da reação na temperatura a 20° C; θ é o coeficiente de correção da temperatura.

O coeficiente de correção da temperatura varia de uma reação para a outra, como pode ser visto no quadro a seguir.

Quadro 4-2 - Parâmetros das reações

Parâmetro	Unidade	Valor	θ^*
OXIGÊNIO DISSOLVIDO			
Captação pela oxidação NH_4 (por uni) (α_5)	mgO/mgN	3	-
Captação pela oxidação NO_2 (por uni) (α_6)	mgO/mgN	1	-
Reaeração atmosférica (K_2)	dia ⁻¹	1	1,024
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO			
Taxa de decaimento (K_1)	dia ⁻¹	0,02	1,047
NITROGÊNIO			
Norg - NH_4 (β_3)	dia ⁻¹	0,02	1,047
NH_4 - NO_2 (β_1)	dia ⁻¹	0,1	1,083
NO_2 - NO_3 (β_2)	dia ⁻¹	0,2	1,047
Taxa de sedimentação Norg (σ_4)	dia ⁻¹	0,001	1,024
FÓSFORO			
Porg - Pinor (β_4)	dia ⁻¹	0,01	1,047
Taxa de sedimentação Porg (σ_5)	dia ⁻¹	0,001	1,024

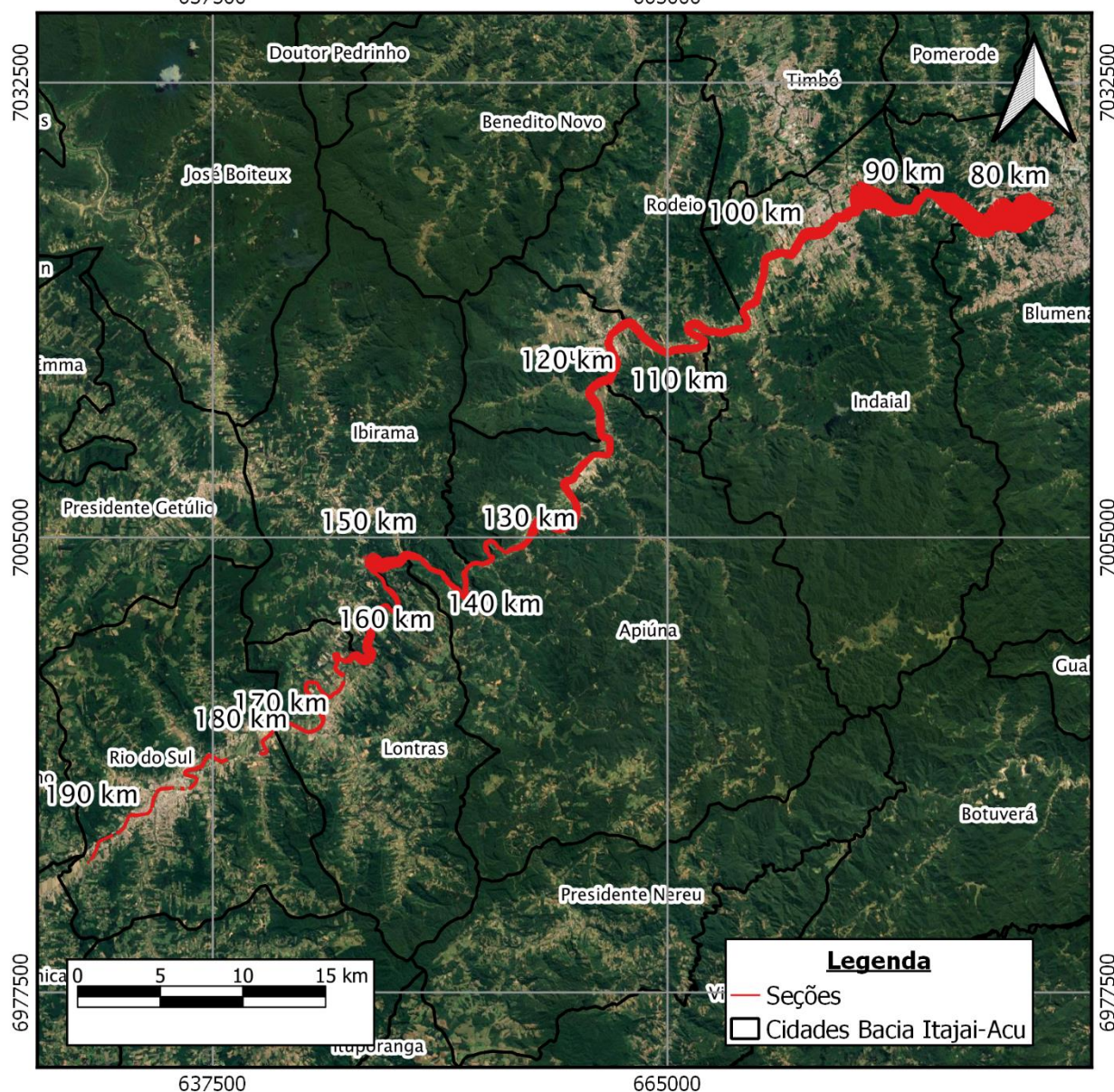
* Coeficiente de correção da temperatura

4.5 RESULTADOS DO MODELO HIDRÁULICO

Os resultados do modelo hidráulico, demonstrando as variações de vazão, níveis e velocidades ao longo do rio Itajaí Açu, são apresentados por cenário hidrológico, ou seja: condição de estiagem ($Q_{7,10}$), condição normal (Q_{MLT}) e condições de cheia (Q_{TR2} , Q_{TR10} , Q_{TR50} e Q_{TR100}).

As seções podem ser vistas na figura a seguir:

Figura 4-4 - Seções Transversais utilizadas no modelo hidráulico.



Pode-se perceber pela figura, que há trechos em que não há seções interpoladas no município de Rio do Sul. Isto se deve à inserção de pontes no modelo, não permitindo a interpolação nestas regiões.



4.5.1 ***Vazões, níveis d'água e velocidades $Q_{7,10}$***

A Figura 4-5 e Figura 4-6 apresentam a variação da vazão e dos níveis d'água em todos os cenários de análise ao longo do rio Itajaí Açu para a condição de estiagem ($Q_{7,10}$).

Neste cenário destacam-se as vazões nos trechos e vazão reduzida das CGHs Tafona, José Grabowski, José Grabowski I e Gunther Faller. Como as vazões ecológicas definidas nos projetos são 33% da vazão sanitária da UHE Salto Pilão, neste cenário no rio Itajaí Açu aproximadamente 4,0 km, que corresponde a soma de todos os TVRs estarão com vazão de 2,4 m³/s. No caso da CGH Gunther Faller, o TVR terá vazão remanescente de 1,17 m³/s. A $Q_{7,10}$ natural para esse trecho é de 7,27 m³/s.



Figura 4-5 – Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10

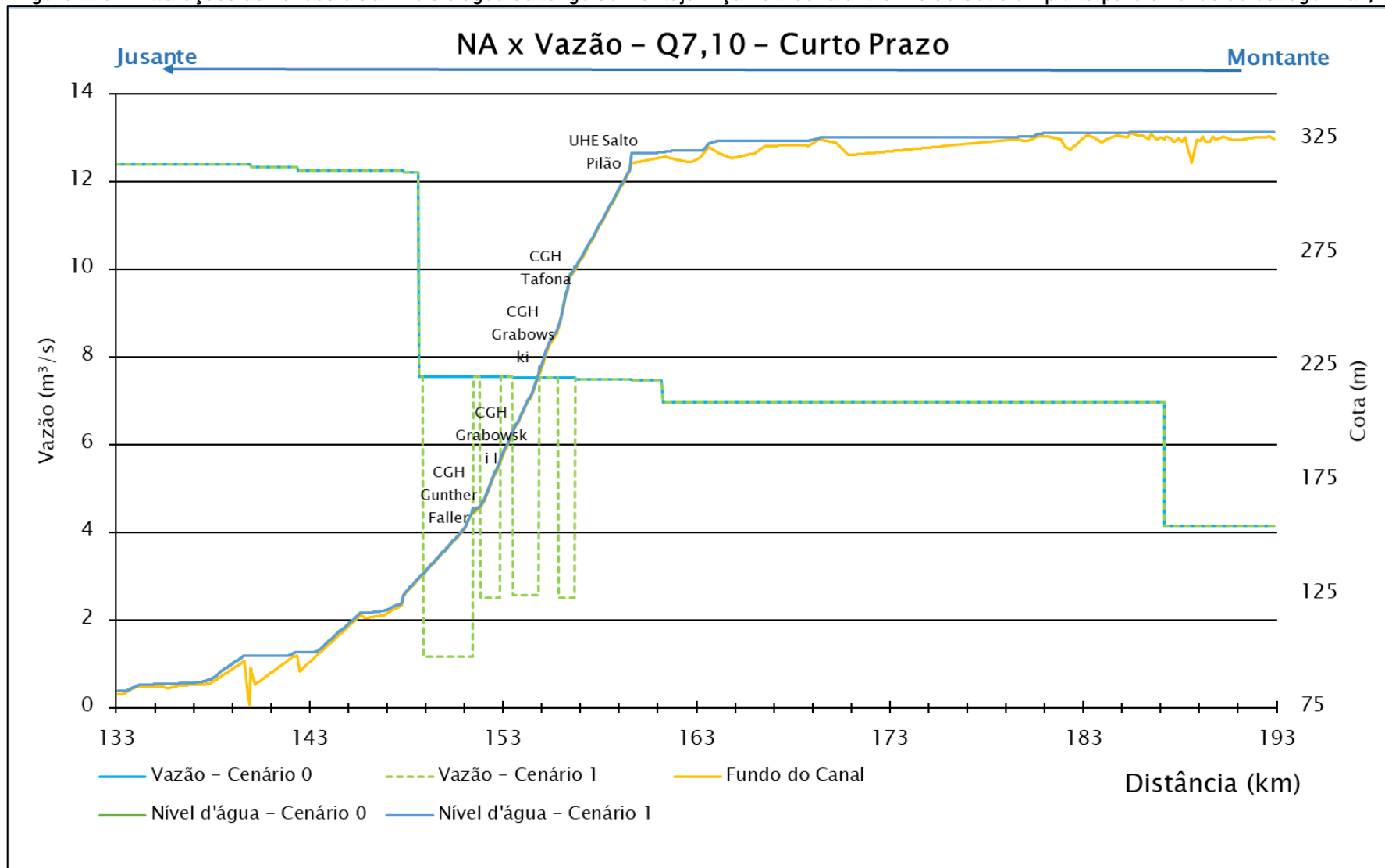




Figura 4-6 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10

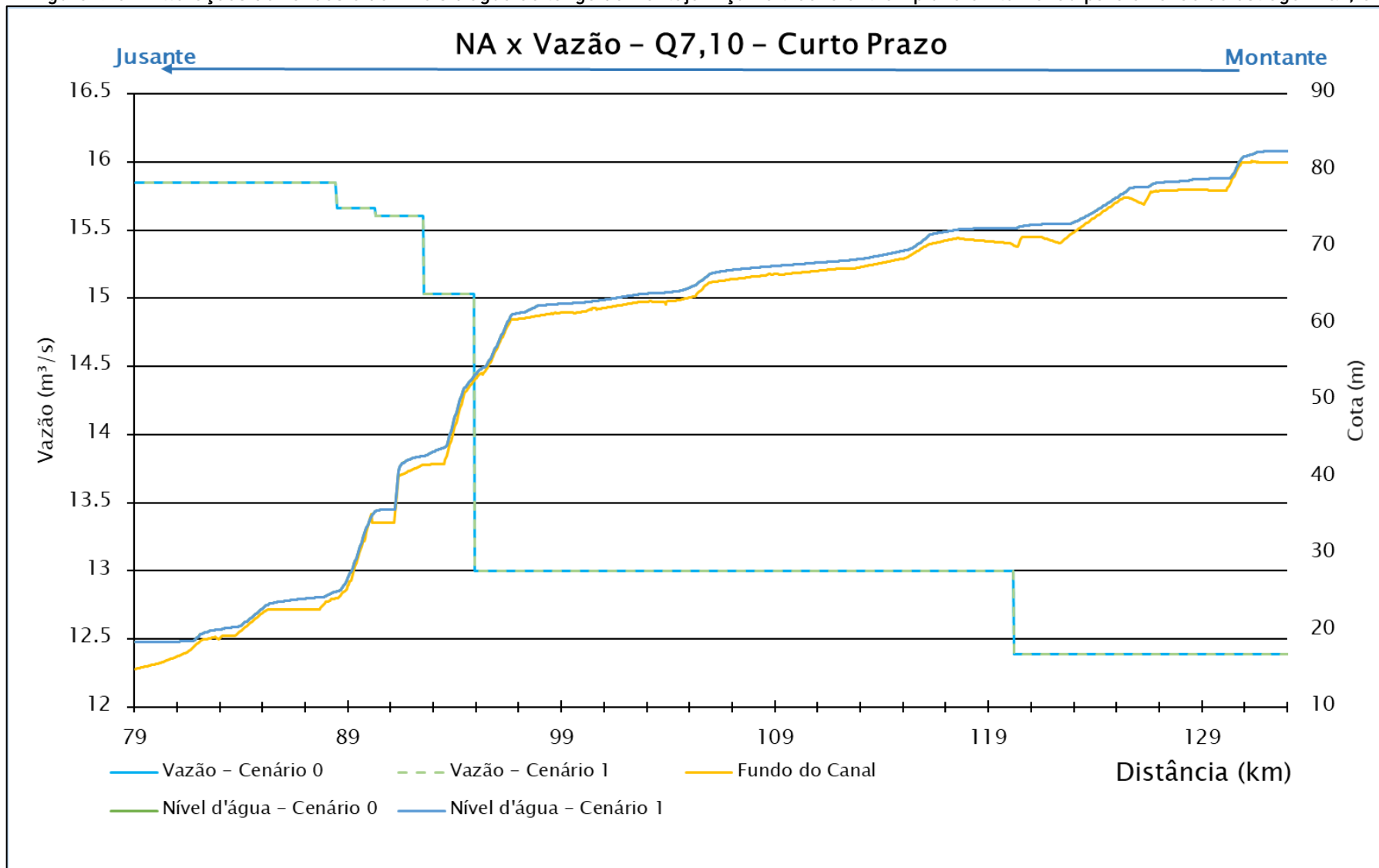




Figura 4-7 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de estiagem Q7,10

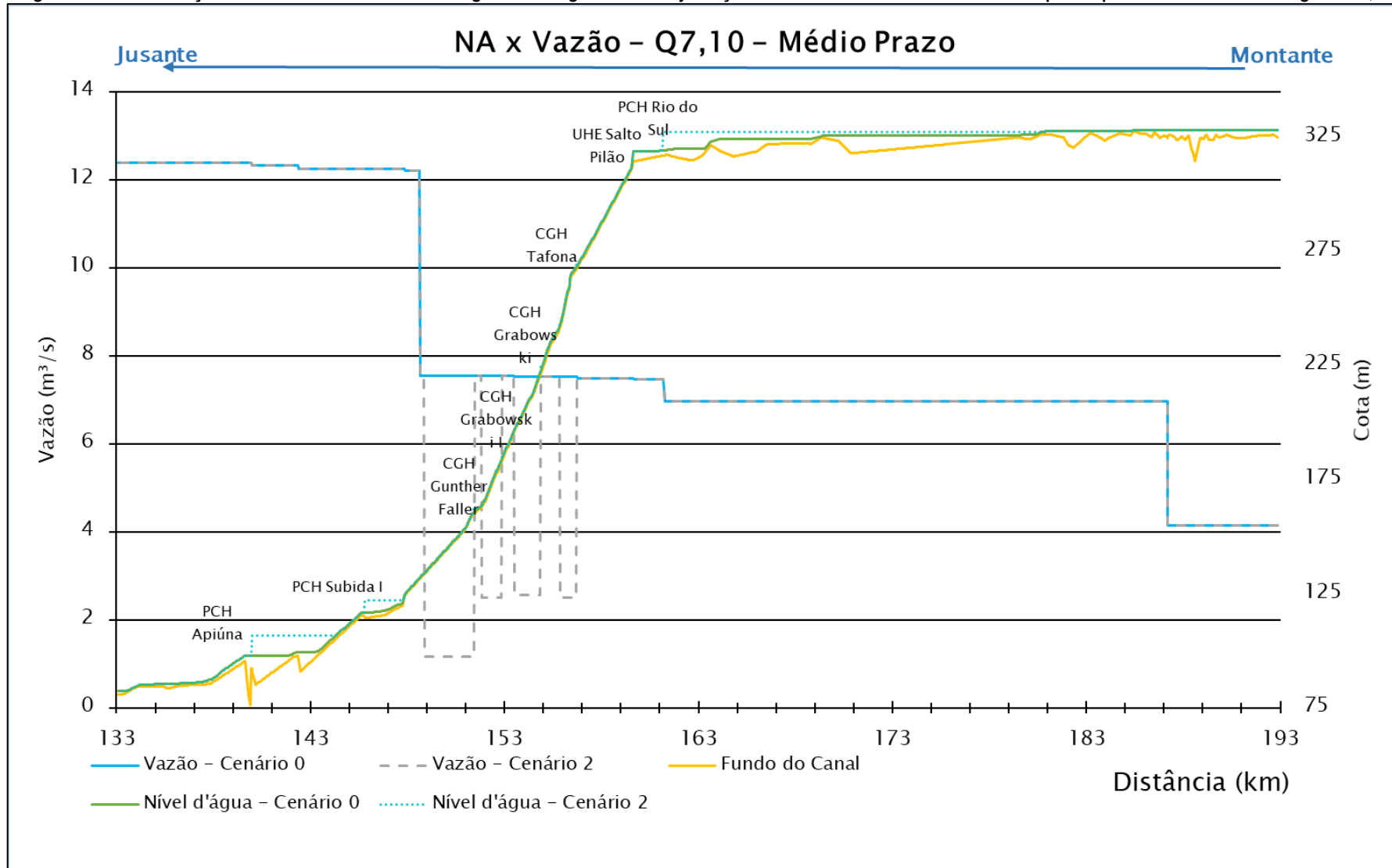




Figura 4-8 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10

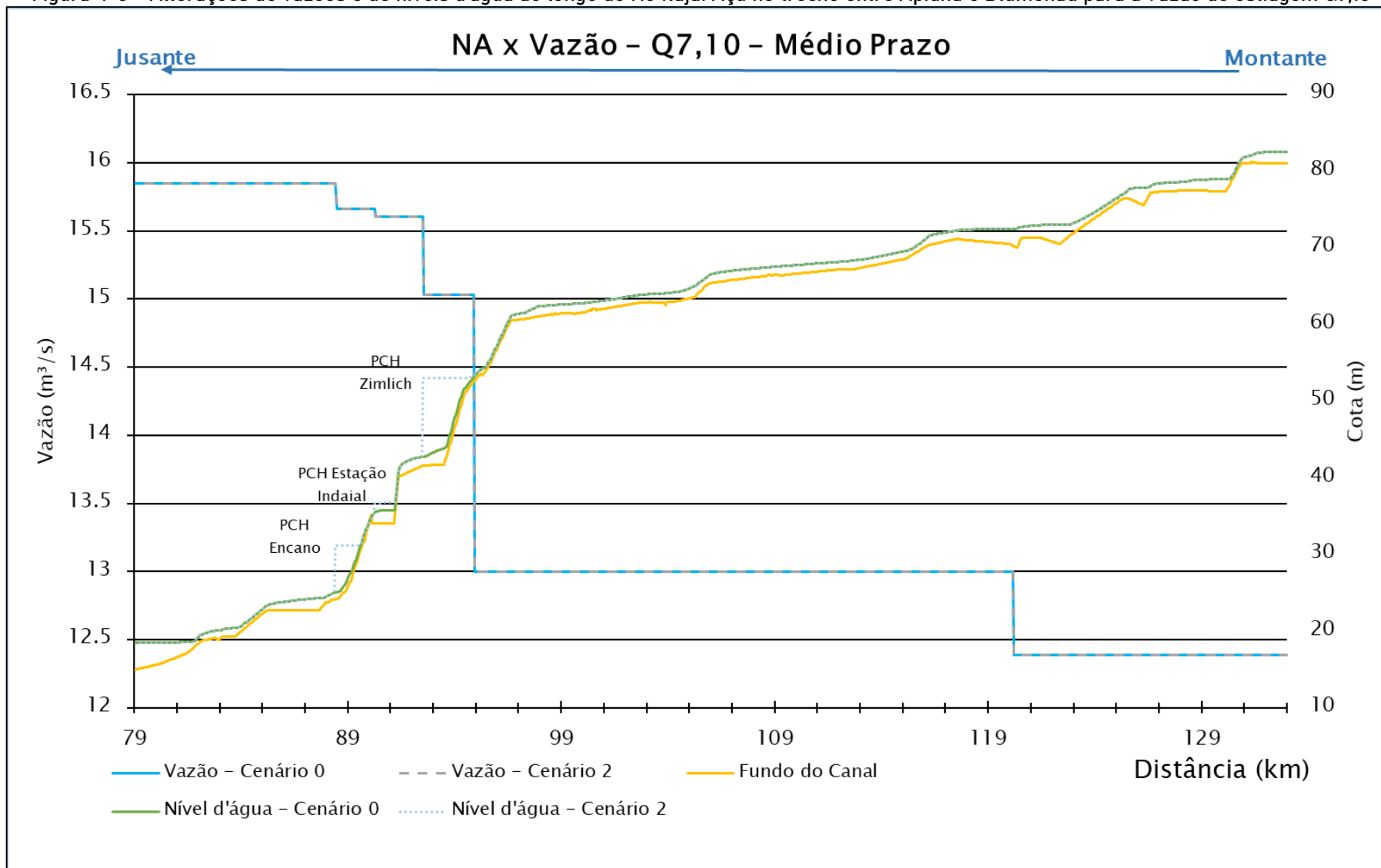




Figura 4-9 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de estiagem Q7,10

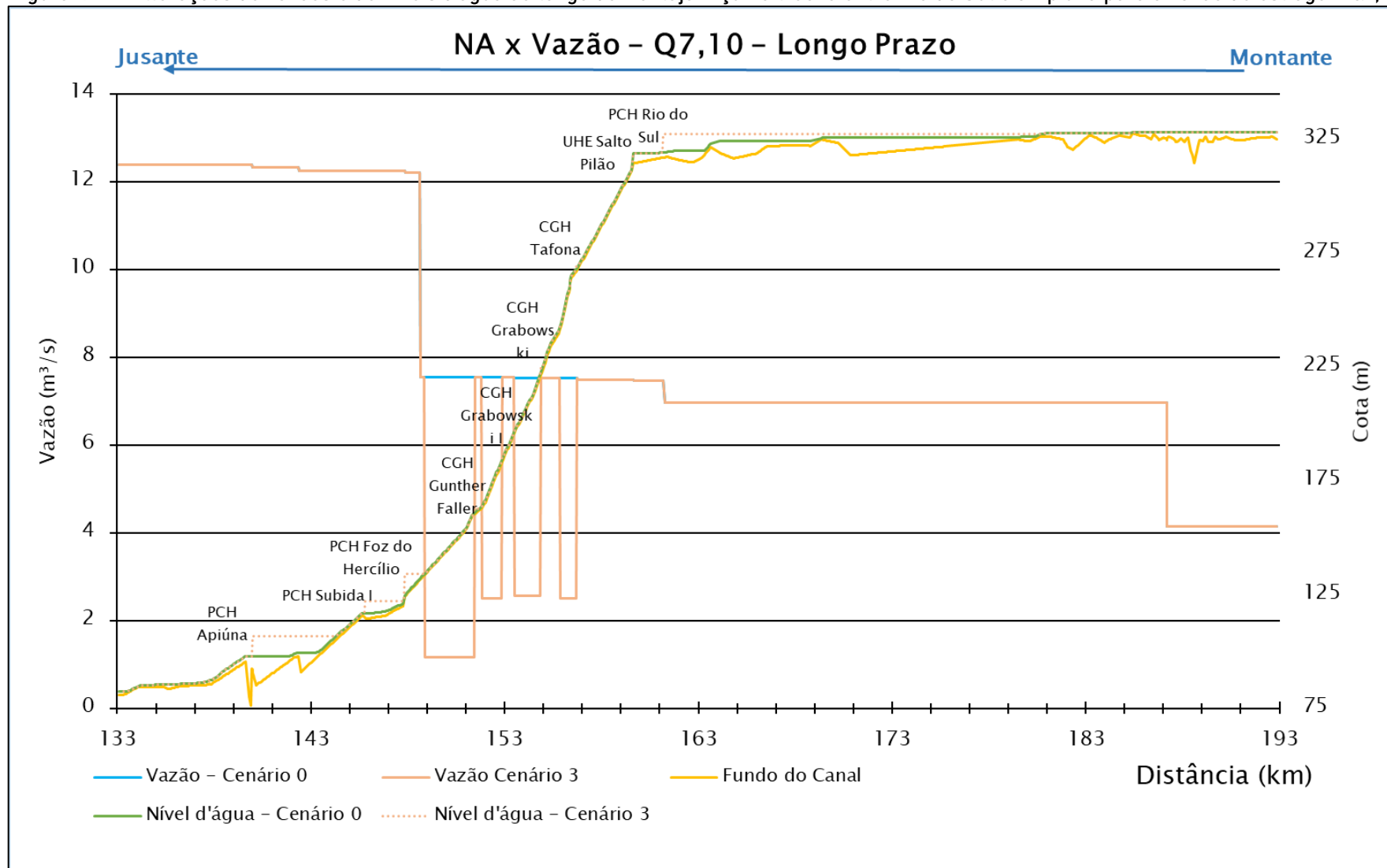
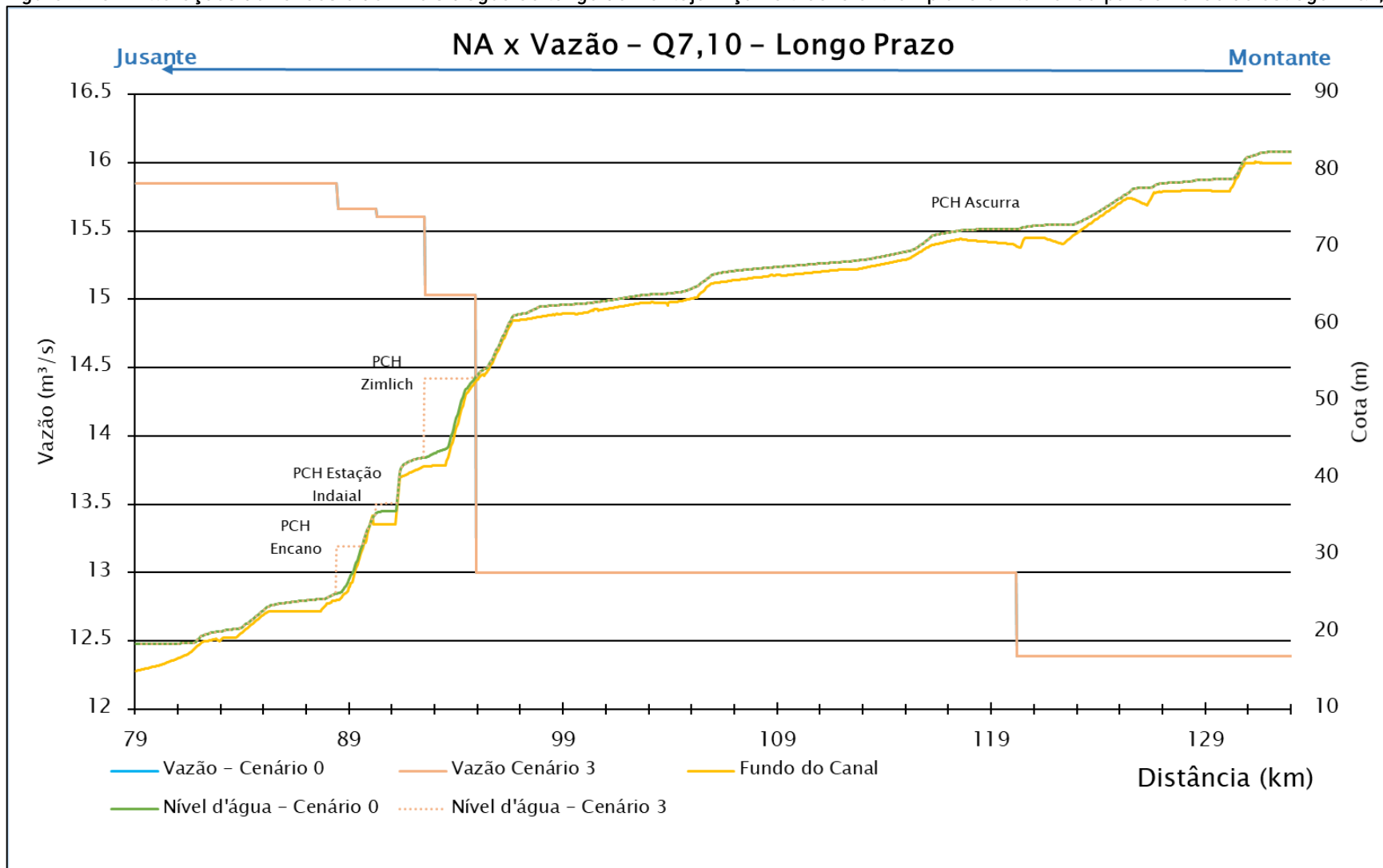




Figura 4-10 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10



Nas figuras a seguir é possível analisar a distribuição de vazão dos cenários atual e de longo prazo espacialmente, e observar a extensão do trecho afetado pelo turbinamento de vazão pelas CGHs em condição de estiagem.

Figura 4-11 - Vazão espacializada nas seções transversais para o cenário atual em vazão de estiagem

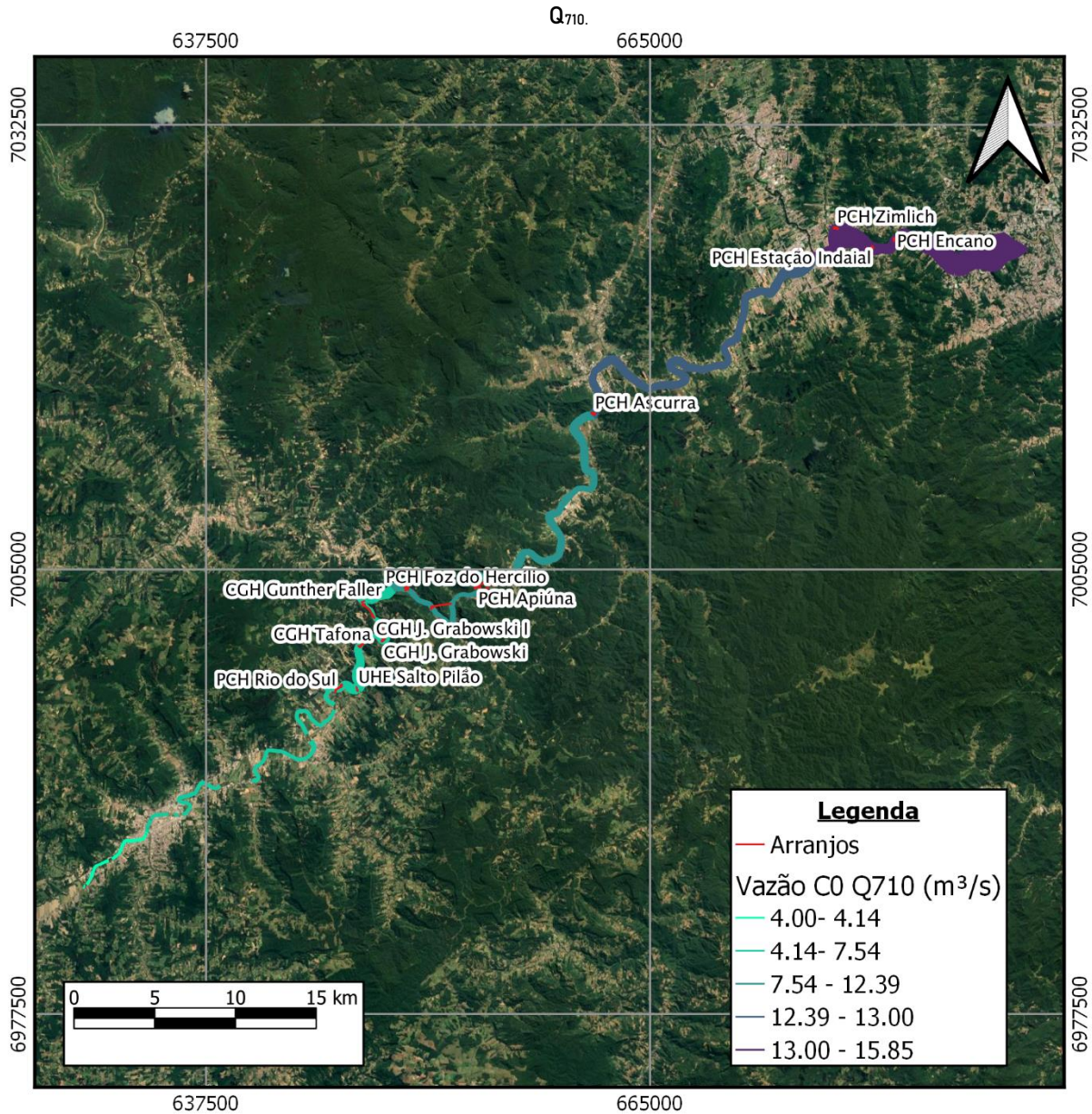


Figura 4-12 - Vazão especializada nas seções transversais para cenário de longo prazo em vazão de estiagem Q_{710} .

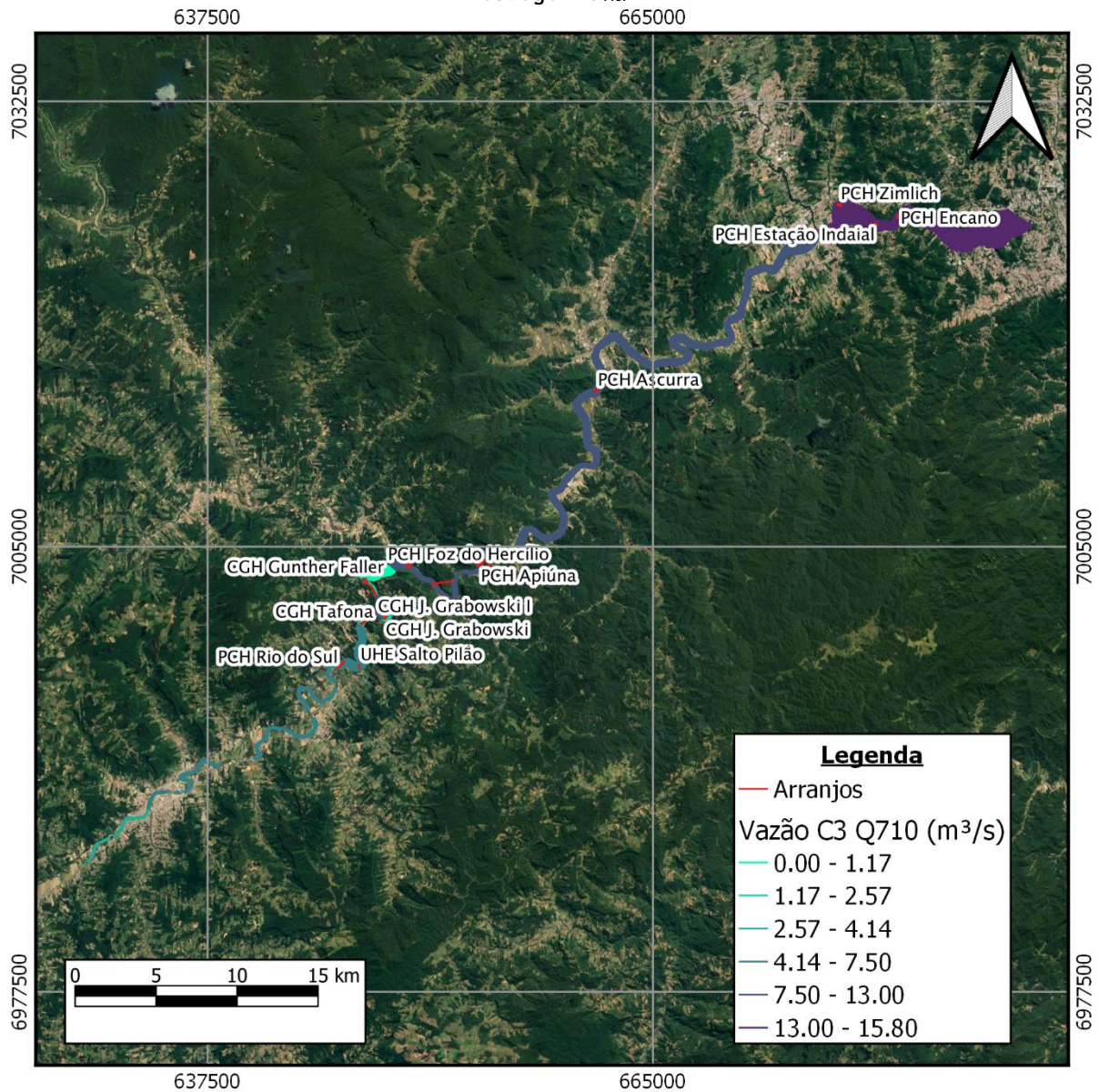


Figura 4-13 - Destaque para os trechos de vazão reduzida no cenário de vazão da Q710 no cenário de longo prazo.

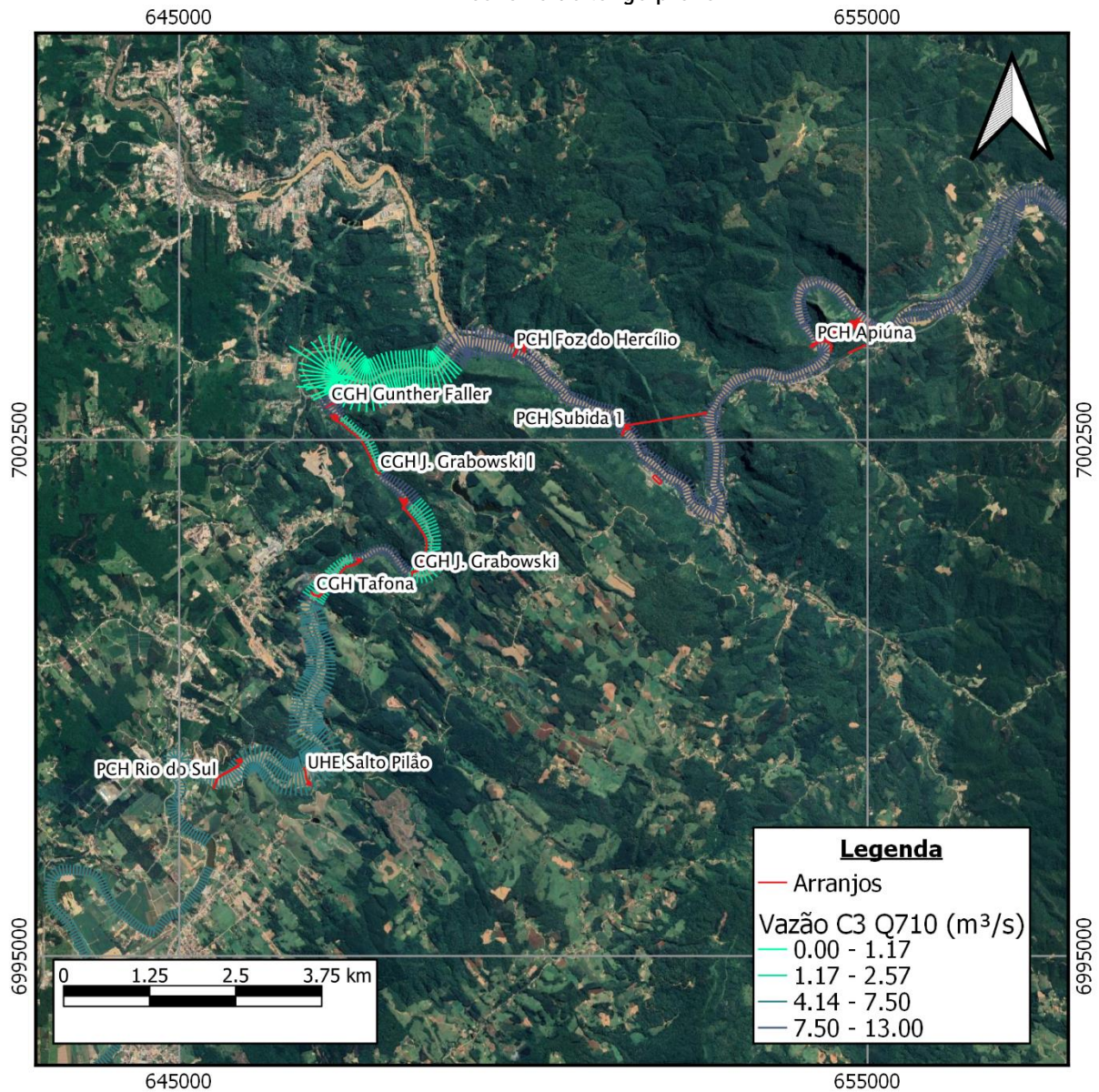




Figura 4-14 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10

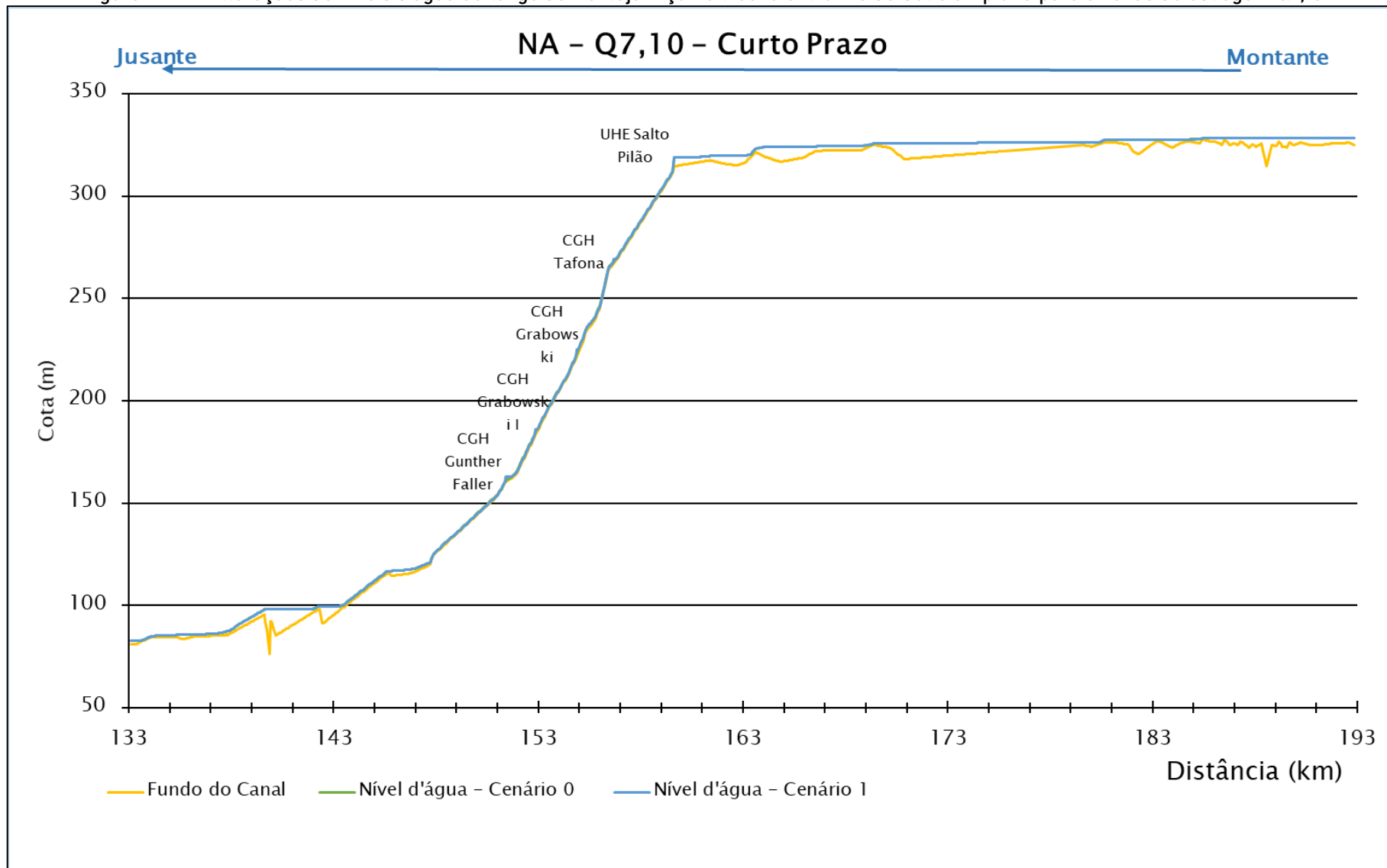




Figura 4-15 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10

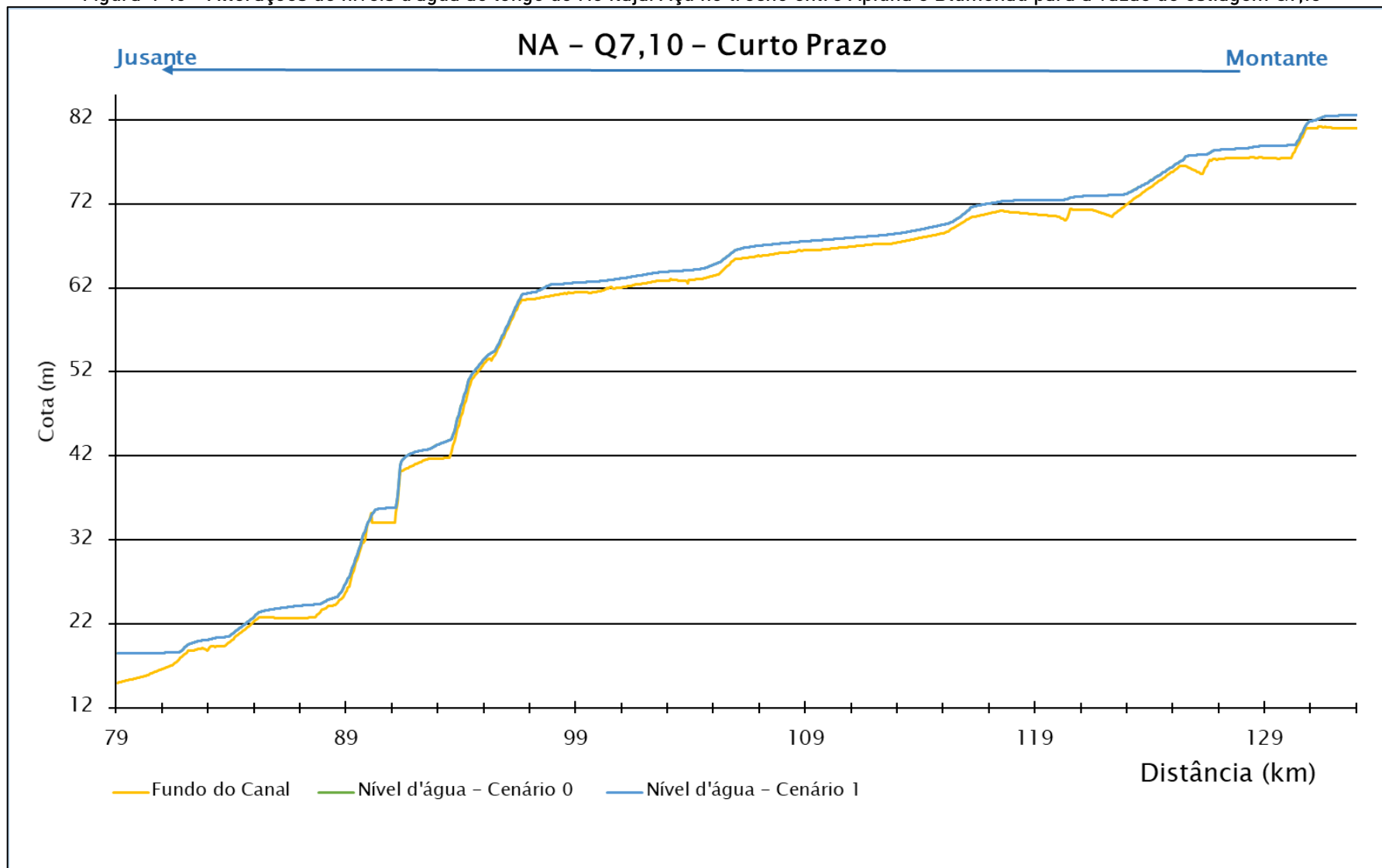




Figura 4-16 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de estiagem Q7,10

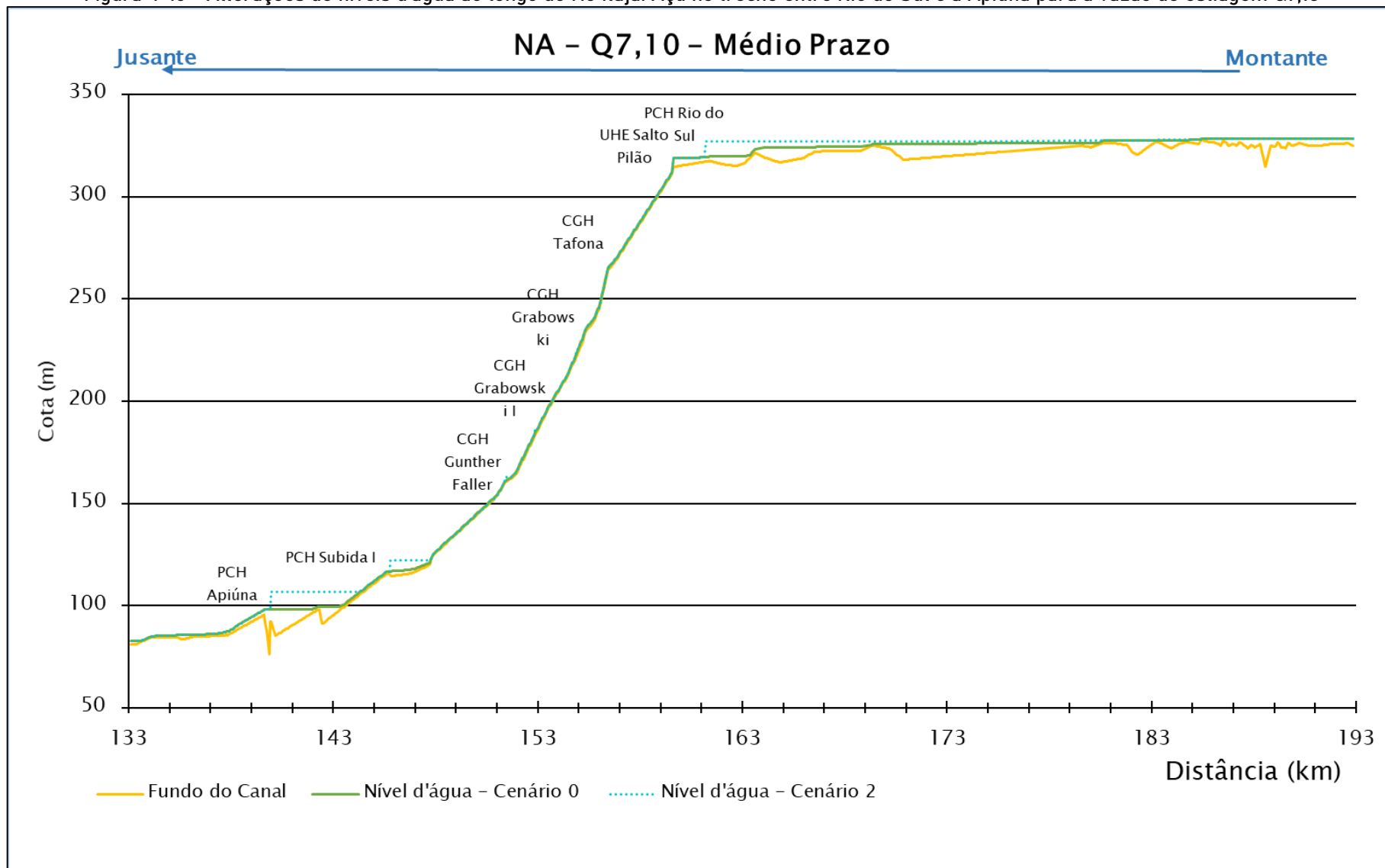




Figura 4-17 – Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10

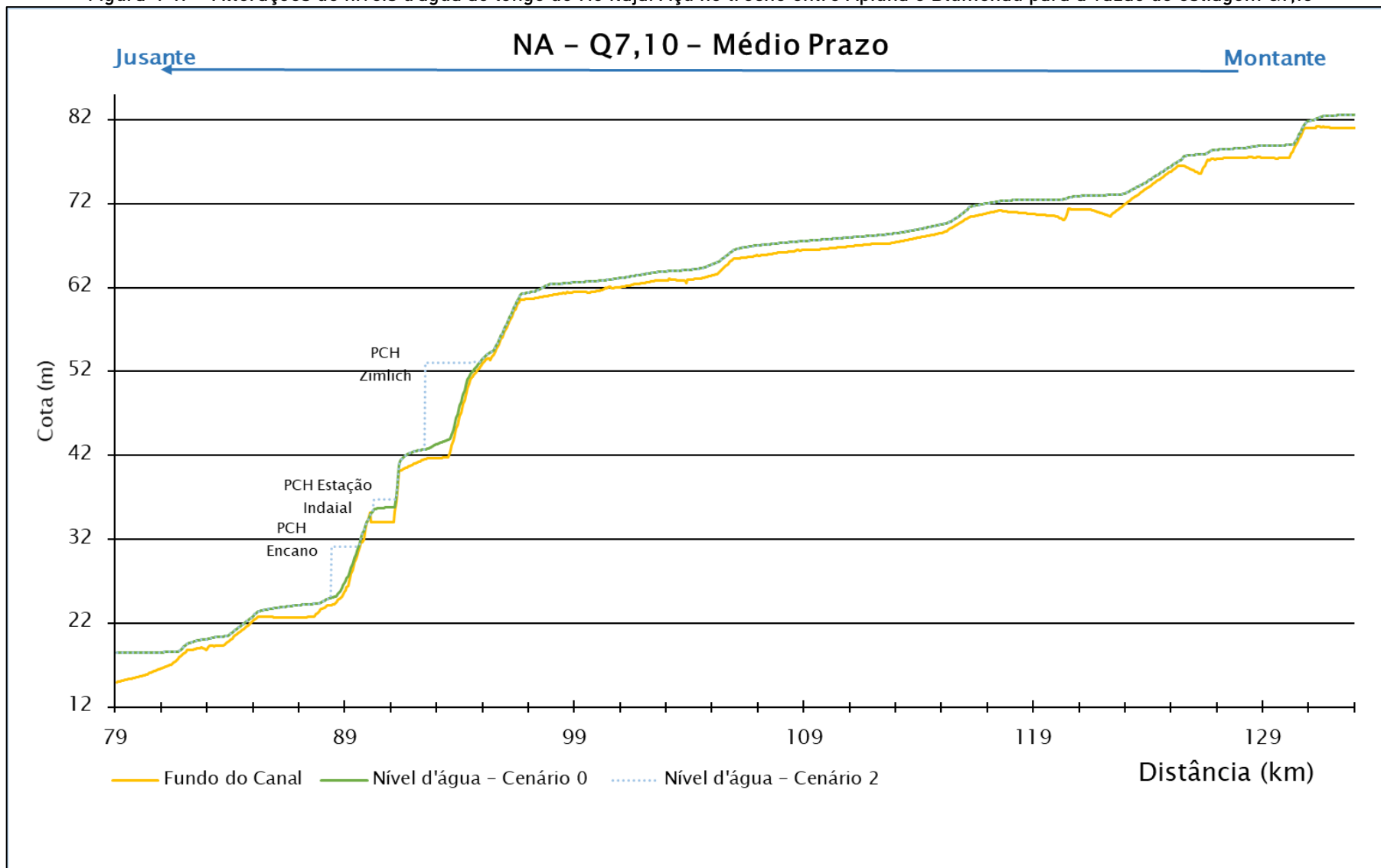




Figura 4-18 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de estiagem Q7,10

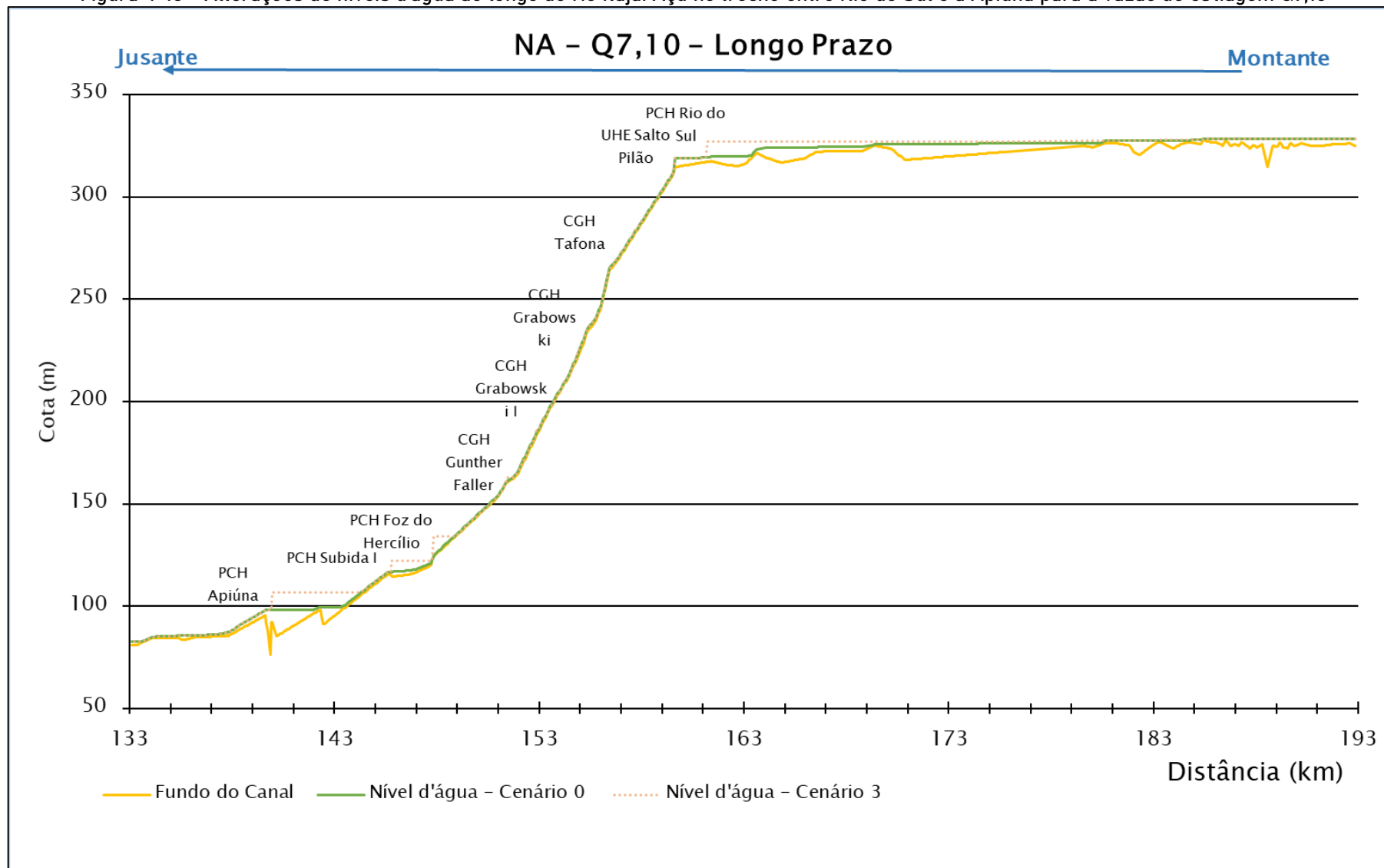
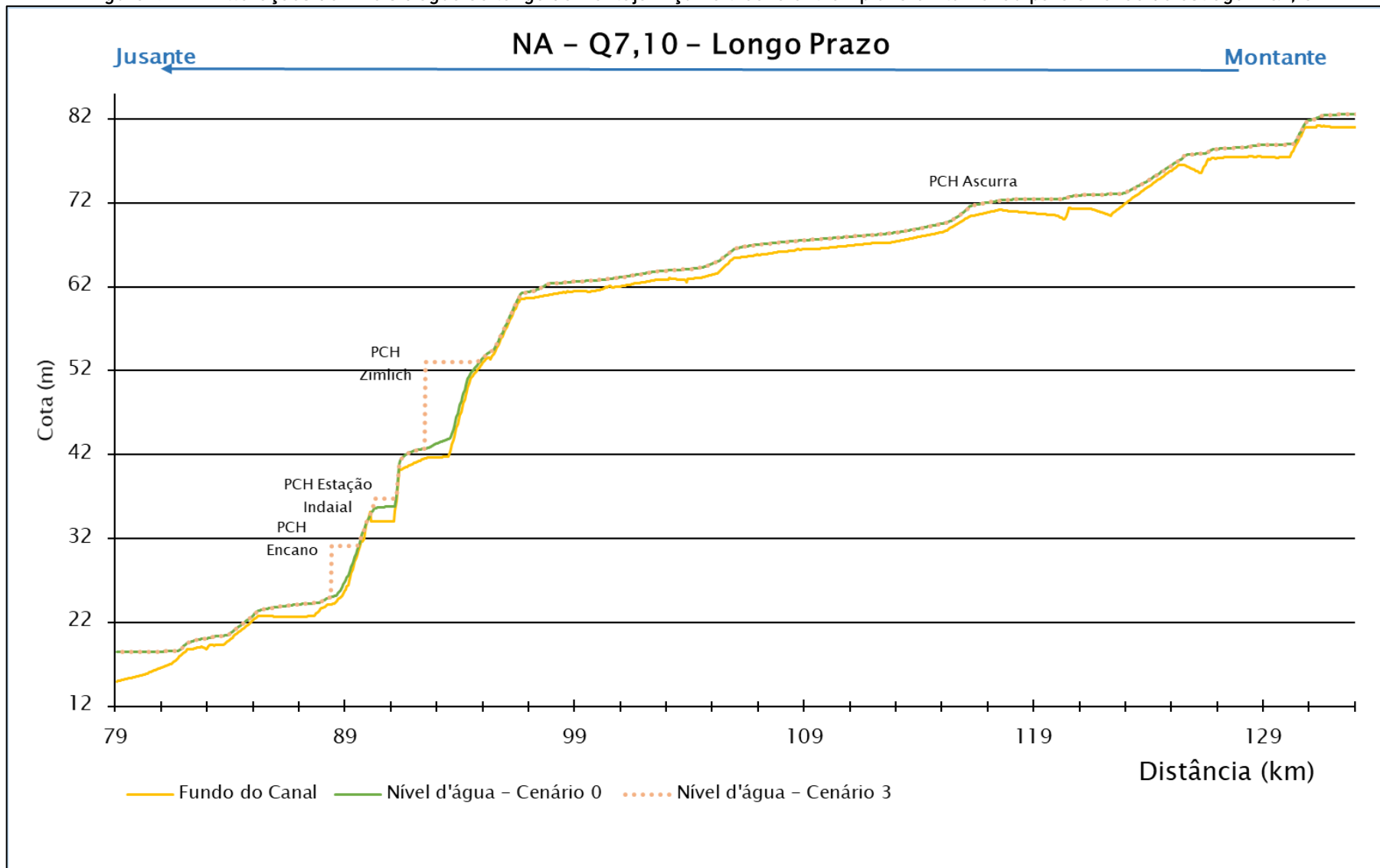




Figura 4-19 – Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10





É possível ainda identificar a alteração da velocidade ao longo do rio após a implantação das PCHs. Esta alteração se dá pela mudança nos regimes de escoamento, passando do regime turbulento, caracterizado por uma movimentação mais rápida das partículas, com trajetórias irregulares, para o escoamento laminar, onde o movimento é mais lento, típico de ambientes lênticos. A variação máxima de velocidade entre os cenários com e sem empreendimento é de -1.03 m/s e ocorre na região do reservatório da PCH Rio do Sul, presente nos cenários de médio e longo prazo.



Figura 4-20 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10

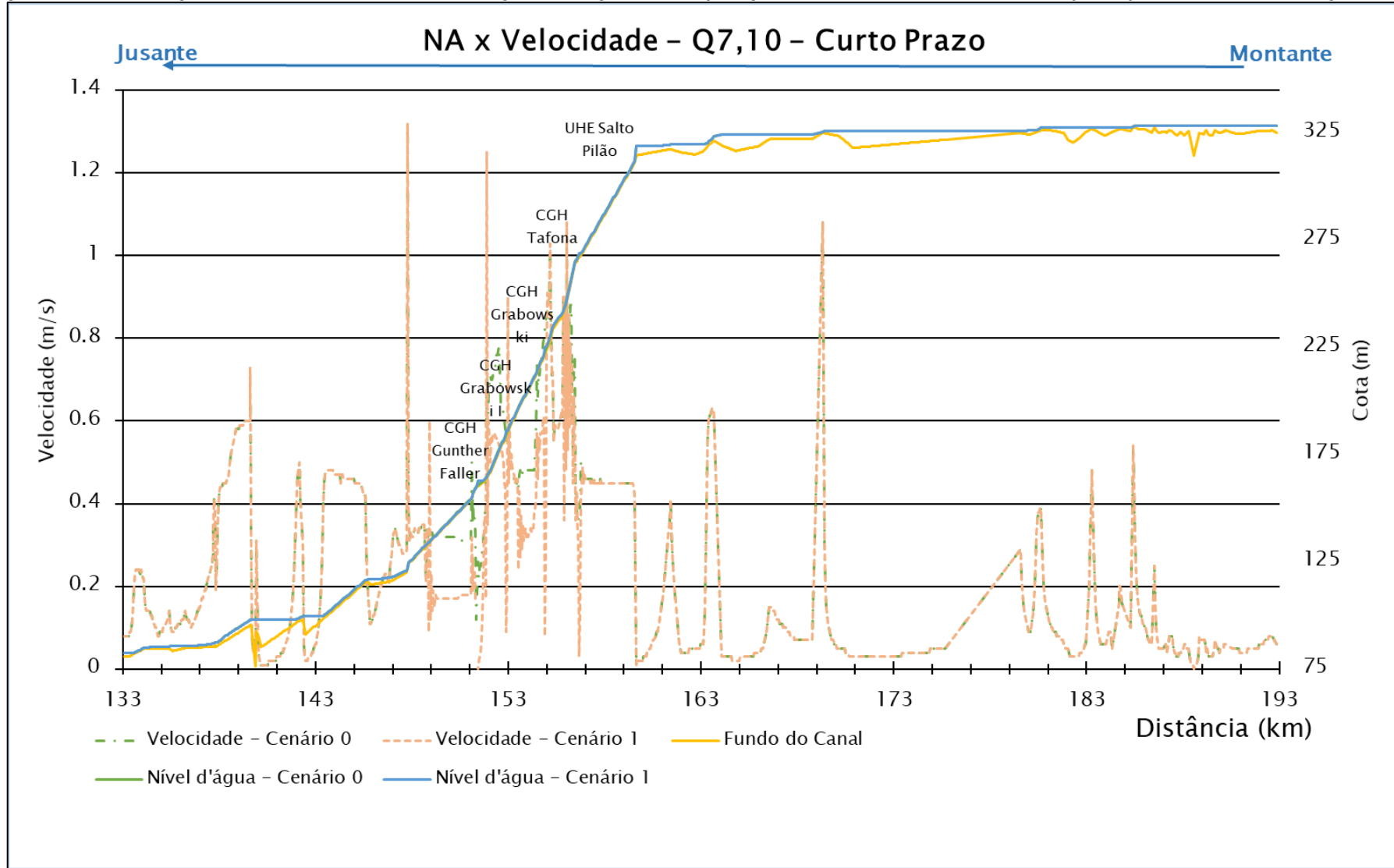




Figura 4-21 – Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10

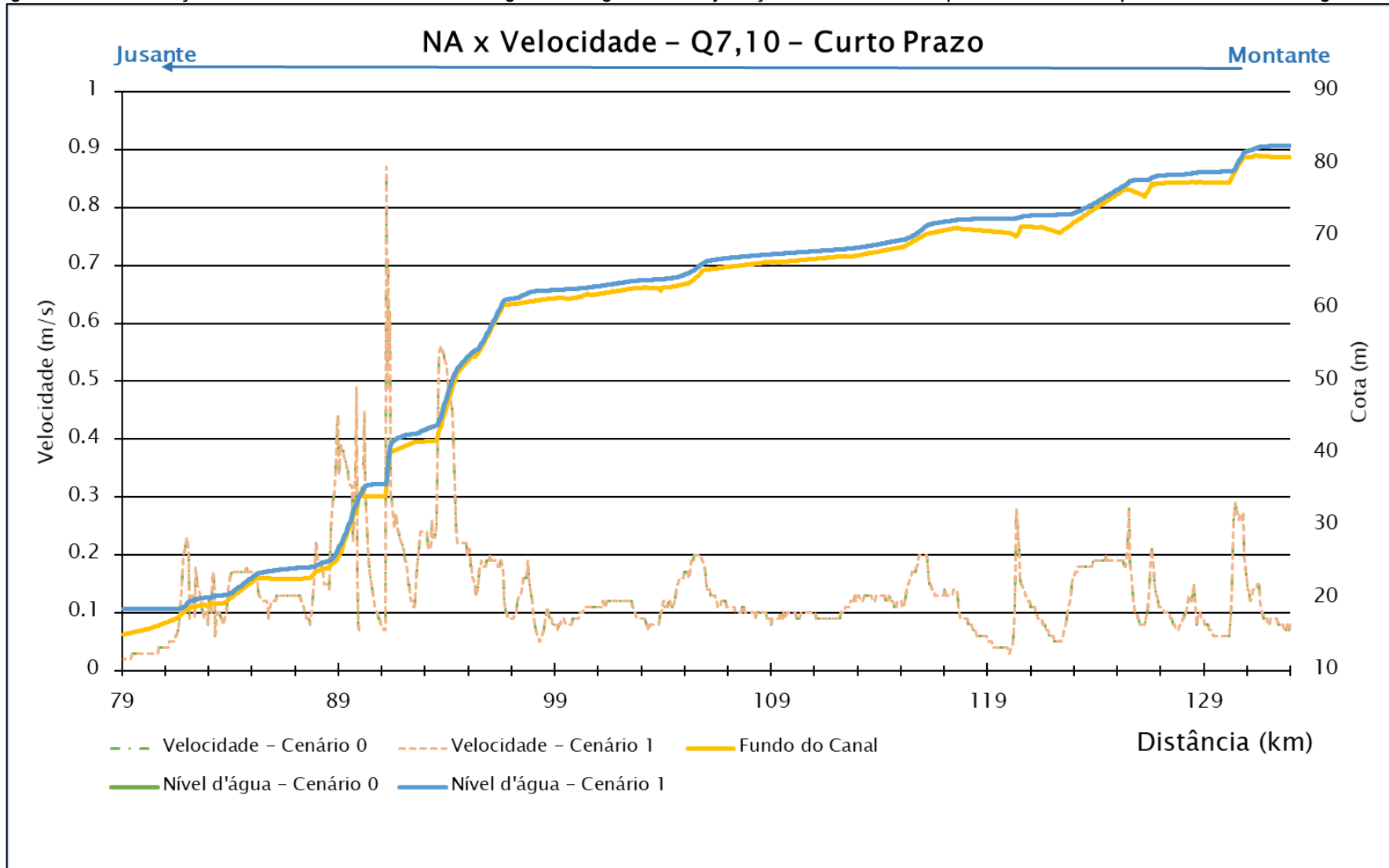




Figura 4-22 – Alterações de velocidades e de níveis d’água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10

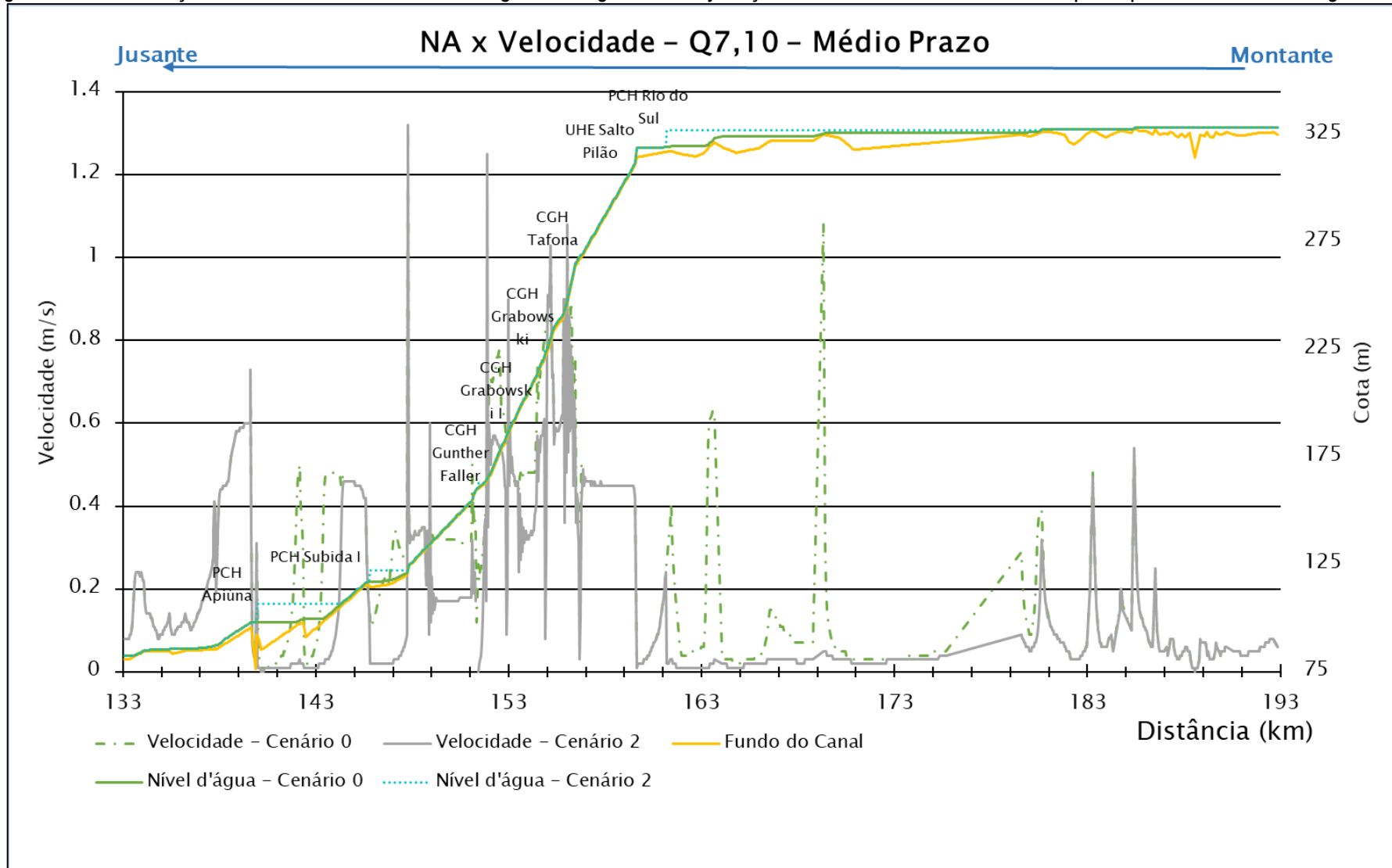




Figura 4-23 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10

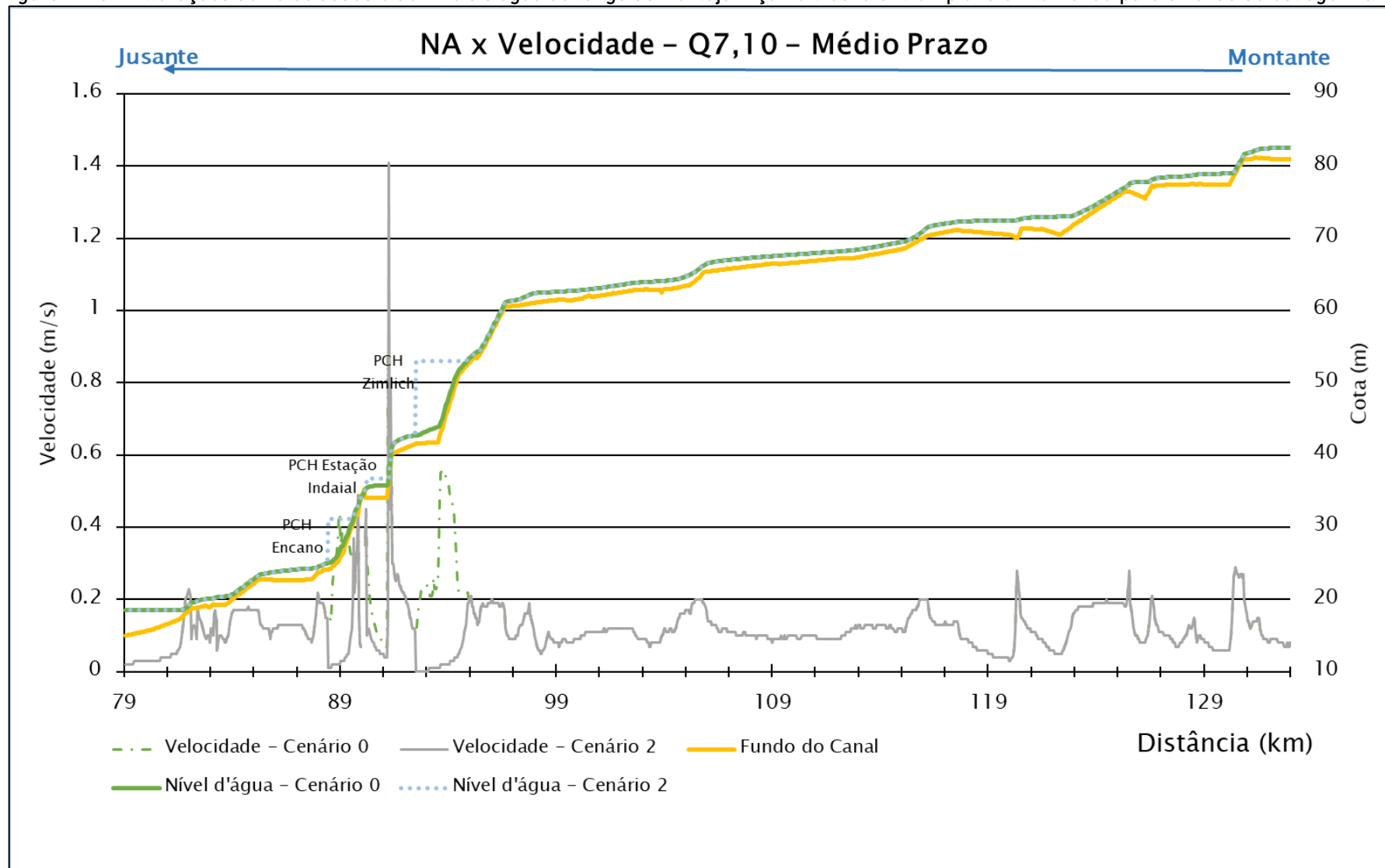




Figura 4-24 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de estiagem Q7,10

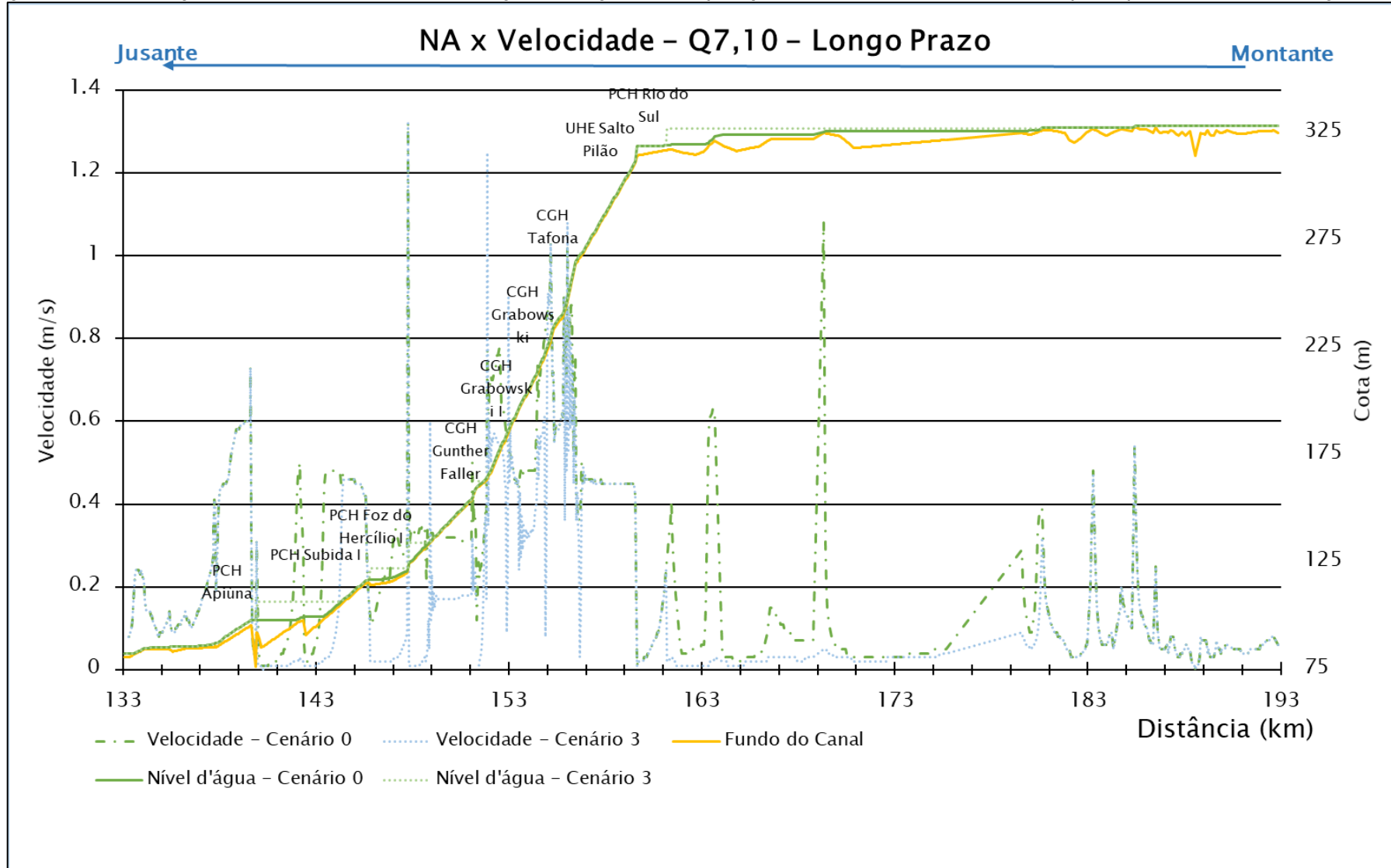
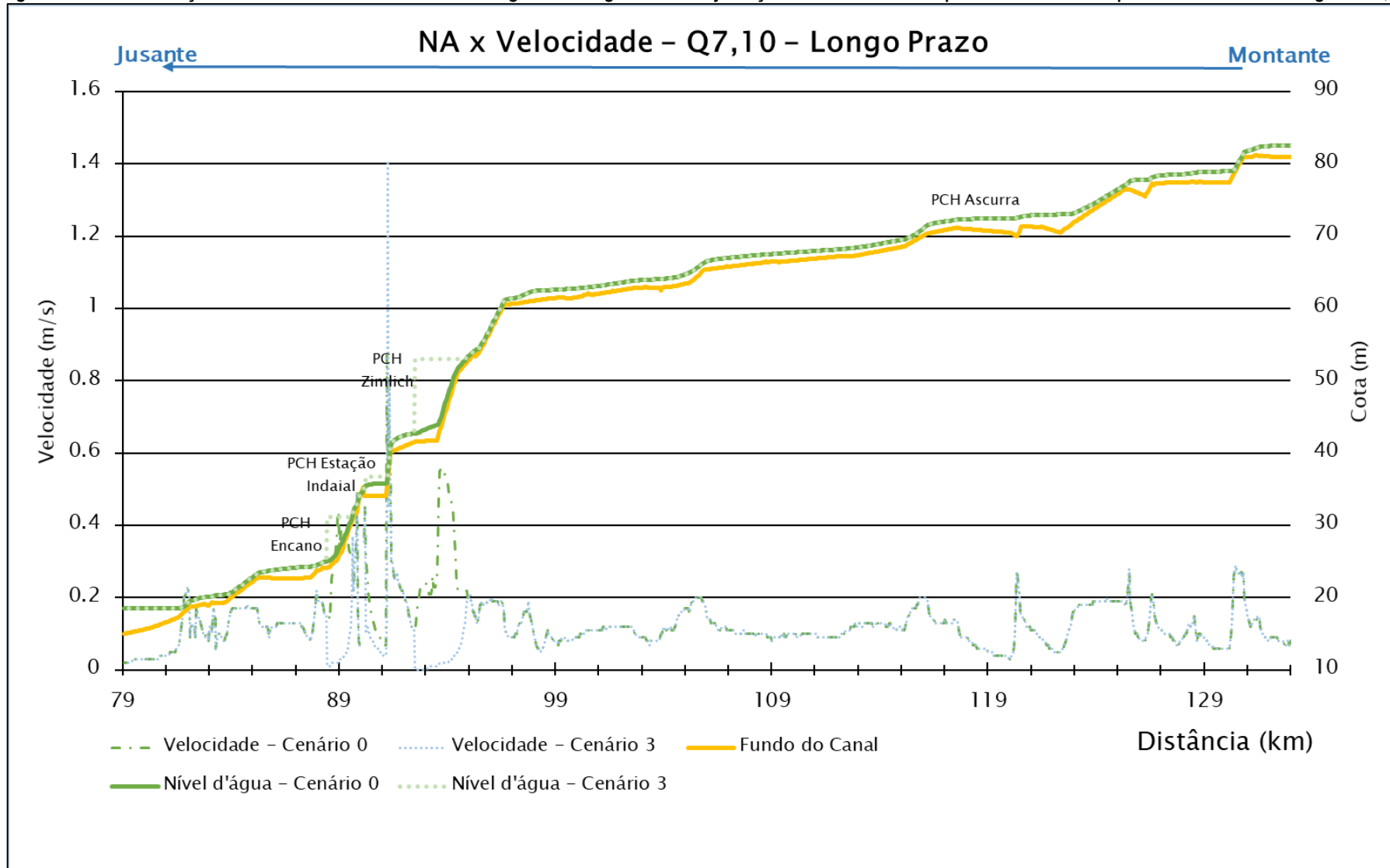




Figura 4-25 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de estiagem Q7,10





4.5.2 Vazões, níveis d'água e velocidades QMLT

A vazão média de longo termo é utilizada para avaliar cenários de vazão normal, a condição em que o rio estará a maior parte do tempo. Neste cenário de vazão, assim como na vazão de estiagem destacam-se as vazões nos trechos e vazão reduzida das CGHs Tafona, José Grabowski, José Grabowski I e Gunther Faller. Como as vazões ecológicas definidas nos projetos são 33% da vazão sanitária da UHE Salto Pilão, neste cenário no rio Itajaí Açu aproximadamente 4,0 km, que corresponde a soma de todos os TVRs estarão com vazão de 2,4 m³/s. No caso da CGH Gunther Faller, o TVR terá vazão remanescente de 1,17 m³/s. A Q_{7,10} natural para esse trecho é de 7,27 m³/s. Portanto este trecho do rio permanecerá com vazão inferior a vazão Q₇₁₀ por maior parte do tempo, a exceção de eventos extremos de vazões de cheia.



Figura 4-26 – Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT

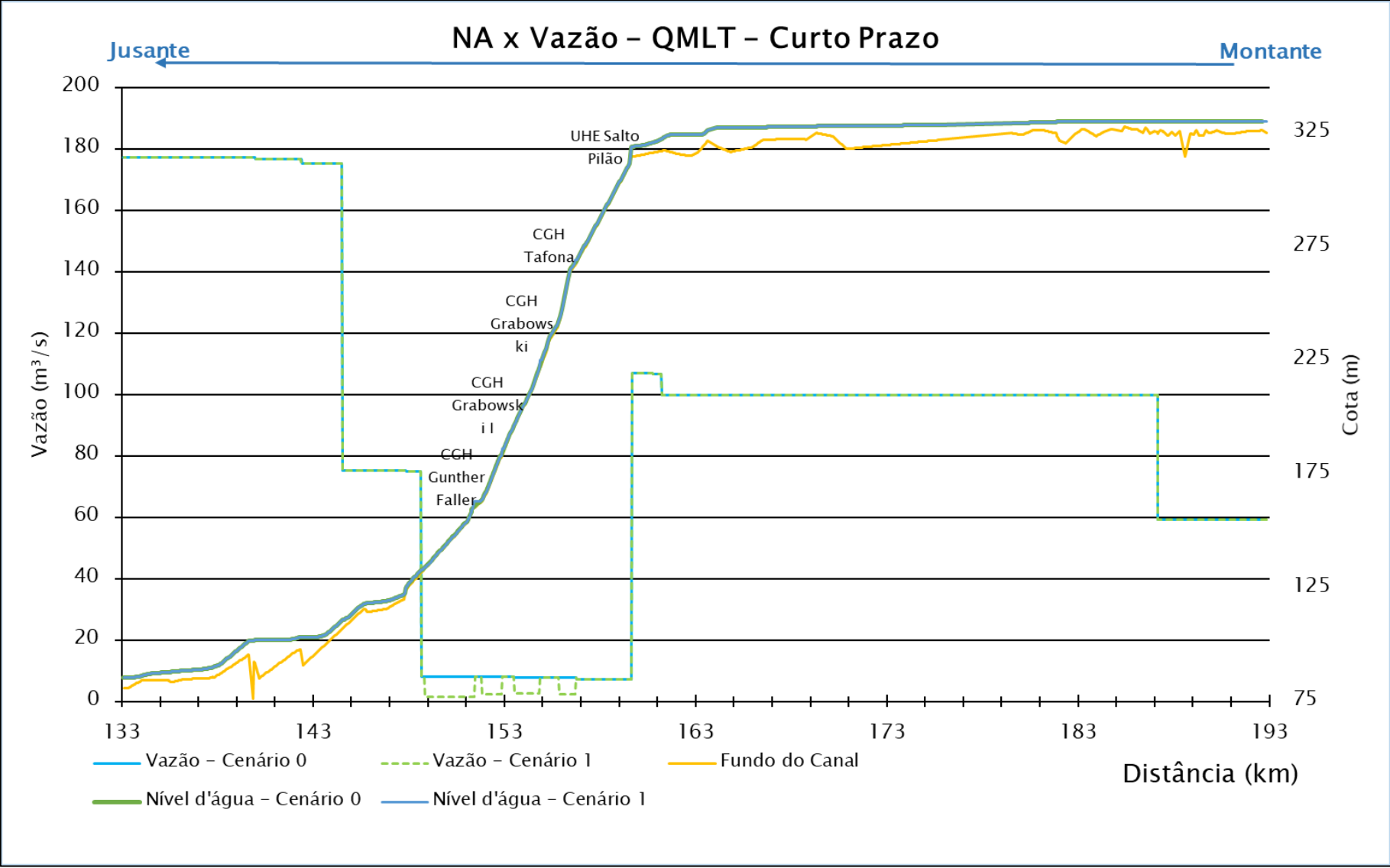




Figura 4-27 – Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT

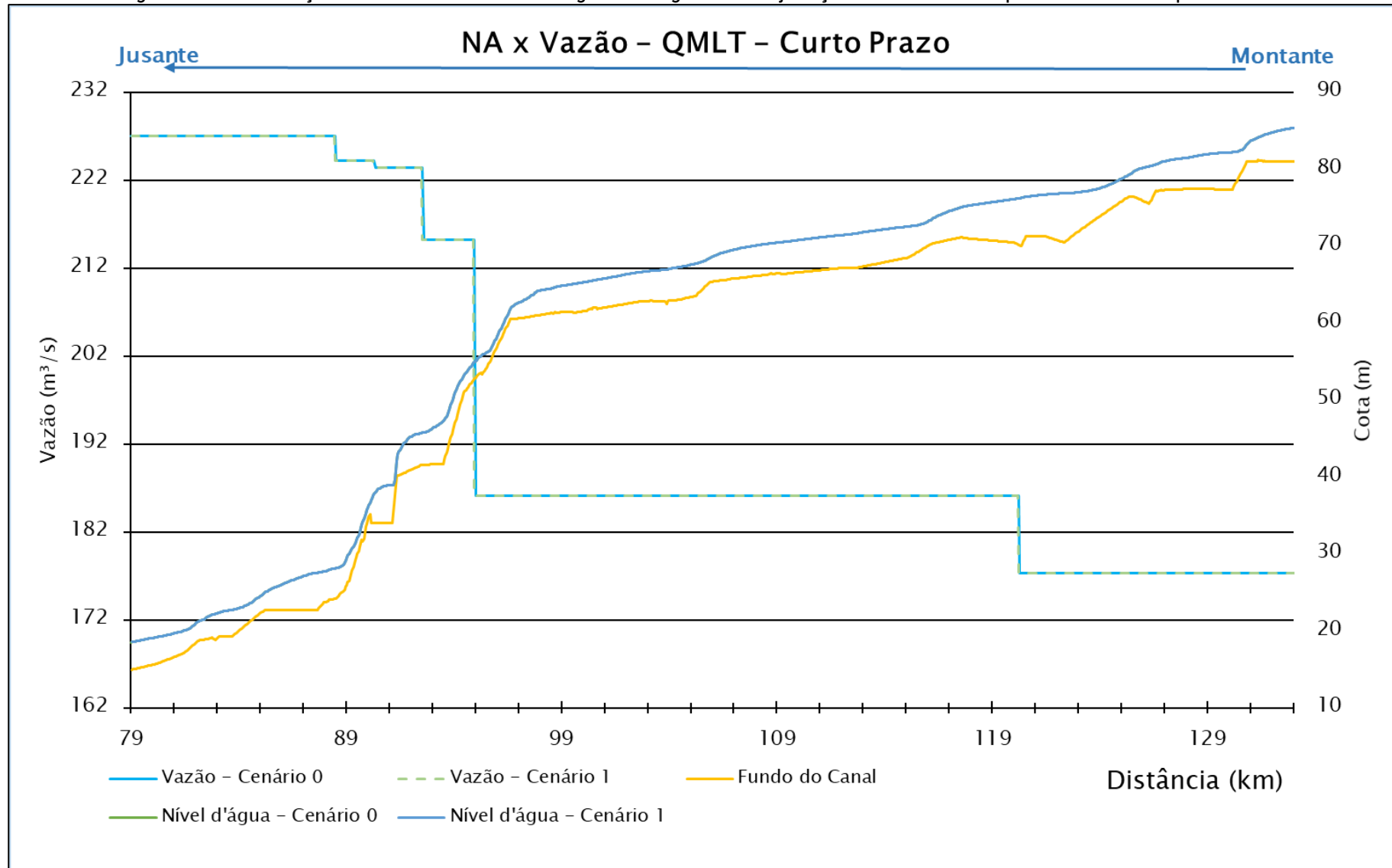




Figura 4-28 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão QMLT

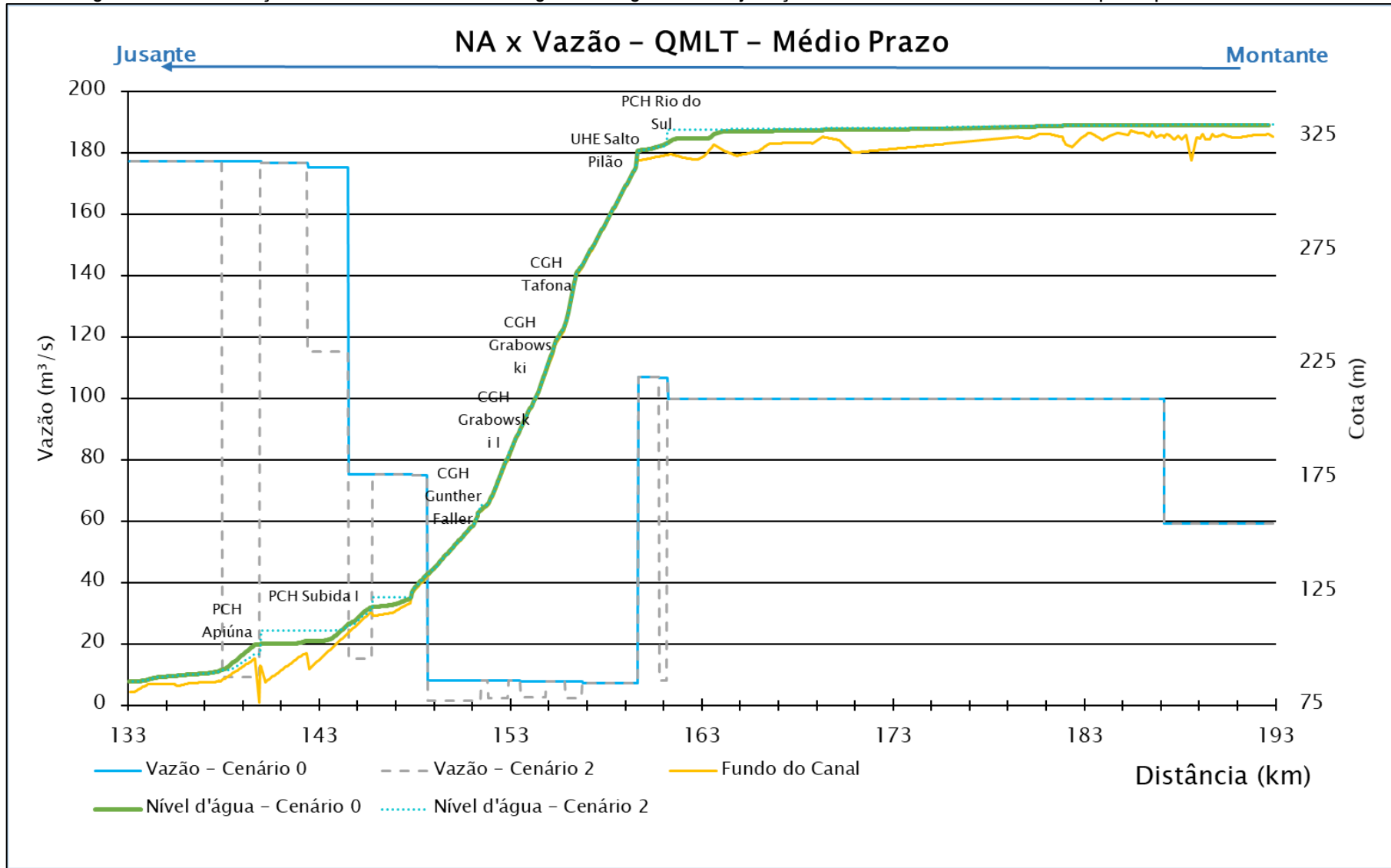




Figura 4-29 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT

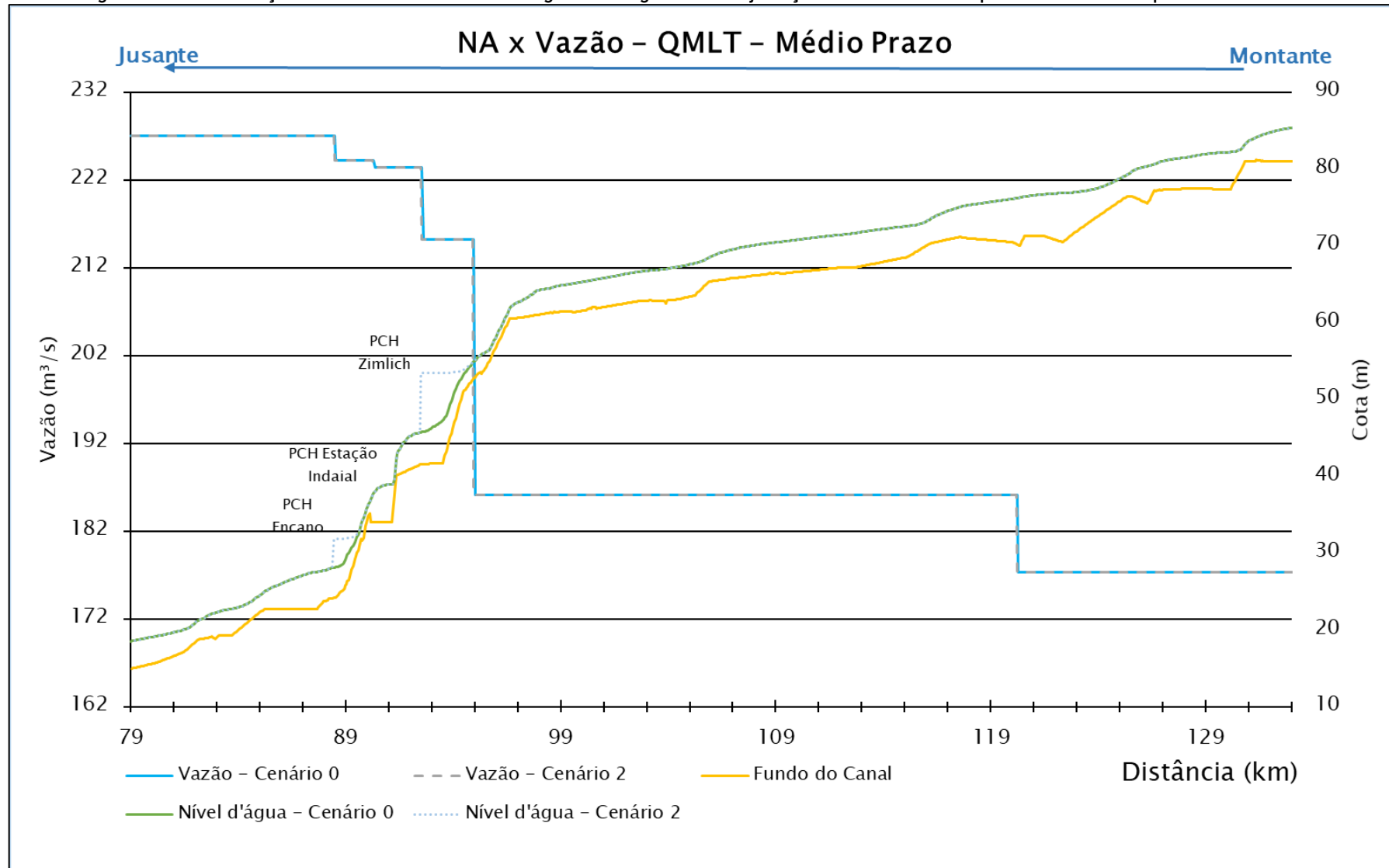




Figura 4-30 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão QMLT

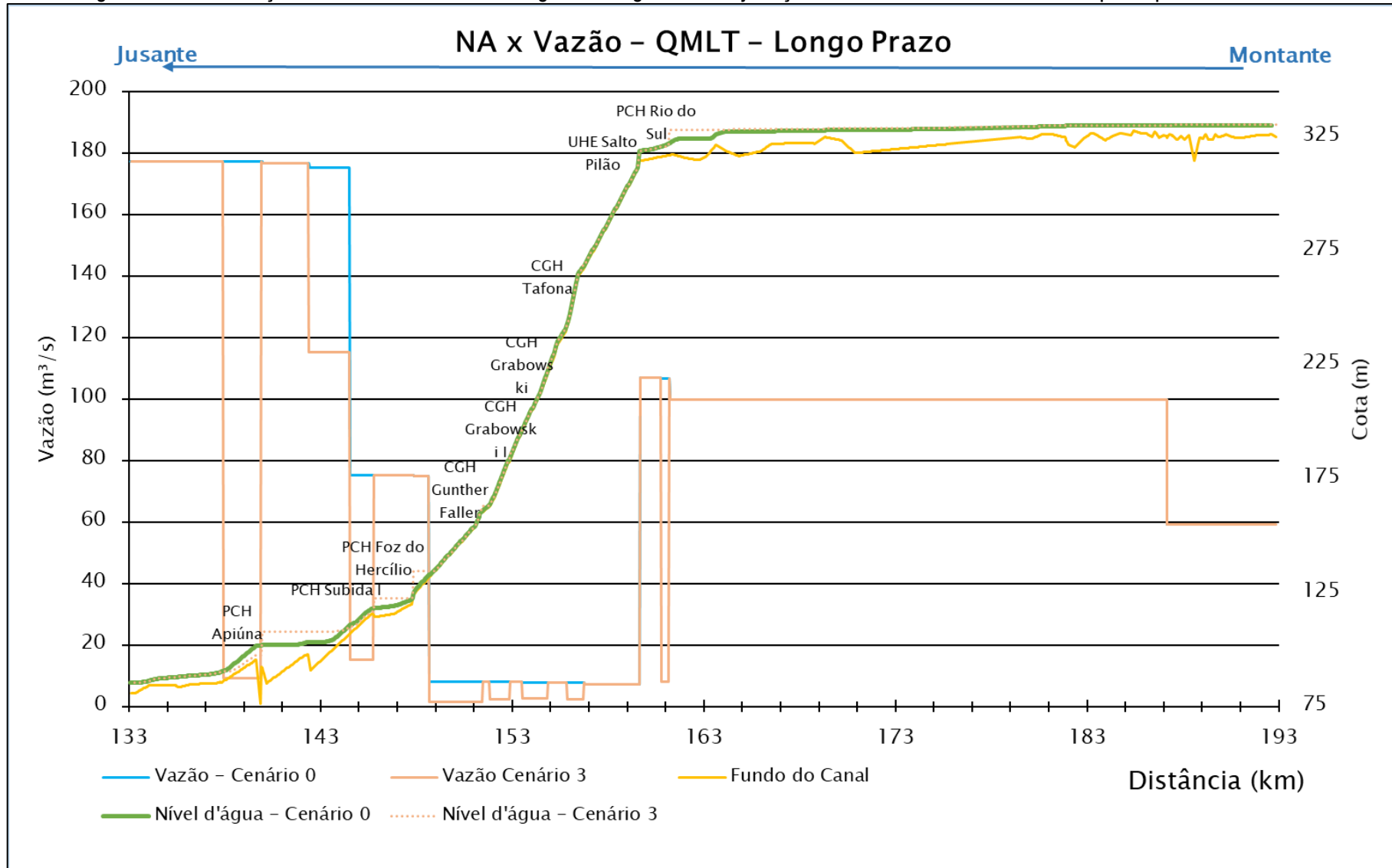
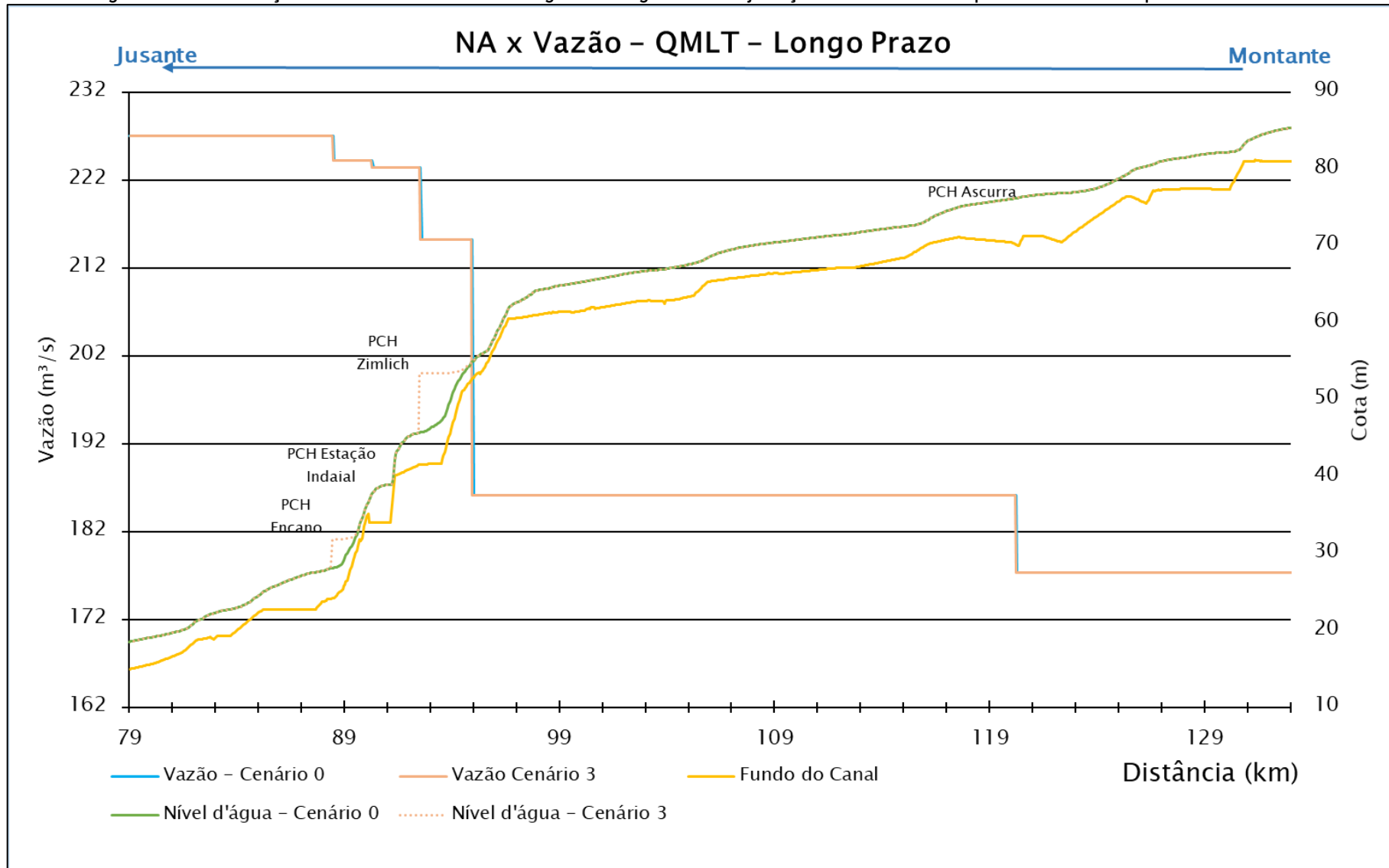




Figura 4-31 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT



Nas figuras a seguir é possível ver a distribuição de vazão especializadas para os cenários atual e de longo prazo.

Figura 4-32 - Vazão espacializada nas seções transversais para o cenário atual na vazão Q_{MLT} .

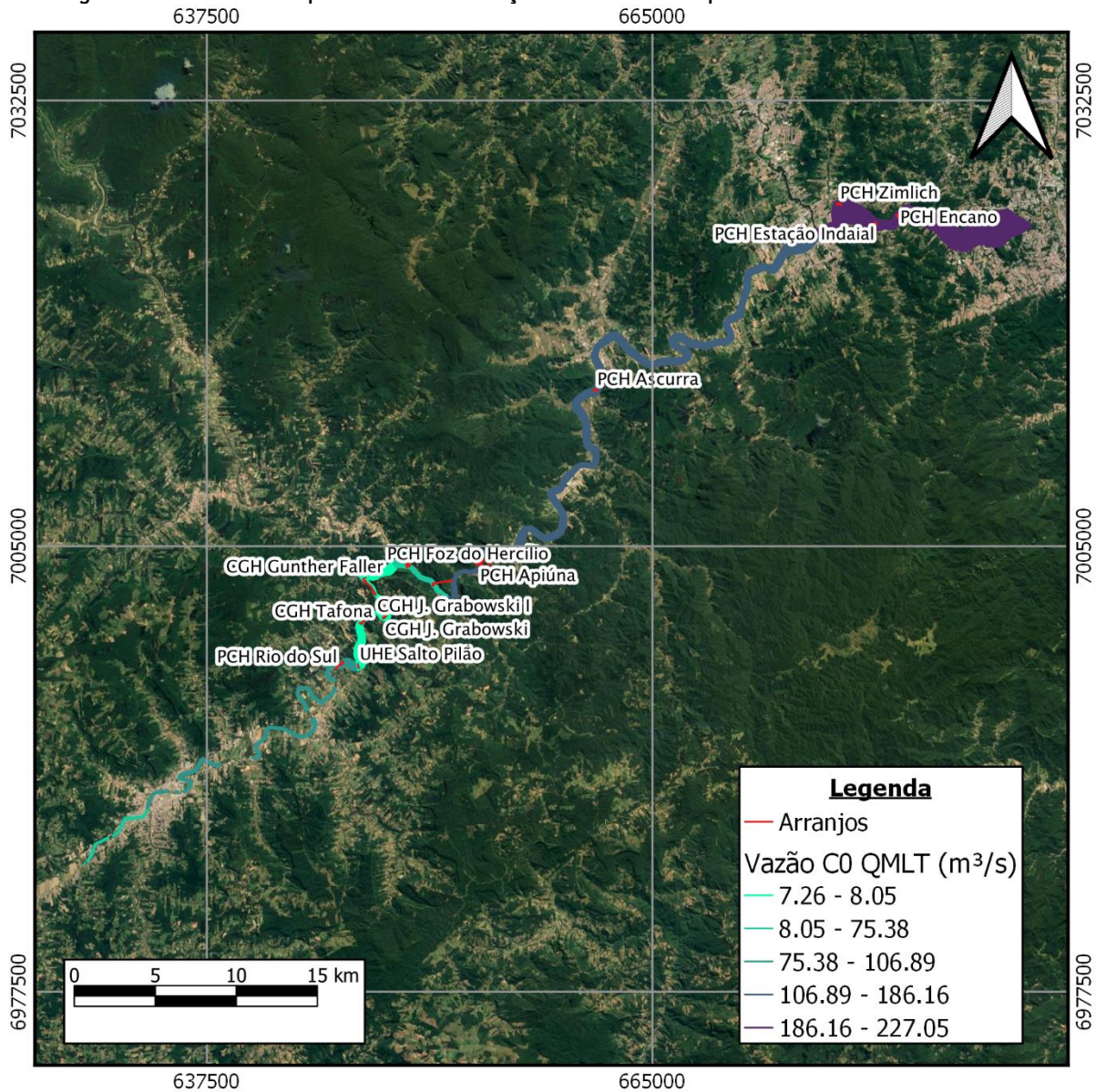


Figura 4-33 - Vazão espacializada nas seções transversais para o cenário de longo prazo na vazão Q_{MLT} .

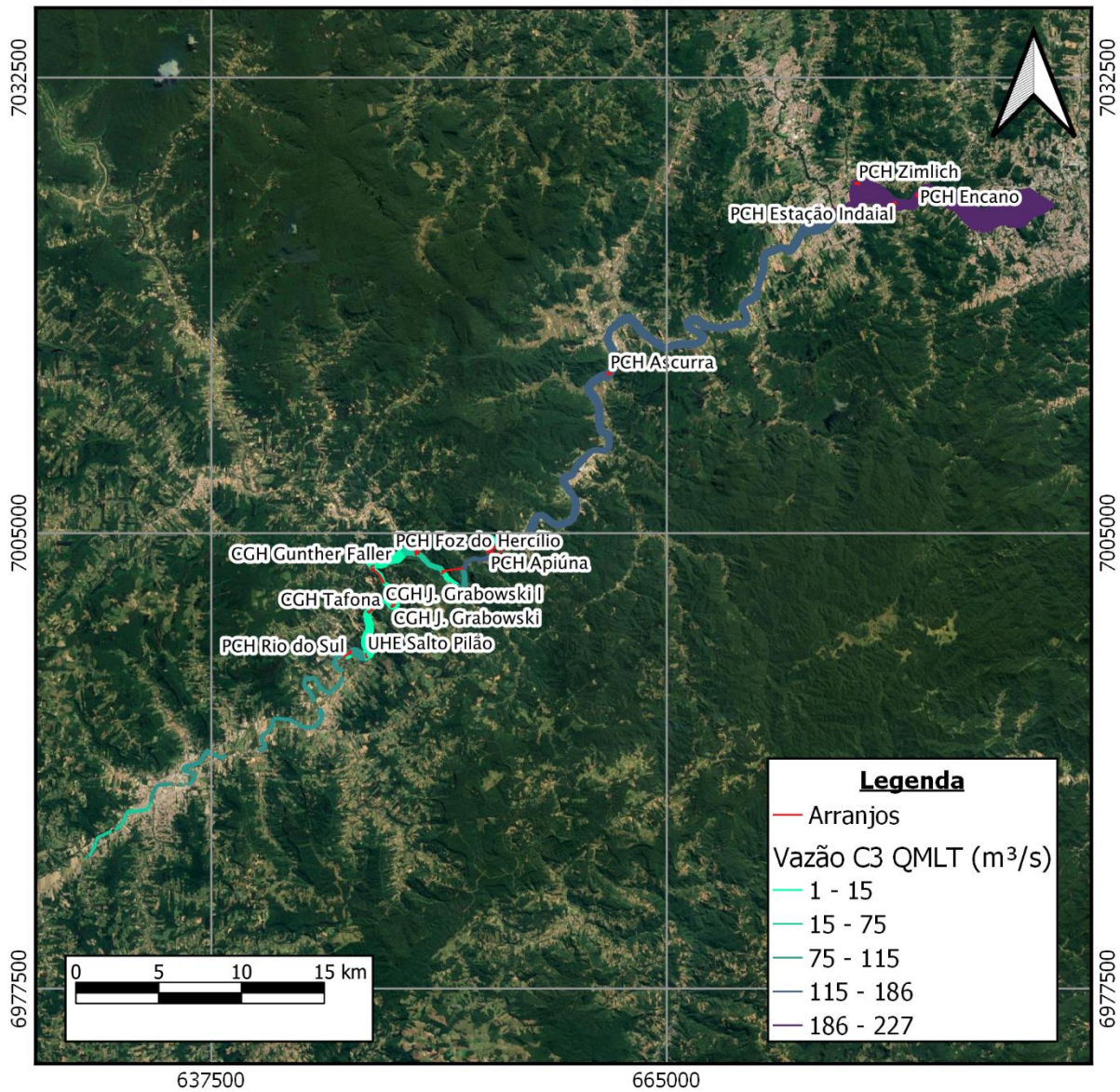
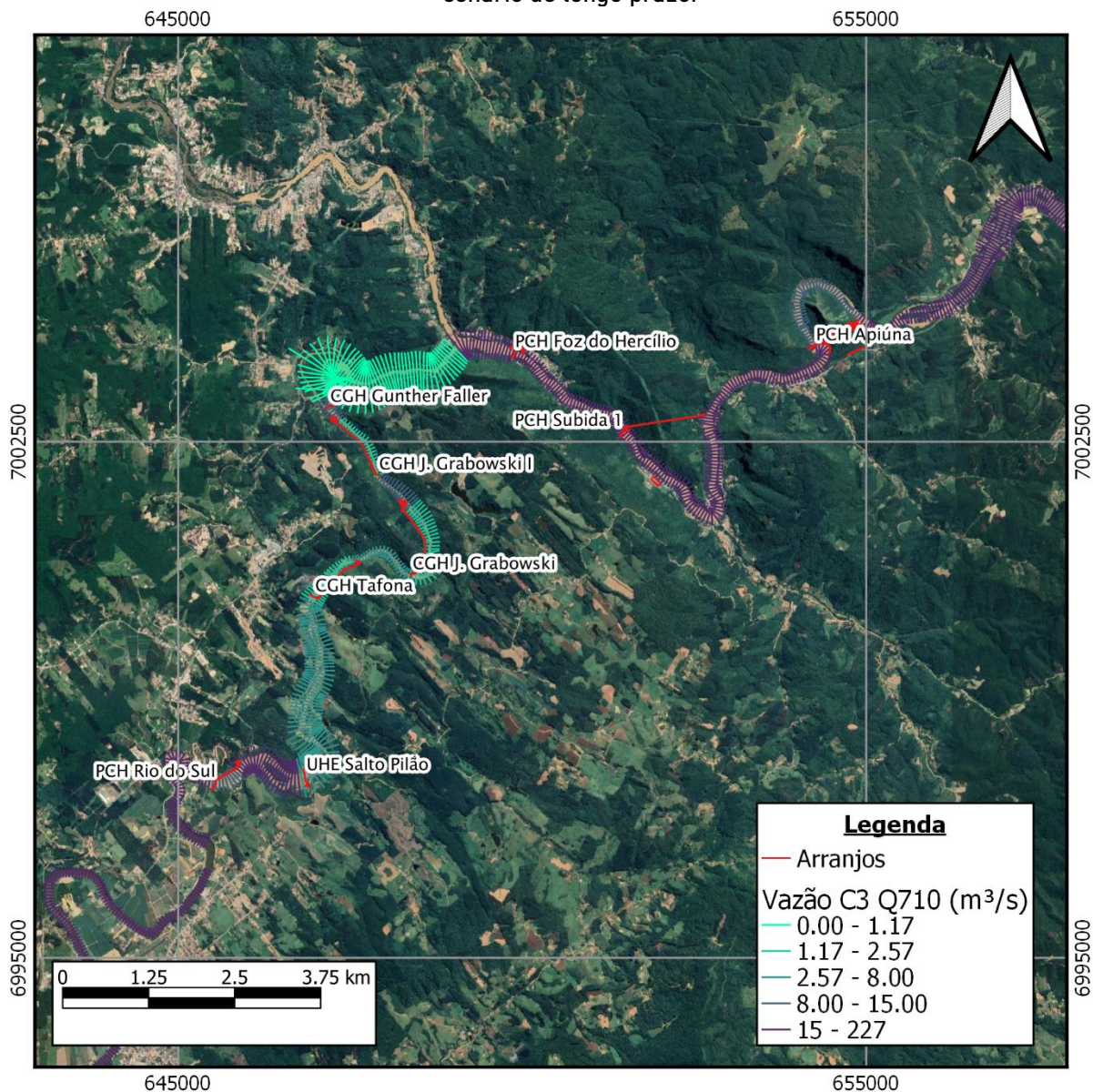


Figura 4-34 - Destaque para os trechos de vazão reduzida das CGHs no cenário de vazão QMLT no cenário de longo prazo.



A maior alteração de nível causado pelo reservatório, numericamente, é, no entanto, na PCH Foz do Hercílio, de 9,38 metros, embora seja um reservatório de pequena extensão.

Neste cenário é possível observar uma alteração de nível nos trechos de vazão reduzida. A maior alteração ocorre no trecho de vazão reduzida da PCH Apiúna, acarretando em uma diminuição de 4,33 metros. O TVR possui 2 km.



Figura 4-35 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT.

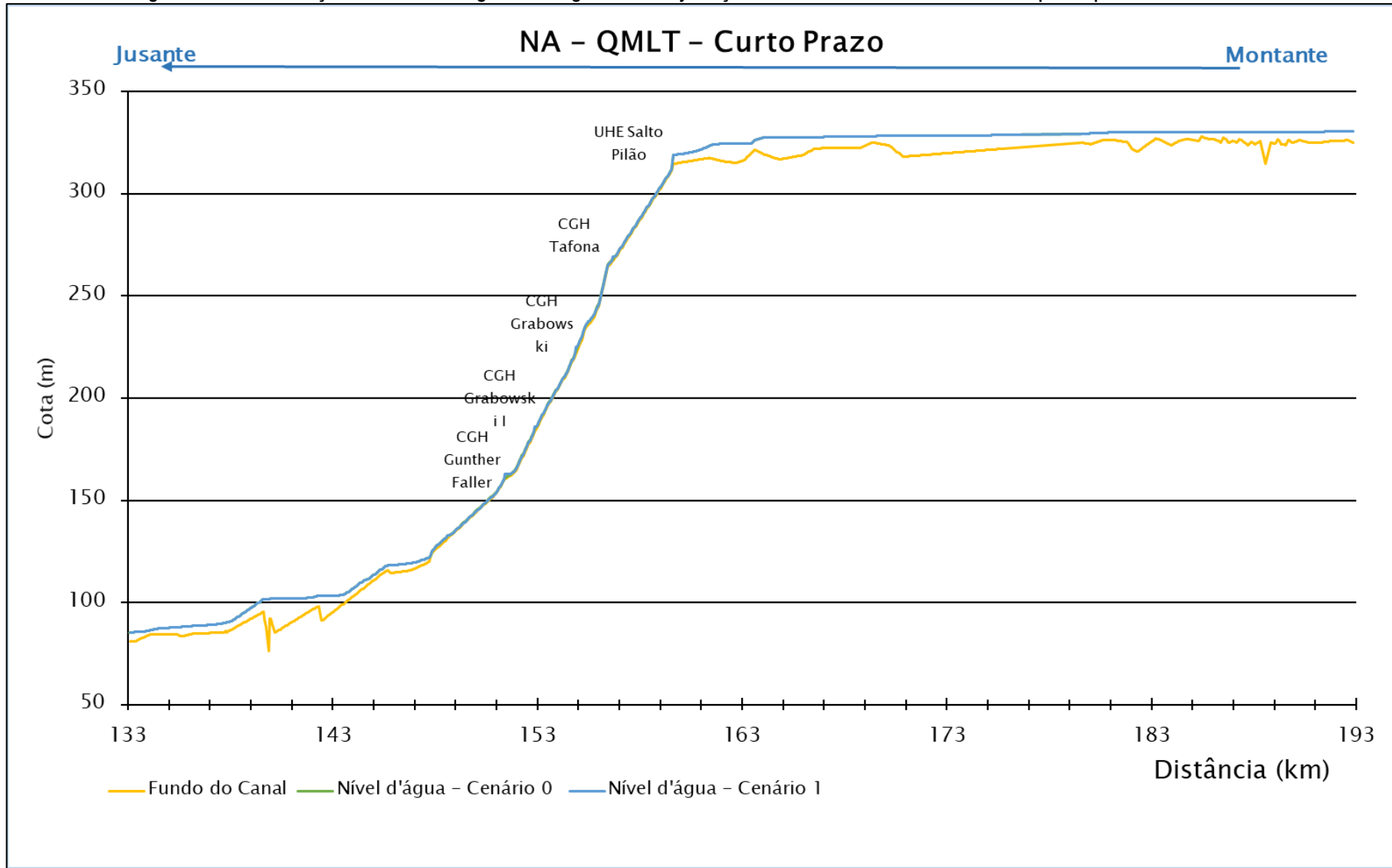




Figura 4-36 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.

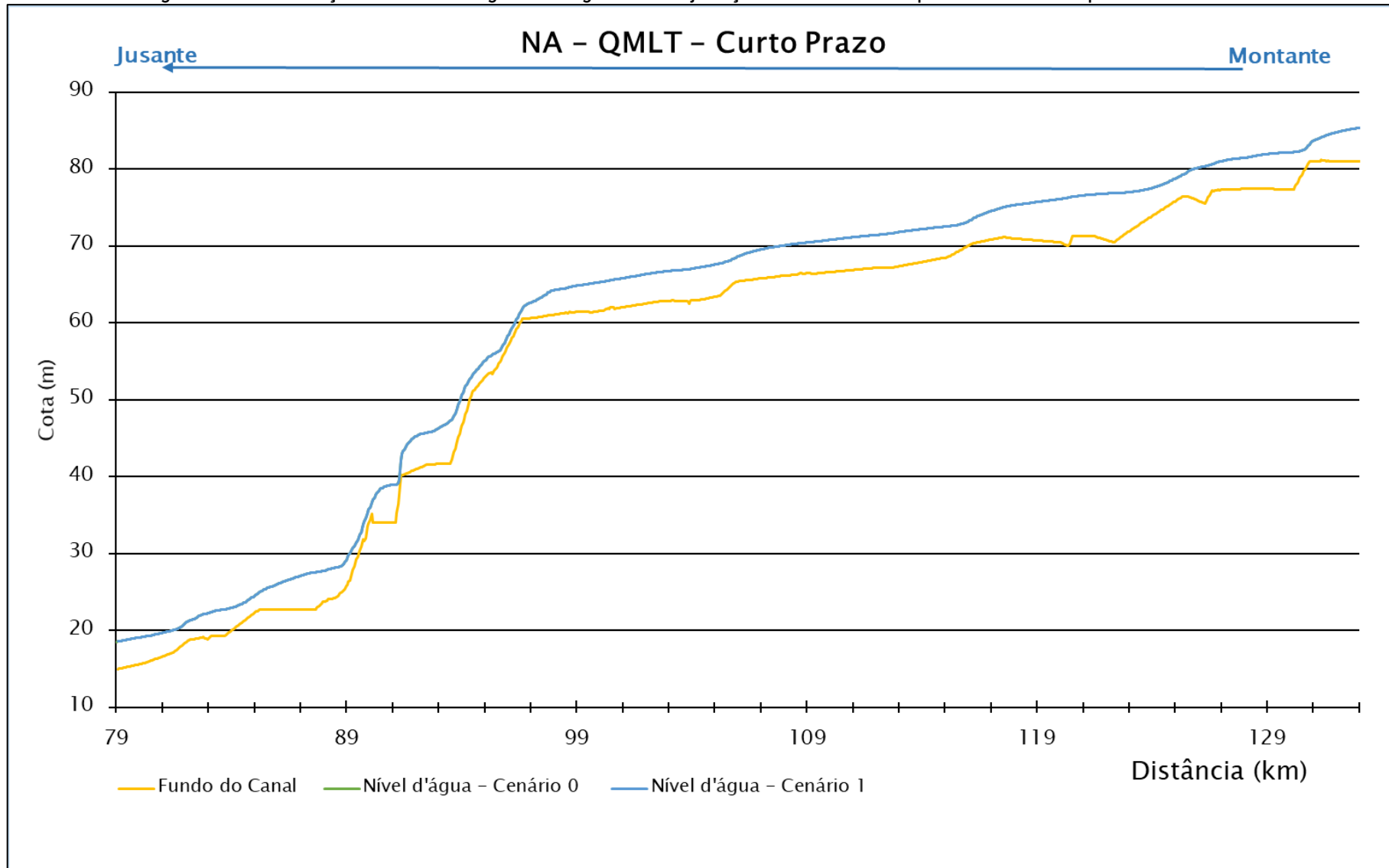




Figura 4-37 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão QMLT.

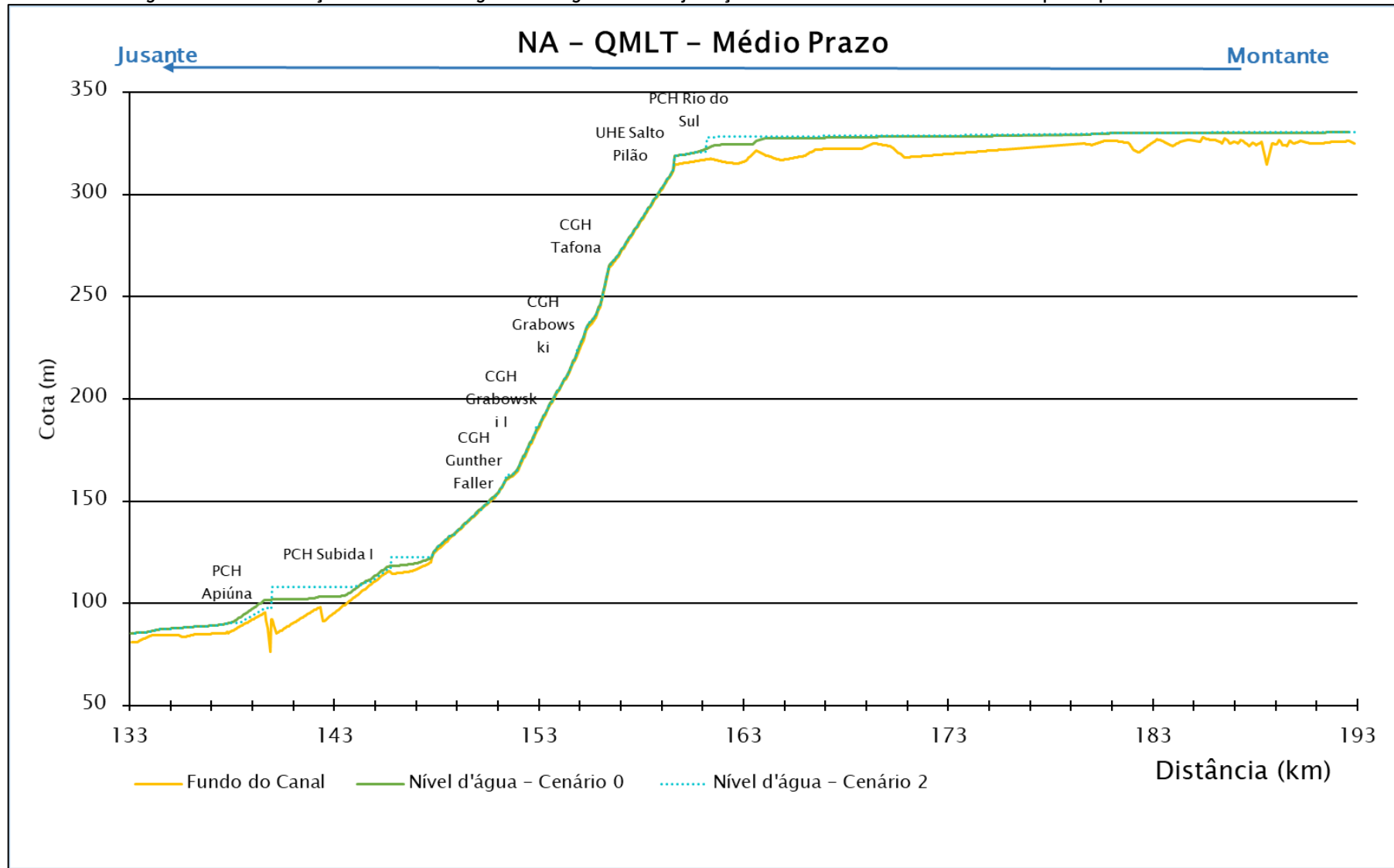




Figura 4-38 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.

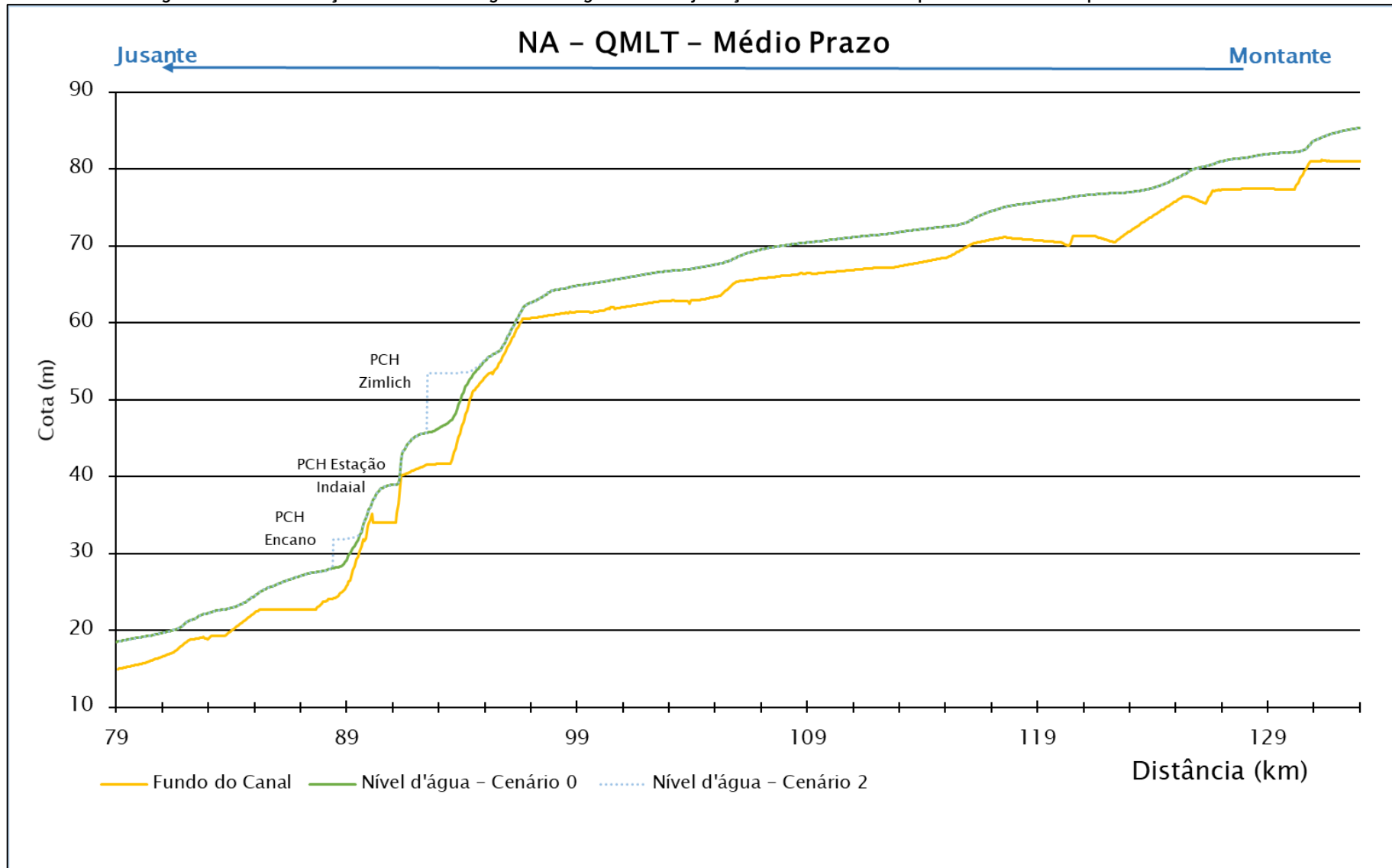




Figura 4-39 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão QMLT.

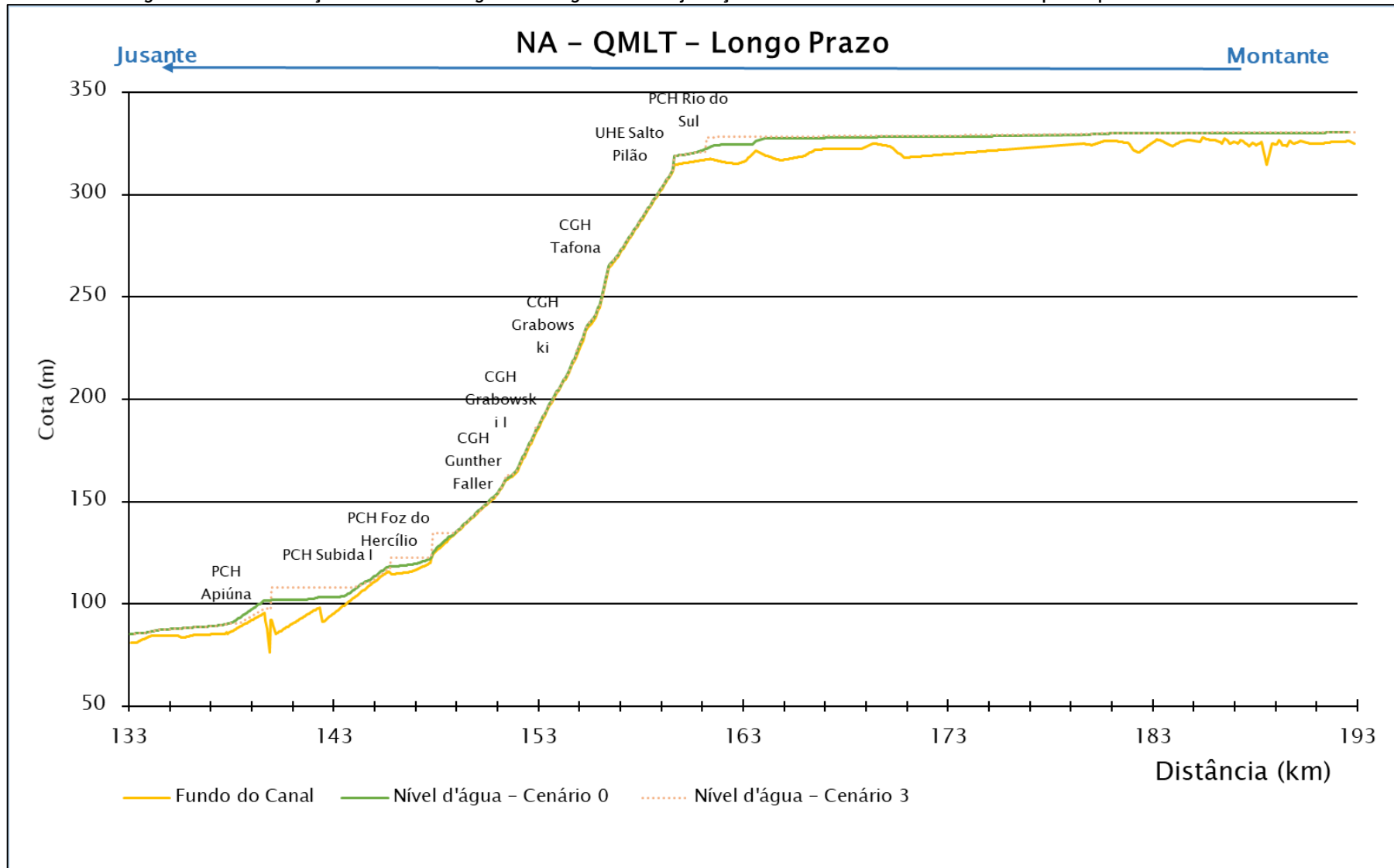
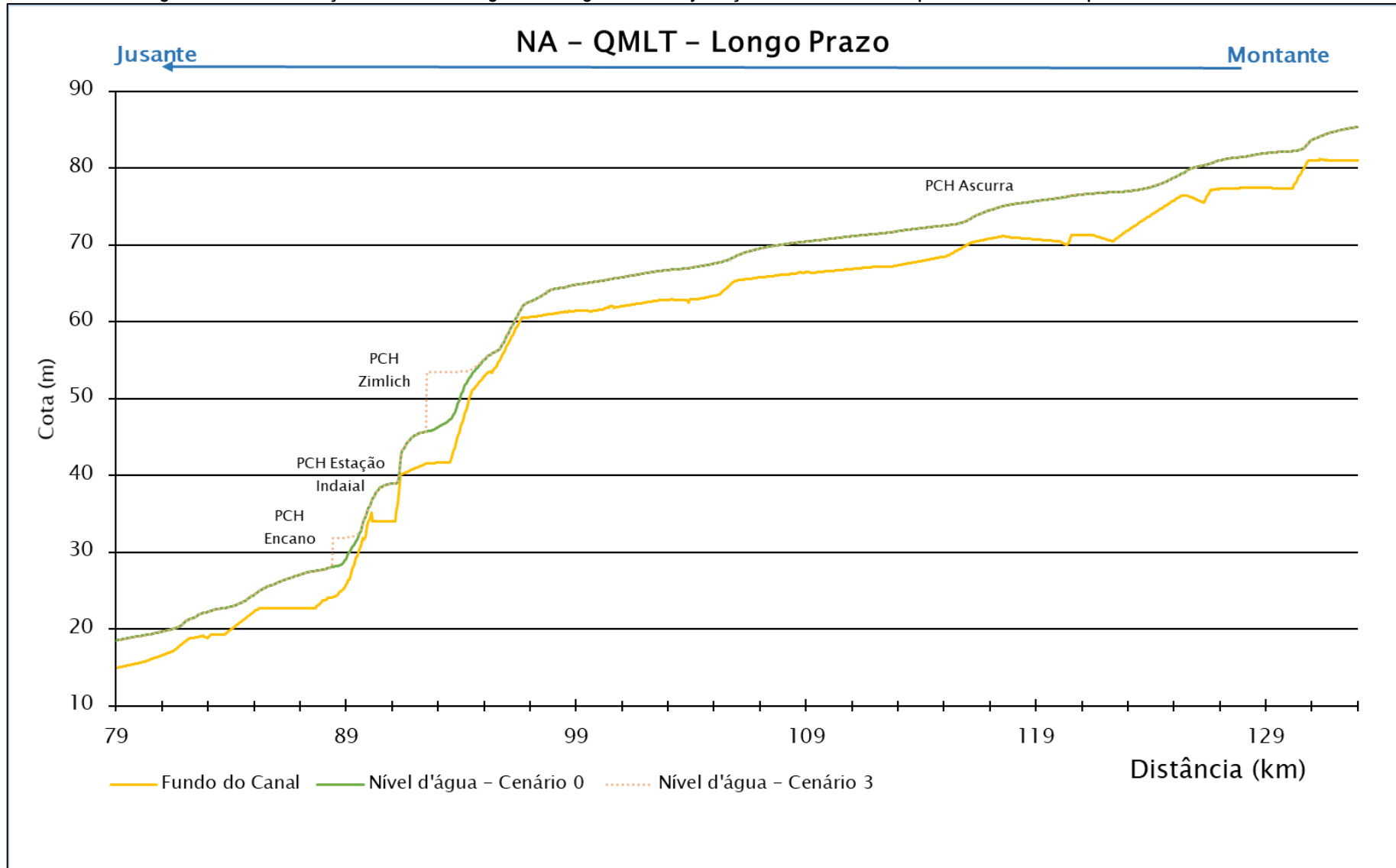




Figura 4-40 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT.



As alterações nos níveis podem ser vistas a seguir:

Figura 4-41 - Diferença de nível entre os cenários de longo prazo e atual espacializada para a vazão

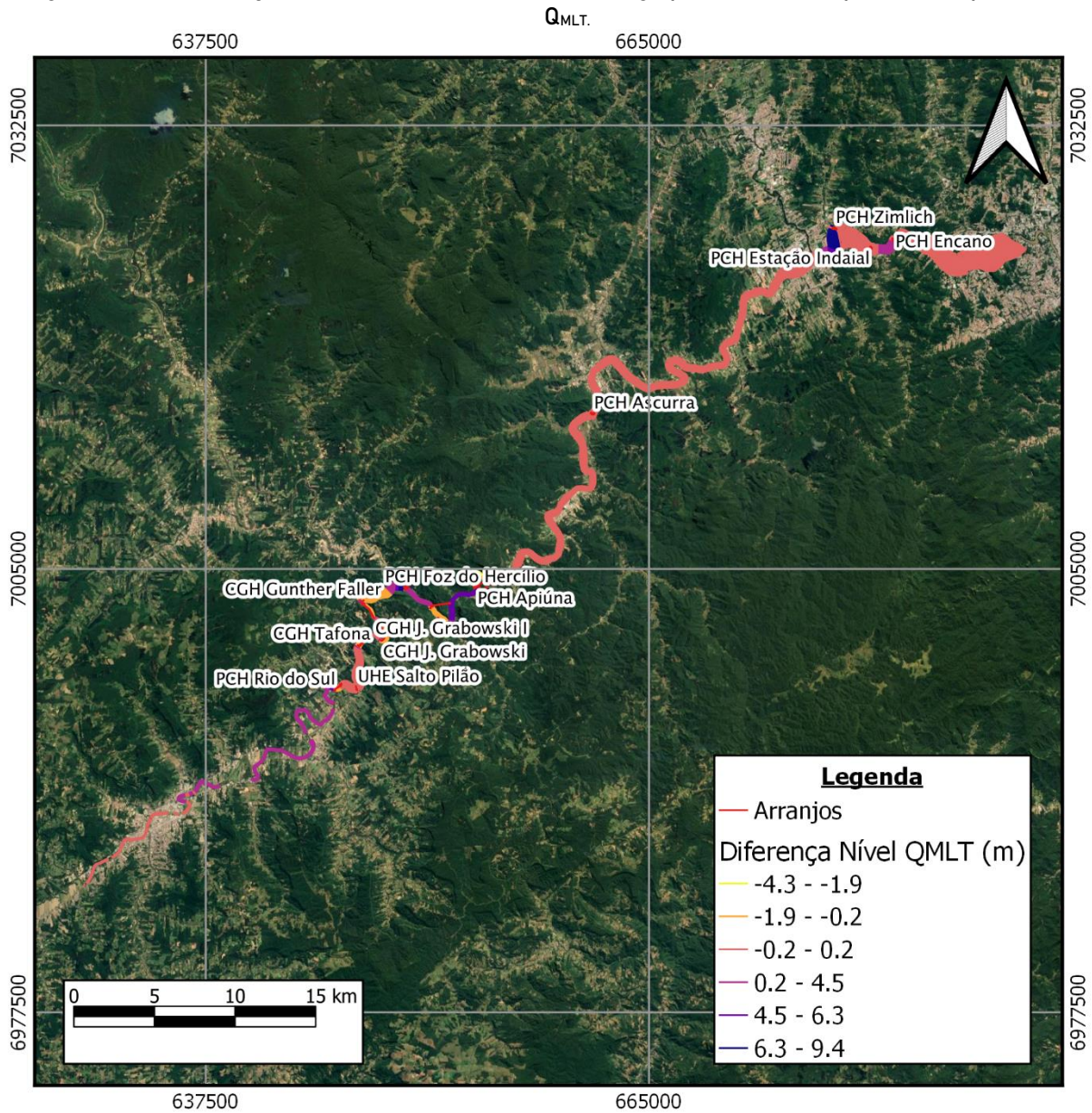
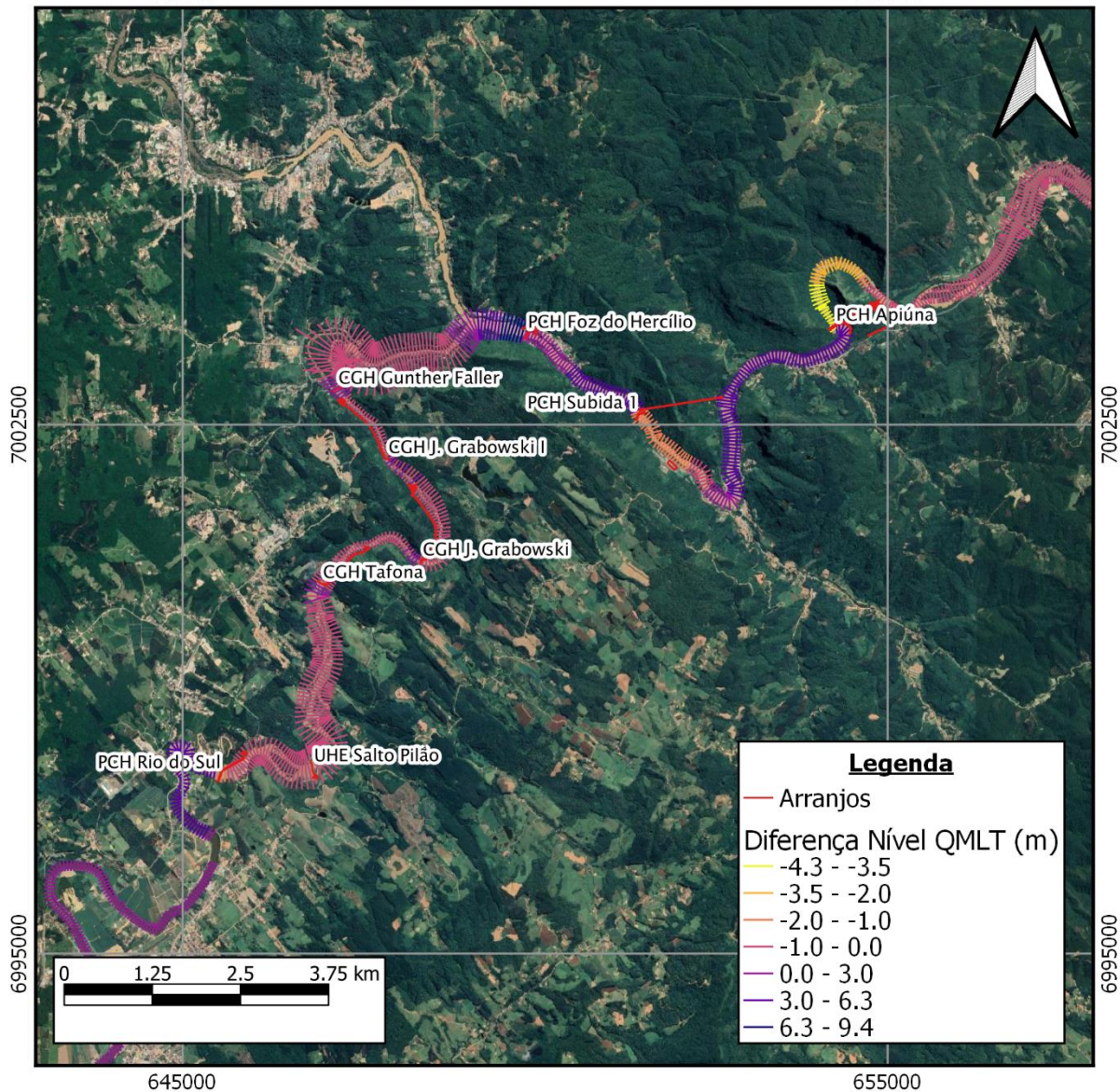


Figura 4-42 - Destaque nos trechos de vazão reduzida de UHE Salto Pilão até a PCH Apiúna.
645000 655000



A alteração de velocidade acarretada por estes empreendimentos para este cenário de vazão pode causar impacto para as espécies de fauna aquática e reófitas, além de poder impactar em atividades socioeconômicas como rafting e canoagem, existentes na bacia. Tanto os TVRs quanto os reservatórios acarretam em alterações da velocidade. A maior alteração ocorre no ponto logo após do barramento da PCH Apiúna, com um aumento de 4,68 m/s. A maior diminuição se encontra na PCH Foz do Hercílio, de 1,77 m/s.

Figura 4-43 – Alterações de velocidades de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão QMLT

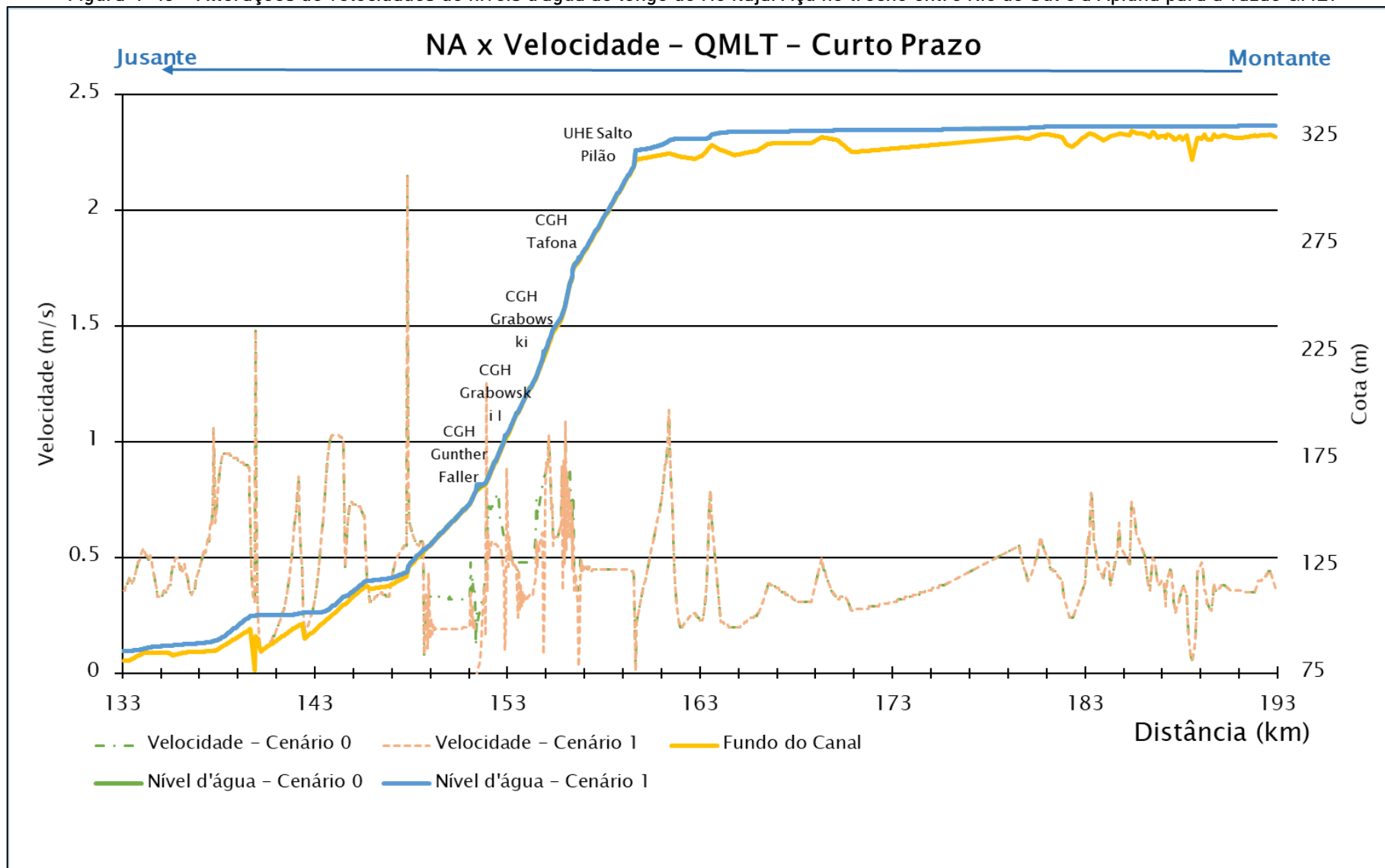




Figura 4-44 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT

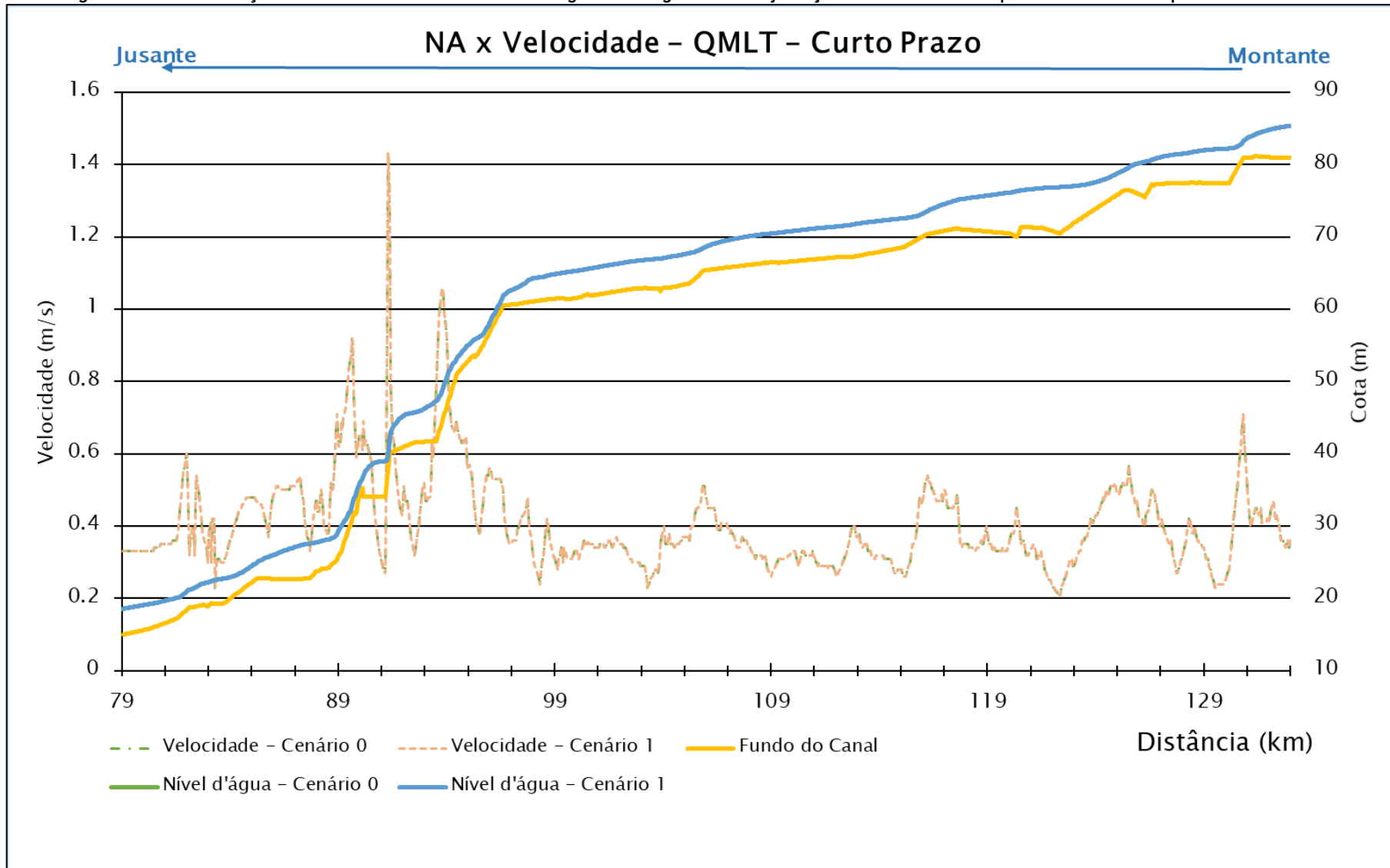




Figura 4-45 - Alterações de velocidades de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão QMLT

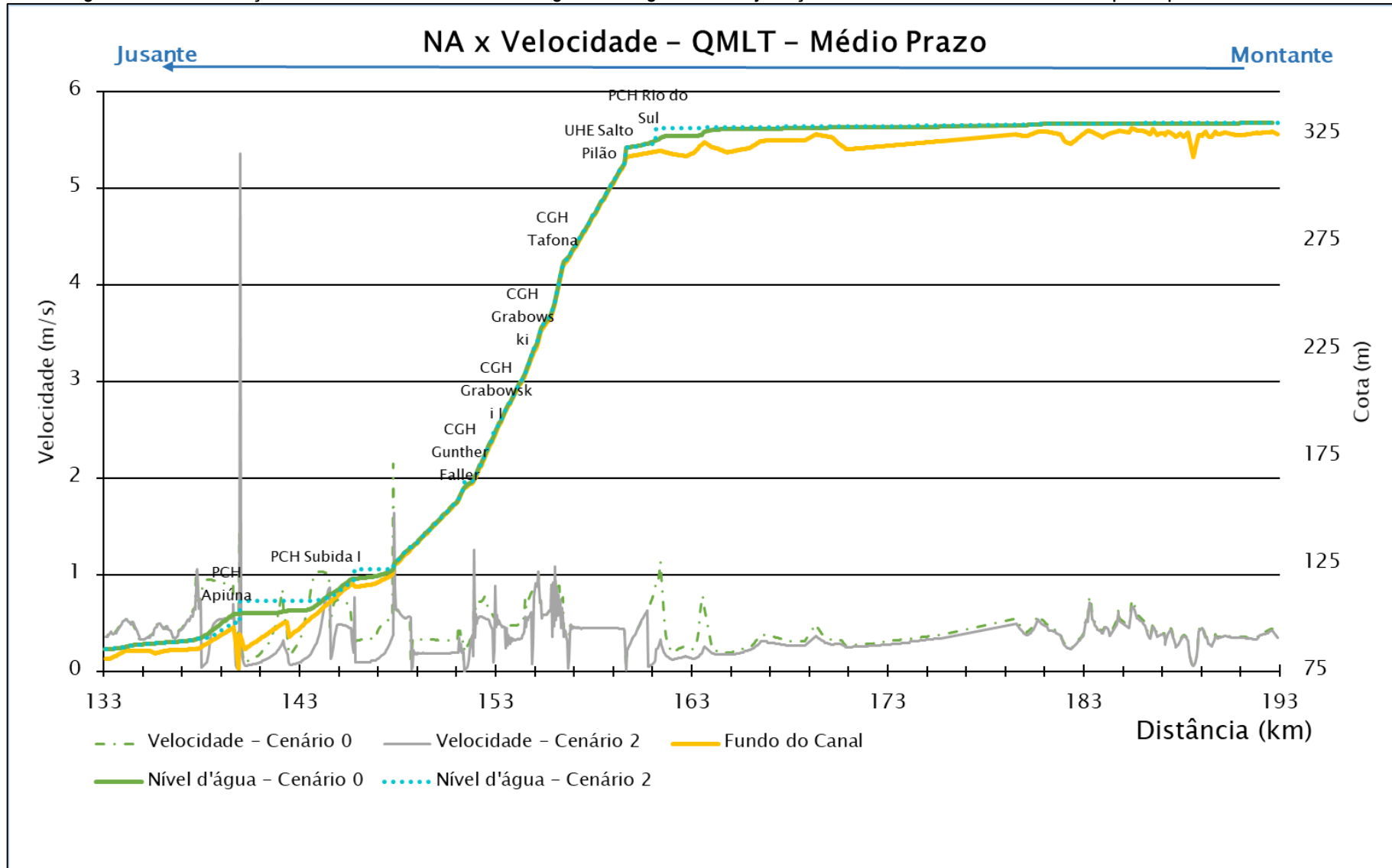




Figura 4-46 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT

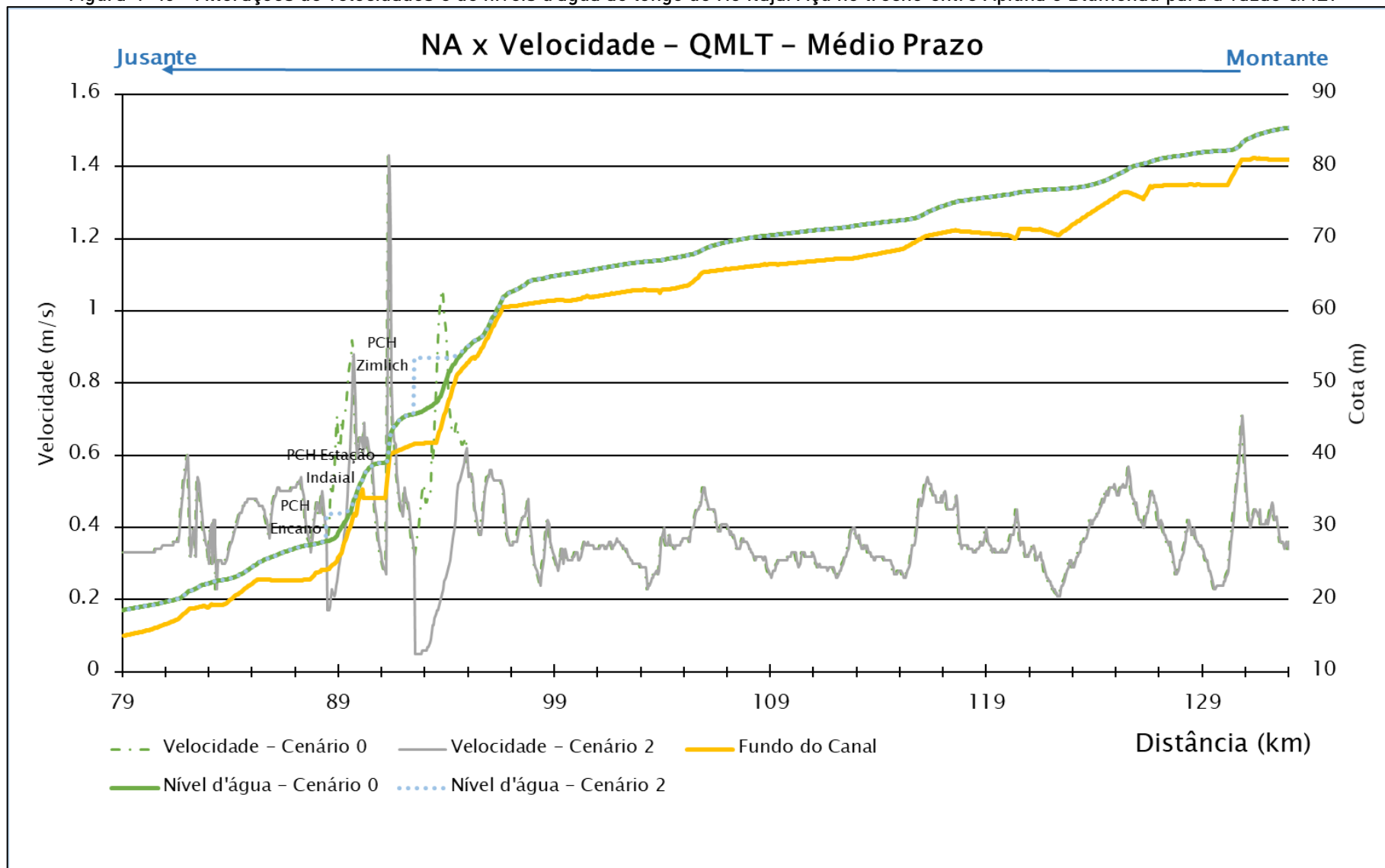




Figura 4-47 - Alterações de velocidades de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão QMLT

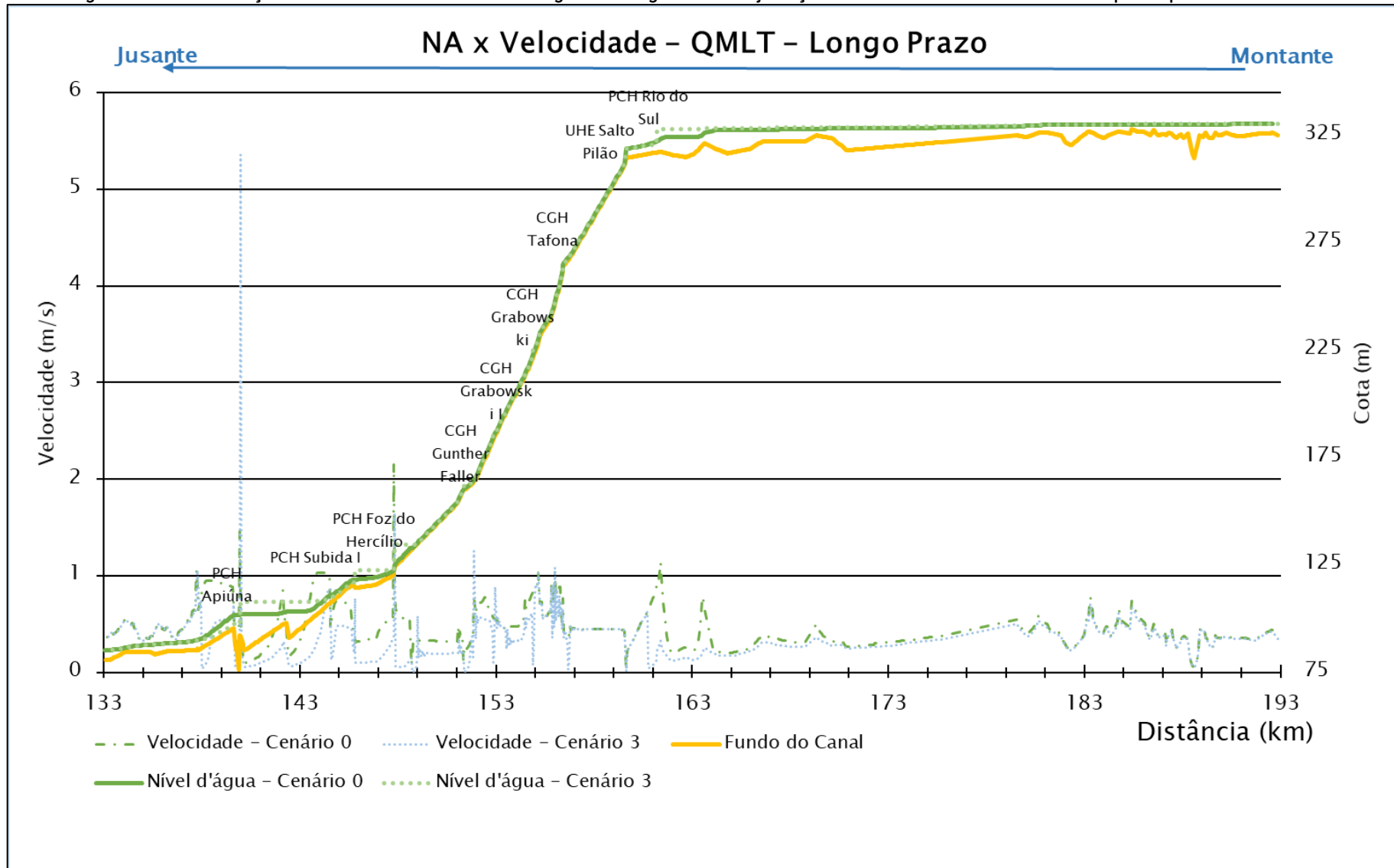
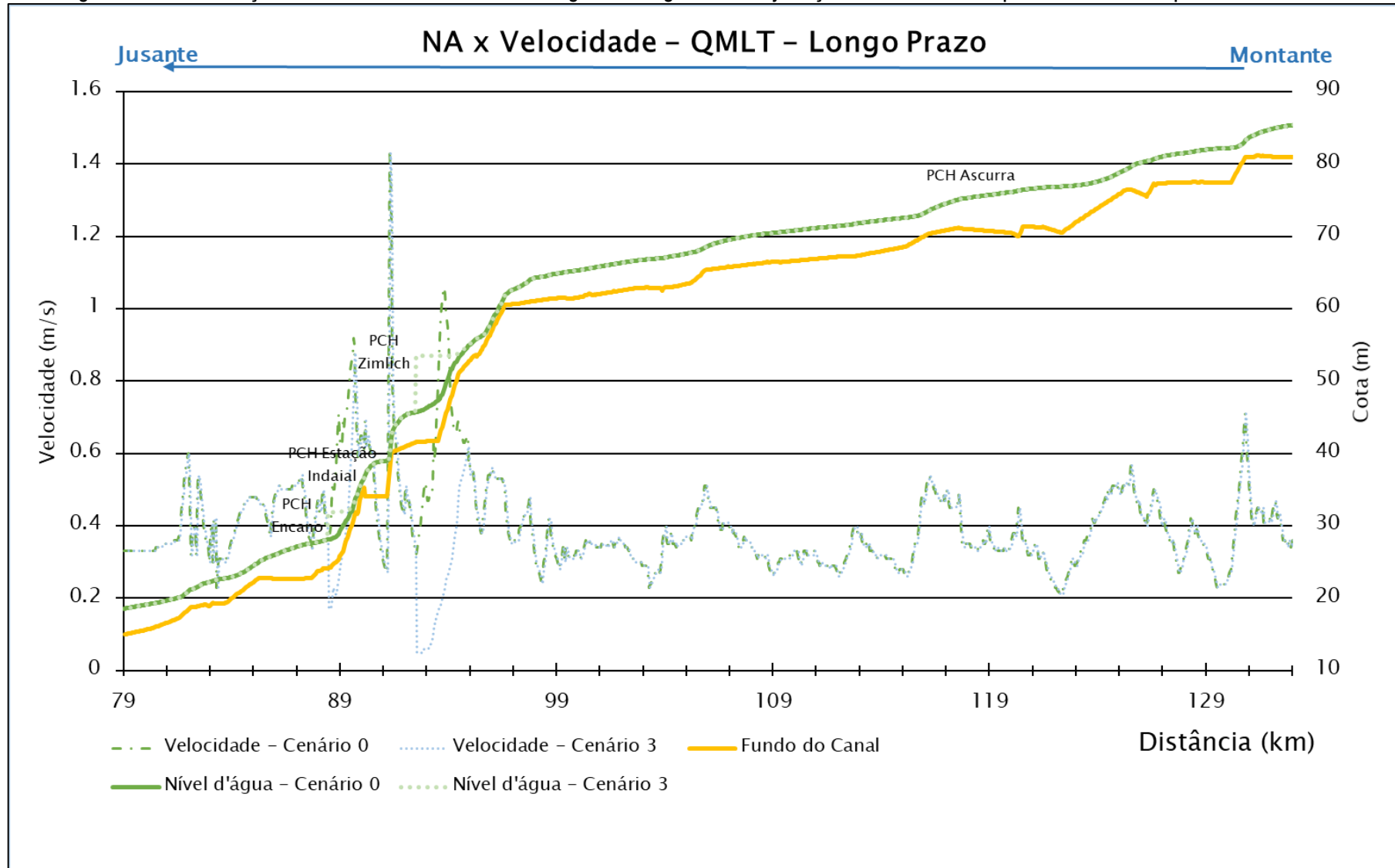




Figura 4-48 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão QMLT



As figuras a seguir apresentam as alterações de velocidade espacializadas para este cenário de vazão. Como pode-se perceber, acontecem em grande extensão do rio, acontecendo em sua grande maioria uma diminuição da velocidade, com alguns pontos de aumento.

Figura 4-49 - Diferença de velocidade do cenário de longo prazo para o cenário atual para a vazão Q_{MLT}

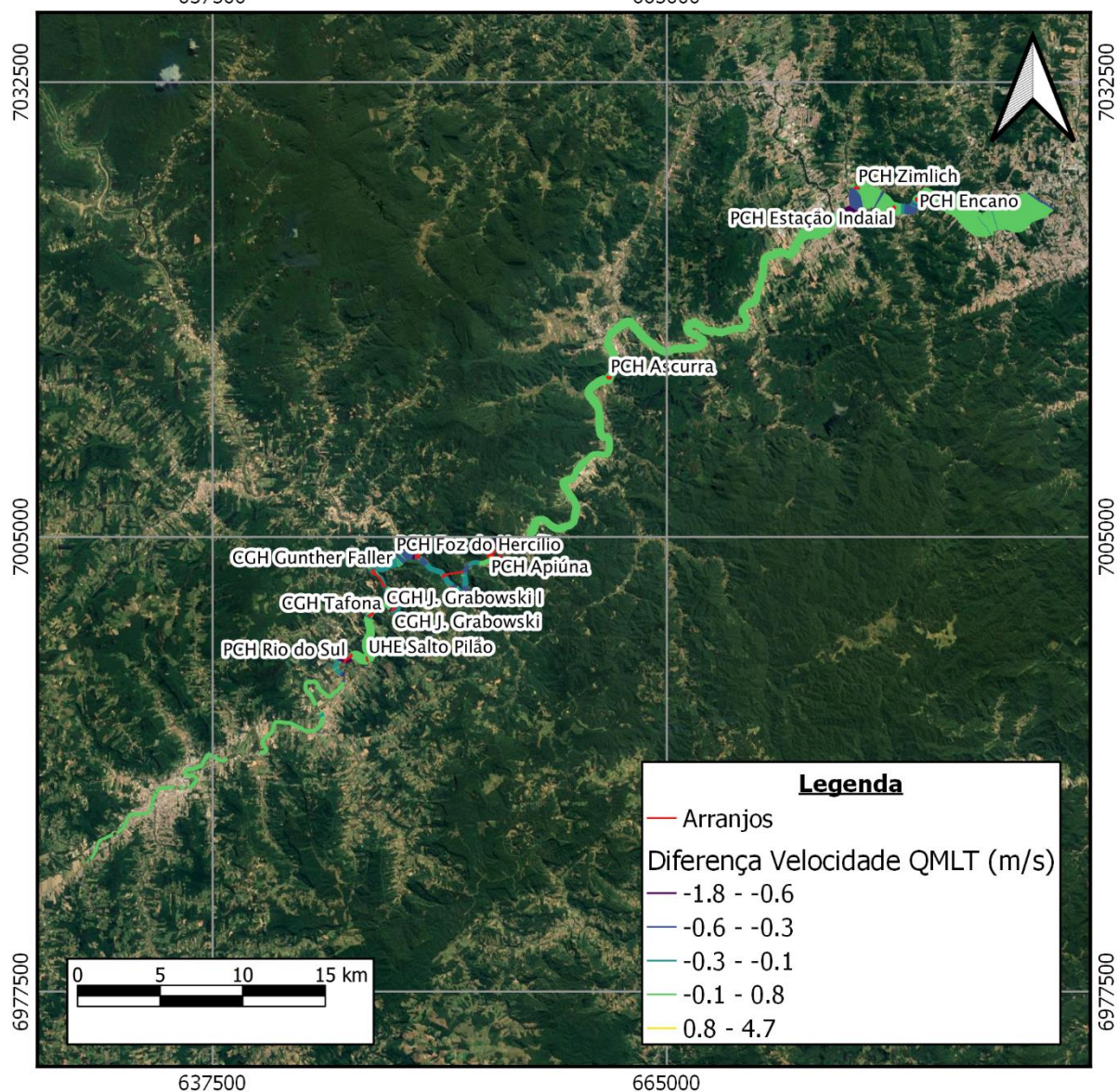
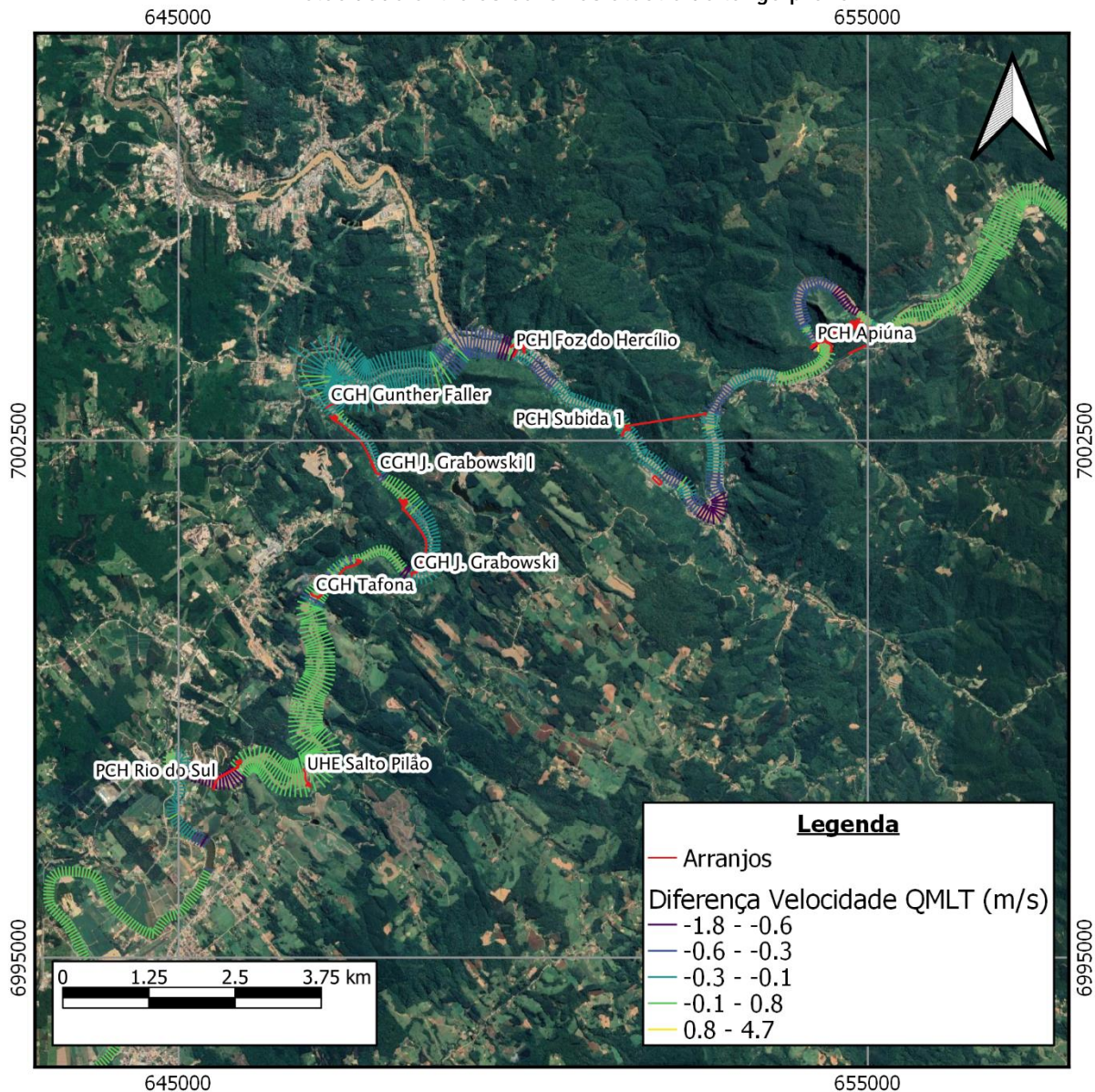


Figura 4-50 - Destaque no trecho da PCH Rio do Sul à PCH Apiúna na Q_{MLT} para a diferença de velocidade entre os cenários atual e de longo prazo



4.5.3 Níveis d'água e velocidades para a Q_{TR2}

A análise dos níveis d'água e velocidades para estas condições de vazão servirá para fundamentar as análises de ictiofauna, mais especificamente, para embasar a análise de espécies migratórias. Este tipo de espécie depende de vazões altas, porém, recorrentes, para realizar seu traslado. Os níveis e velocidades se encontram nas figuras a seguir, para os cenários de curto, médio e longo prazo.



Figura 4-51 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR2

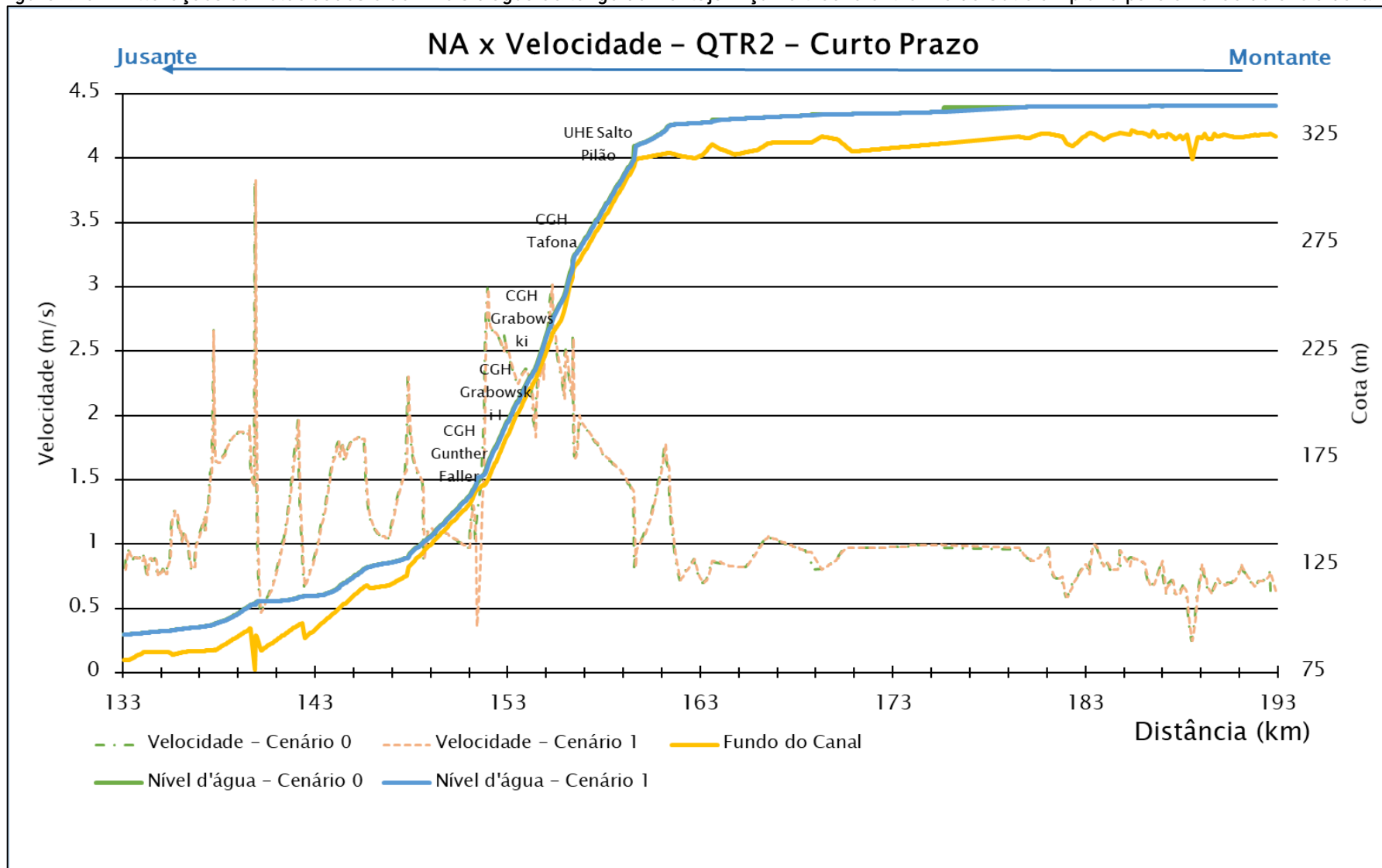




Figura 4-52 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR2

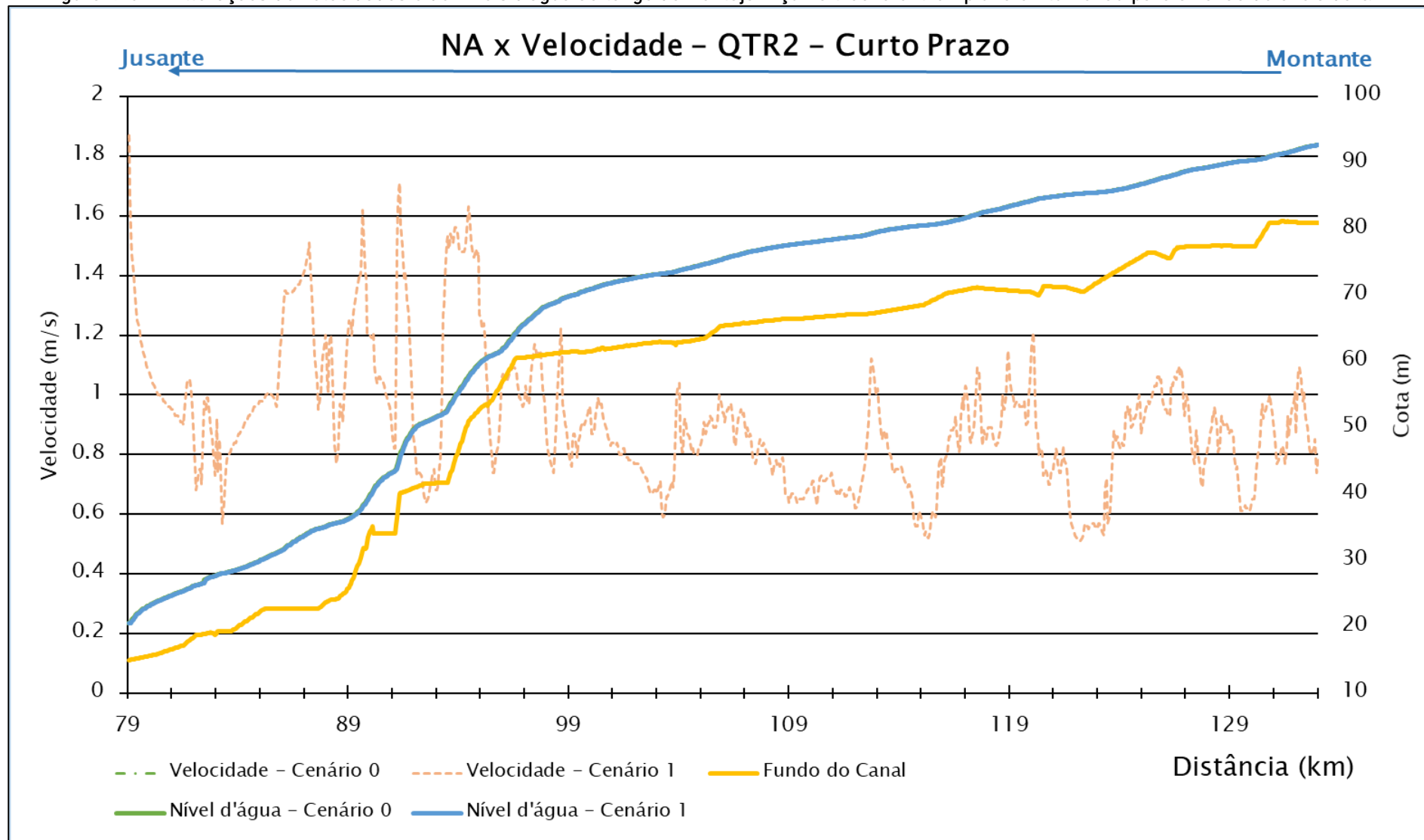




Figura 4-53 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR2

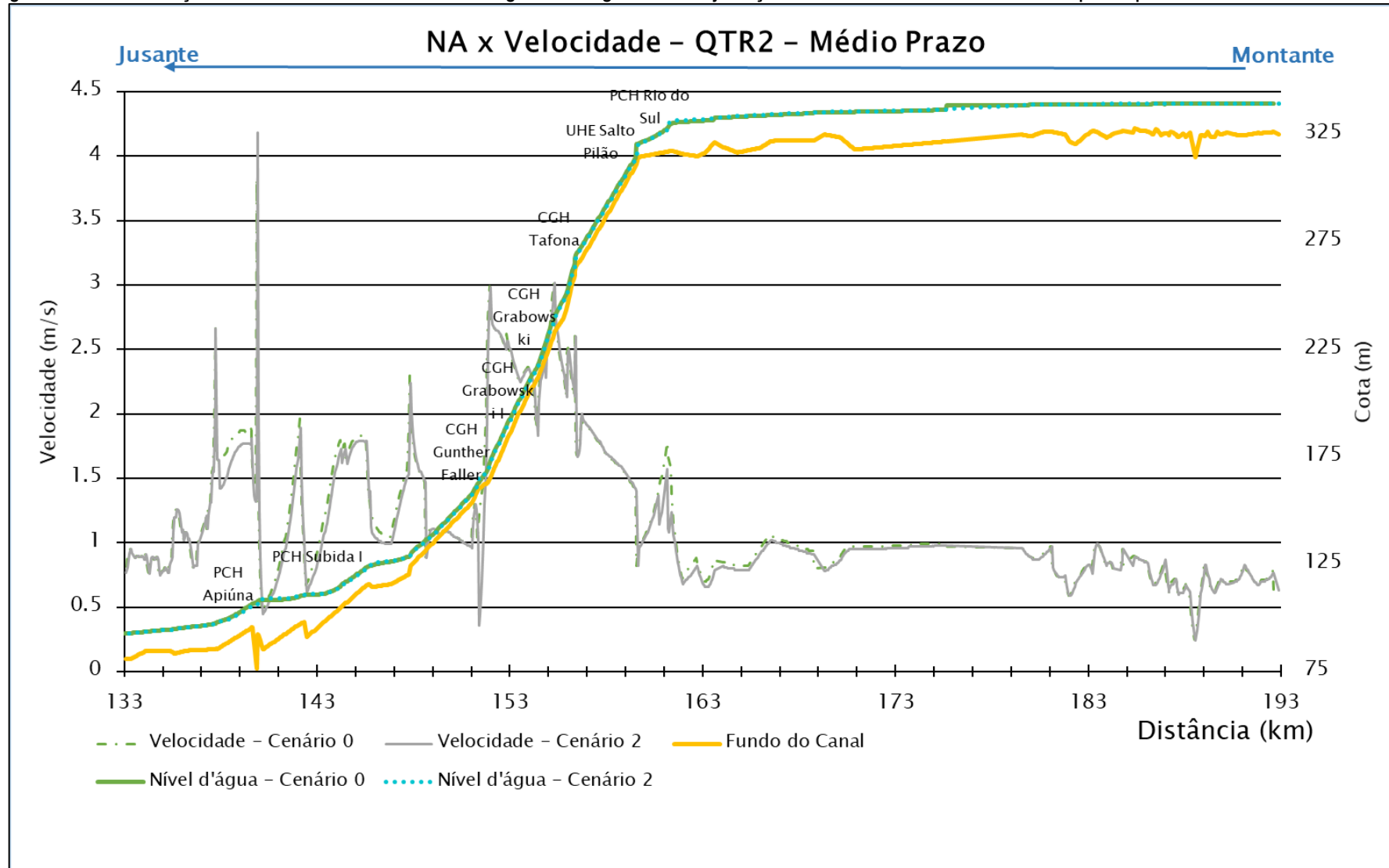




Figura 4-54 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR2

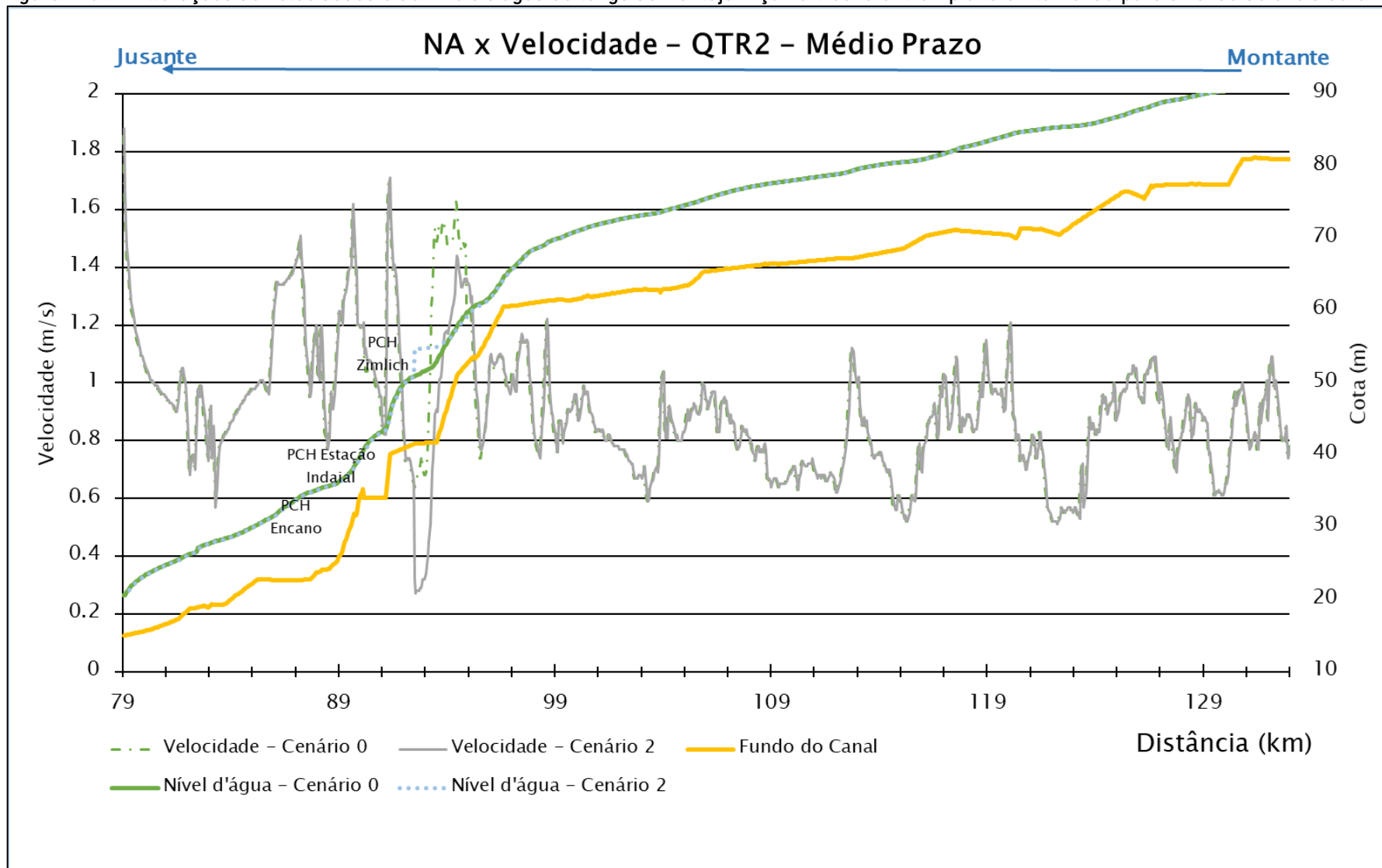




Figura 4-55 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR2

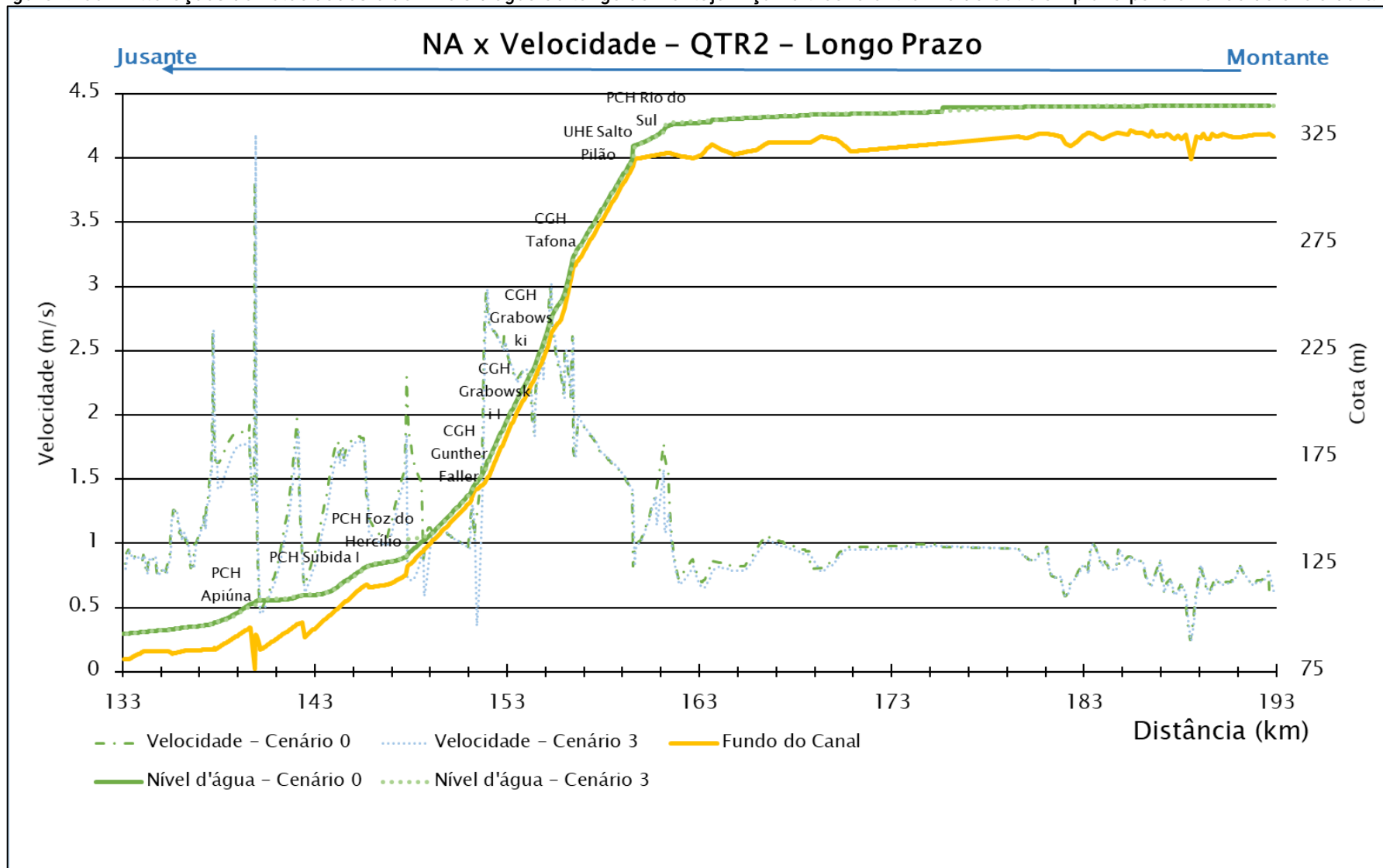
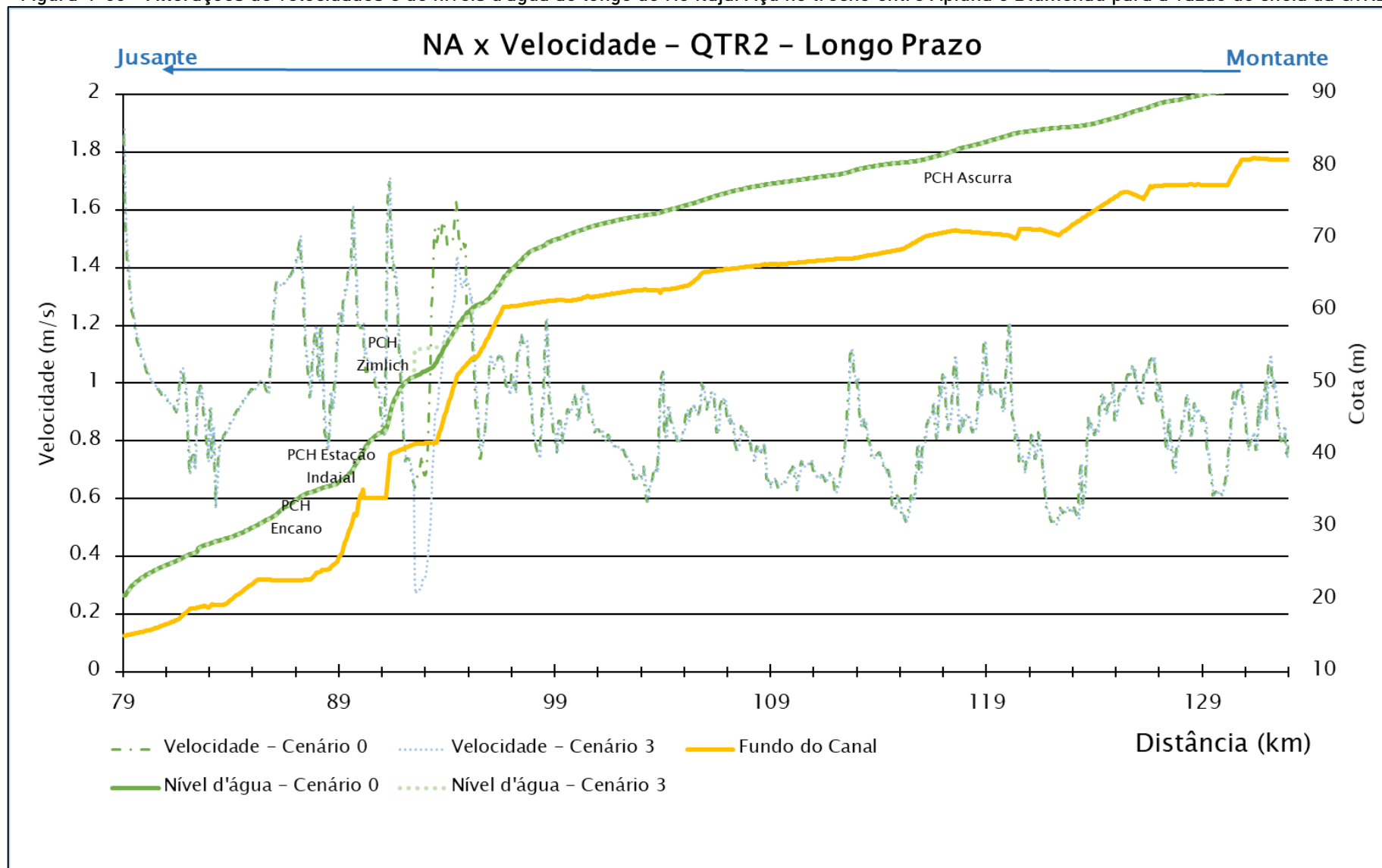




Figura 4-56 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR2



Neste cenário de vazão, de diferença do longo prazo para o cenário atual, os empreendimentos deixam de ter impacto no aumento do nível dos reservatórios, à exceção das PCH Rio do Sul, CGH Gunther Faller, PCH Zimlich e PCH Foz do Hercílio. As alterações de velocidades para os empreendimentos podem ser vistos nas figuras abaixo.

Figura 4-57 - Diferença da velocidade do cenário de longo prazo para o cenário atual para a vazão de cheia Q_{TR2}

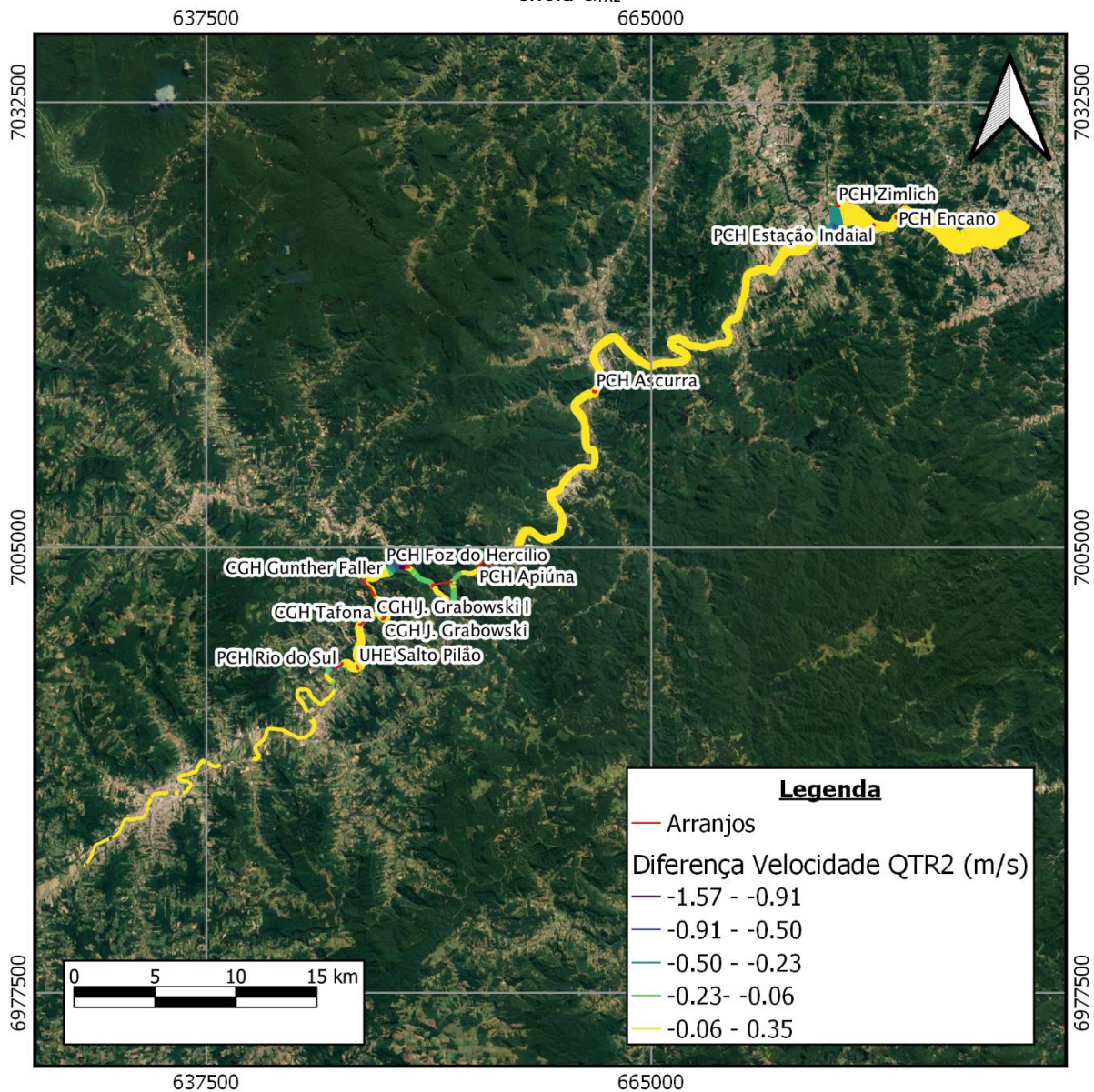
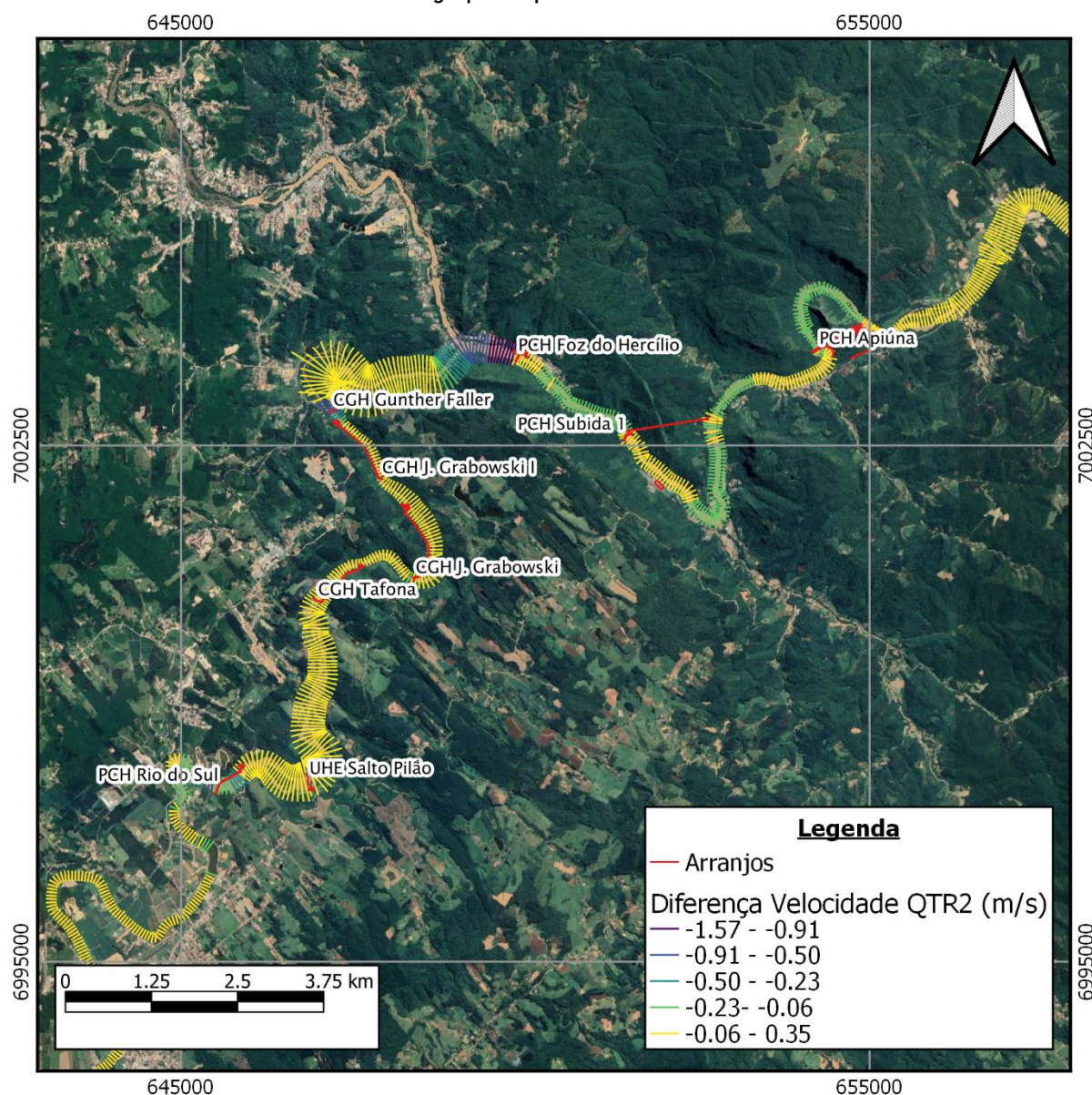


Figura 4-58 - Destaque no trecho da PCH Rio do Sul à PCH Apiúna para a diferença de velocidade do cenário de longo prazo para o cenário atual na Q_{TR2}



4.5.4 Vazões, níveis d'água e velocidades Q_{TR10}

Este cenário de vazão será utilizado para embasar a análise de impactos nas cheias para a bacia. Embora comumente se faça a análise com a Q_{TR100} , percebe-se que a medida que se aumenta a vazão, menor é o impacto dos empreendimentos sobre estes eventos extremos. Optou-se então por fazer uma análise conservadora, visto que a bacia do rio Itajaí-Açu possui problemas de cheia com eventos mais recorrentes, portanto uma Q_{TR10} já seria suficiente para acarretar prejuízos socioeconômicos.



Figura 4-59 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10

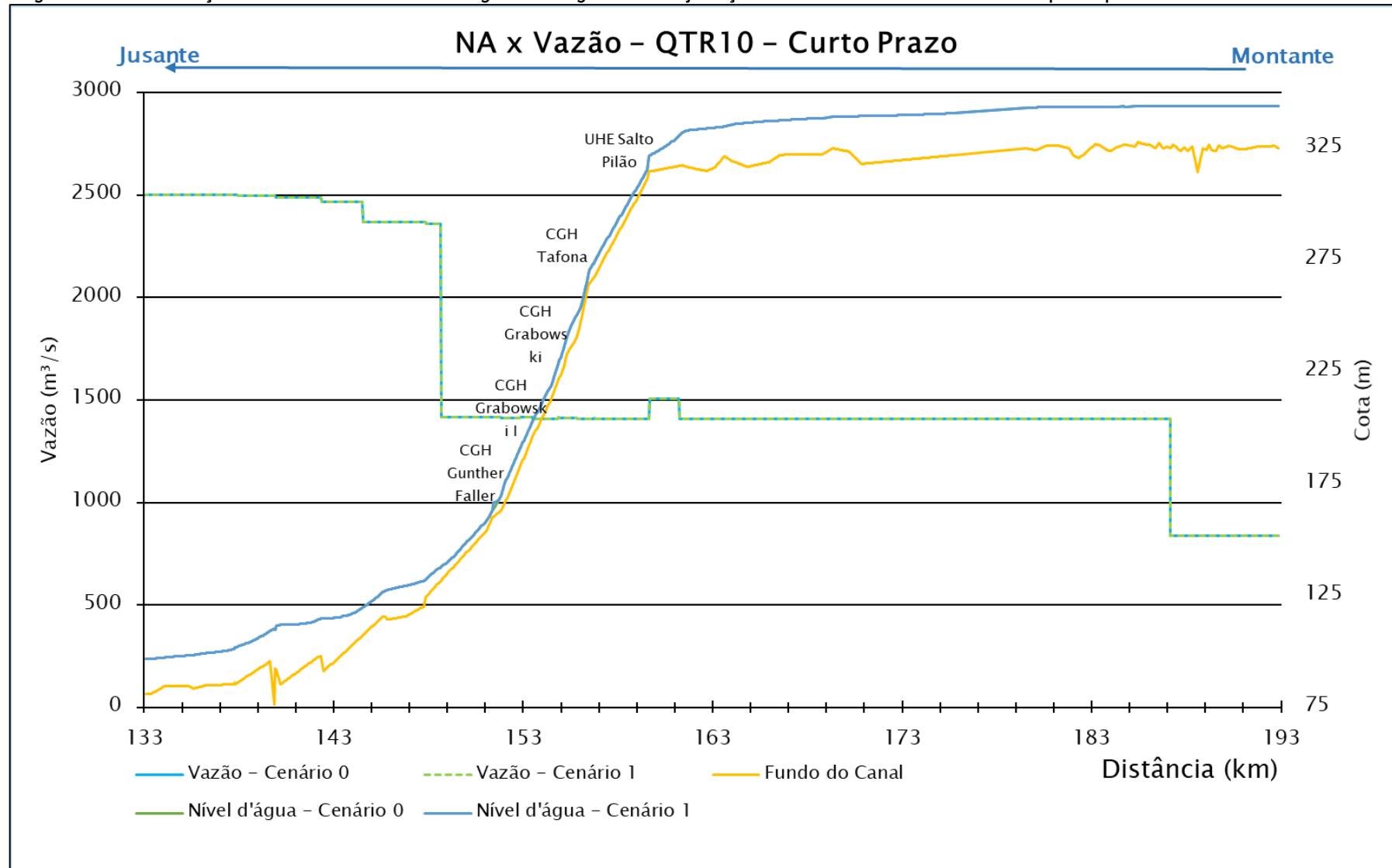




Figura 4-60 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10

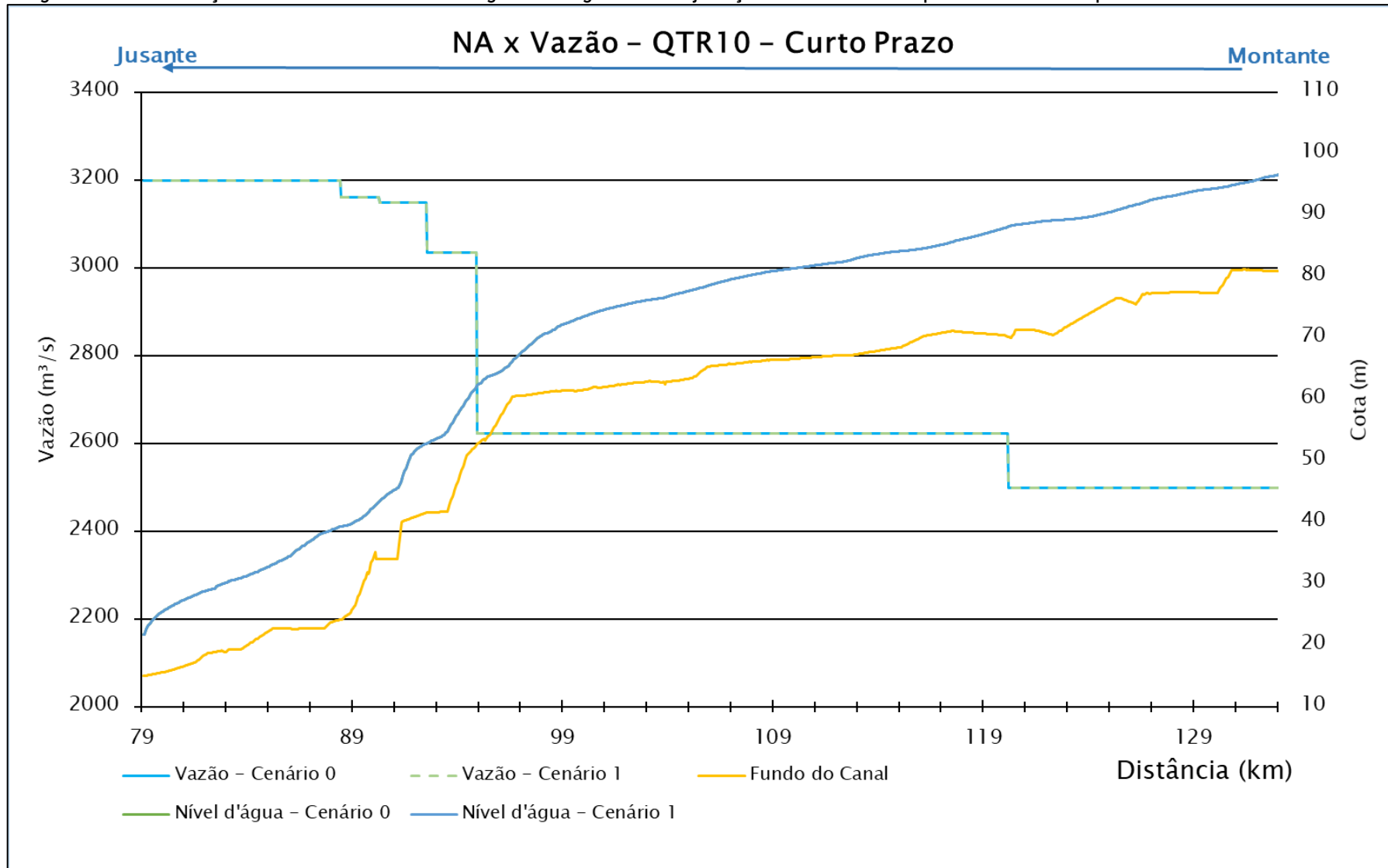




Figura 4-61 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR10

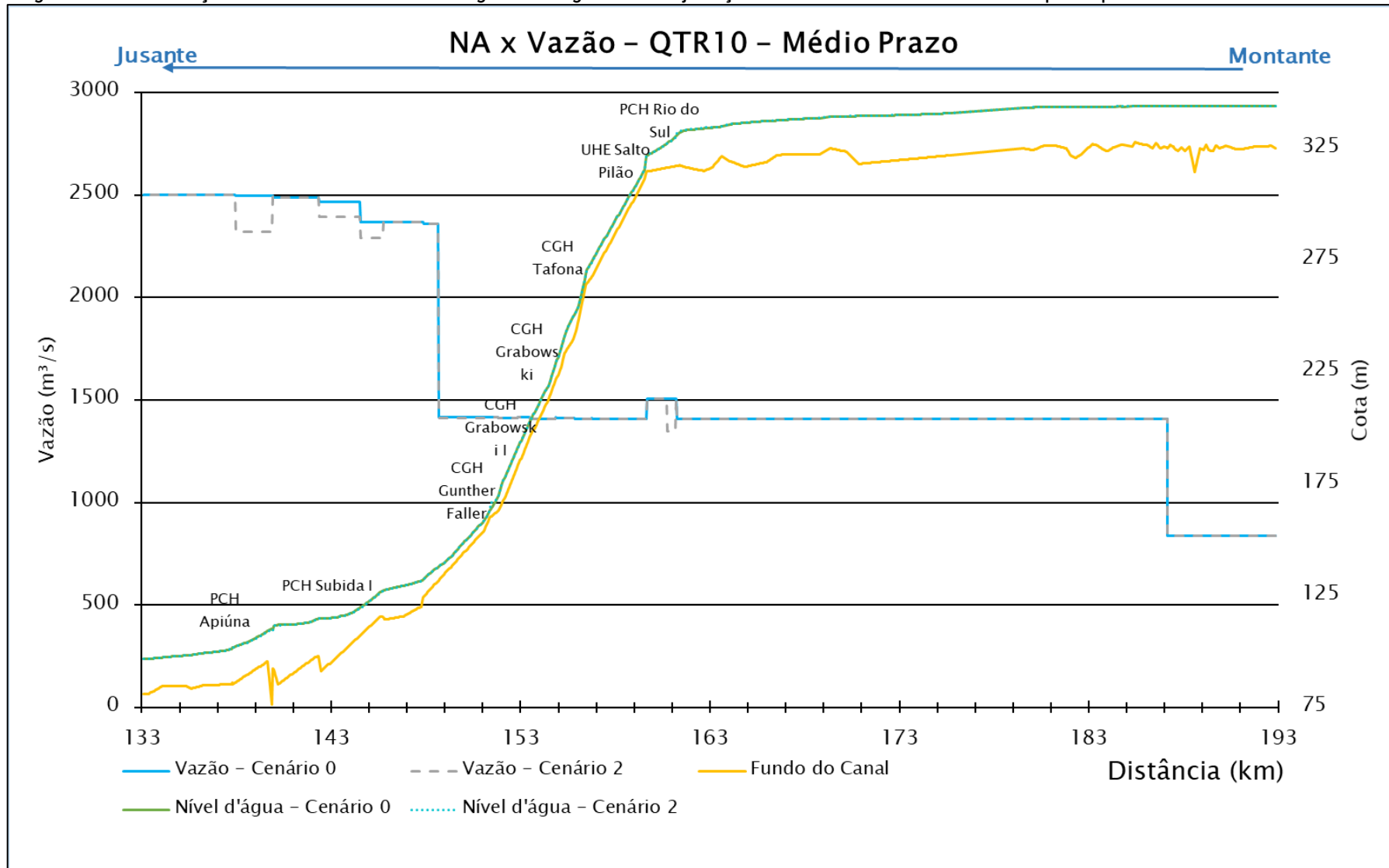




Figura 4-62 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10

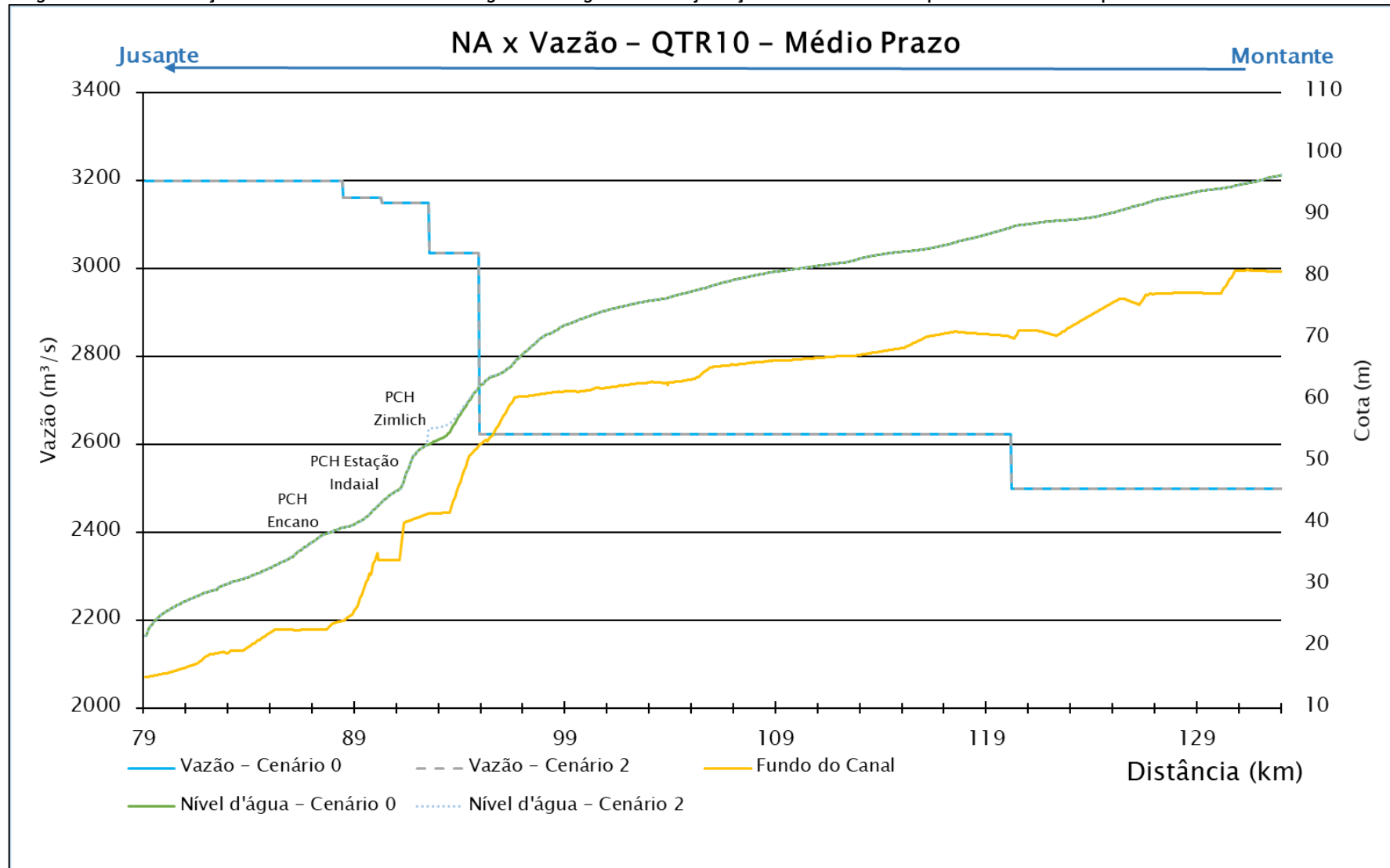




Figura 4-63 – Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR10

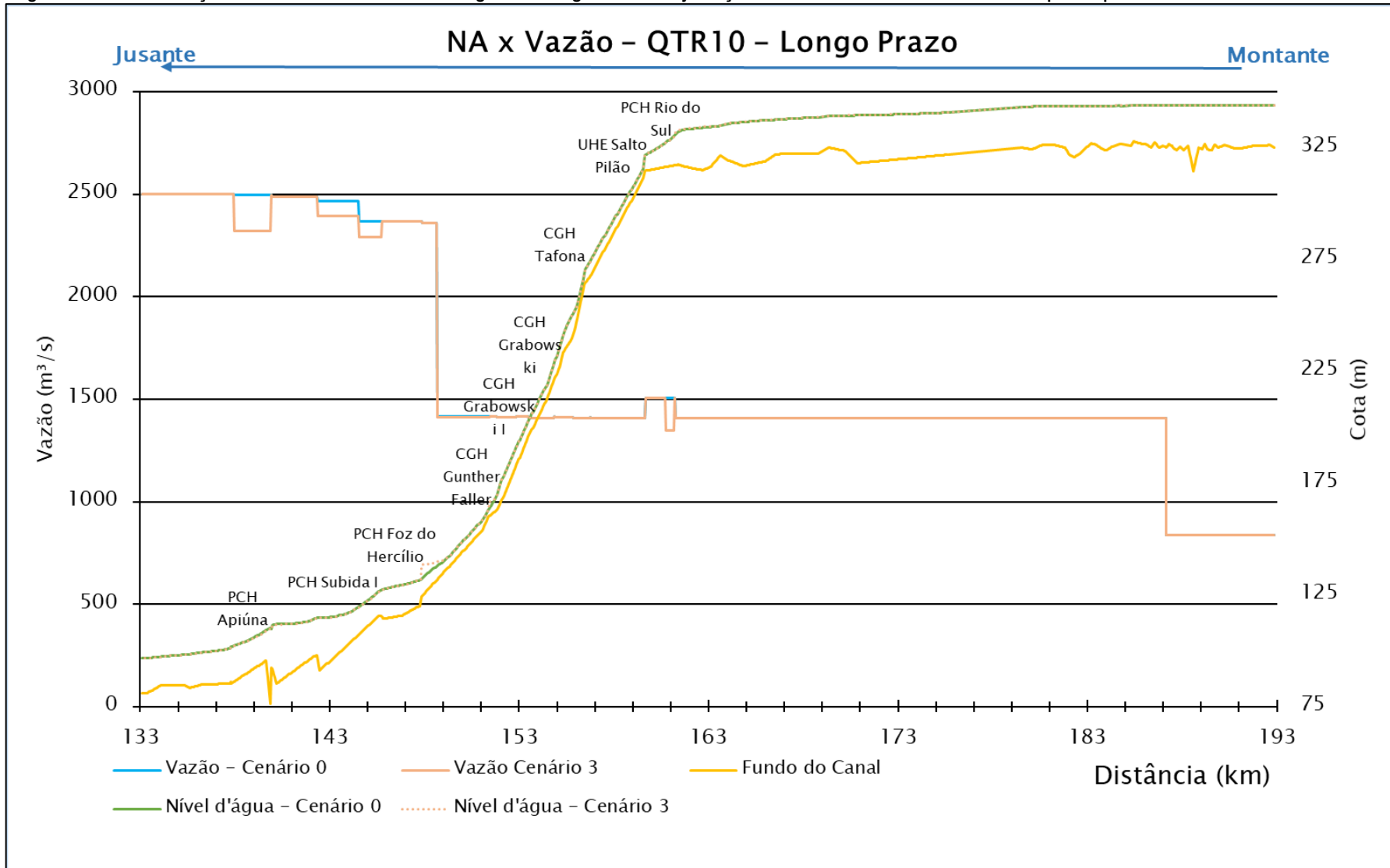
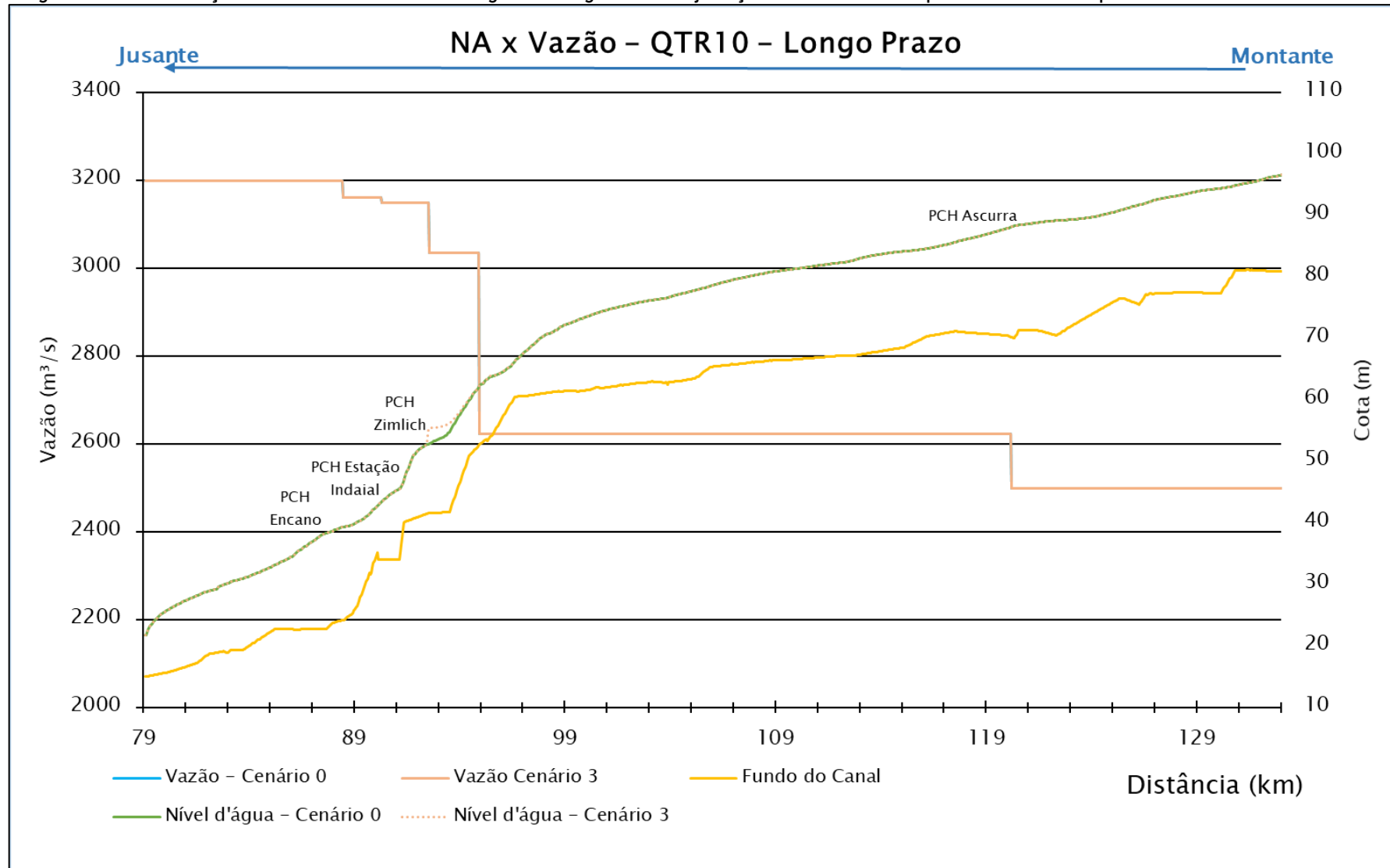




Figura 4-64 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10





Mais uma vez a maior diferença no nível se encontra no local do eixo da PCH Foz do Hercílio, com uma elevação de 6,42 metros. Os empreendimentos que acarretaram impacto (aumento do nível) são a CGH Gunther Faller e PCH Foz do Hercílio.

As figuras a seguir apresentam o nível especializado, e sua diferença do cenário de longo prazo para o cenário atual.



Figura 4-65 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10

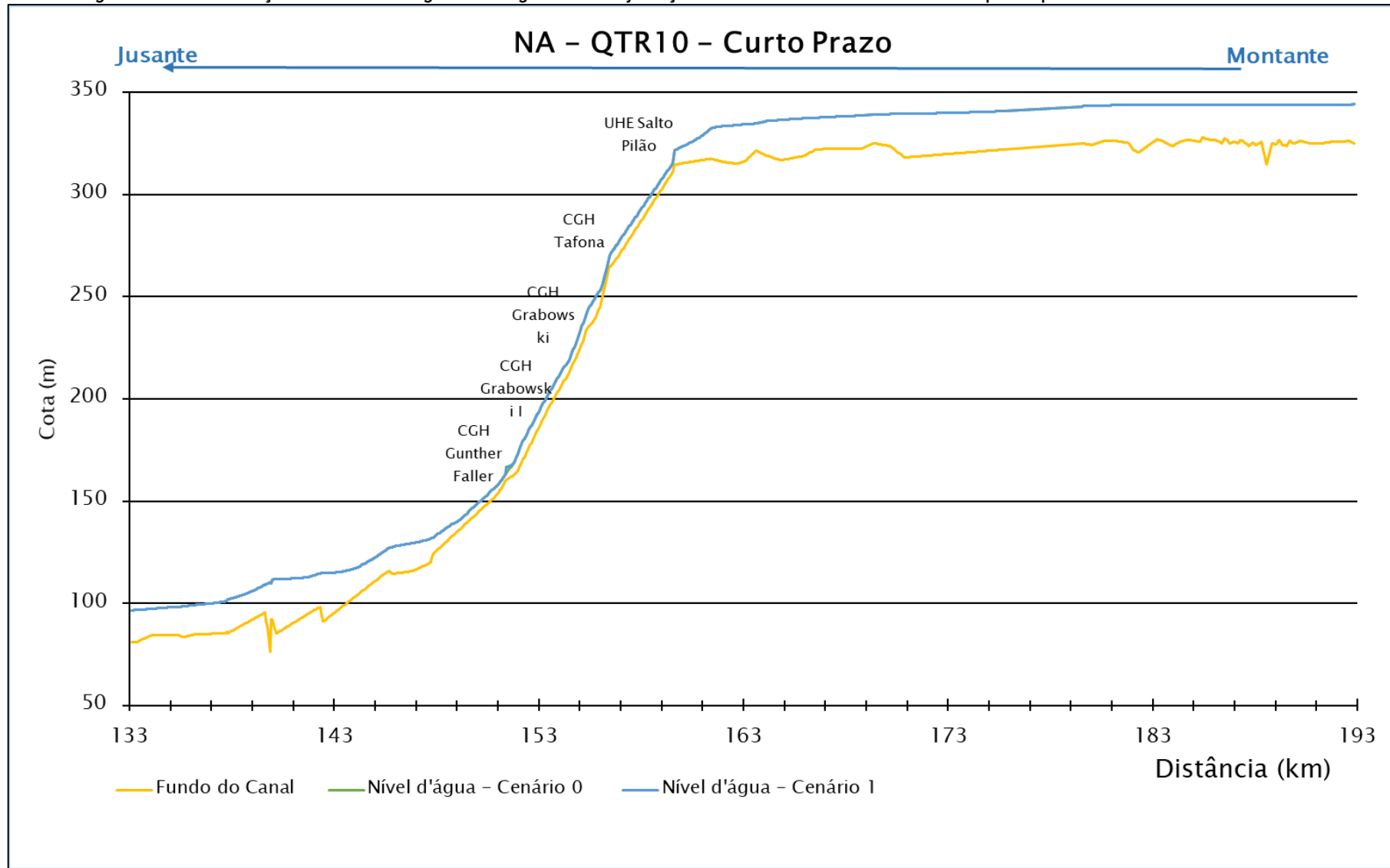




Figura 4-66 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10

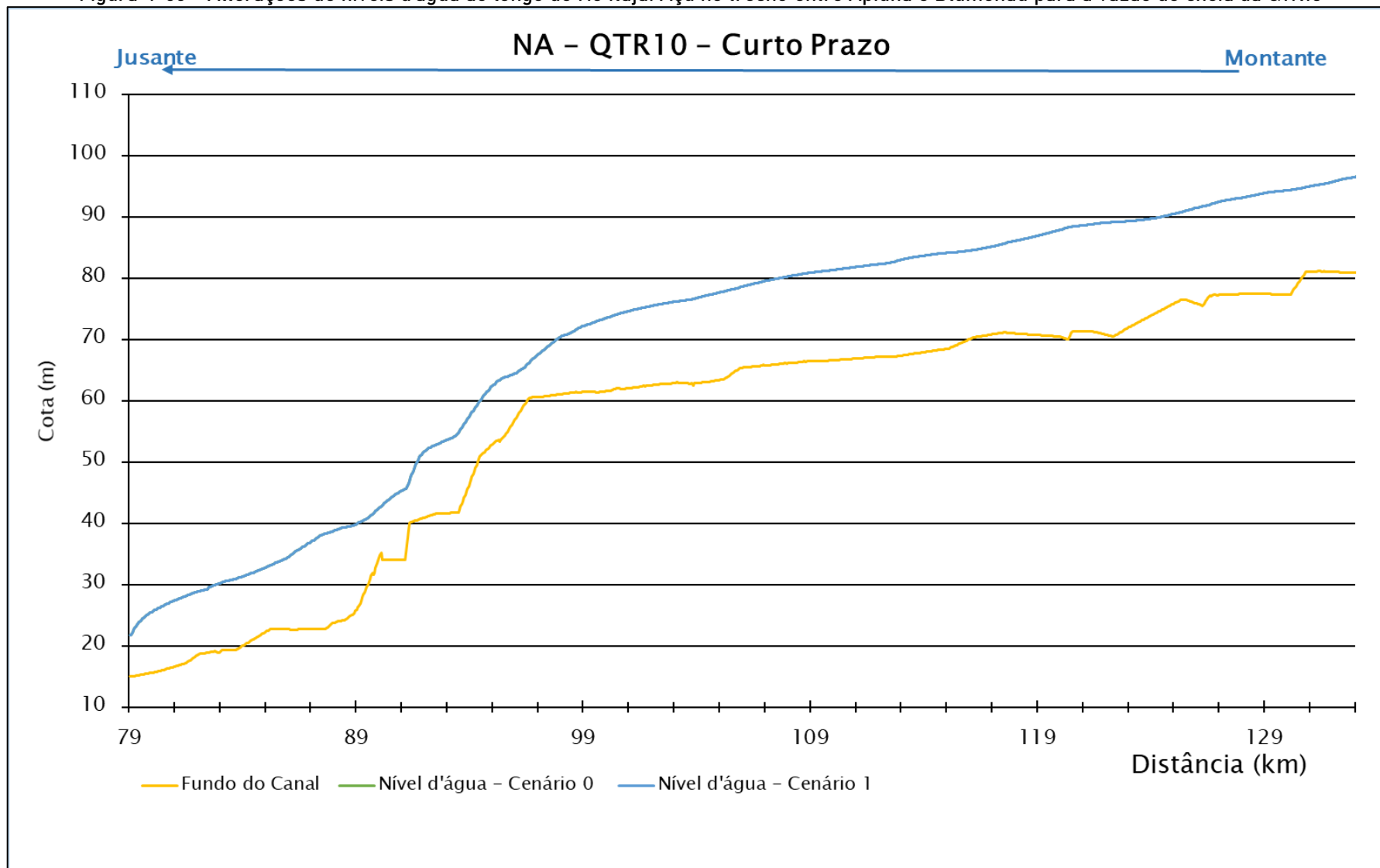




Figura 4-67 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR10

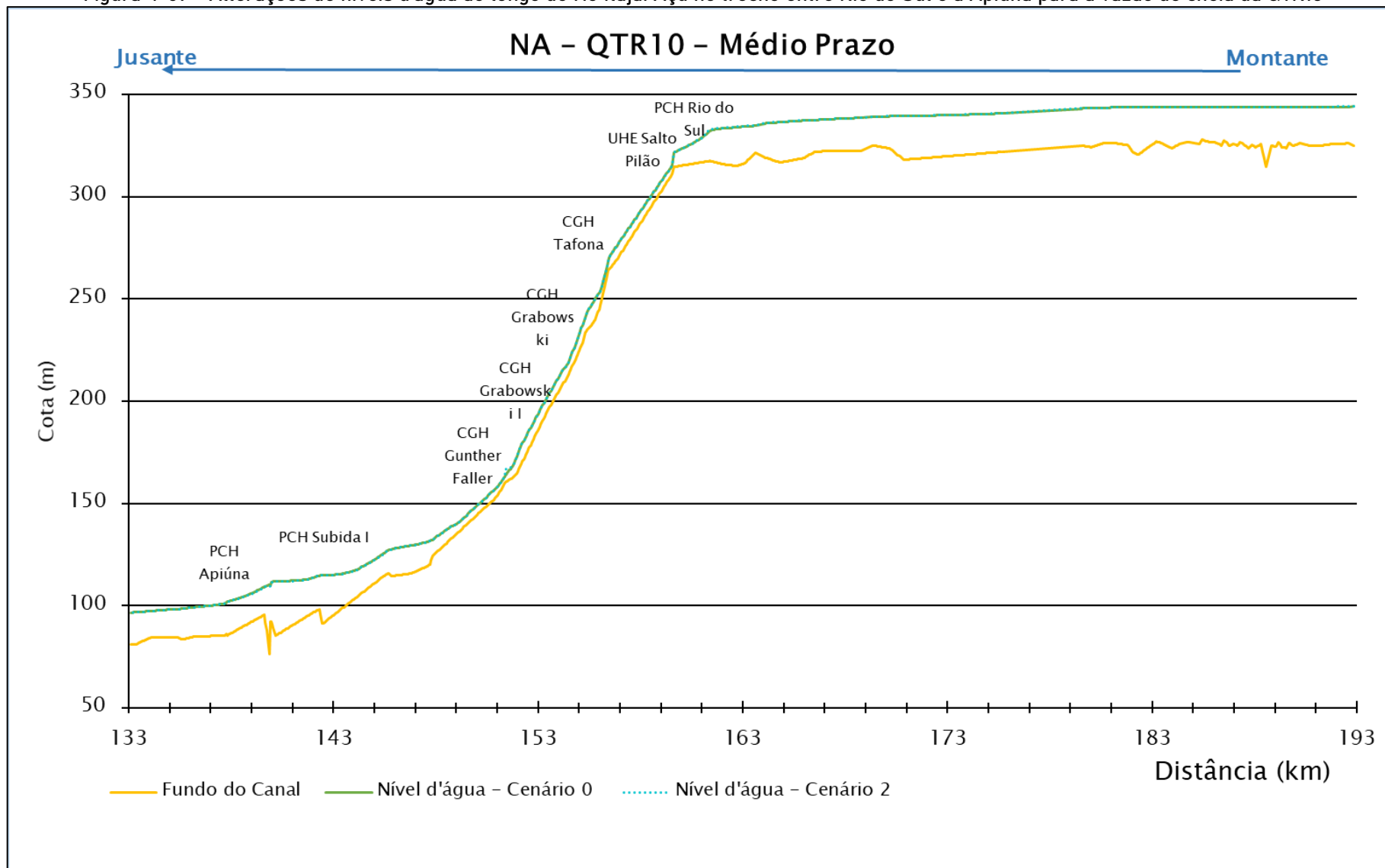




Figura 4-68 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10

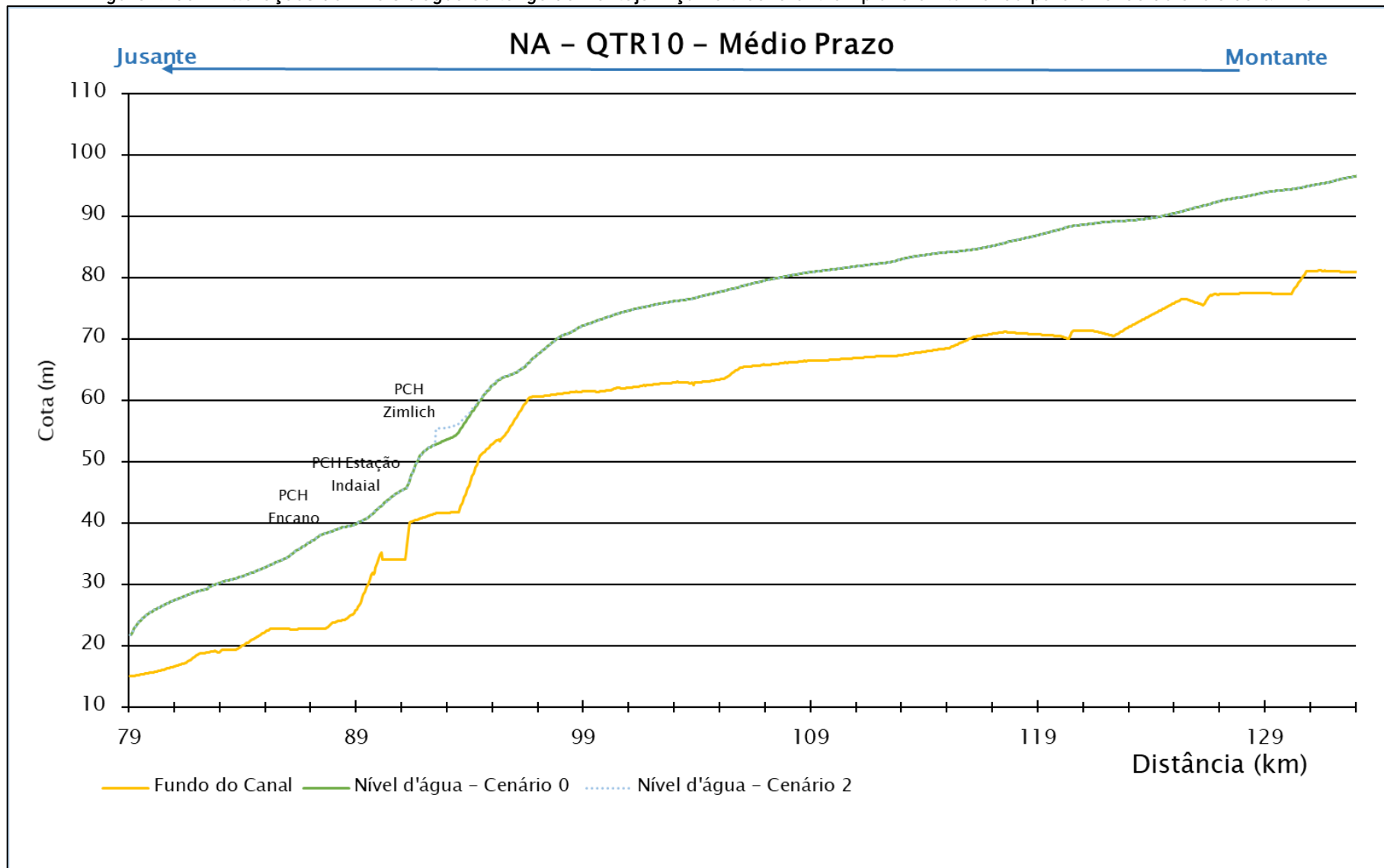




Figura 4-69 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR10

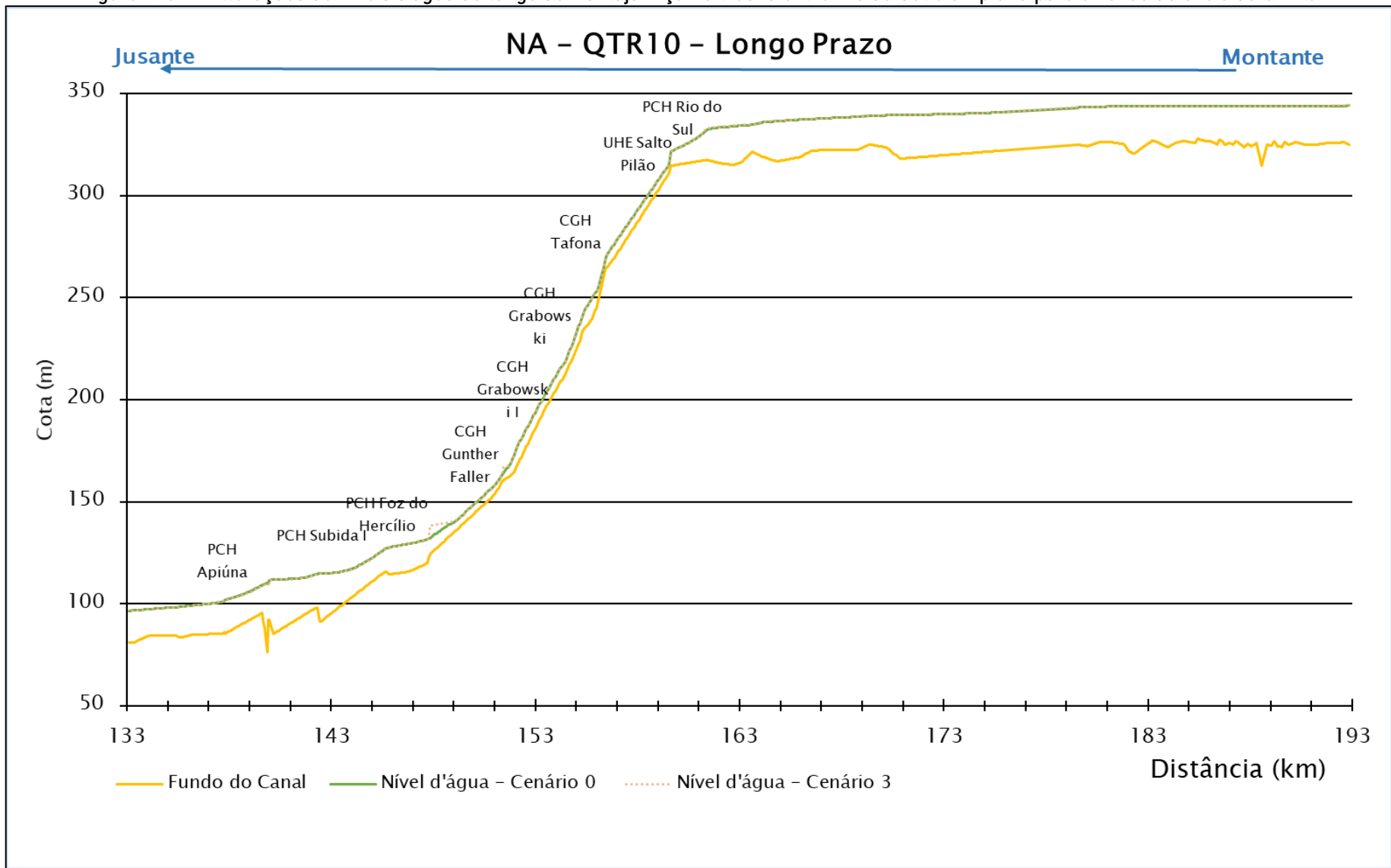
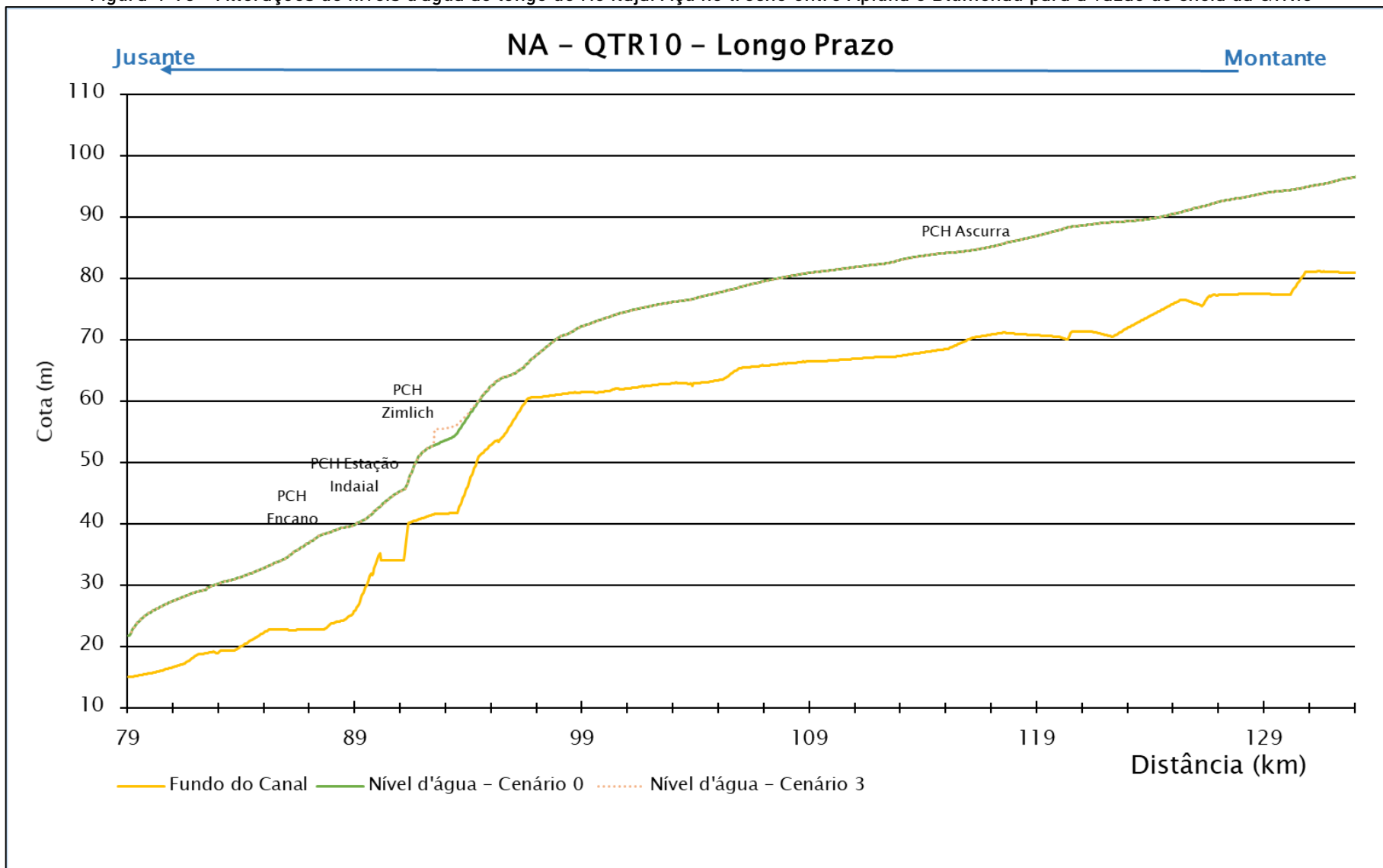




Figura 4-70 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10



A análise de níveis especializada pode ser vista nas figuras a seguir.

Figura 4-71 - Níveis d'água espacializados para o cenário atual na Q_{TR10}

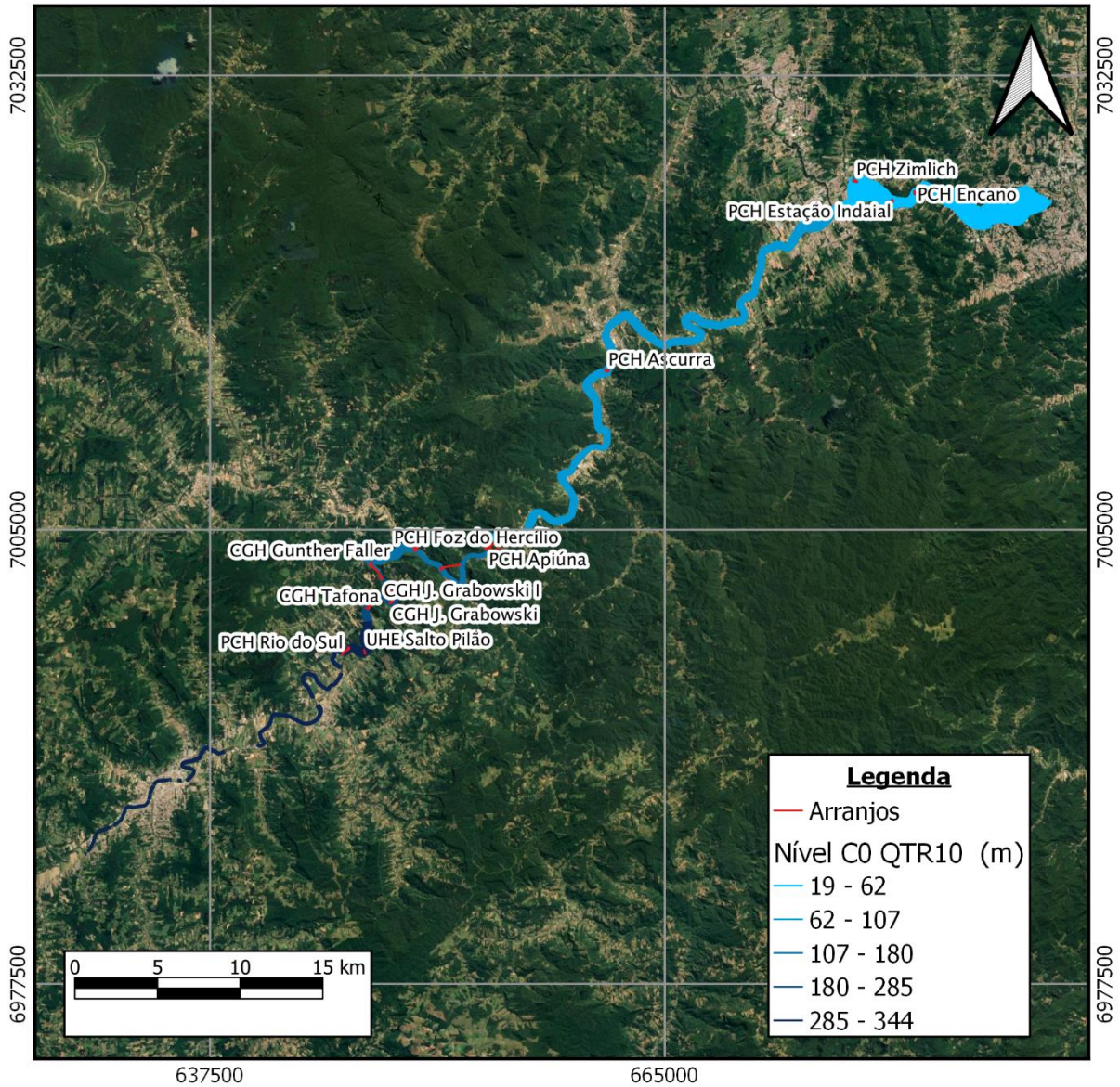


Figura 4-72 - Níveis espacializados no cenário de longo prazo para a Q_{TR10}

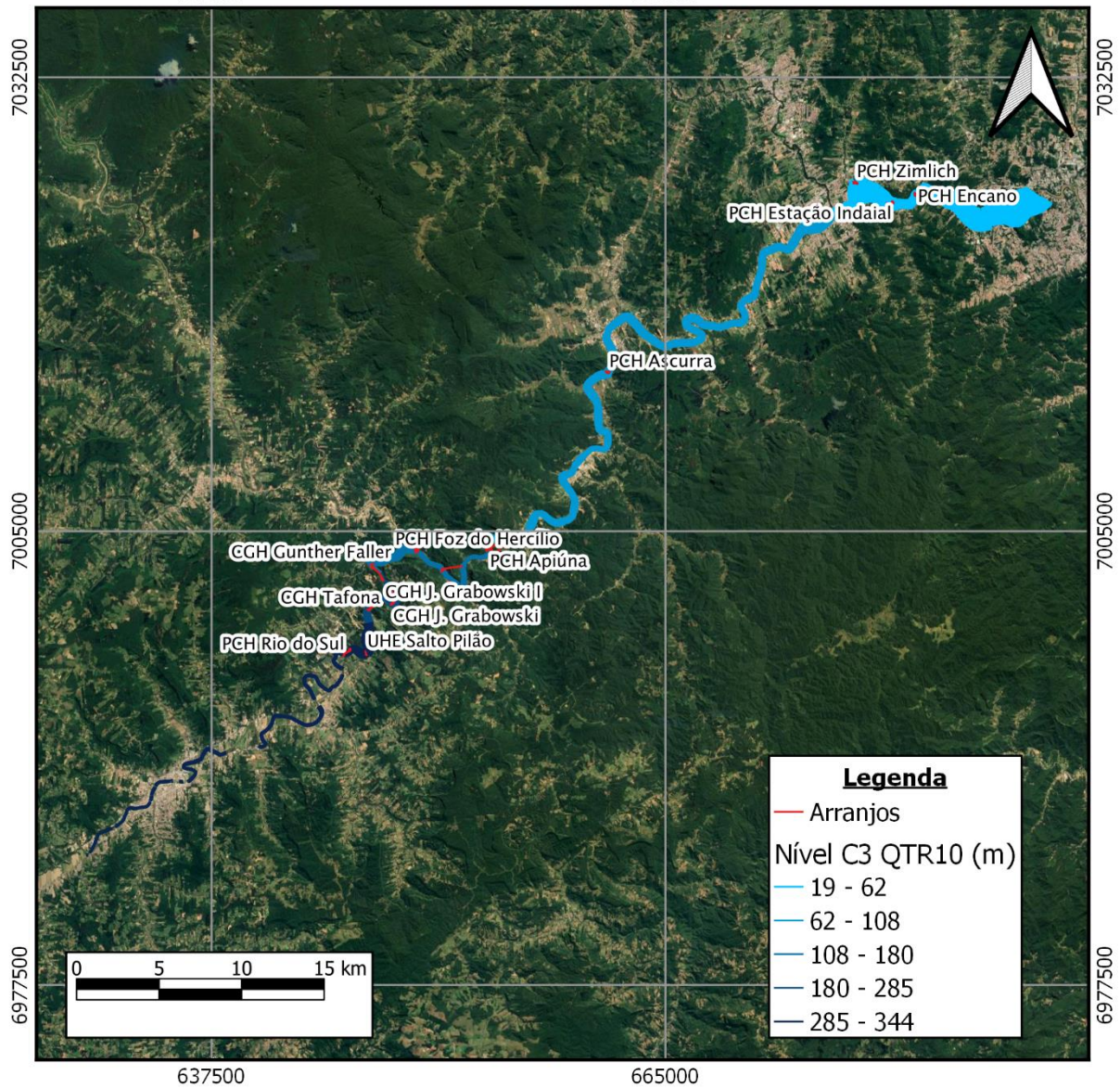


Figura 4-73 - Diferença de nível entre o cenário de longo prazo e atual para a Q_{TR10}

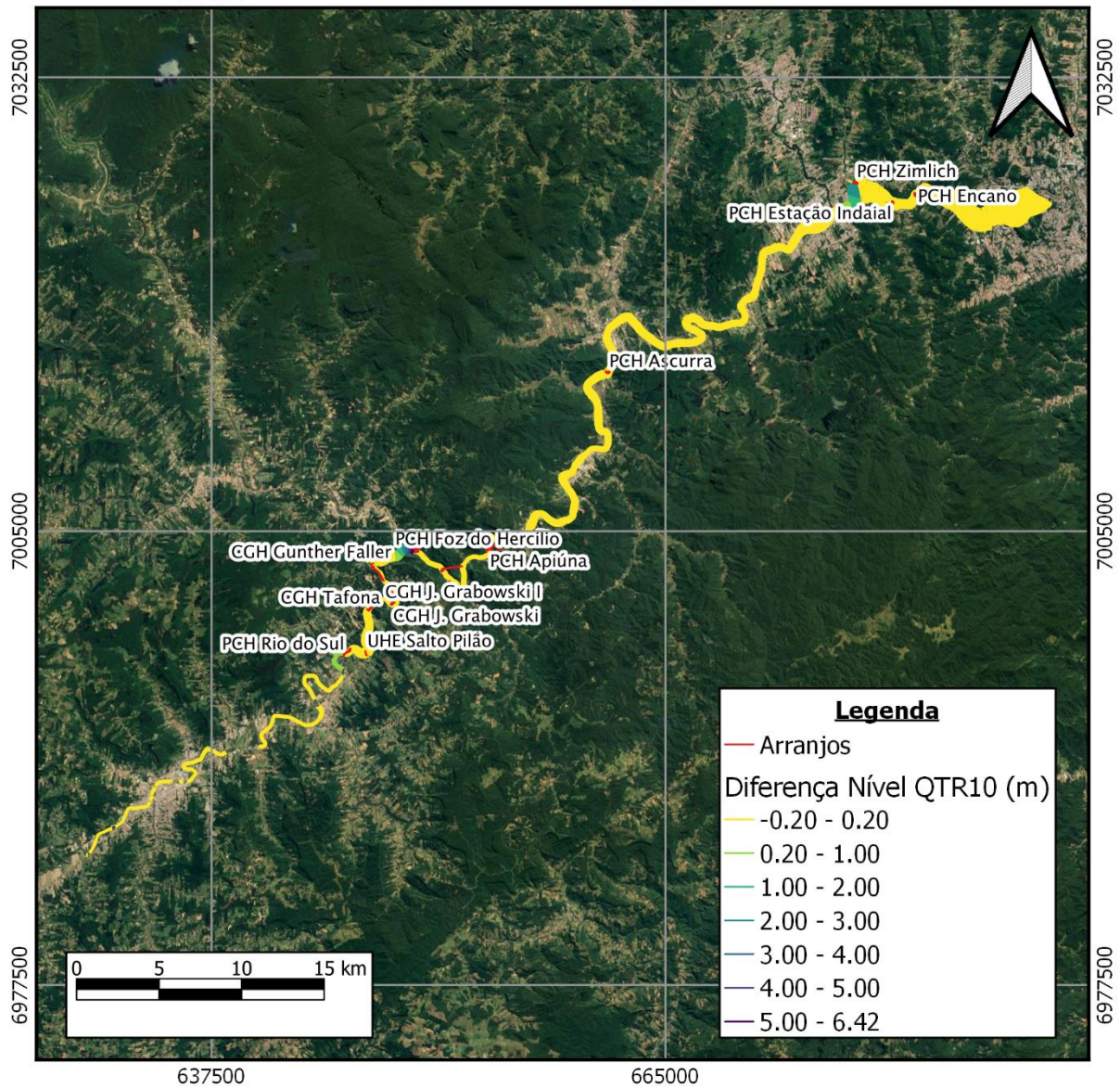
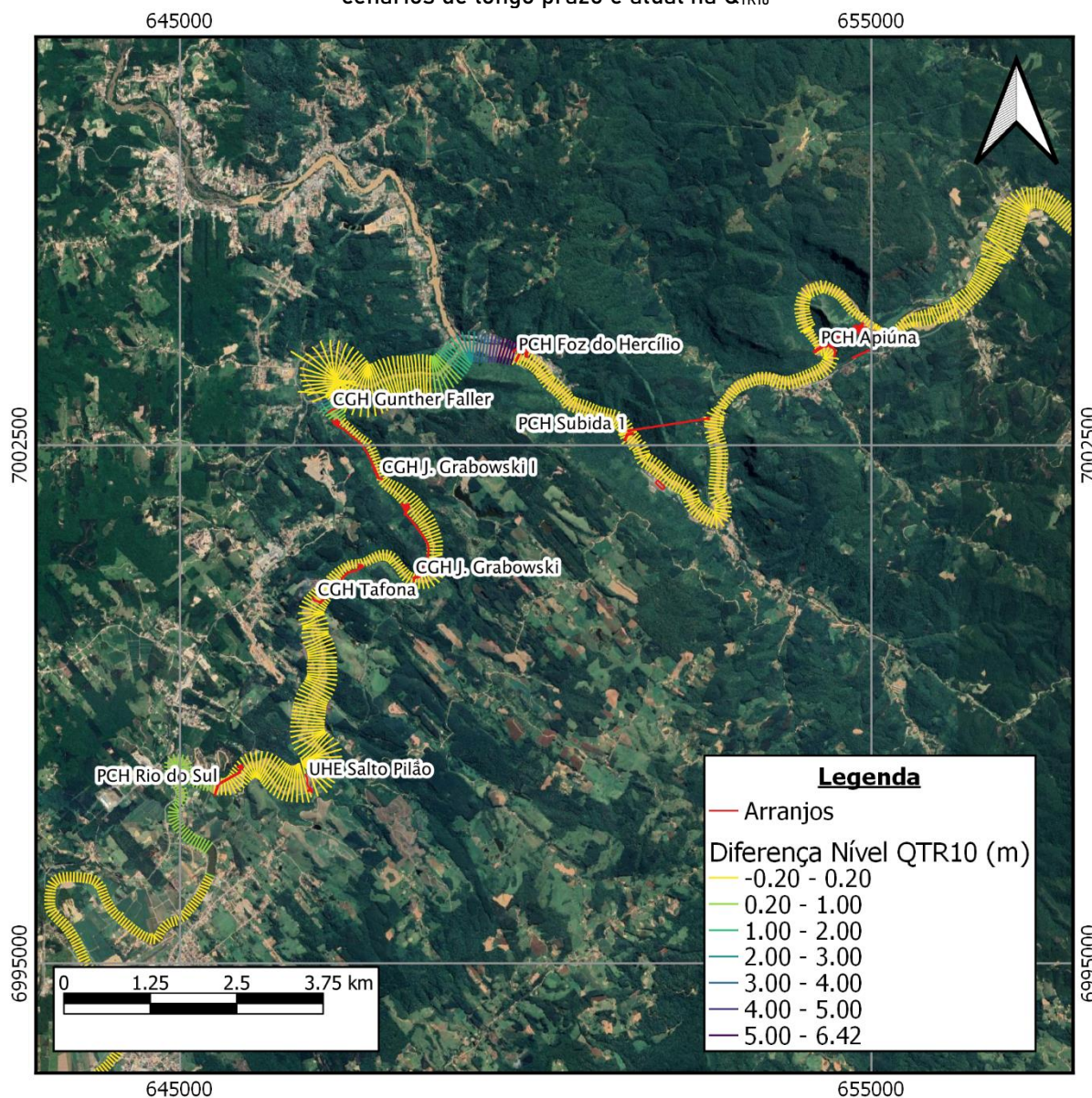


Figura 4-74 - Destaque para o reservatório da PCH Foz do Hercílio para a diferença de nível entre os cenários de longo prazo e atual na Q_{TR10}



A velocidade para este cenário apresenta o mesmo padrão supracitado. A maior velocidade ocorre entre a PCH Subida 1 e a PCH Apiúna e a maior diferença entre as velocidades no eixo da PCH Foz do Hercílio, com uma redução de 1,24 m/s. A alteração de velocidade já não é mais impactante para as atividades socioeconômicas, visto que é pouco provável que haja turismo e lazer em condições de cheia.



Figura 4-75 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR10

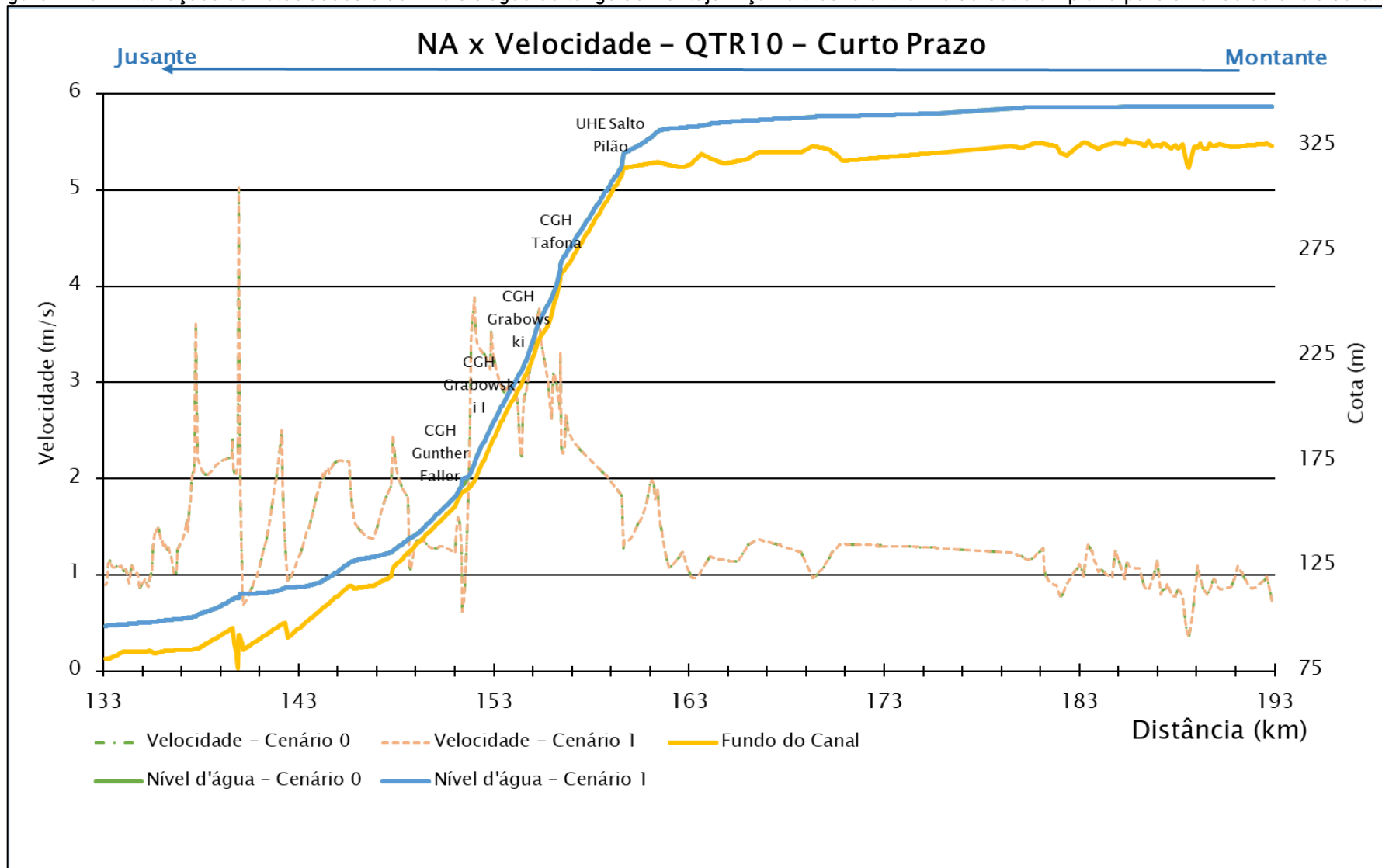




Figura 4-76 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10

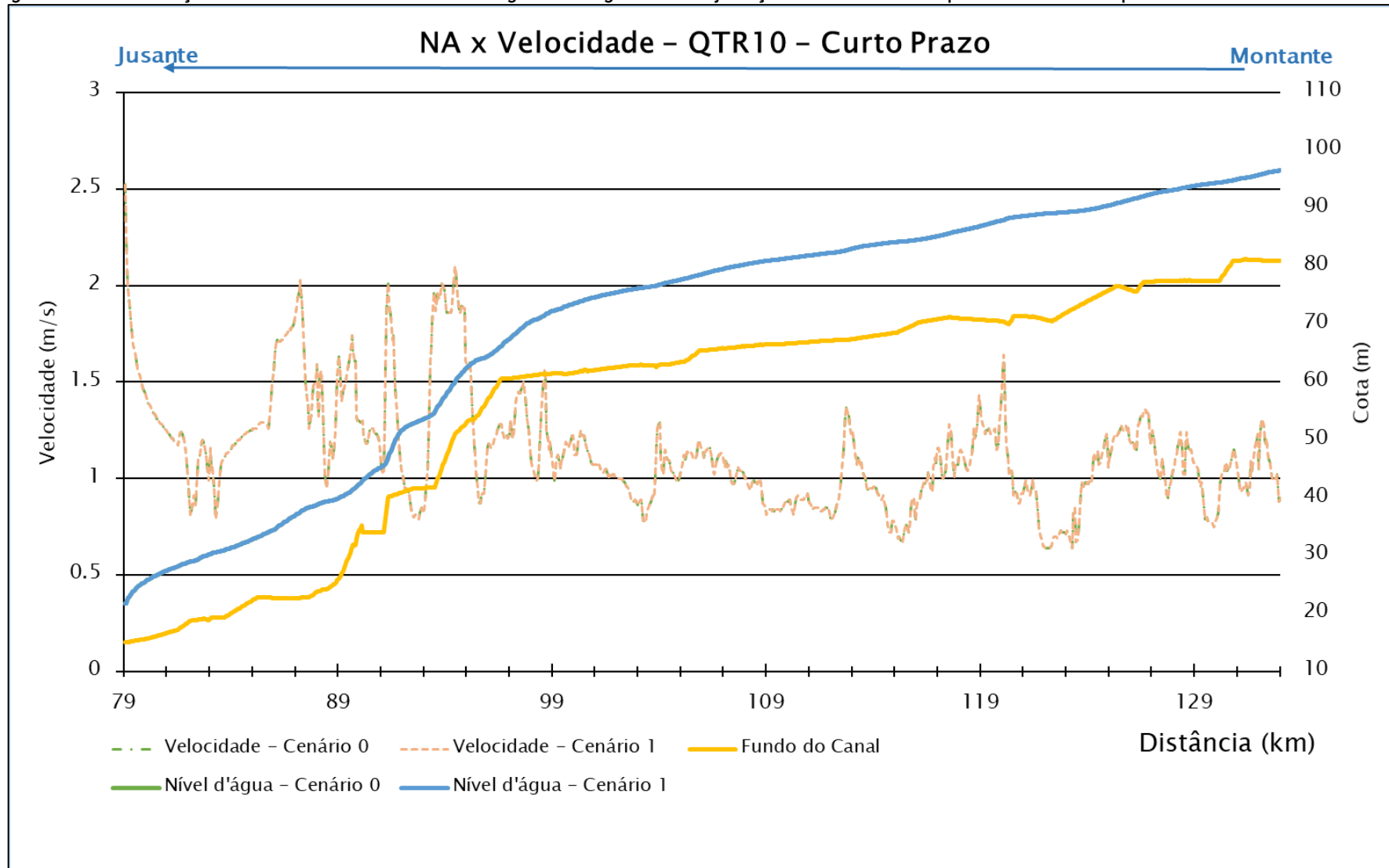




Figura 4-77 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR10

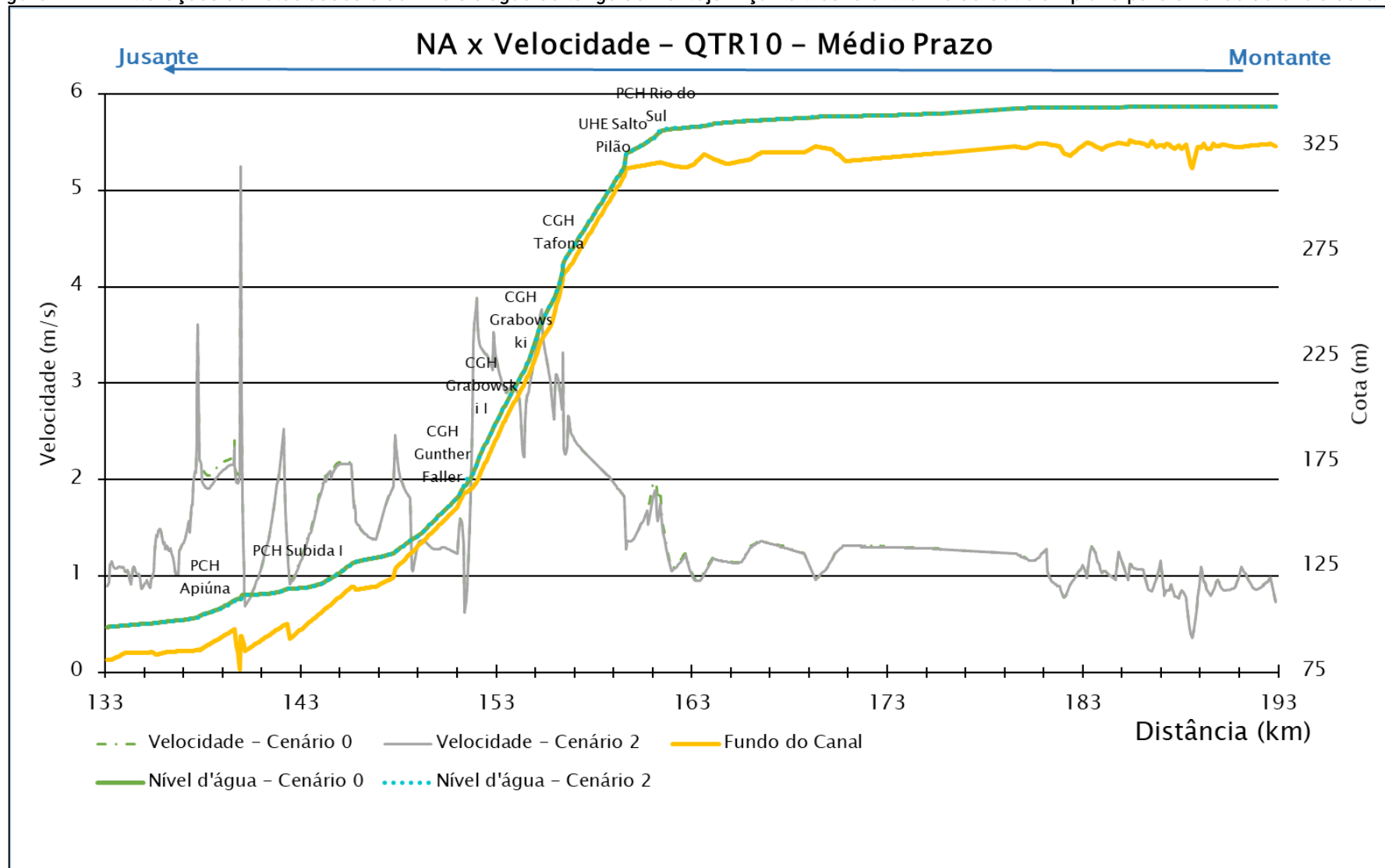




Figura 4-78 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10

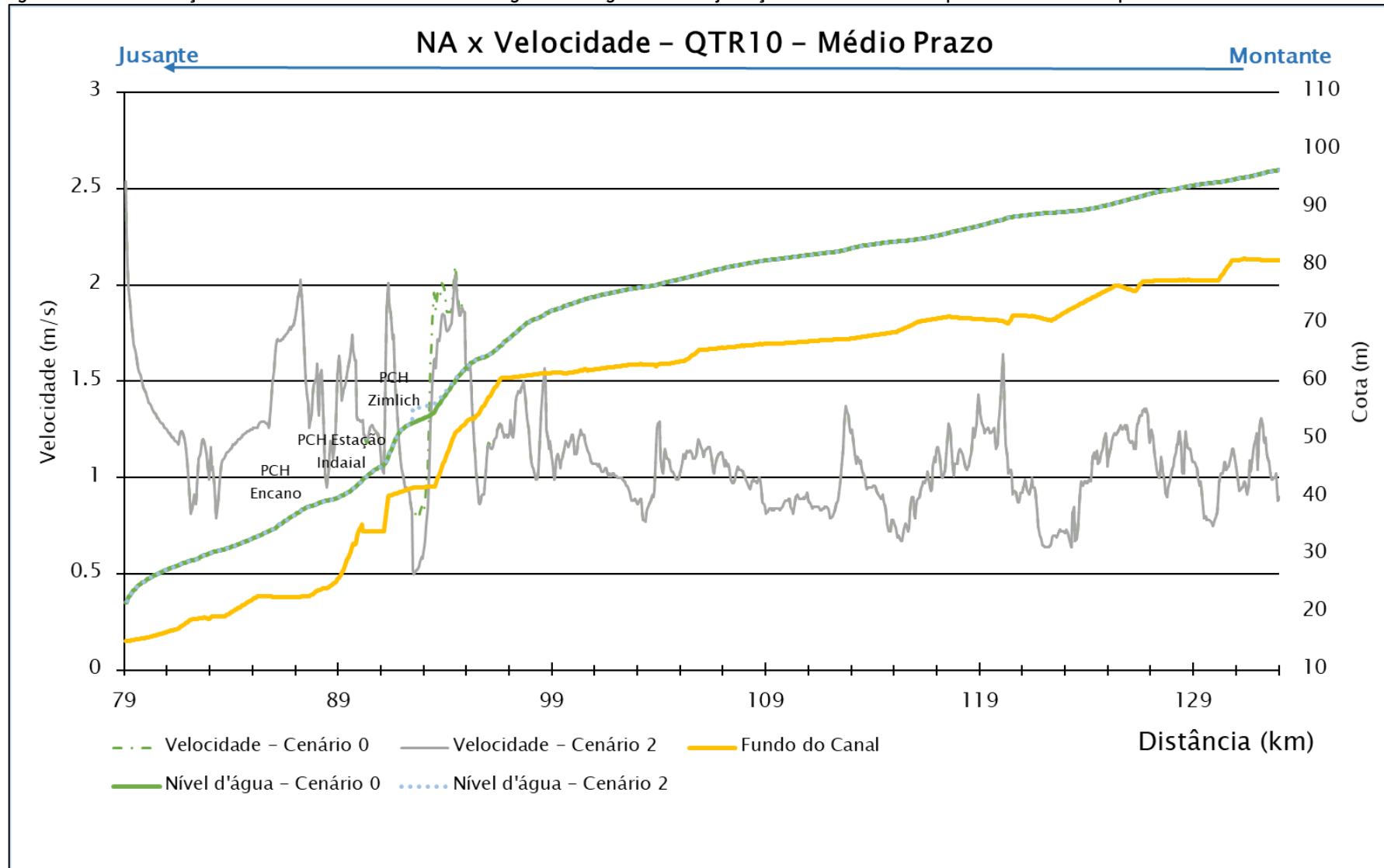




Figura 4-79 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR10

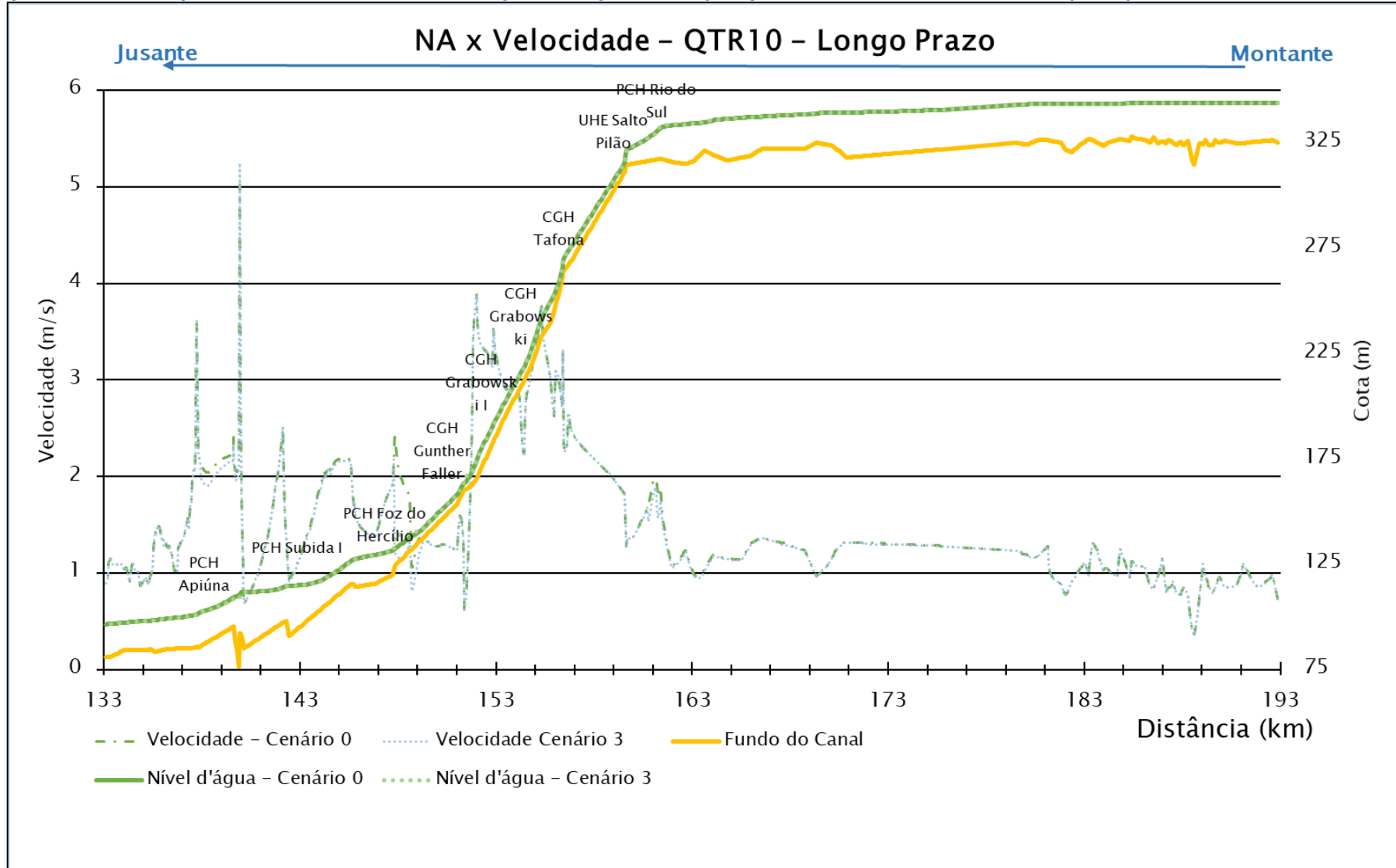
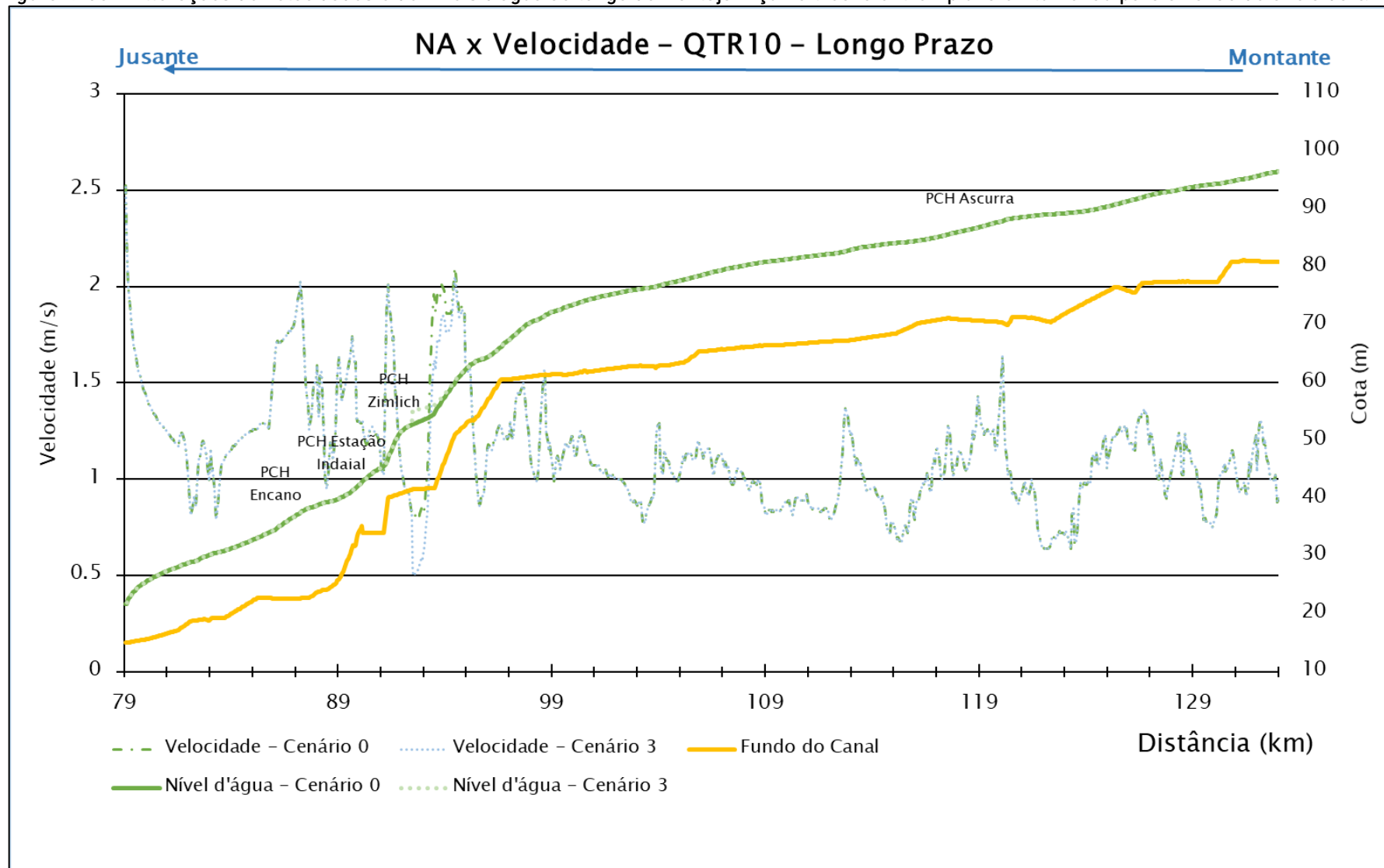




Figura 4-80 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR10





4.5.5 *Vazões, níveis d'água e velocidades Q_{TR100}*

Neste cenário de vazão, de maior valor analisado, os empreendimentos possuem menor impacto, em relação aos outros cenários de vazão, tanto no quesito de velocidades quanto de níveis.



Figura 4-81 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100

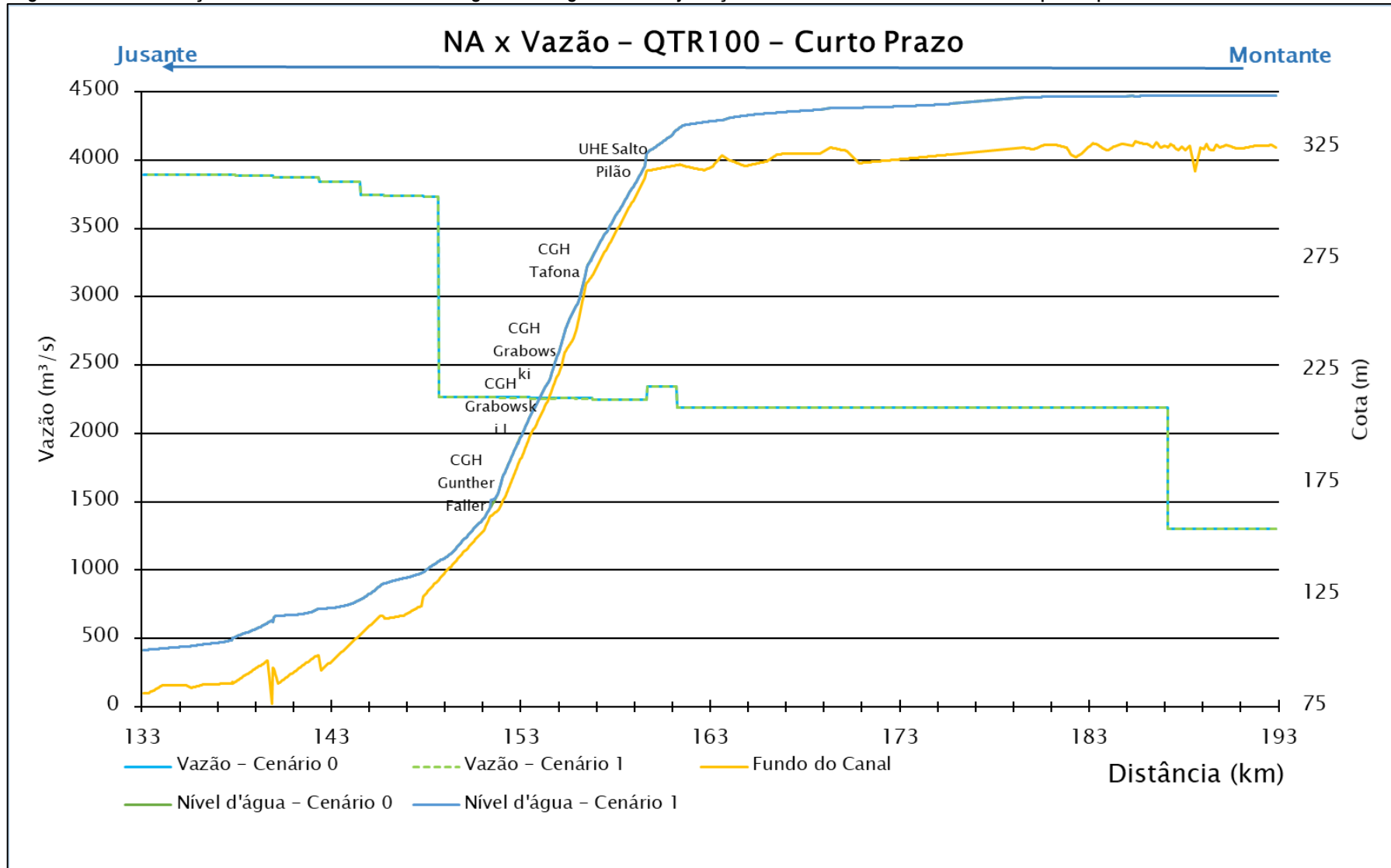




Figura 4-82 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100

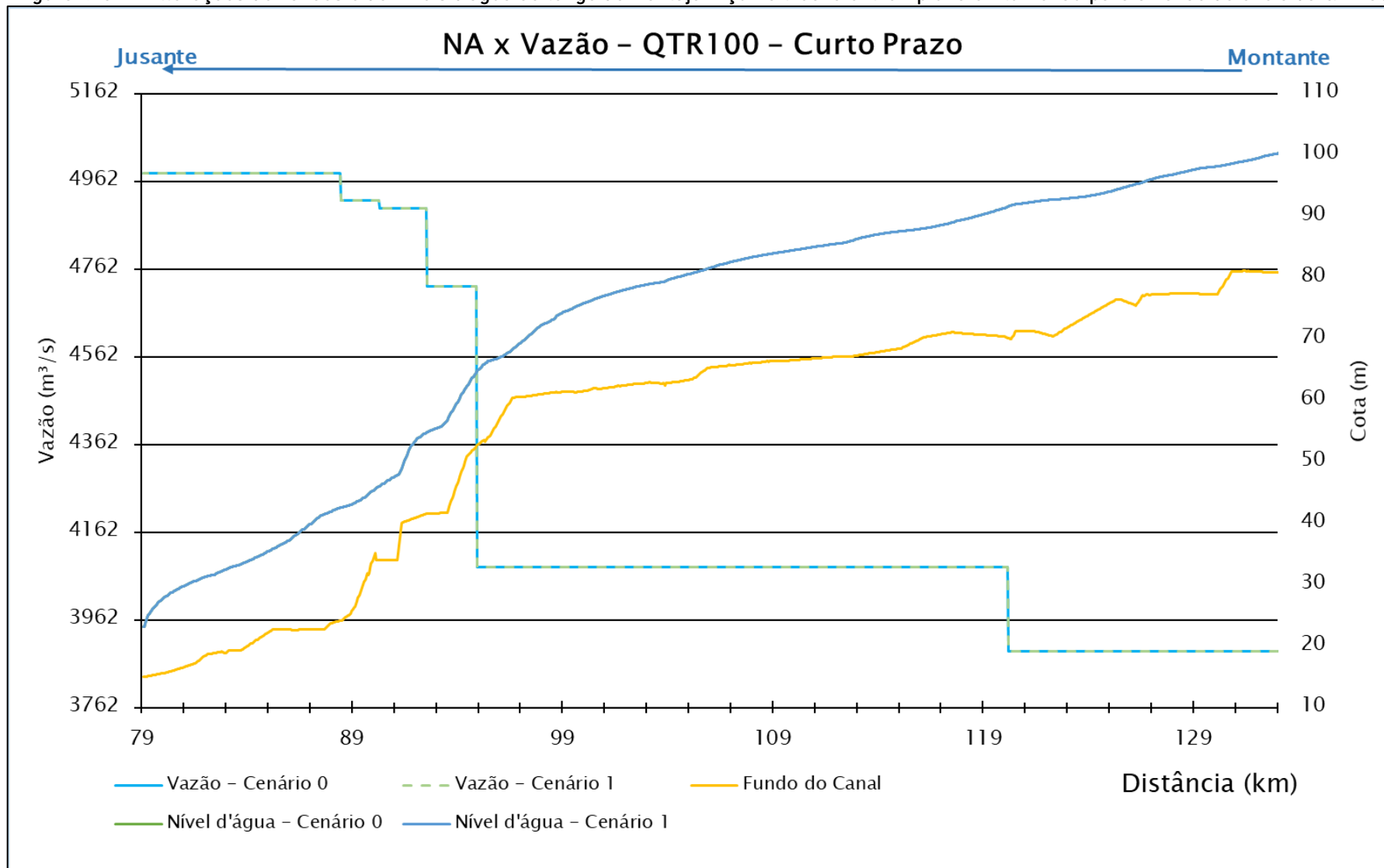




Figura 4-83 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR100

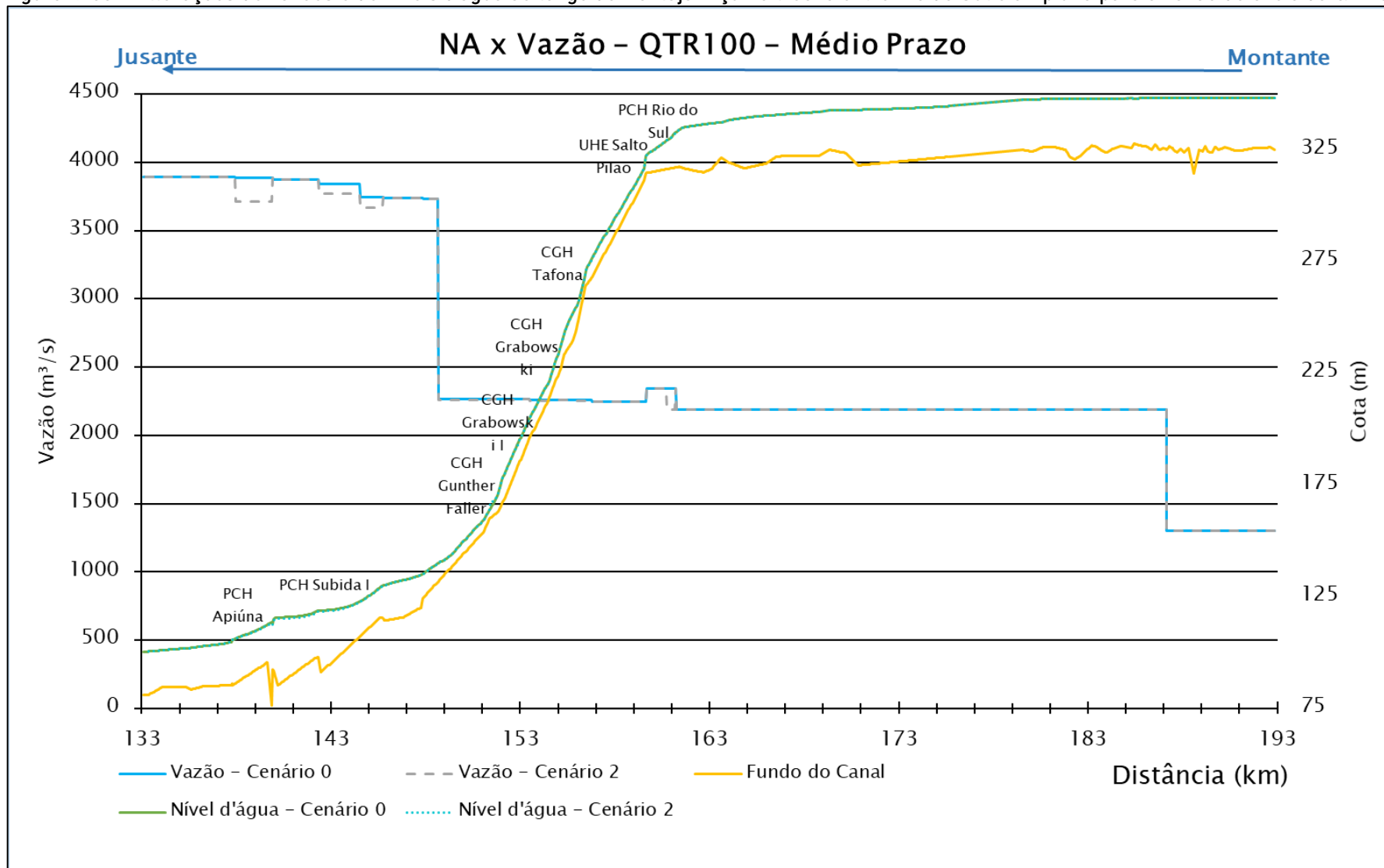




Figura 4-84 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100

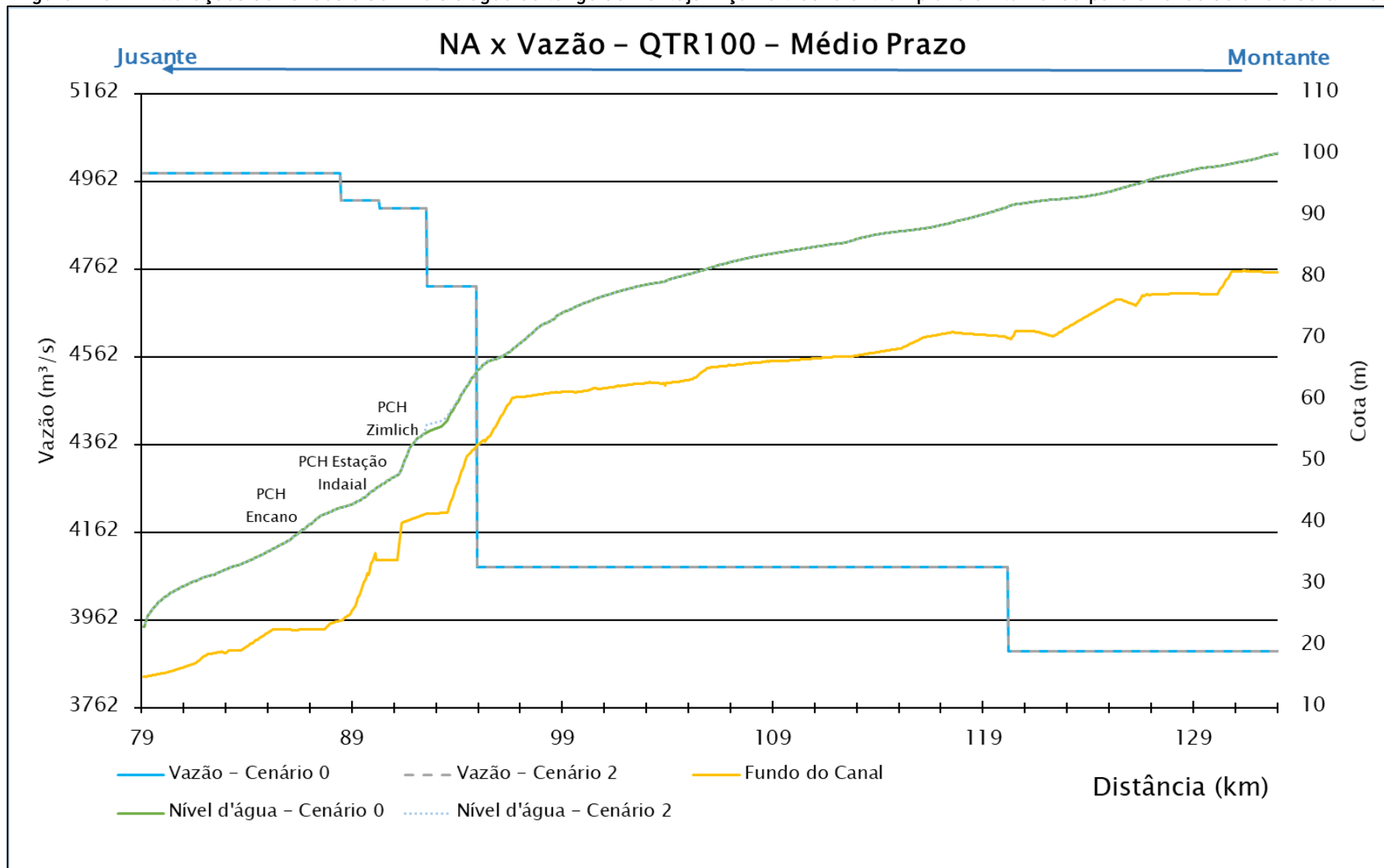




Figura 4-85 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100

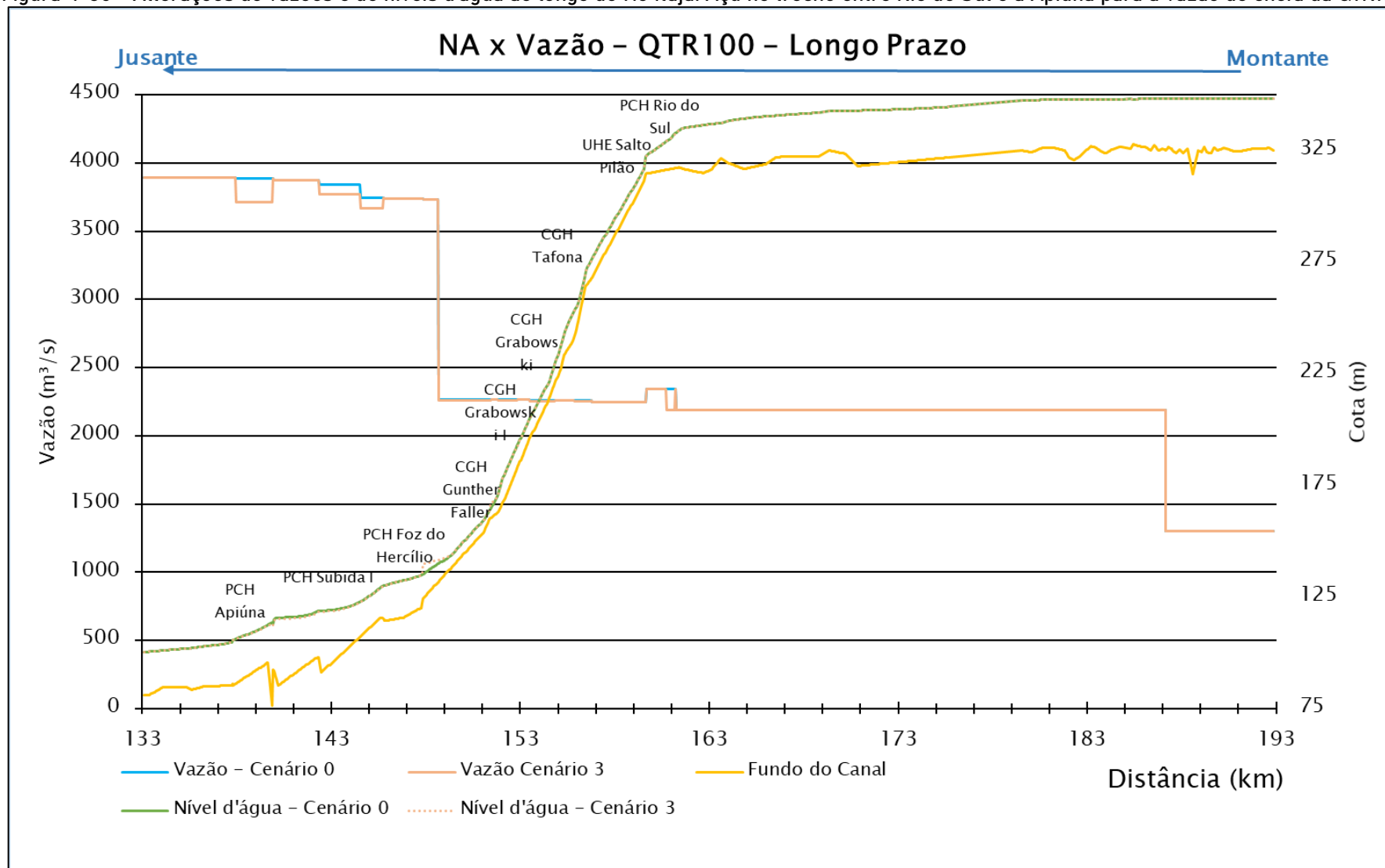
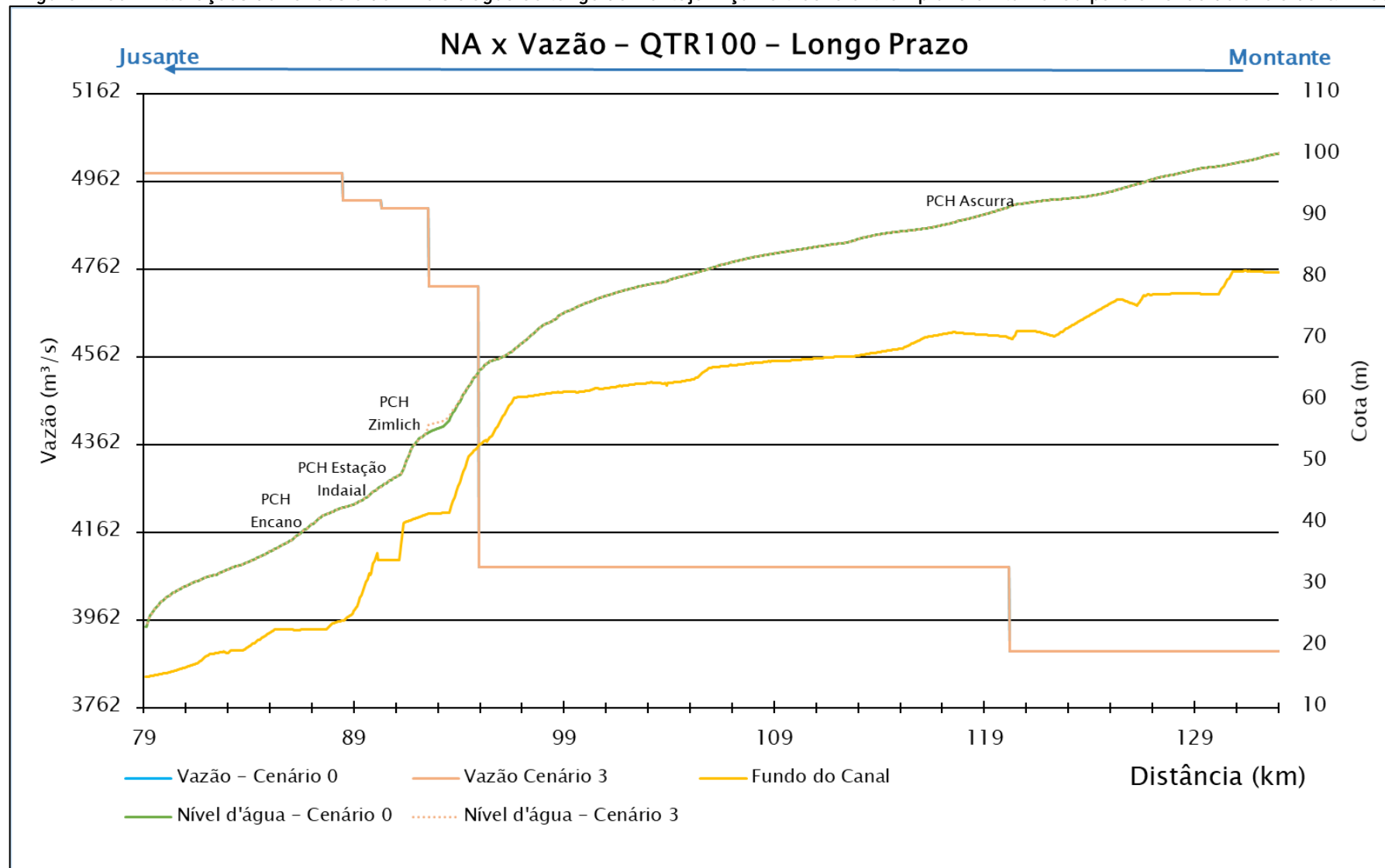




Figura 4-86 - Alterações de vazões e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100





Neste cenário de vazão, já não se percebem alterações de nível na maior parte dos empreendimentos, sendo que os únicos que acarretam em alteração são a PCH Foz do Hercílio e CGH Gunther Faller, com uma alteração de 4,74 e 2,81 metros respectivamente.



Figura 4-87 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiuna para a vazão de cheia da QTR100

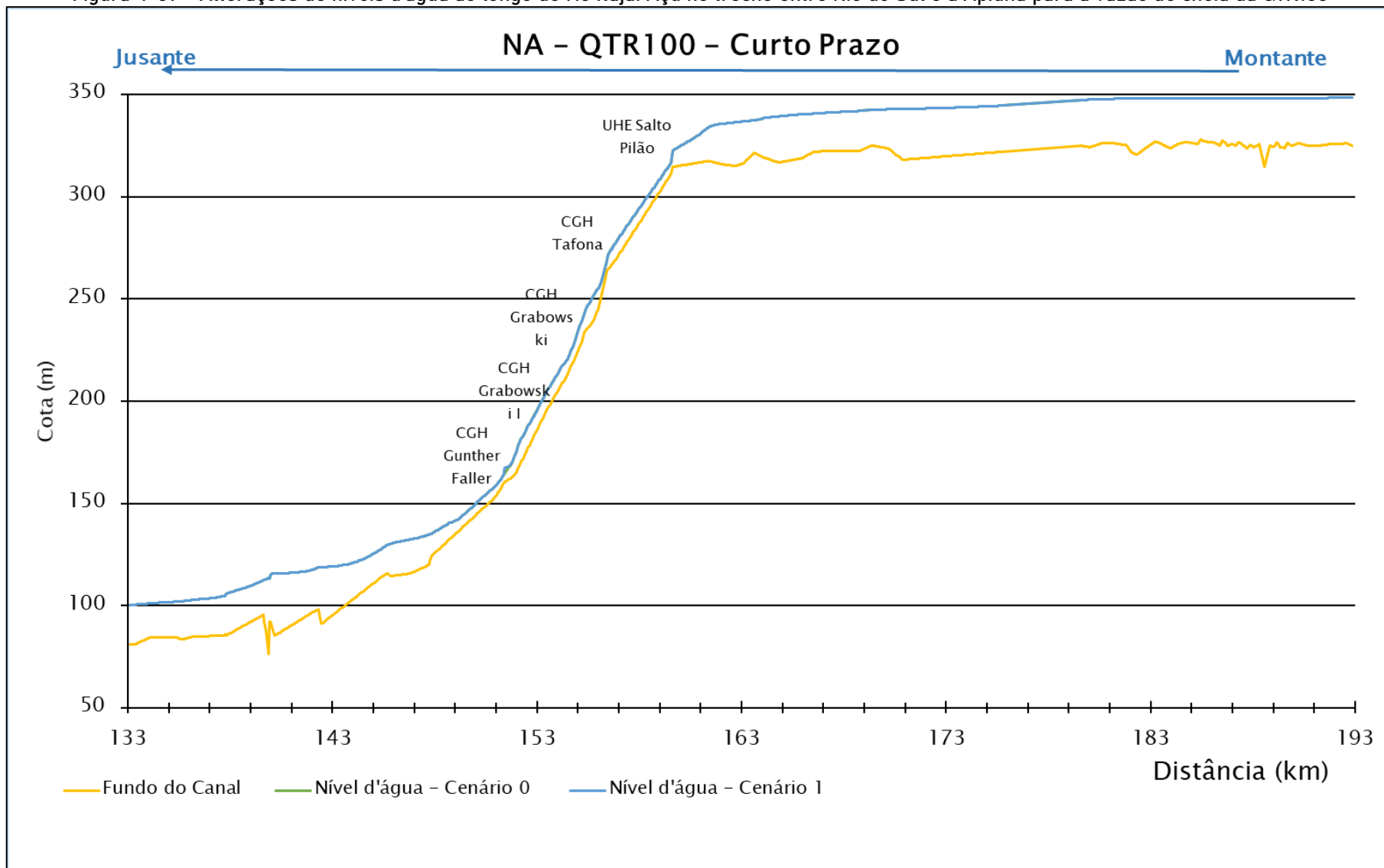




Figura 4-89 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR100

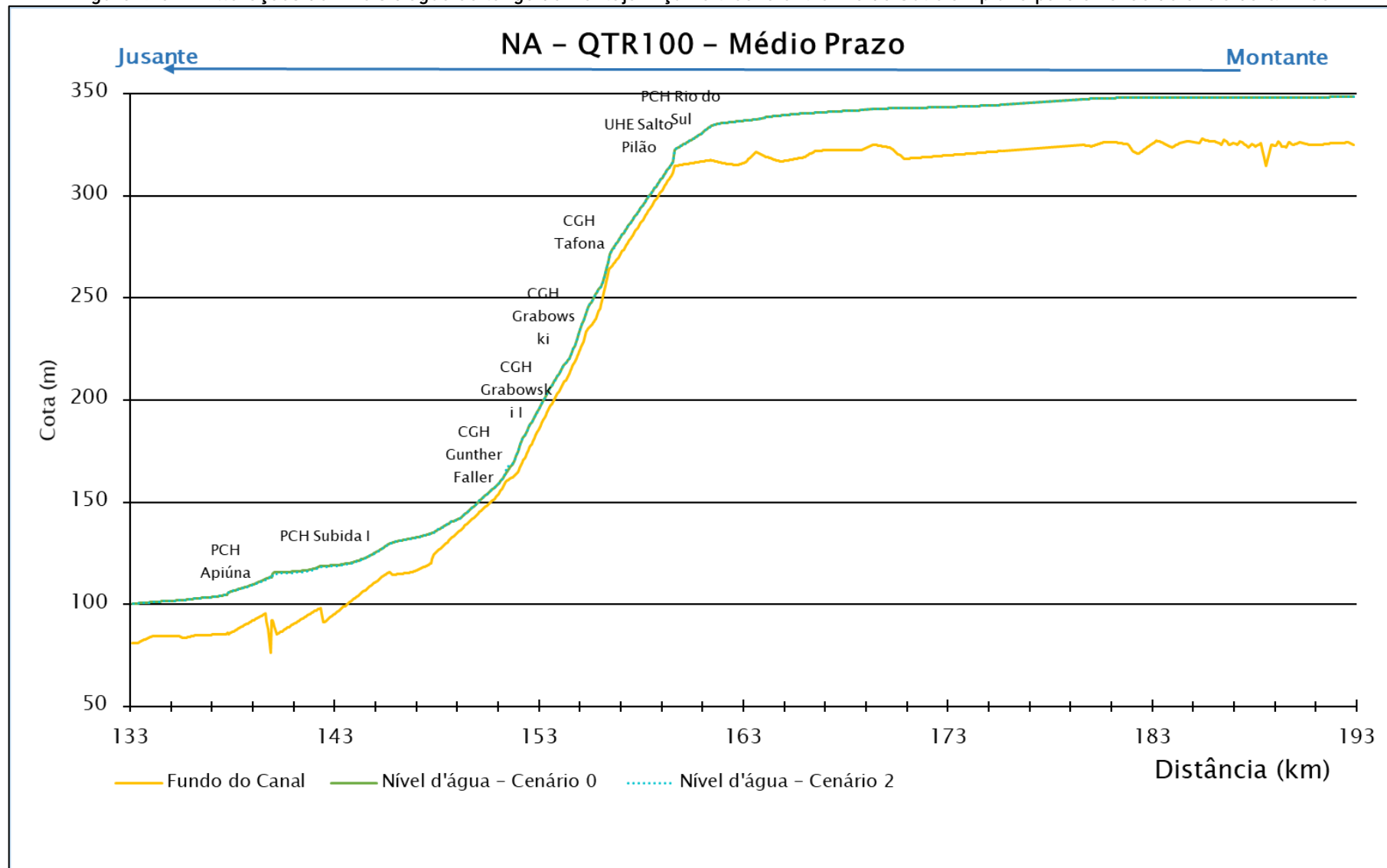




Figura 4-90 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100

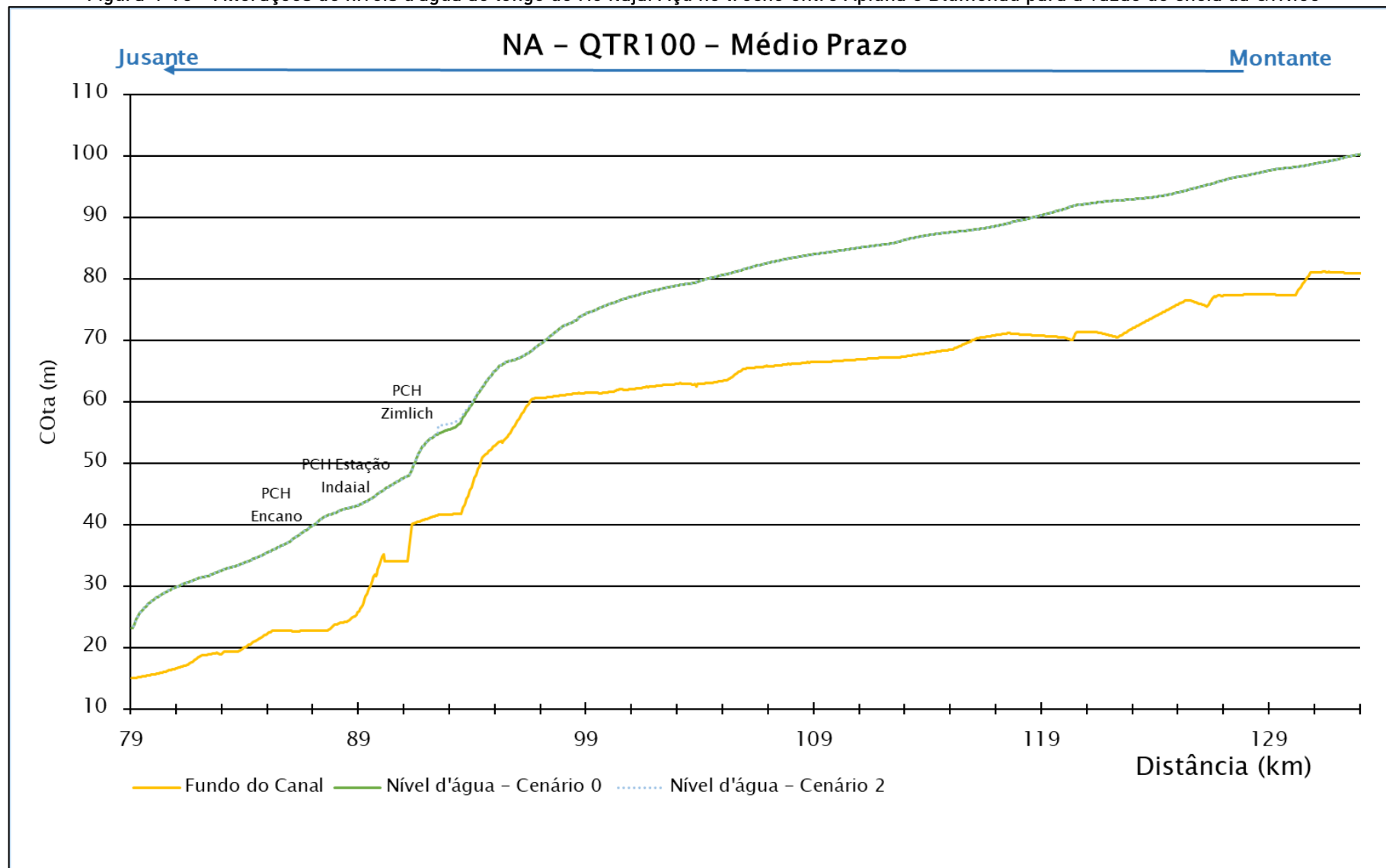




Figura 4-91 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e a Apiúna para a vazão de cheia da QTR100

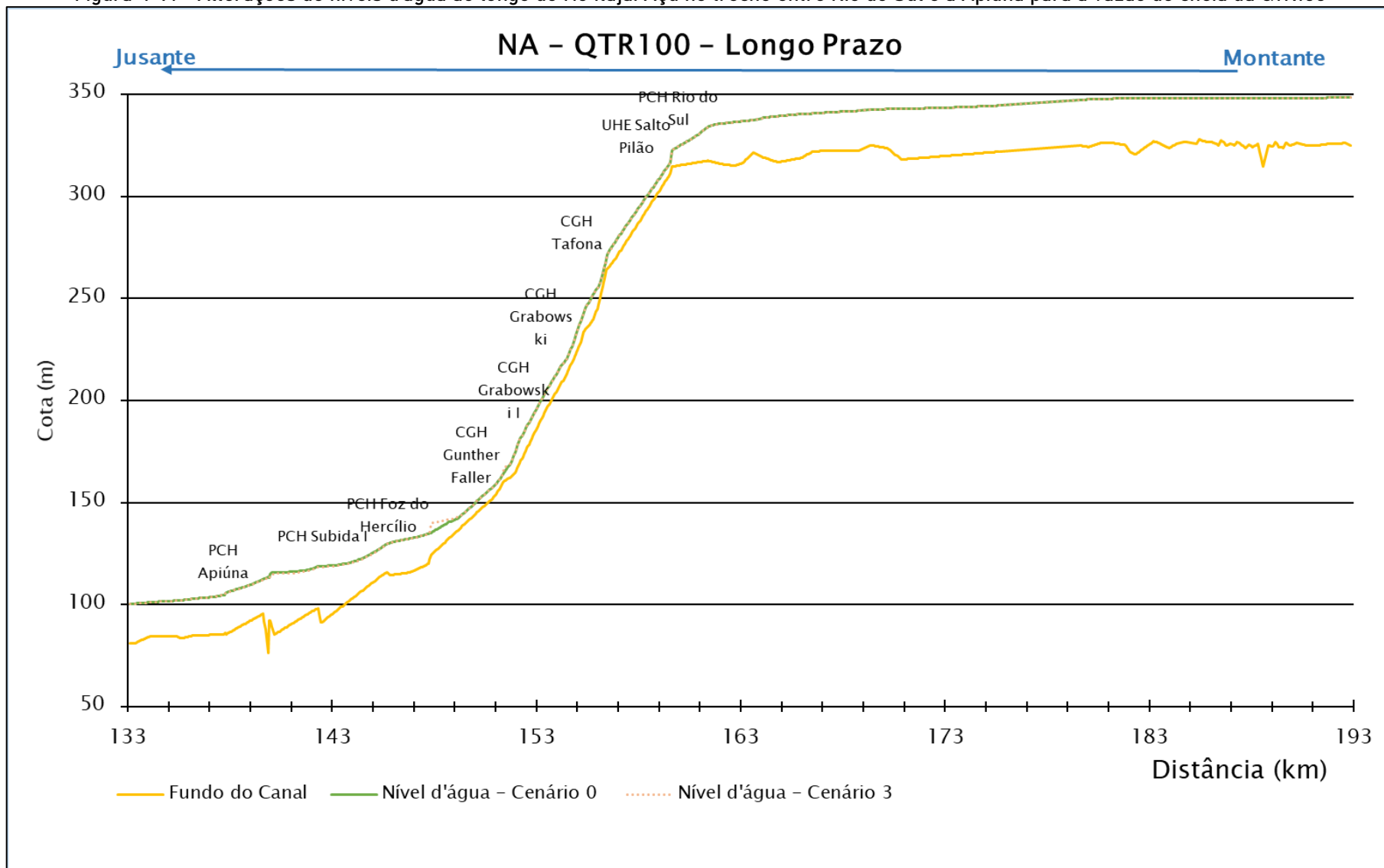




Figura 4-92 - Alterações de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100

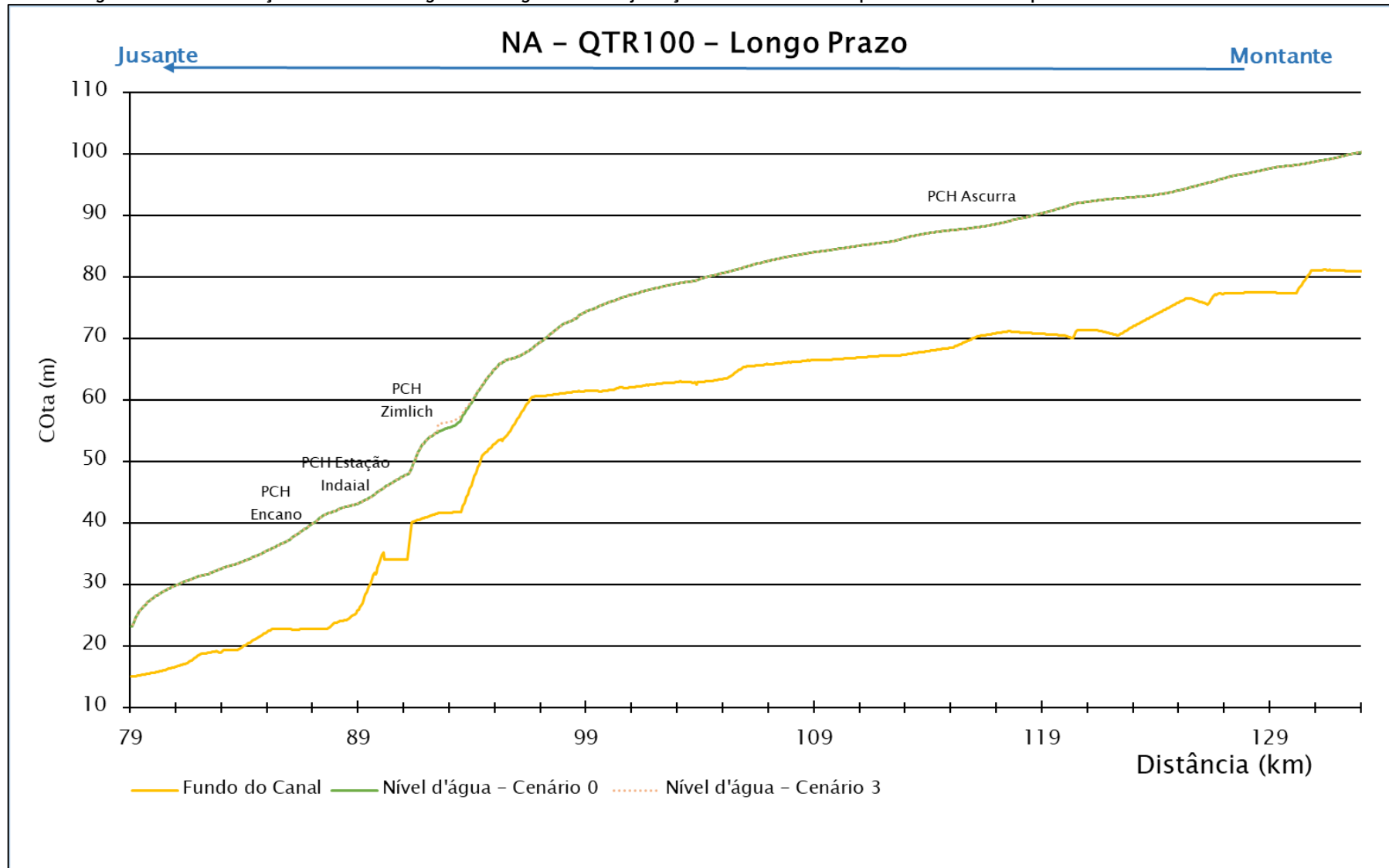




Figura 4-93 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e Apiuna para a vazão de cheia da QTR100

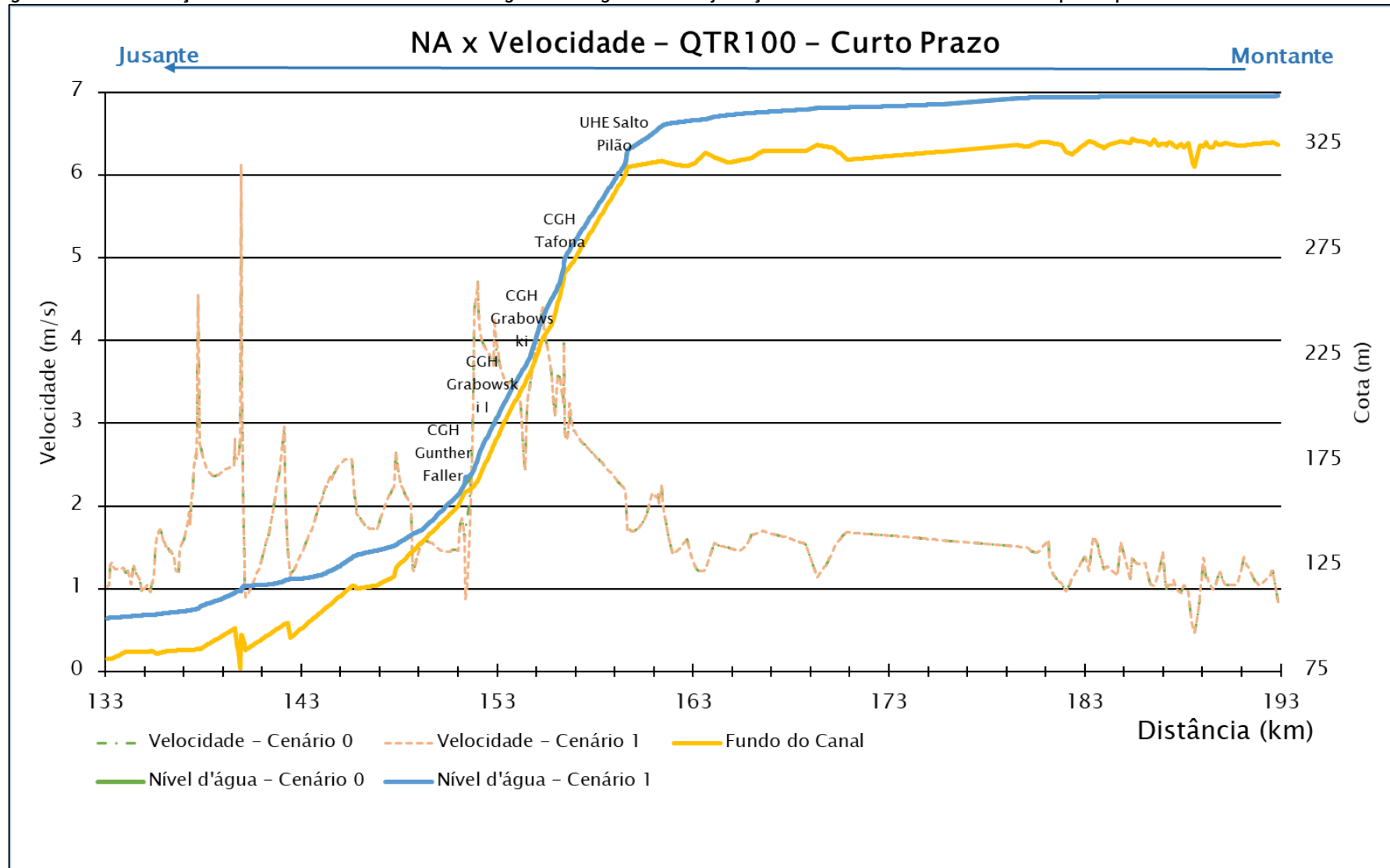




Figura 4-94 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100

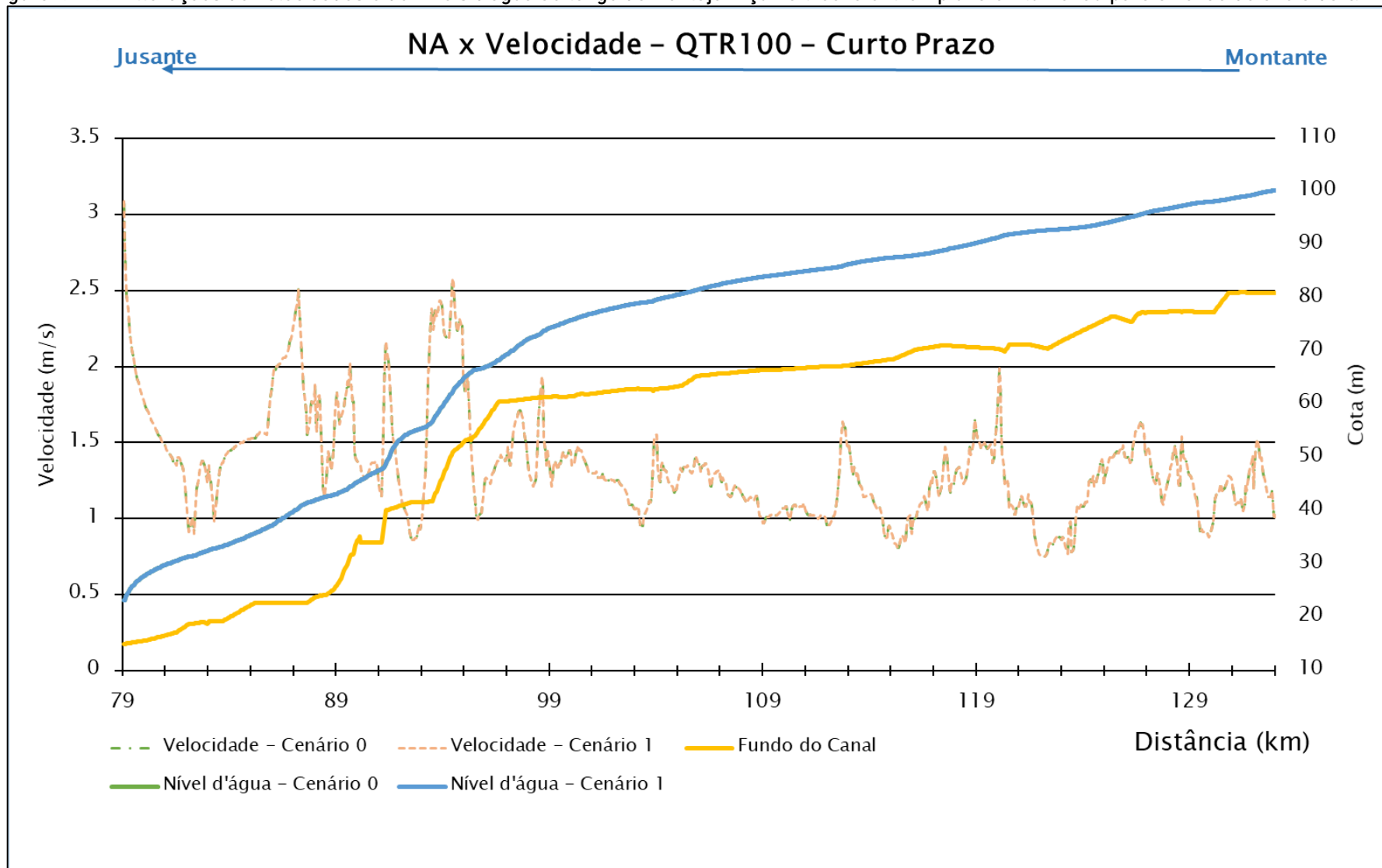




Figura 4-95 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e Apiuna para a vazão de cheia da QTR100

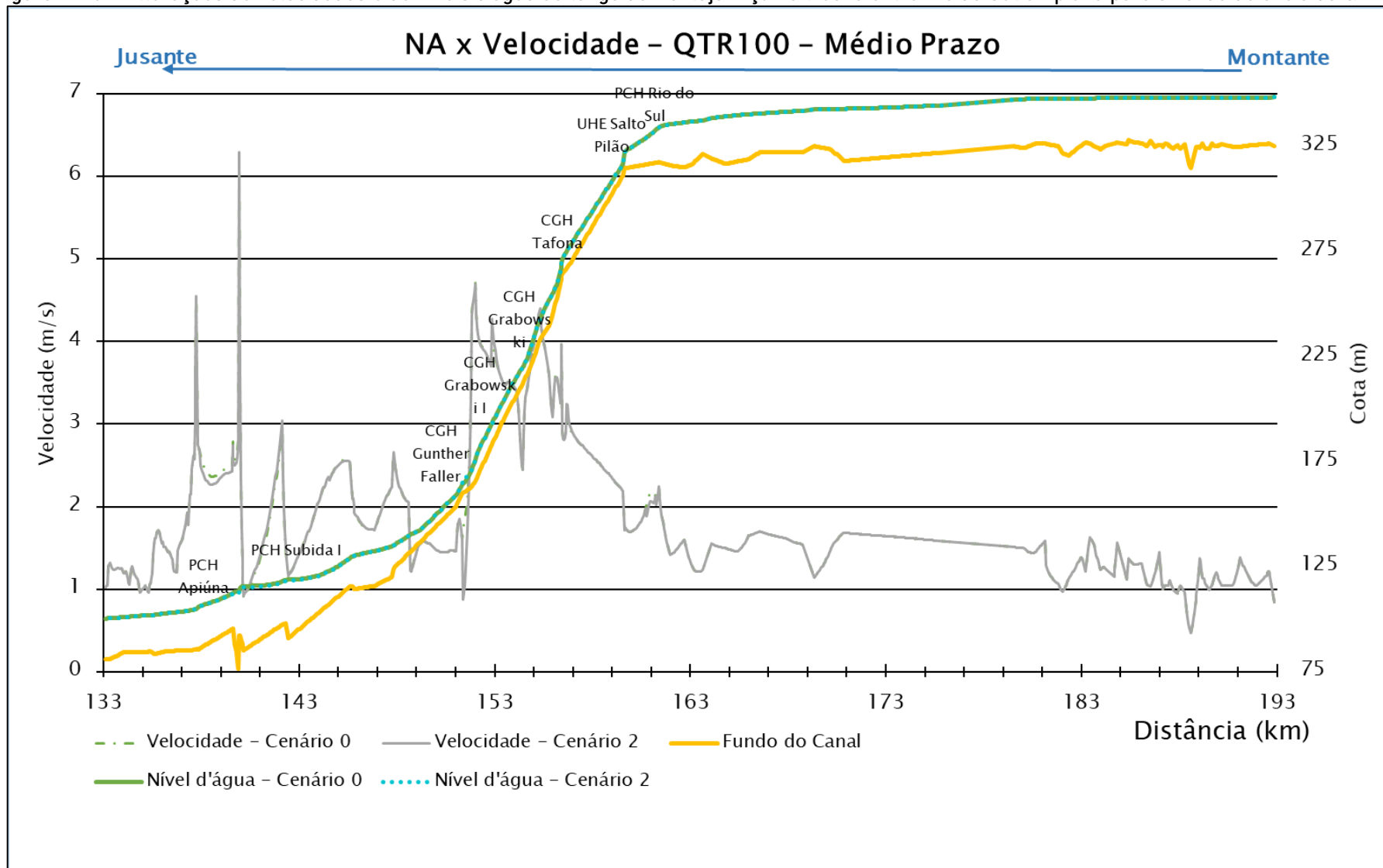




Figura 4-96 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100

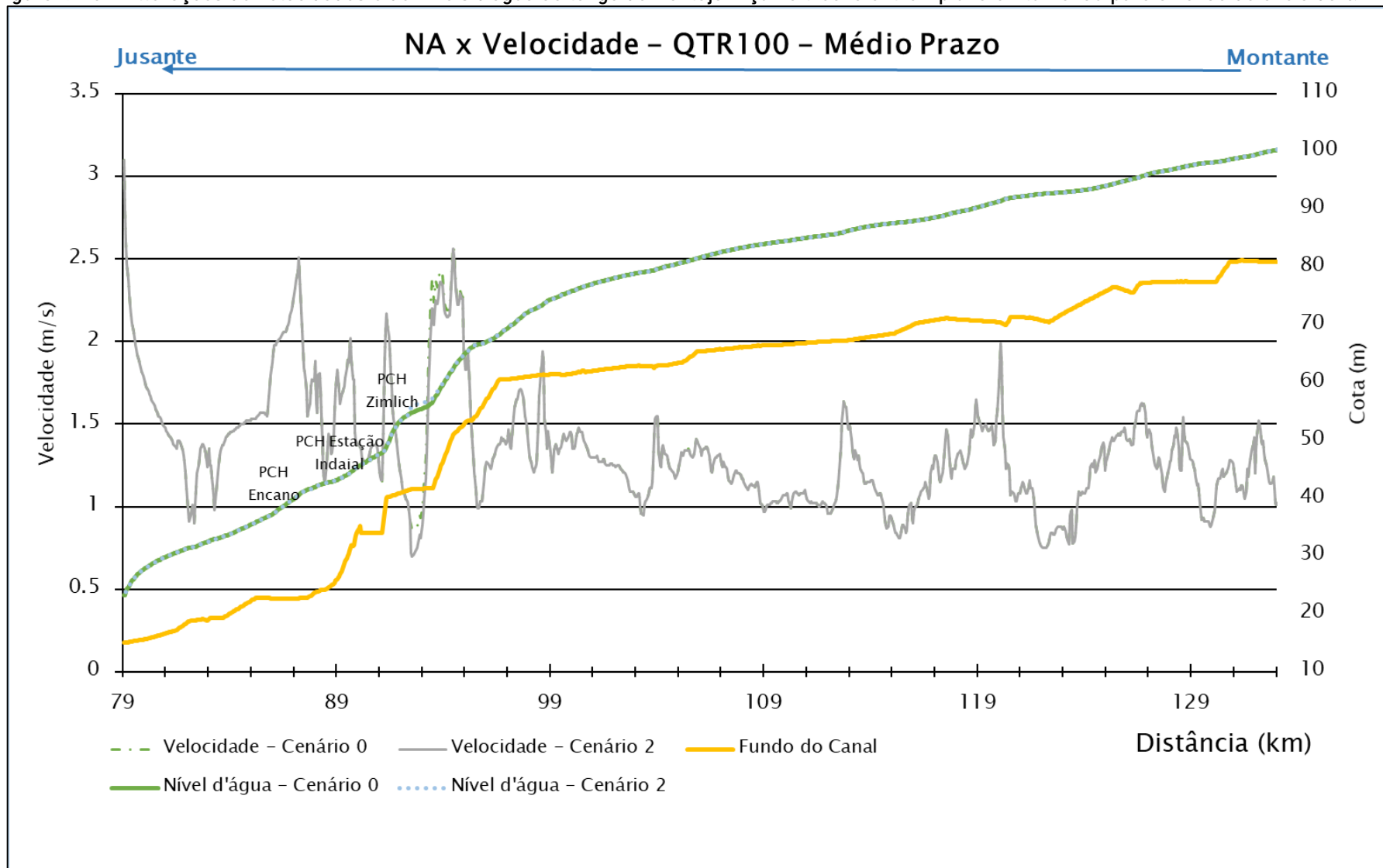




Figura 4-97 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Rio do Sul e Apiuna para a vazão de cheia da QTR100

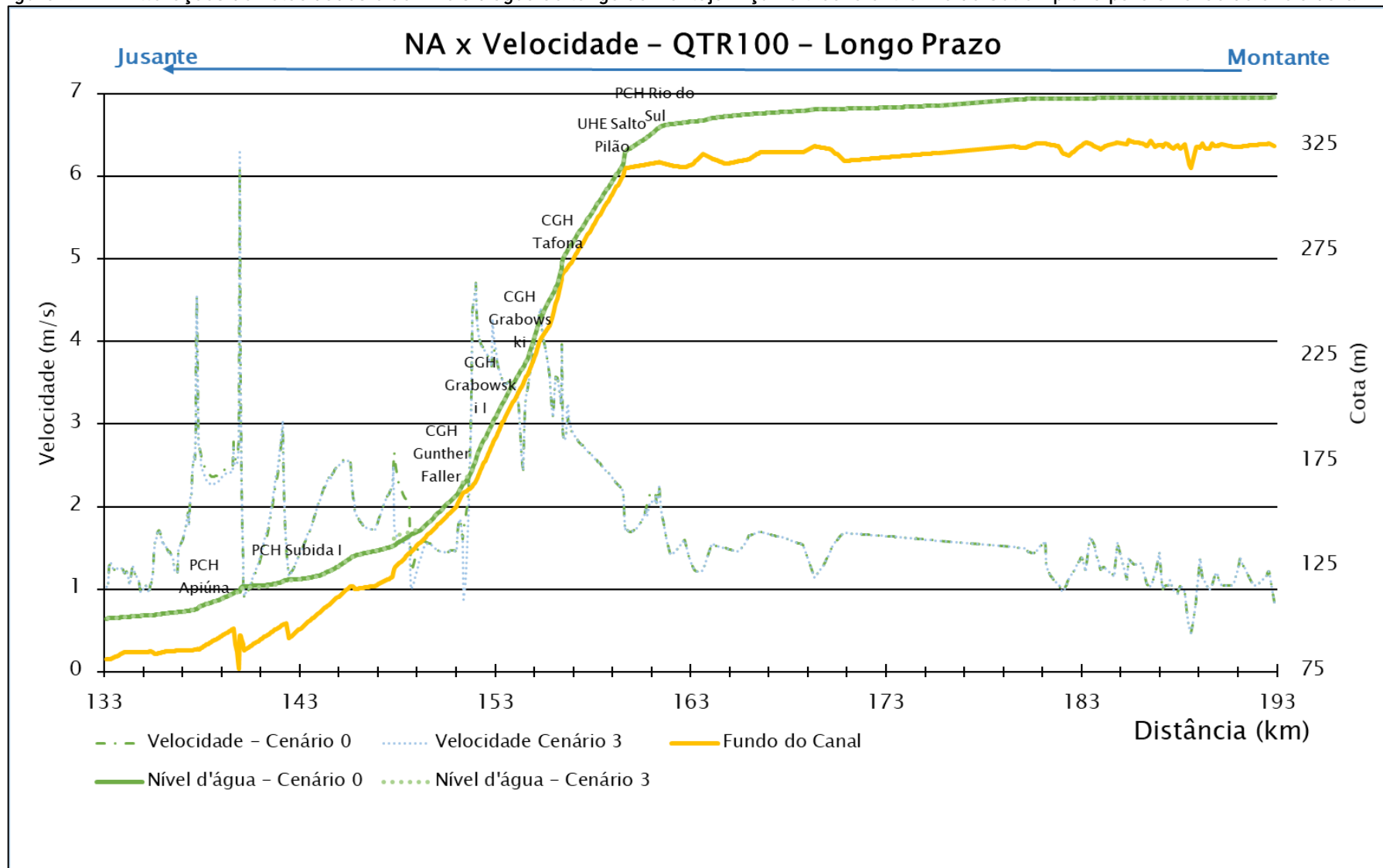
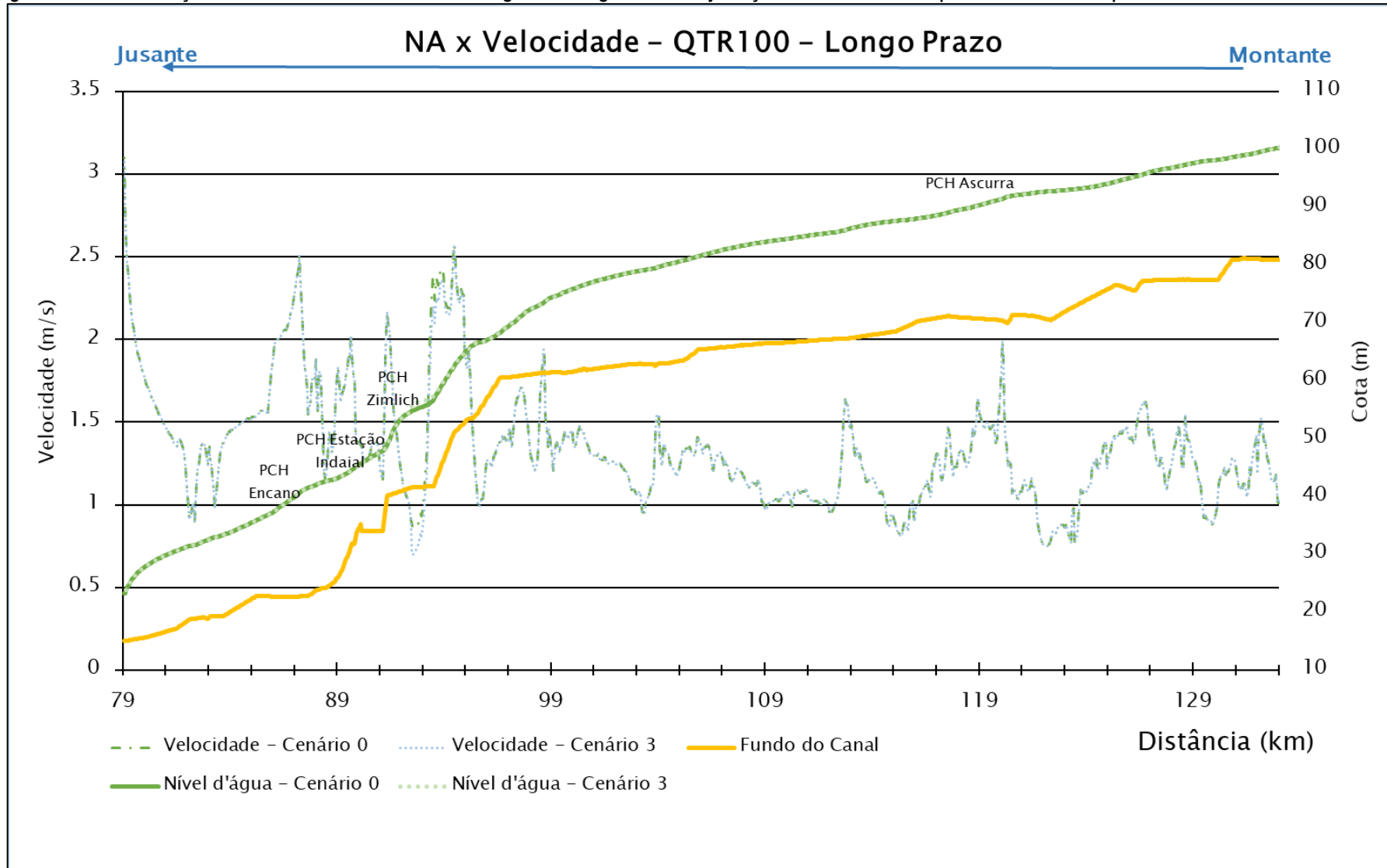




Figura 4-98 - Alterações de velocidades e de níveis d'água ao longo do rio Itajaí Açu no trecho entre Apiuna e Blumenau para a vazão de cheia da QTR100





4.5.6 Considerações finais

Os resultados do modelo apontaram para impactos acarretados pelos empreendimentos nas vazões de estiagem, média e de cheias mais recorrentes. Estes impactos são: a diminuição da velocidade o que pode acarretar em impactos nas atividades de turismo e lazer (como rafting e canoagem) e no traslado de espécies migratórias; O aumento de nível em cheias de tempo de recorrência menor, em especial da PCH Foz do Hercílio, com um maior aumento de nível, com atenção para as usinas inseridas em trecho urbano; a diminuição da vazão nos trechos de vazão reduzida, especialmente nos trechos das CGHs, presentes nos cenários de curto prazo. Em condições de vazão, a PCH Ascurra, possui vantagem por ser um dos AHEs de menor altura de barramento e sem trecho de vazão reduzida, não alterando significativamente as condições hidráulicas do rio. Ela, no entanto, está somente inserida no cenário de longo prazo pois não há interesse econômico nela, devido aos fatores sociais envolvidos, não se tornou um empreendimento atrativo.

4.6 RESULTADOS DO MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados do modelo de qualidade da água são discutidos ao longo deste capítulo. Os gráficos a seguir apresentam a variação da concentração de um determinado parâmetro ao longo do rio do seu sentido longitudinal para a simulação de vazão média e baixa nos cenários 0, 1, 2 e 3. Os limites máximos ou mínimos dos parâmetros que são definidos pela legislação CONAMA 357/05 estão também indicados nos gráficos ou citados no texto.

Para compreensão dos resultados é importante ressaltar que no cenário de vazão média o trecho de vazão reduzida no Cenário Futuro terá de fato vazão inferior àquela observada no Cenário Atual, porém no cenário de estiagem, a vazão que passará no TVR será a mesma do Cenário Atual, já que em condições de estiagem não haverá desvio de água para as turbinas.

Foi utilizada a estação meteorológica do INMET de Indaial para inserção de dados meteorológicos no modelo, com a data de observações selecionadas de três meses (01/01/2015 a 30/03/2015). O mesmo período foi utilizado para a simulação. Estão indicados em todos os gráficos de representação espacial o local exato da construção de cada barramento, além de figuras contendo a variação espacial no rio de cada parâmetro com os cenários de vazão de estiagem para os cenários 0 e 3 e vazão média



para os cenários 0 e 3, sendo 0 o cenário atual e 3 o cenário com todas as obras previstas.

4.6.1 Temperatura

A temperatura da água influencia na dissolução dos gases na água, como o gás carbônico, gás oxigênio e hidrogênio; e no metabolismo microbiano, afetando conseqüentemente as taxas de conversão da matéria orgânica - taxa de caimento e deposição. Além disso, a temperatura altera as taxas de reaeração, as taxas de transformação do fósforo e as taxas de amonificação e nitrificação. Portanto, as concentrações de tais compostos ao longo do tempo e do espaço variam de acordo com a temperatura.

O balanço de calor é calculado em cada uma das células e leva em consideração o fluxo de calor na interface da superfície da água com o ar, a densidade da água, o calor específico da água, a área superficial de cada célula e o volume da célula de cálculo. O fluxo de calor na interface da superfície da água com o ar é determinado com base na radiação solar, na radiação de longos comprimentos de onda que chegam e saem da superfície, no calor sensível e no calor latente.

Quando a temperatura do ar for menor que a temperatura da água as trocas de calor entre esses dois meios fazem que com a temperatura da água diminua com a redução da altura da lâmina d'água, fazendo com que a temperatura decaia no TVR. Já quando a temperatura do ar for maior que a temperatura da água as trocas de calor entre esses meios farão com que a temperatura da água se eleve no TVR. Ou seja, a modificação da profundidade pode alterar a temperatura média da coluna d'água pois altera a troca de energia entre o meio líquido e gasoso.

Os gráficos abaixo (Figura 4-99 e Figura 4-102) representam a variação temporal das temperaturas da seção mais a jusante do trecho em análise. Observa-se que tanto na Qmlt quanto na Qest (Q7,10) as temperaturas foram subestimadas em relação aos valores observados. A temperatura da água, normalmente, fica abaixo da temperatura do ar e estes valores, portanto, condizem com uma estimativa fiel a realidade.

Nas Figura 4-100 a Figura 4-104 observa-se a variação espacial da temperatura da água ao longo do rio no último momento de modelagem. Principalmente no cenário

3 da Qest pode-se notar a influência da instalação dos aproveitamentos no rio Itajaí, modificando a temperatura.

Figura 4-99 - Temperatura em função do tempo na vazão Qmlt.

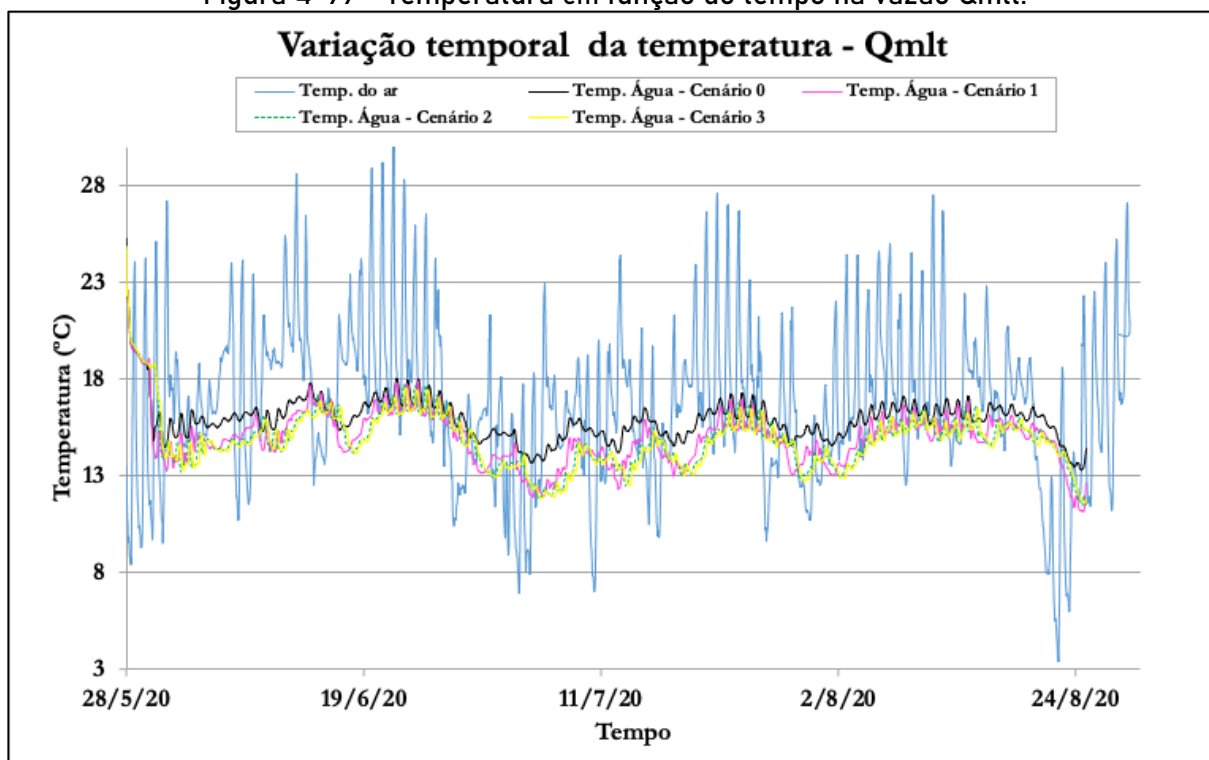


Figura 4-100 - Variação espacial da temperatura para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

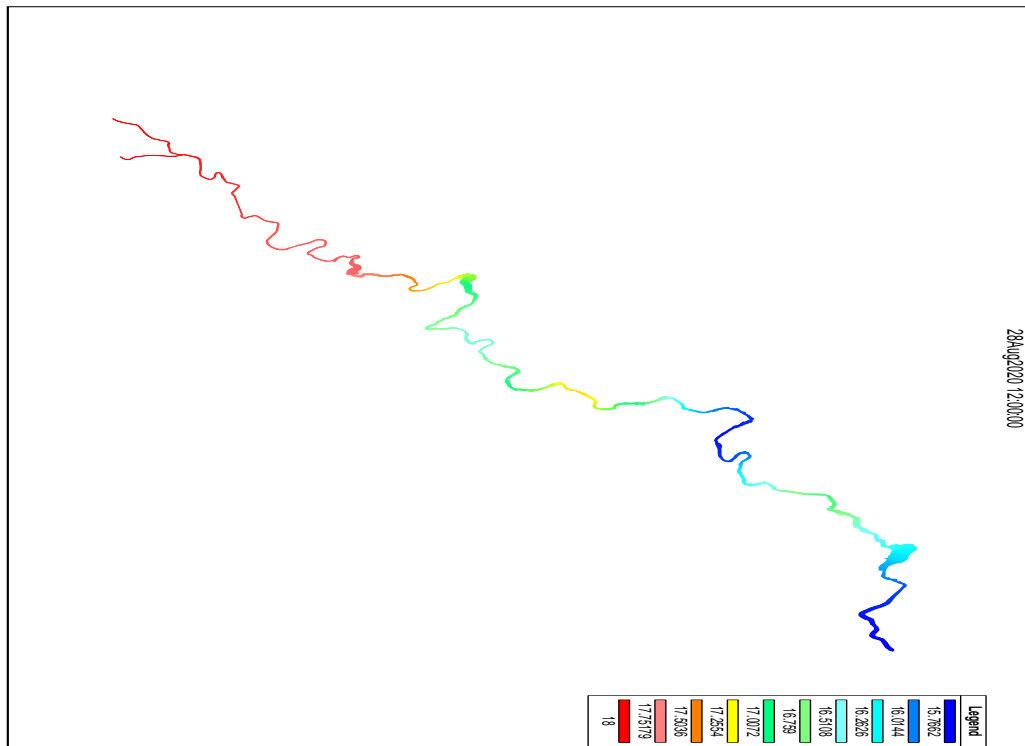


Figura 4-101 - Variação espacial da temperatura para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

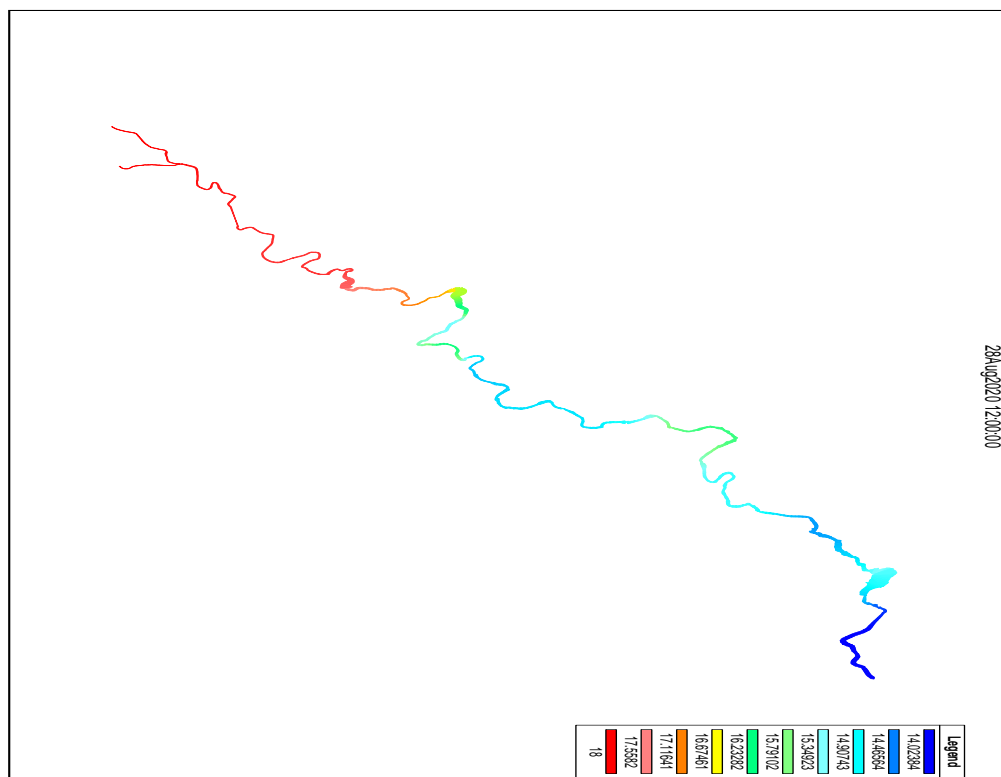


Figura 4-102- Temperatura em função do tempo na vazão Qest.

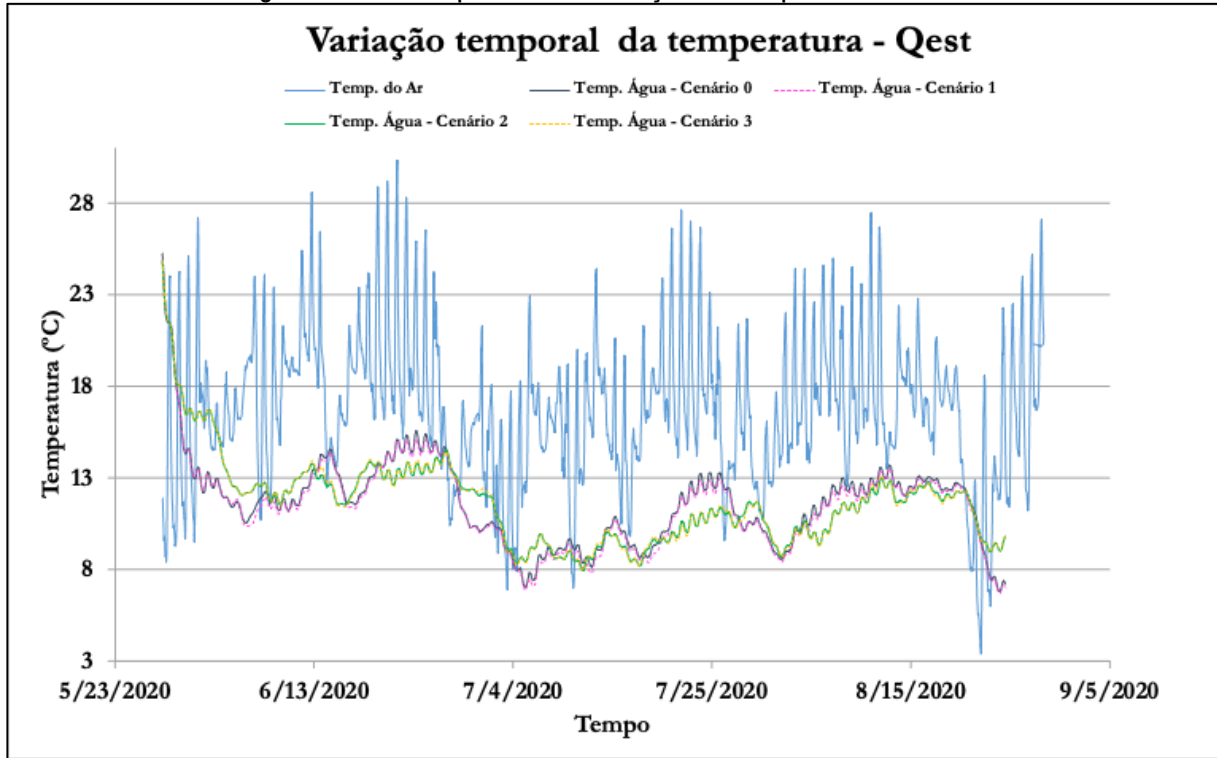


Figura 4-103 - Variação espacial da temperatura para o cenário 0 na Q_{7,10} (Montante a esquerda e jusante a direita).

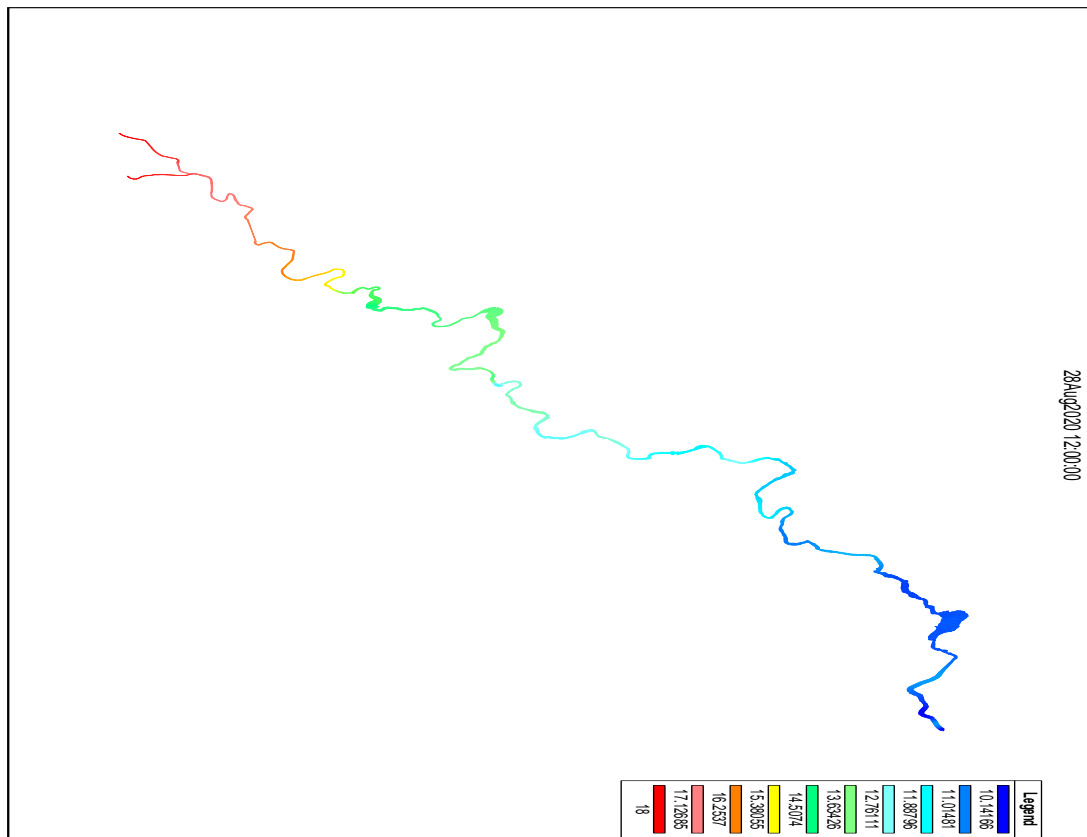
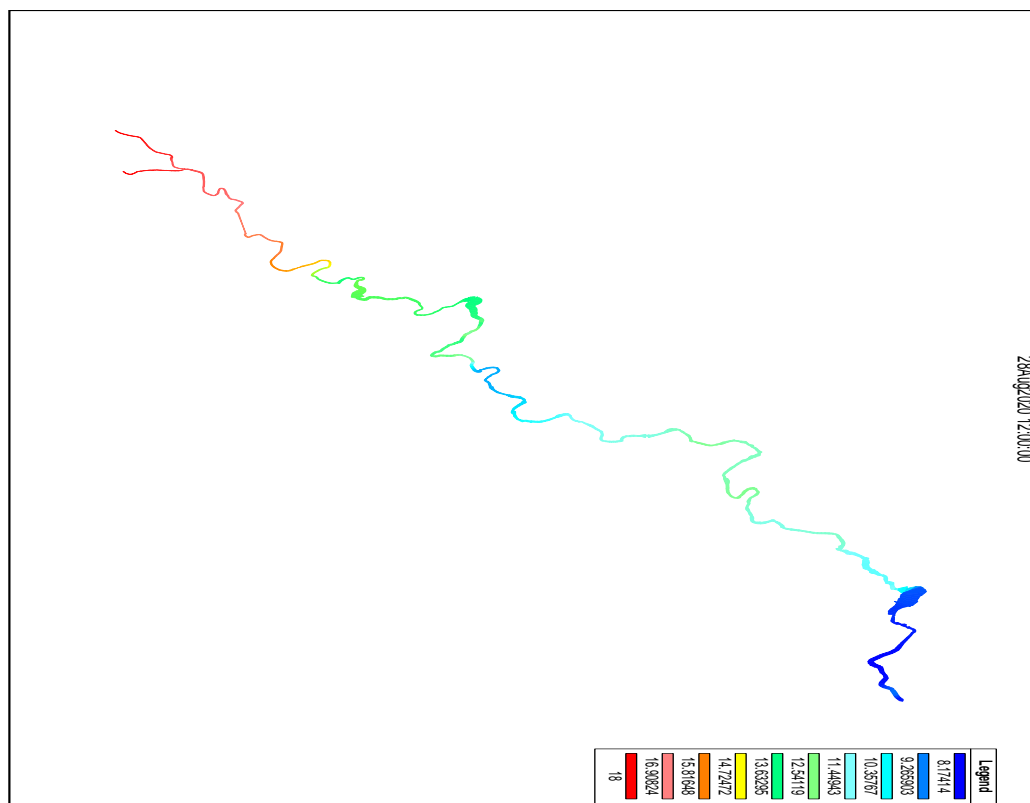


Figura 4-104 - Variação espacial da temperatura para o cenário 3 na Q_{7,10} (Montante a esquerda e jusante a direita).



4.6.2 Oxigênio dissolvido

O decaimento das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) é a repercussão mais nociva de poluição por matéria orgânica. Ele é causado pela respiração dos microrganismos envolvidos na depuração dos dejetos. O impacto é estendido a toda comunidade aquática, e cada redução nas concentrações de oxigênio dissolvido é seletiva para determinadas espécies (von Sperling, 2007). Devido a sua importância no ecossistema aquático, este parâmetro tem sido utilizado tradicionalmente como um indicador de degradação da qualidade de água.

As fontes de produção de OD no ecossistema aquático em geral são provenientes da reaeração atmosférica e da fotossíntese algal. No entanto, a única fonte considerada nas simulações é advinda da reaeração atmosférica, que estão sujeitas a outros parâmetros também simulados, condições hidráulicas e temperatura. As principais fontes de consumo de OD ficam por conta da respiração das algas, da demanda de oxigênio do lodo de fundo, da oxidação da matéria orgânica (DBO) e da oxidação de amônia (nitrificação). Da mesma forma que a fotossíntese das algas não entrou no

balanço de OD nas simulações realizadas, o consumo de OD devido a respiração das algas não foi computado. Dentre as fontes de consumo de OD, a oxidação da matéria orgânica é a mais expressiva delas.

O parâmetro OD se encontra a níveis sempre acima do valor mínimo previsto em legislação (Figura 4-105). Nota-se um aumento considerável ao longo do rio, onde em cenário de vazão média (Q_{mlt}) há um maior decaimento do que em vazão de estiagem (Q_{est}). Entre a PCH Apuína e Ascurra ocorre um pico no OD, que também ocorre da PCH Zimlich até a PCH Salto Weissbach.

Entretanto, valores de oxigênio dissolvido envolvem uma série de fatores complexos, também relacionados com outros parâmetros como DBO e amônia. Valores maiores de OD podem indicar um acúmulo de fitoplâncton nas camadas mais superficiais do reservatório, e níveis mais baixos indicam a decomposição da matéria orgânica, principalmente em reservatórios novos, sendo este o parâmetro mais crítico dentre os primeiros anos de seu enchimento.

Figura 4-105 - Gráfico com a variação espacial do oxigênio dissolvido para todos os cenários.

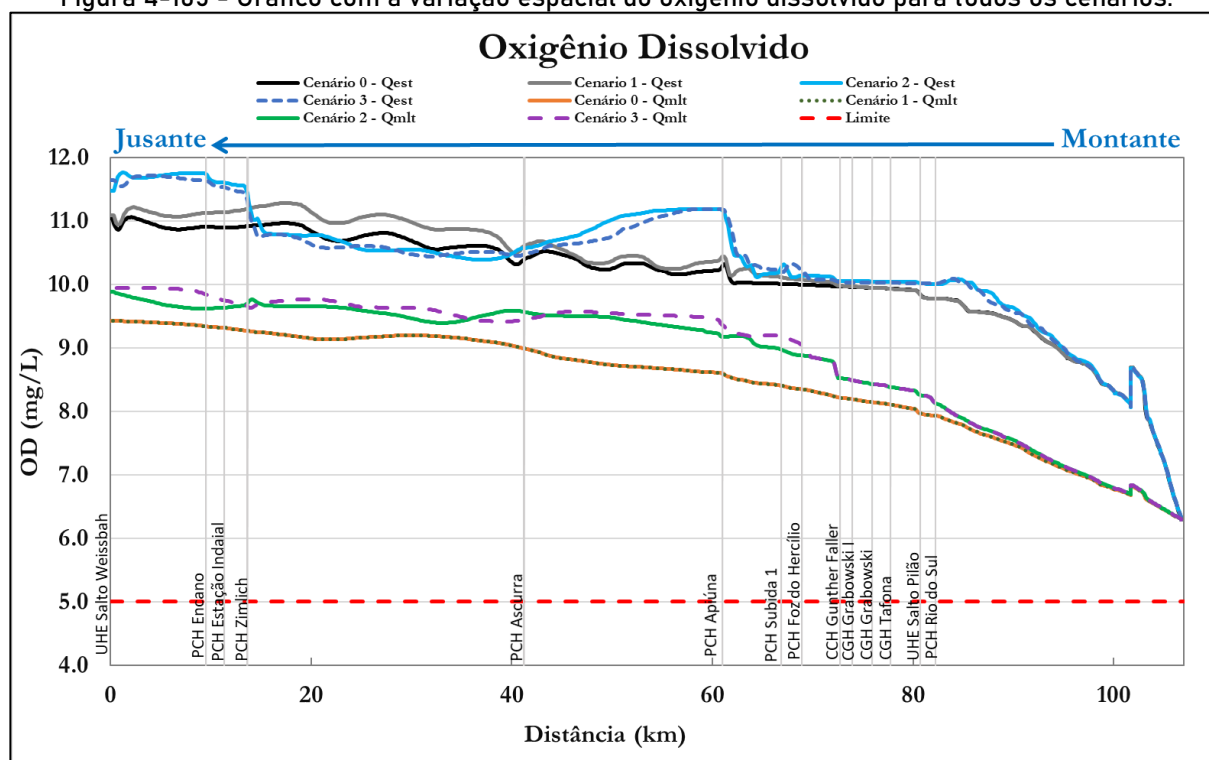


Figura 4-106 - Variação espacial do OD para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

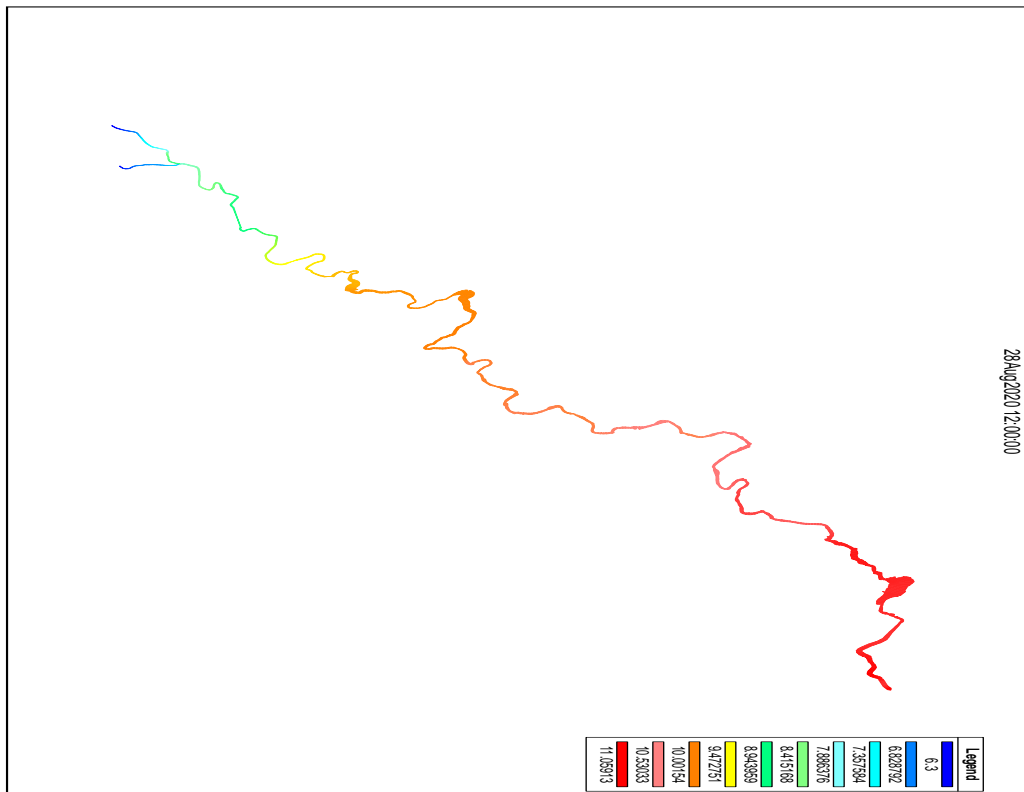


Figura 4-107 - Variação espacial do OD para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

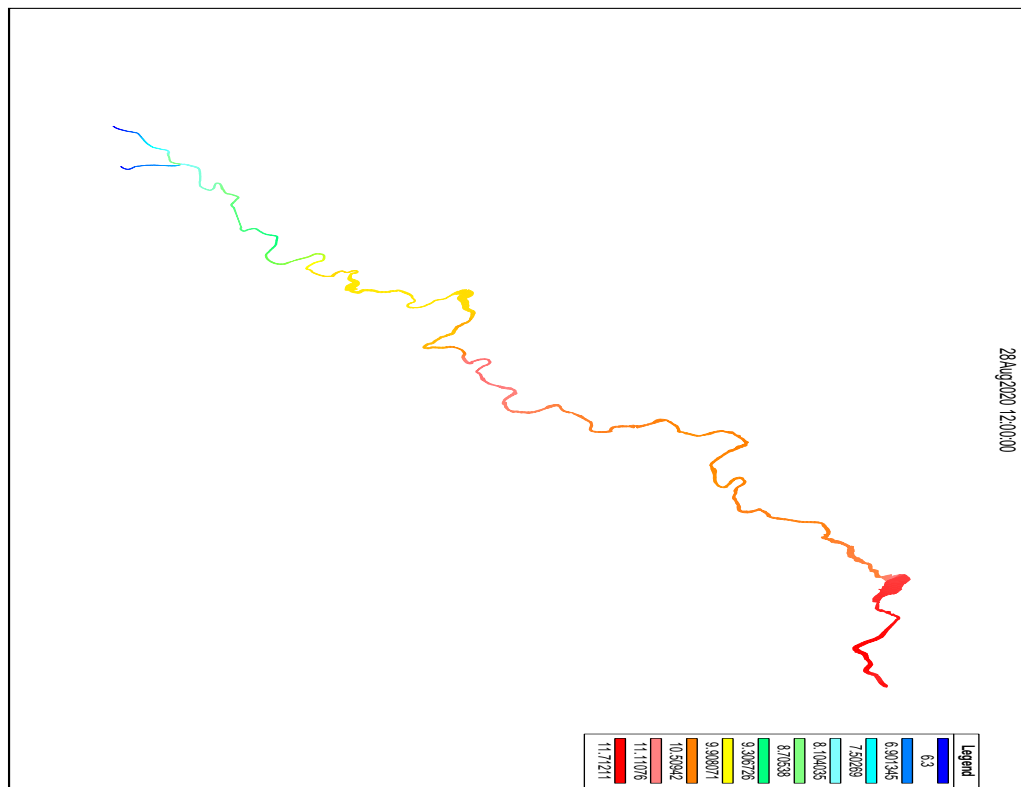


Figura 4-108 - Variação espacial do OD para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

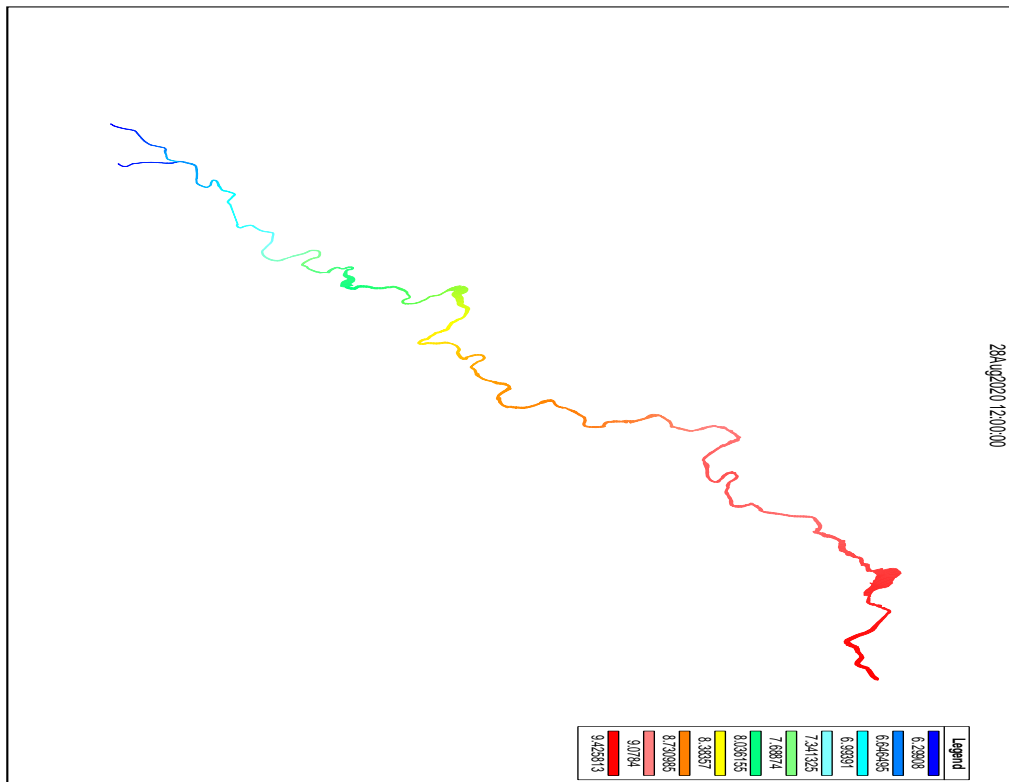
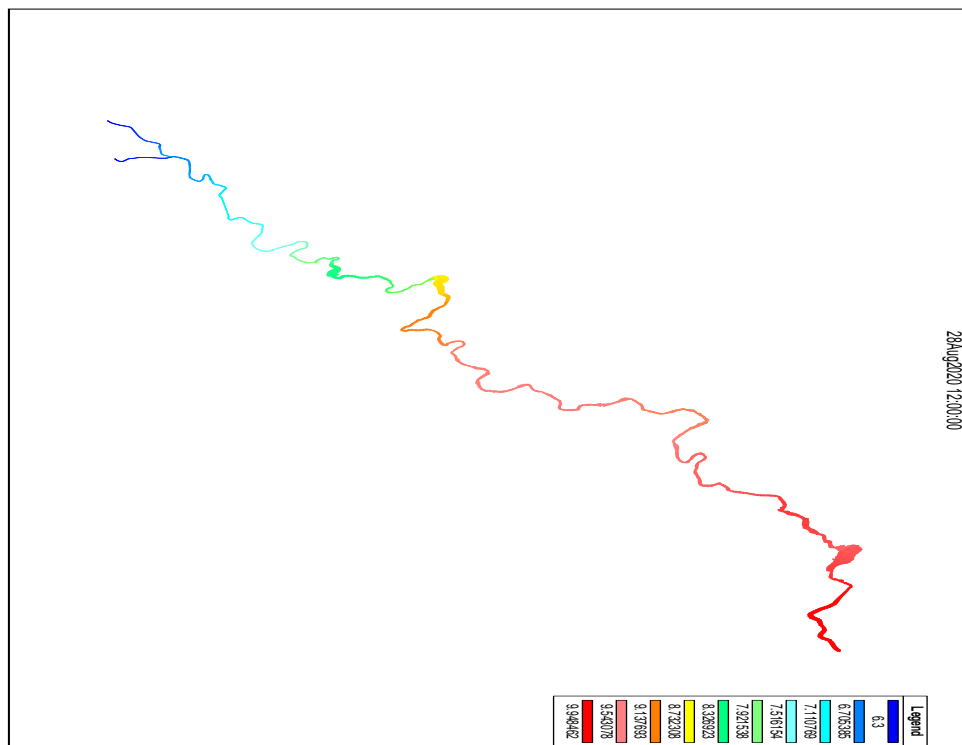


Figura 4-109 - Variação espacial do OD para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).





4.6.3 Demanda bioquímica de oxigênio

A matéria orgânica dos despejos se apresenta de duas formas, em suspensão e dissolvida. A primeira delas, também chamada de matéria orgânica particulada, de maiores dimensões, tendem a sedimentar no corpo d'água, formando o lodo de fundo. Já a matéria orgânica solúvel (dissolvida) permanece na coluna d'água juntamente com a matéria orgânica particulada de baixas dimensões. Portanto, o consumo de DBO se dá pela sedimentação e pela estabilização da matéria orgânica, onde as bactérias, na presença de oxigênio, convertem a matéria orgânica em água, gás carbônico e energia.

A formação de reservatórios aumenta o tempo de detenção hidráulica, acentuando a redução de DBO ao longo do espaço de análise. Por isso, tanto na estiagem como na vazão média, são observados valores inferiores de DBO no cenário futuro, em comparação com o cenário atual, devido a oxidação ao longo do reservatório. A diferença causada na variação da DBO no cenário 0 é mais discreta porque a concentração inicial já é relativamente baixa para este cenário.

A biomassa que cresce aderida ao leito do fundo é mais eficiente na remoção de a DBO do que a biomassa dispersa no meio líquido. Como a conversão de DBO por esta biomassa aderida ao fundo é exercida através da área de exposição, sua influência é mais pronunciada em rios rasos, pelo fato de se ter um menor volume de líquido por unidade de área (von Sperling, 2007). Por isso, apesar de ter tempo de retenção hidráulica inferior, as épocas de estiagem – em que a lâmina d'água diminui – possuem taxa de remoção de DBO superior, provocando queda nas concentrações, como mostra a figura abaixo.

Os valores de DBO atingem o limite de acordo com a legislação (5 mg/L) na porção mais a montante do rio (Figura 4-110). É visível a atuação dos reservatórios na vazão de estiagem, onde estes auxiliam na diminuição da DBO atuando como um reator, principalmente as PCHs Rio do Sul, Apiúna e Zimlich. De uma DBO de 5 mg/L a montante, a jusante tem-se uma DBO de 3,4 mg/L.

Figura 4-110 - Gráfico com a variação espacial da DBO para todos os cenários

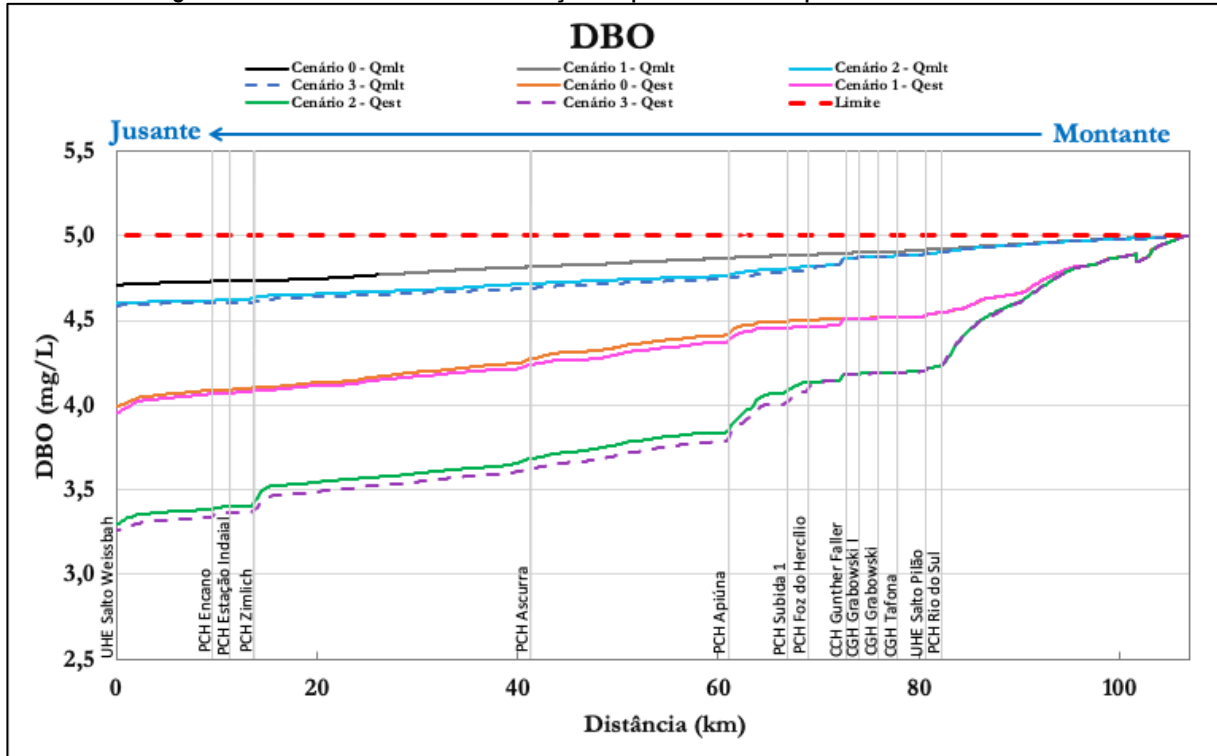


Figura 4-111 - Variação espacial da DBO para o cenário 0 na Q_{7,10} (Montante a esquerda e jusante a direita).

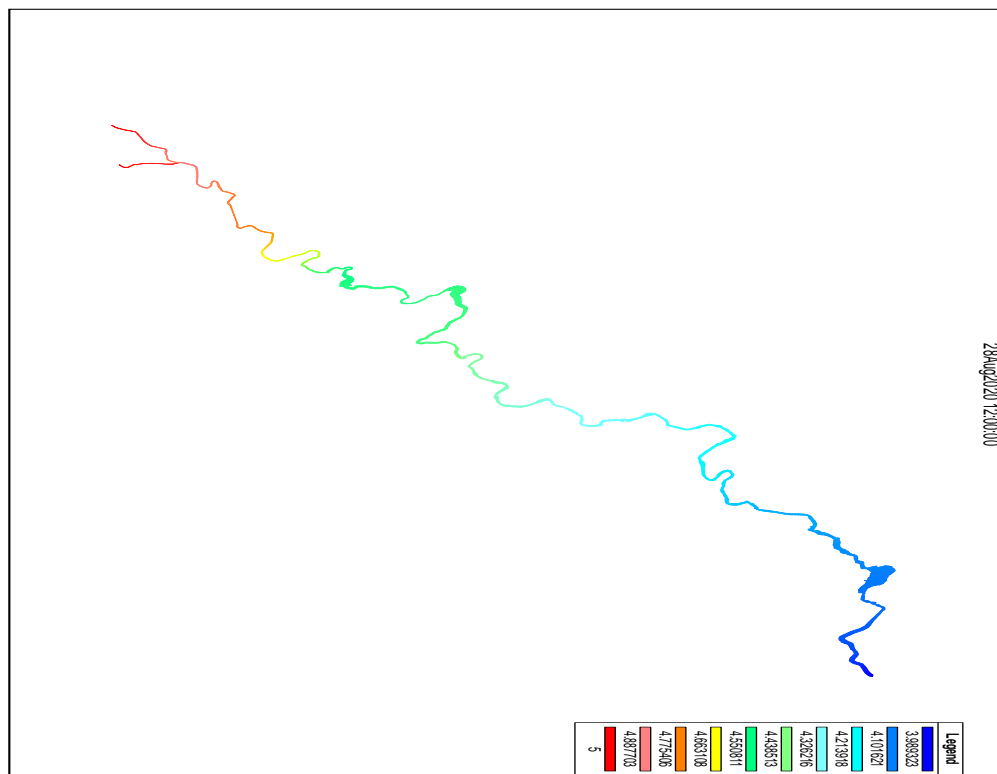


Figura 4-112 - Variação espacial da DBO para o cenário 3 na $Q_{7,10}$ (Montante a esquerda e jusante a direita).

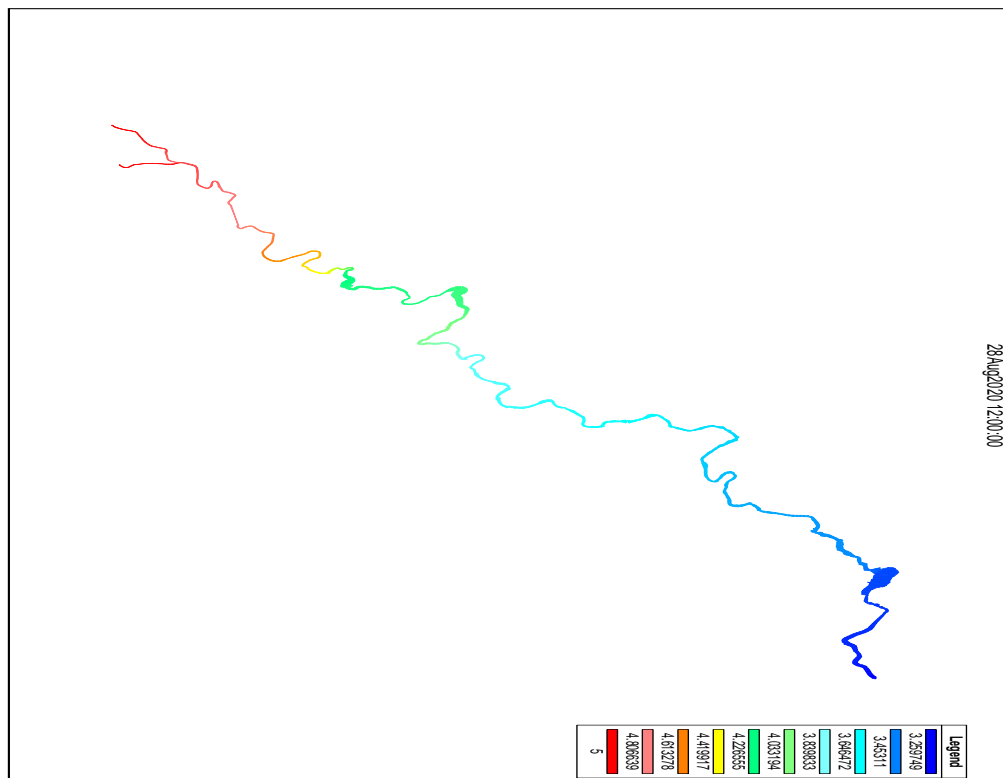


Figura 4-113 - Variação espacial da DBO para o cenário 0 na Q_{mit} (Montante a esquerda e jusante a direita).

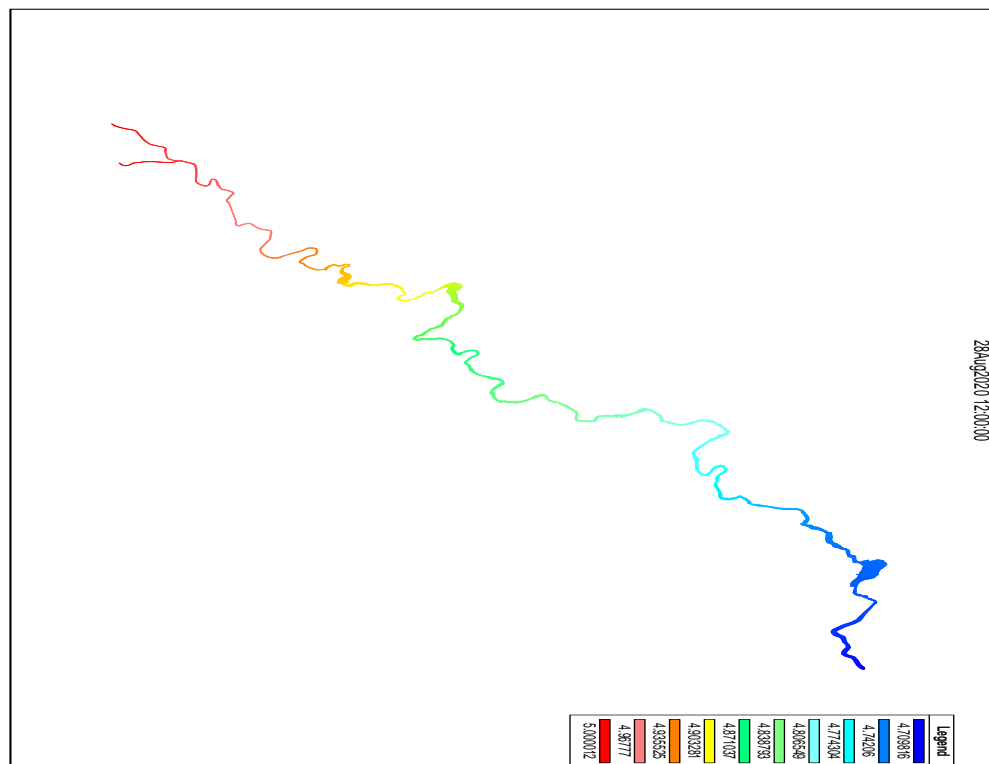
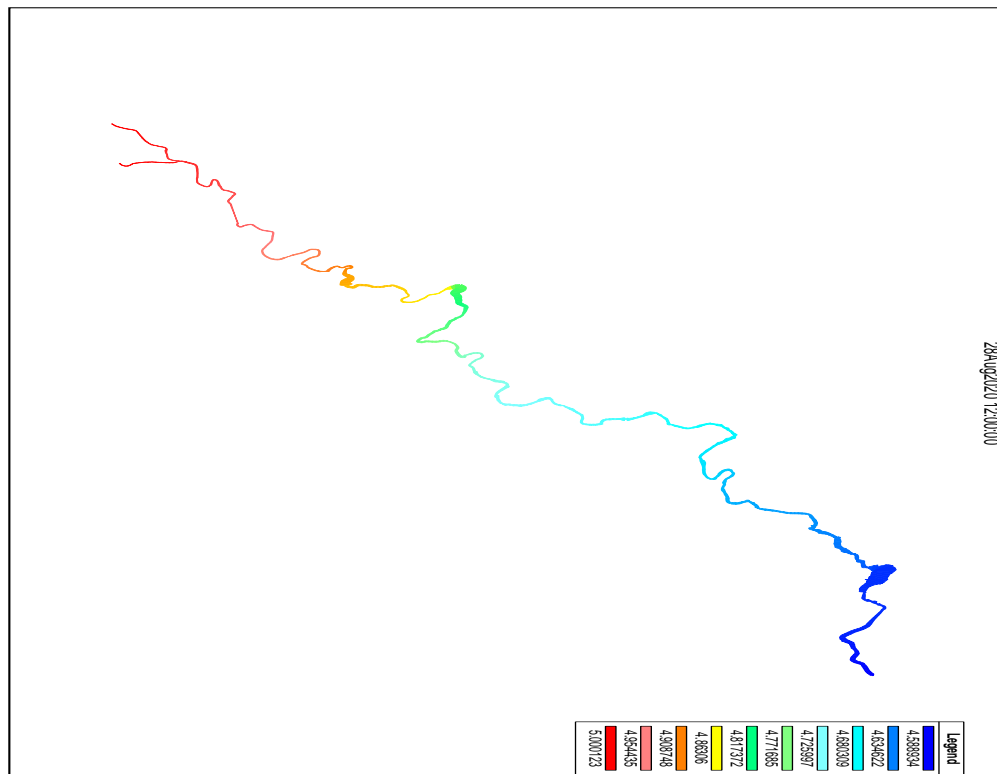


Figura 4-114 - Variação espacial da DBO para o cenário 3 na Q_{mit} (Montante a esquerda e jusante a direita).



4.6.4 Nitrogênio

Em águas naturalmente aeróbicas ocorrem constantes transformações entre as diversas formas de nitrogênio: nitrogênio orgânico à amônia (amonificação), amônia à nitrito e finalmente nitrato a nitrato (nitrificação). O nitrogênio amoniacal simulado está na forma NH_4 (amônia dissolvida), pois o íon amônia (NH_3) está presente em pHs acima de 9,24, que é superior dos pHs normalmente encontrados na região. Além do constante processo de transformação de nitrogênio (amonificação e nitrificação) o crescimento e decaimento das algas também consomem e produzem nitrogênio. Somado a isso, o leito do rio funciona como uma potencial fonte de acréscimo e decréscimo de nitrogênio.

A única fonte de produção de nitrogênio orgânico é a respiração das algas. Já as fontes de consumo de Nitrogênio Orgânico são sedimentação (deposição no leito) e hidrólise (formação de amônia). As fontes de produção de Nitrogênio Amoniacal são hidrólise do nitrogênio orgânico e a captação por difusão dos bentos. As fontes de consumo do nitrogênio amoniacal são a oxidação da amônia em nitrito e à assimilação

pelas algas. A fonte de produção de nitrito no modelo é a oxidação da amônia e a única forma de consumo de nitrito no sistema é a oxidação do nitrito à nitrato. A única fonte de produção de nitrato é a oxidação do nitrito em nitrato e a única retirada de nitrato do sistema fica por conta da assimilação pelas algas.

Os processos de conversão do nitrogênio, particularmente a nitrificação, são bastante influenciados pelas condições ambientais, tais como, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e a presença de substâncias tóxicas ou inibidoras.

A Figura 4-115 a seguir mostra a concentração de nitrogênio orgânico ao longo do trecho simulado para as vazões Qmlt e Qest. Observa-se a semelhança de comportamento com a DBO. Observa-se um pior cenário para a vazão média, onde os valores não sofrem grandes influências dos reservatórios. O reservatório que aparenta contribuir mais largamente na vazão média é o reservatório da PCH Apiúna. Nos cenários 2 e 3 verificam-se maiores taxas de remoção de nitrogênio orgânico.

Figura 4-115 - Gráfico com a variação espacial do Nitrogênio orgânico para todos os cenários

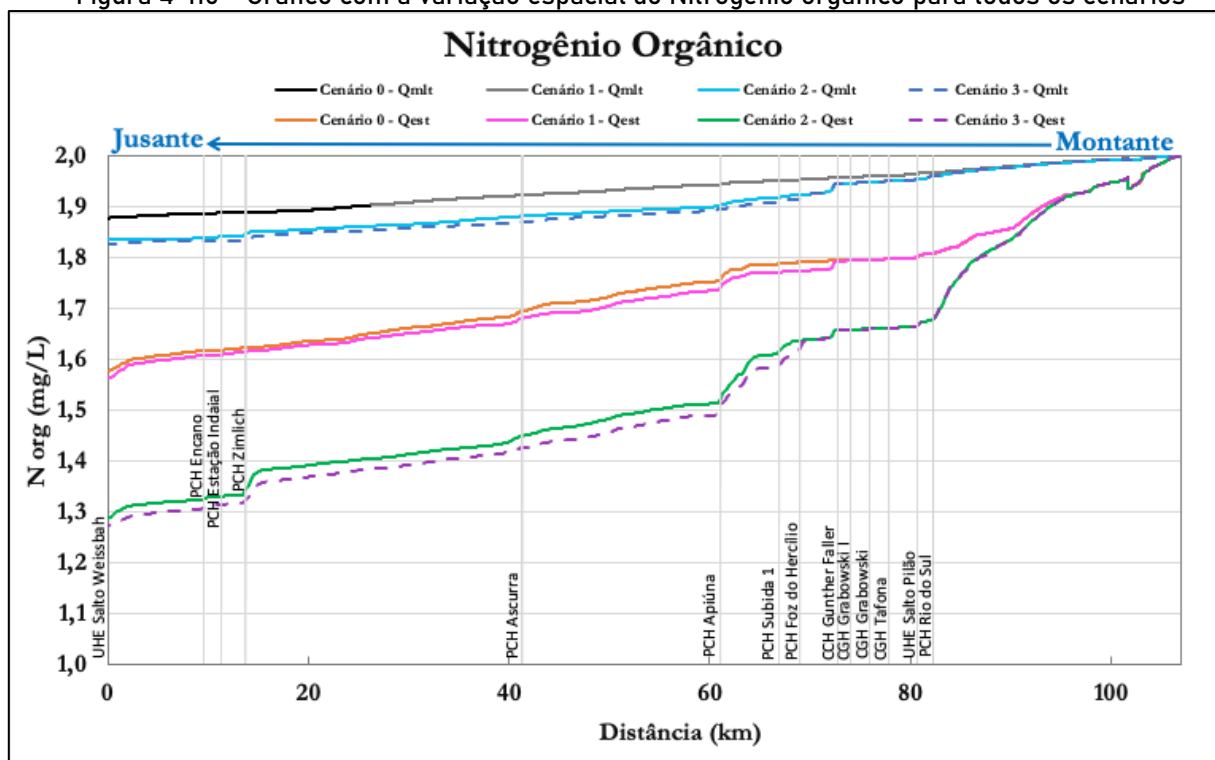


Figura 4-116 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

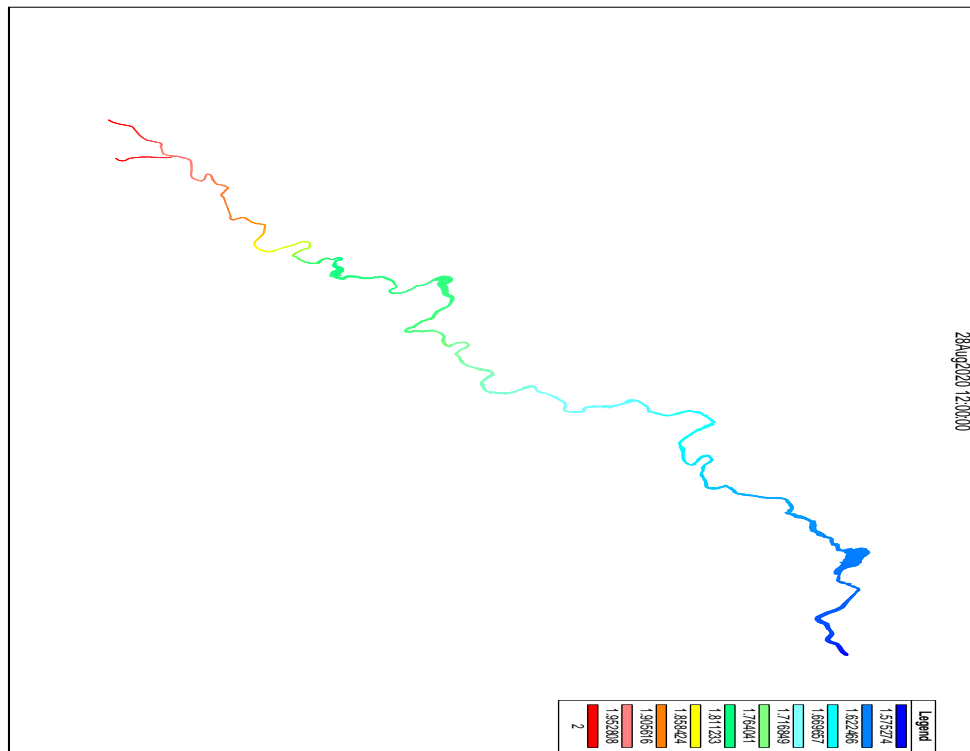


Figura 4-117 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

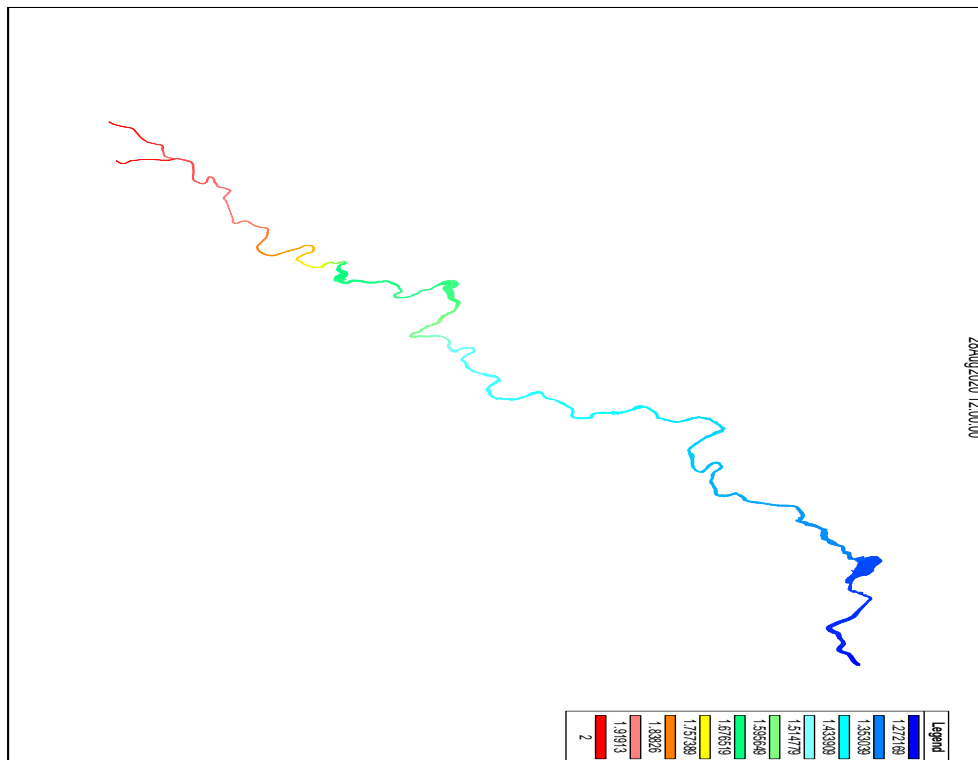


Figura 4-118 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

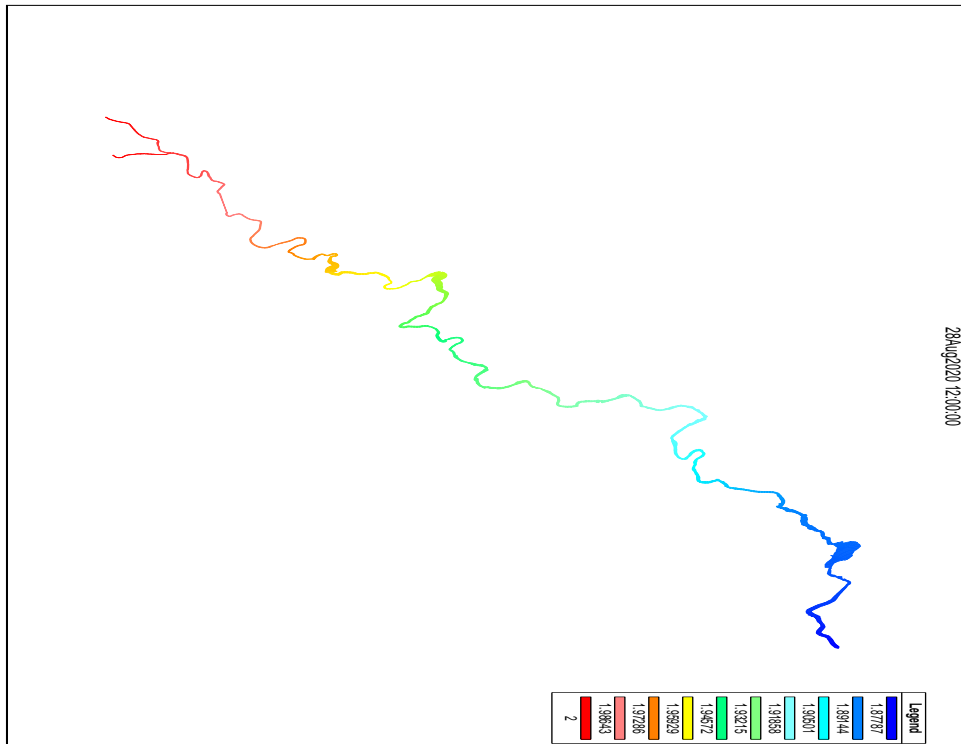
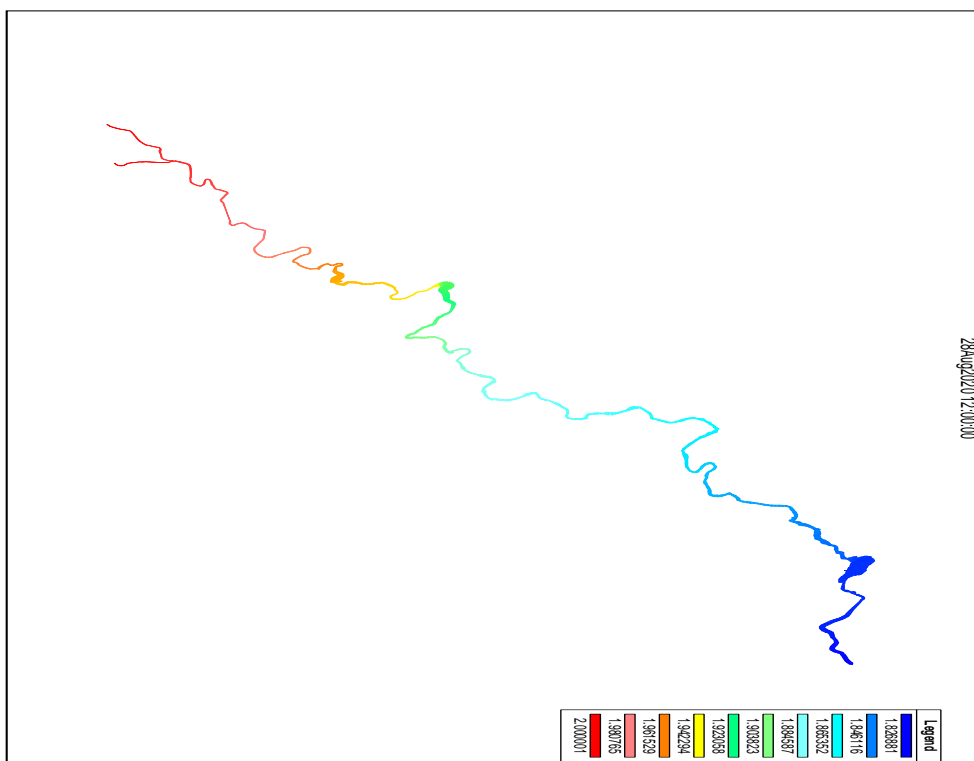


Figura 4-119 - Variação espacial do nitrogênio orgânico para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).



Para as concentrações de amônia ao longo do rio Itajaí (Figura 4-120), observa-se uma maior presença no reservatório da PCH Rio do Sul, cerca de 0,64 mg/L, enquanto na porção mais a jusante do rio, nos cenários 2 e 3 Qest, a concentração chega a 0,44 mg/L. As concentrações de amônia em comparação as concentrações de nitrato e nitrito sugerem um processo de nitrificação (NH_4 em N_2 , N_2 em N_3), principalmente a partir da PCH Apiúna. Tanto o parâmetro de nitrato quanto amônia estão dentro da legislação permitida (10 mg/L e 1 mg/L respectivamente).

O resultado da modelagem aponta que para o cenário de vazão média com PCHs, as concentrações de nitrato e nitrito aumentam. Isto ocorre, pois, a formação do reservatório aumenta o tempo de detenção e o processo de nitrificação, aumentando as concentrações de nitrato e diminuindo as concentrações de nitrogênio orgânico e amônia. A nitrificação depende de bactérias aeróbias nitrificadoras, ou seja, é necessário um ambiente aeróbio. Pode-se observar que enquanto o oxigênio e dissolvido aumenta, a amônia diminui. Altos valores de amônia indicam o consumo do oxigênio presente na água.

Figura 4-120 - Gráfico com a variação espacial da amônia para todos os cenários.

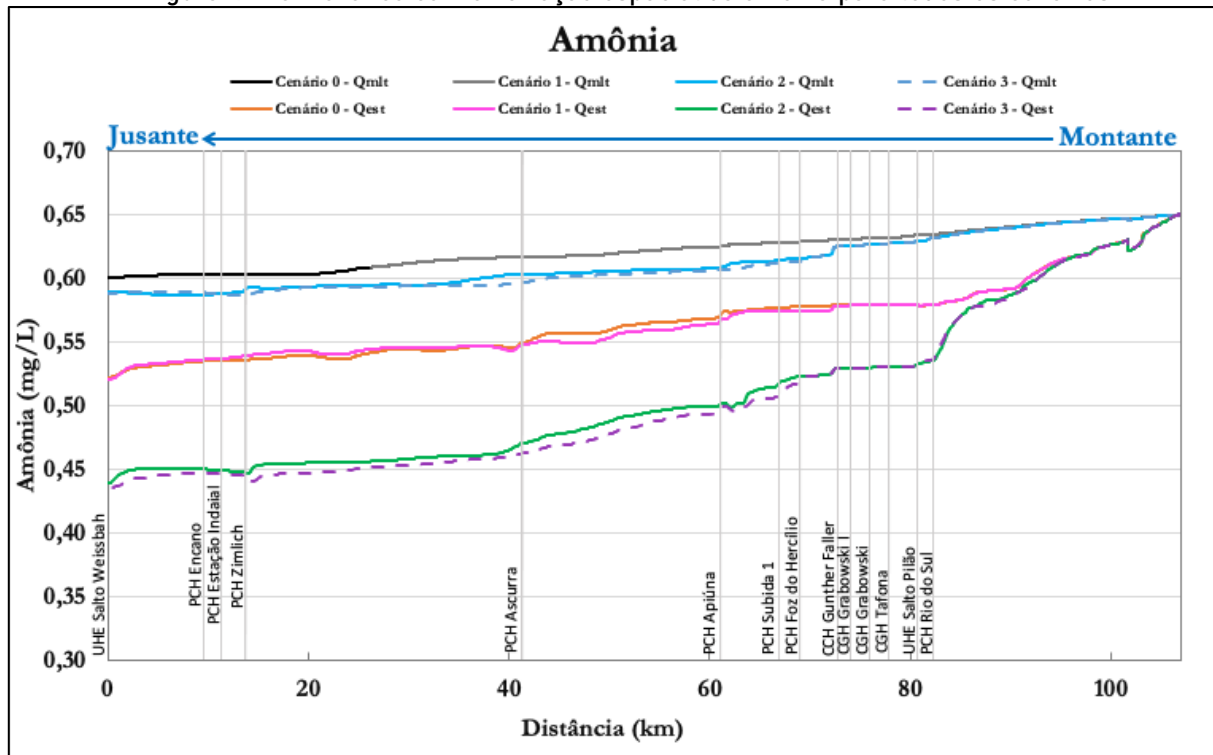


Figura 4-121 - Variação espacial do amônia para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

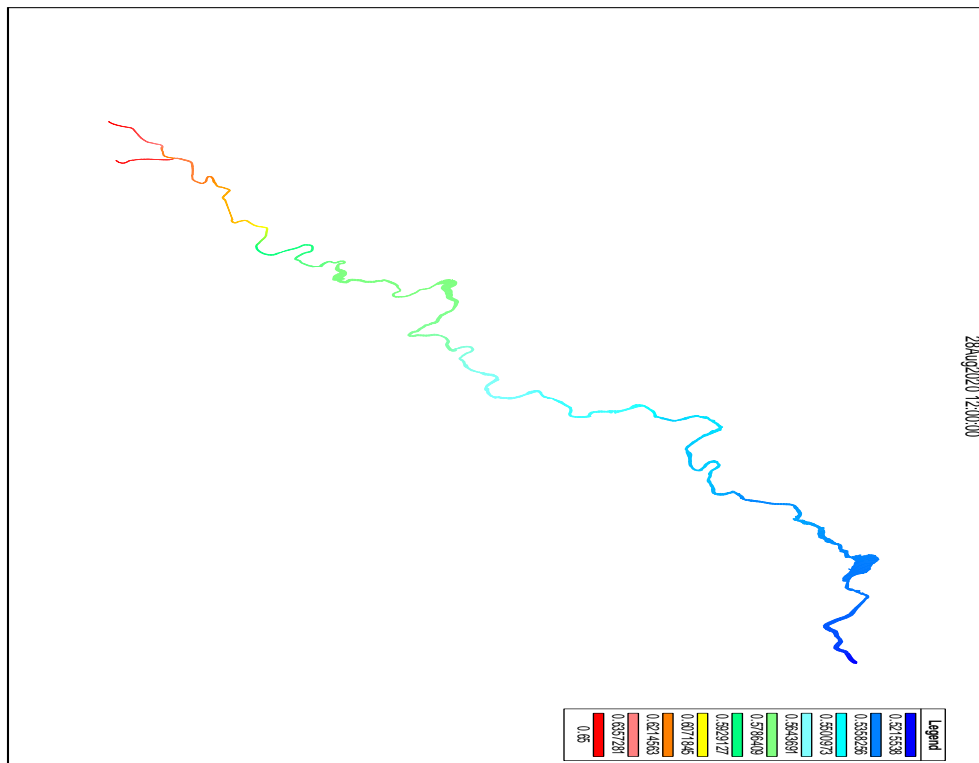


Figura 4-122 - Variação espacial do amônia para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

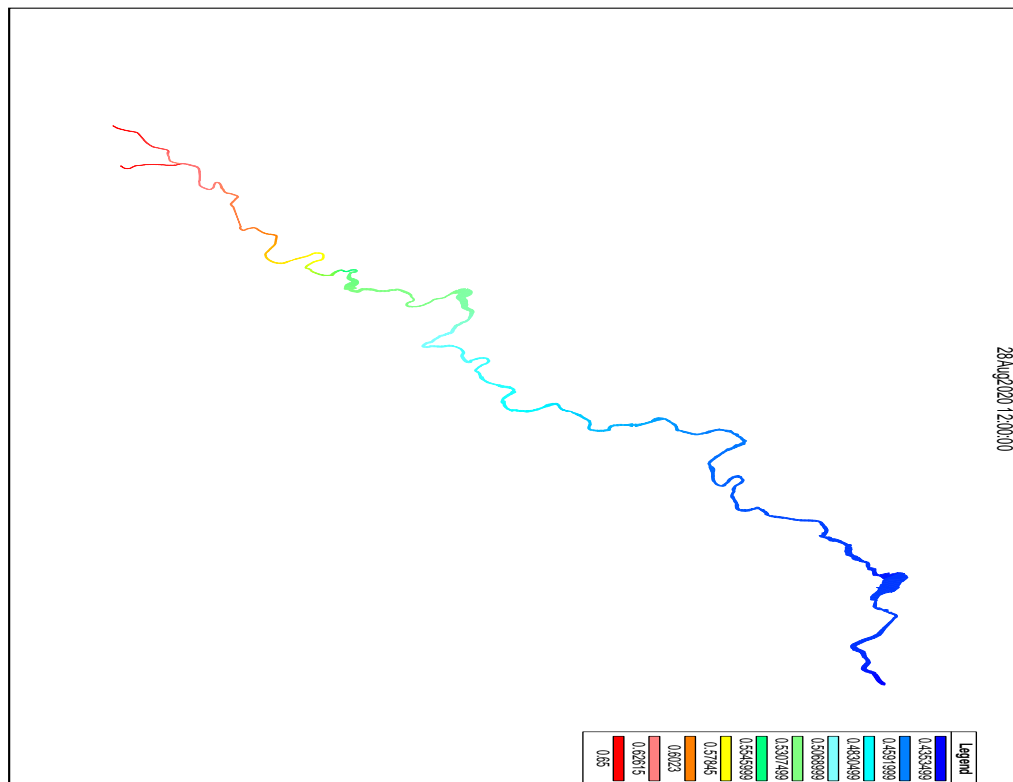


Figura 4-123 - Variação espacial do amônia para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

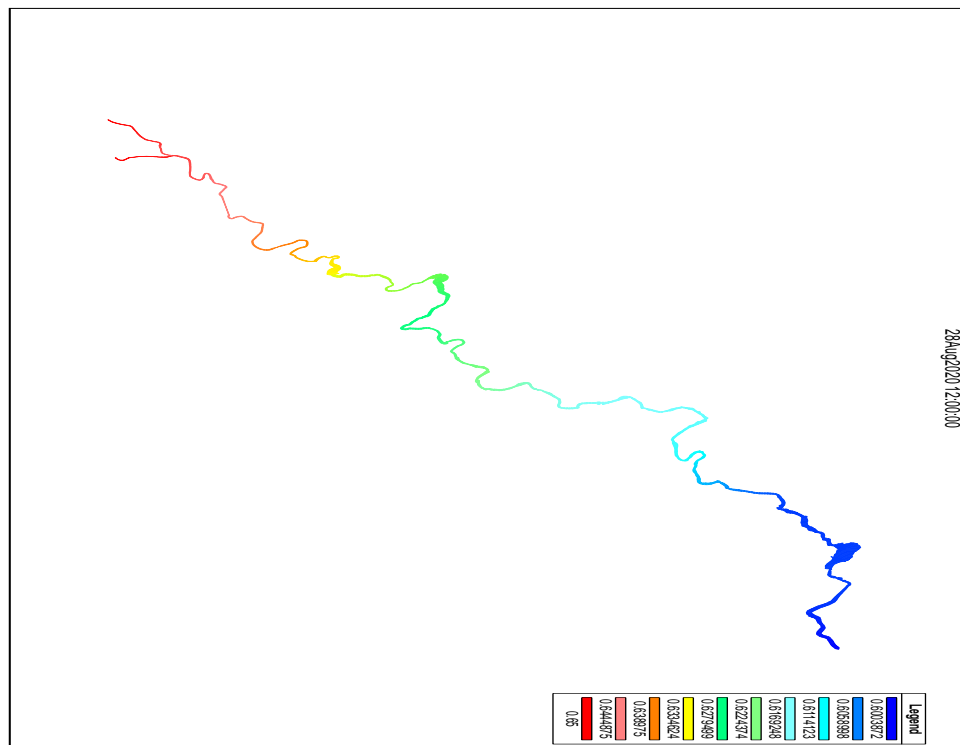
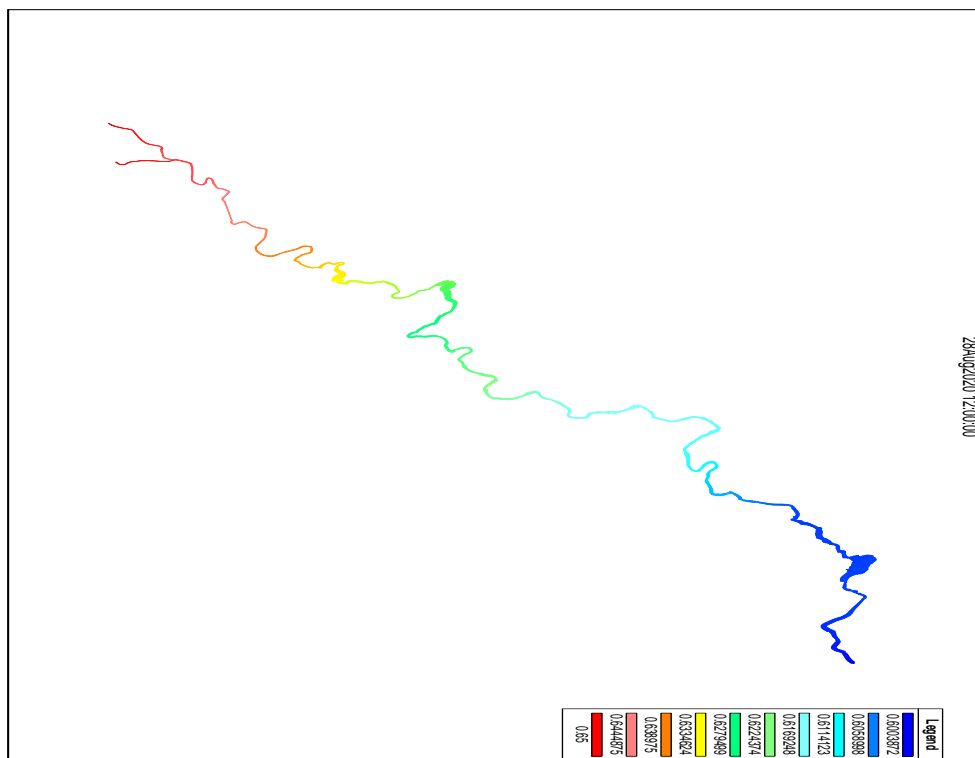


Figura 4-124 - Variação espacial do amônia para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).



A diminuição do nitrito (Figura 4-125) e aumento do nitrato (Figura 4-130) a partir da PCH Apiúna indicam a nitrificação acontecendo ao longo do rio, enquanto antes do reservatório da PCH, os níveis de nitrito estavam aumentando (para os cenários de estiagem). Já para os cenários de vazão média, os valores aumentam sempre ao longo do rio.

Figura 4-125 - Gráfico com a variação espacial do nitrito para todos os cenários.

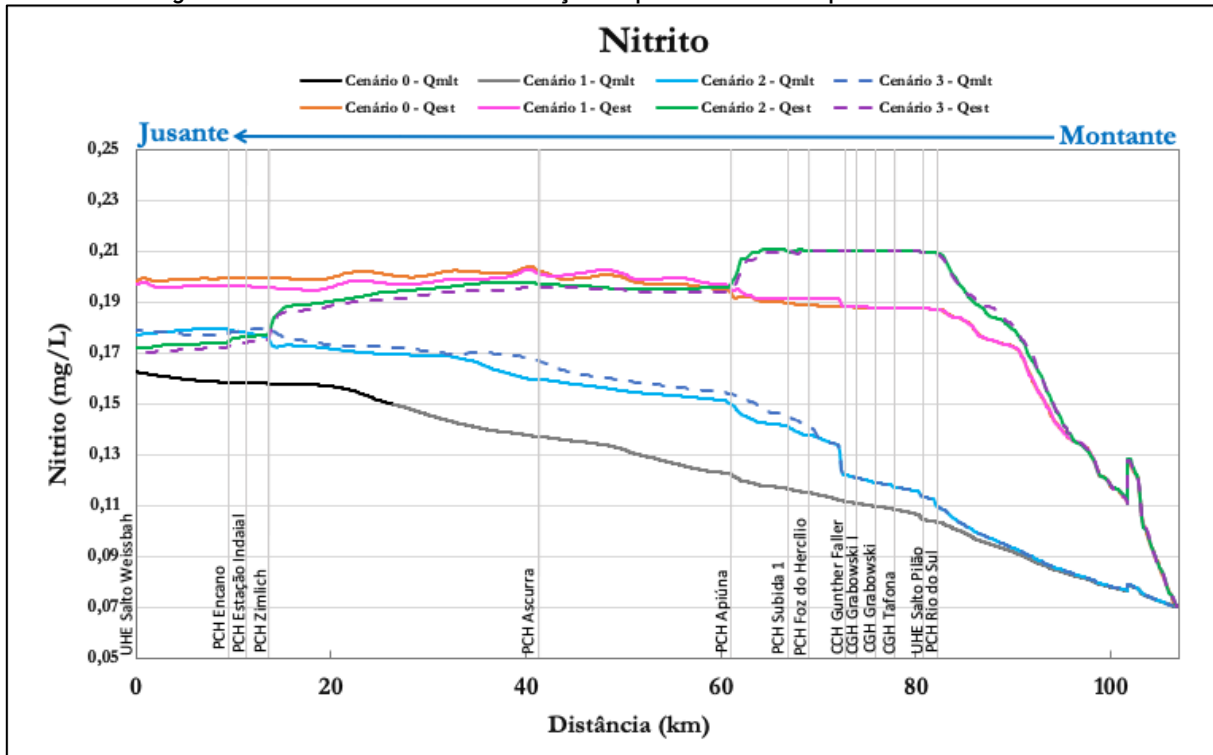


Figura 4-126 - Variação espacial do nitrito para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

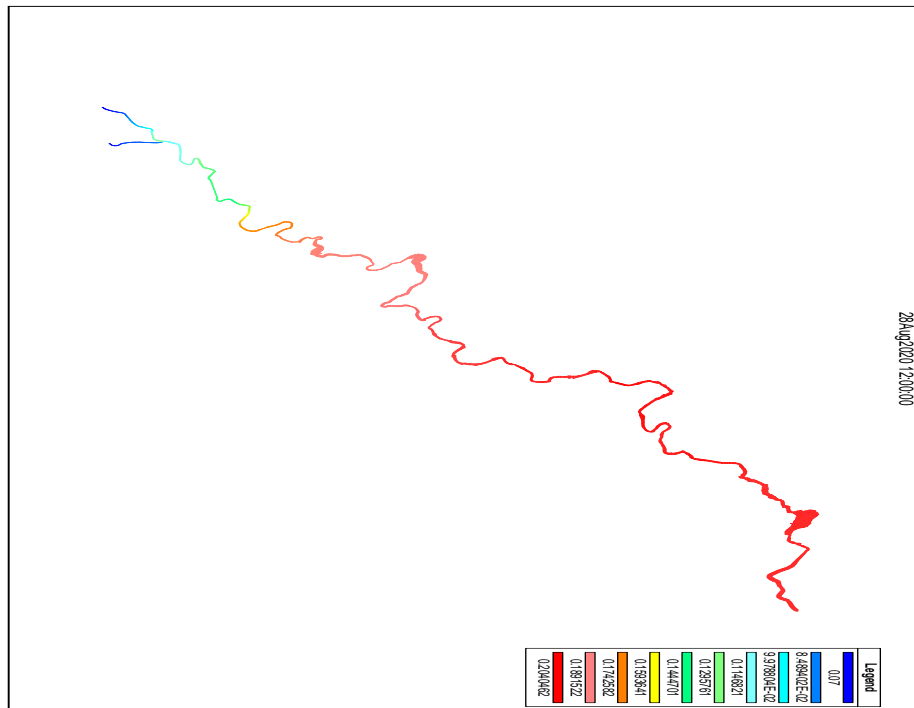


Figura 4-127 - Variação espacial do nitrito para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

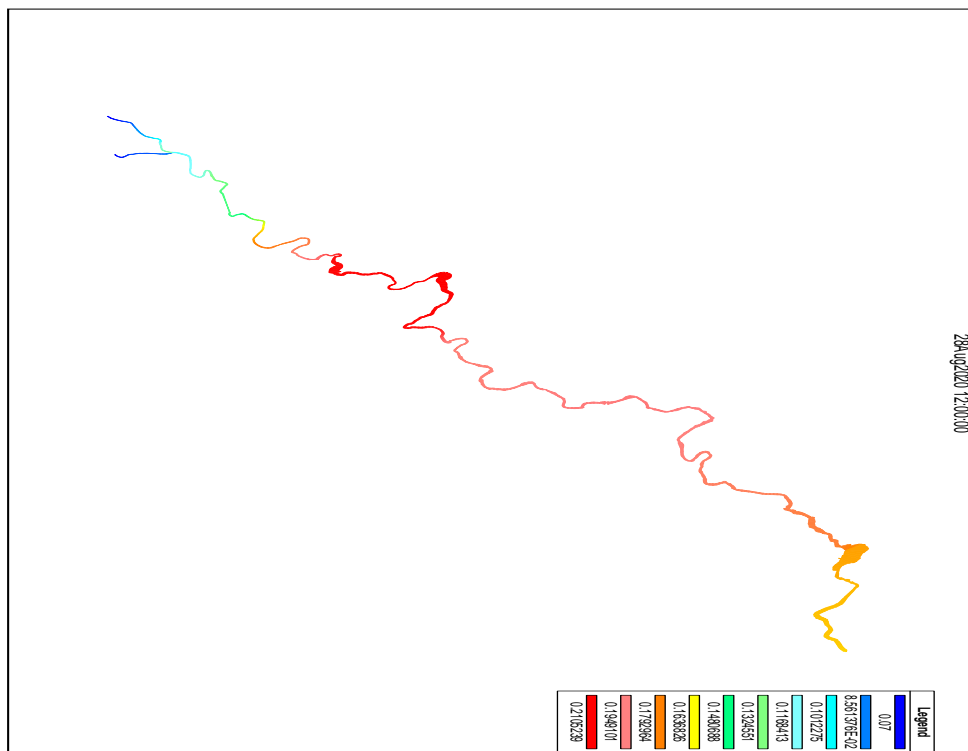


Figura 4-128 - Variação espacial do nitrito para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

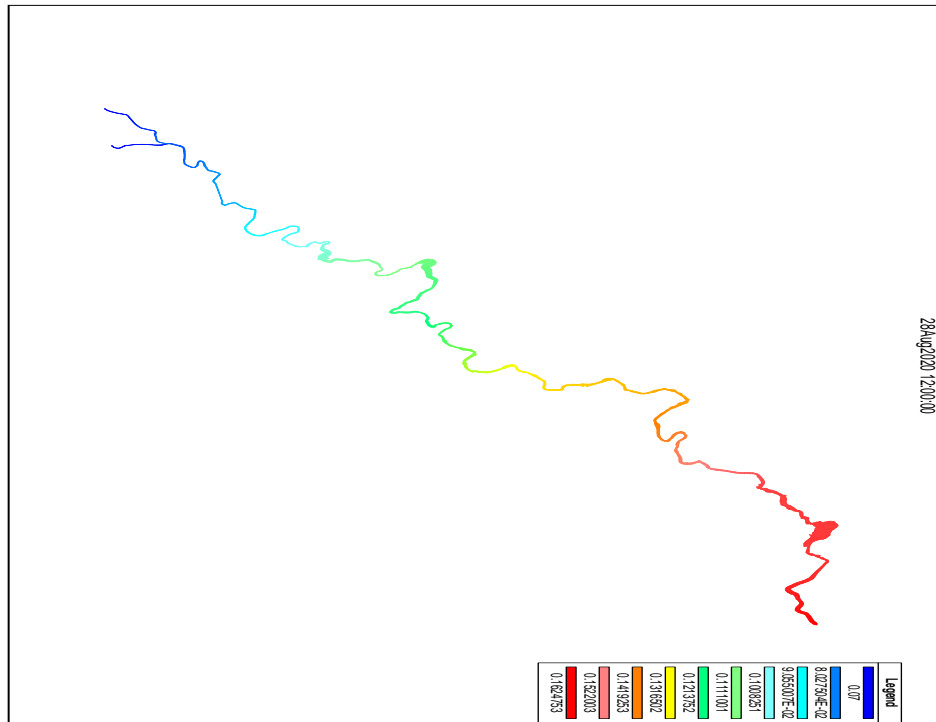


Figura 4-129 - Variação espacial do nitrito para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

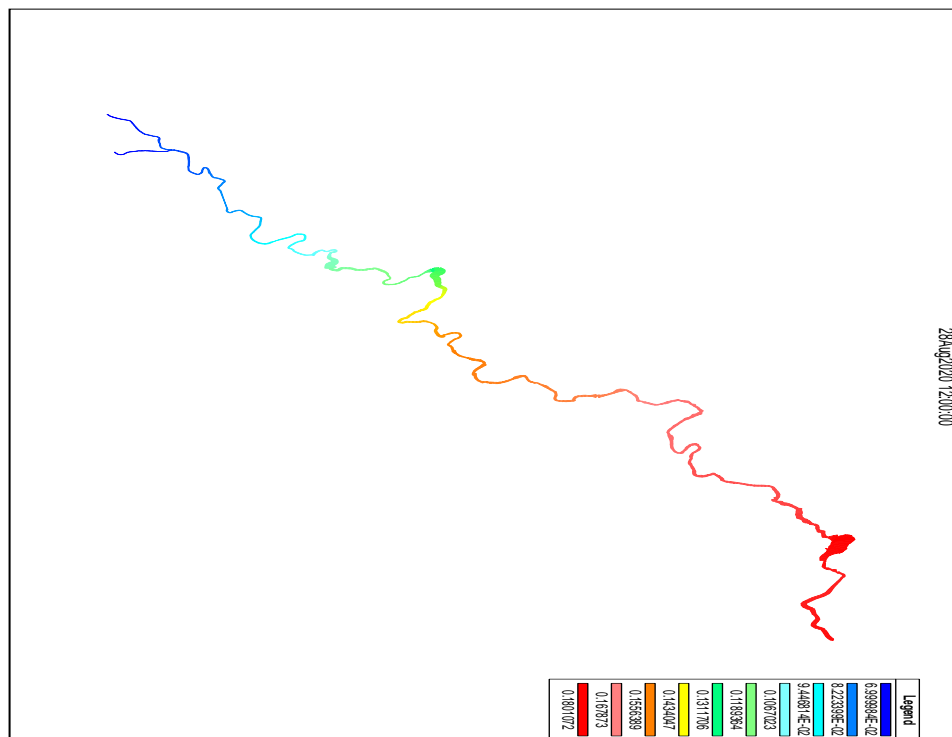


Figura 4-130 - Gráfico com a variação espacial do nitrato para todos os cenários.

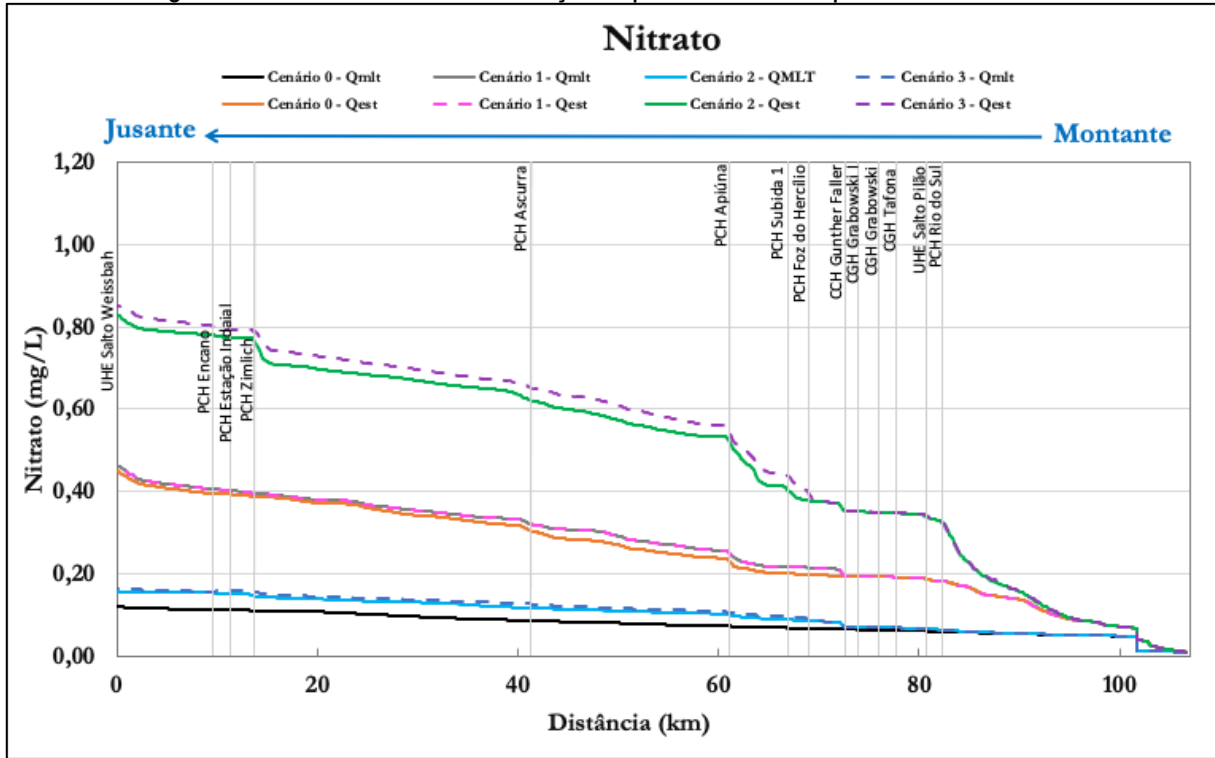


Figura 4-131 - Variação espacial do nitrato para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

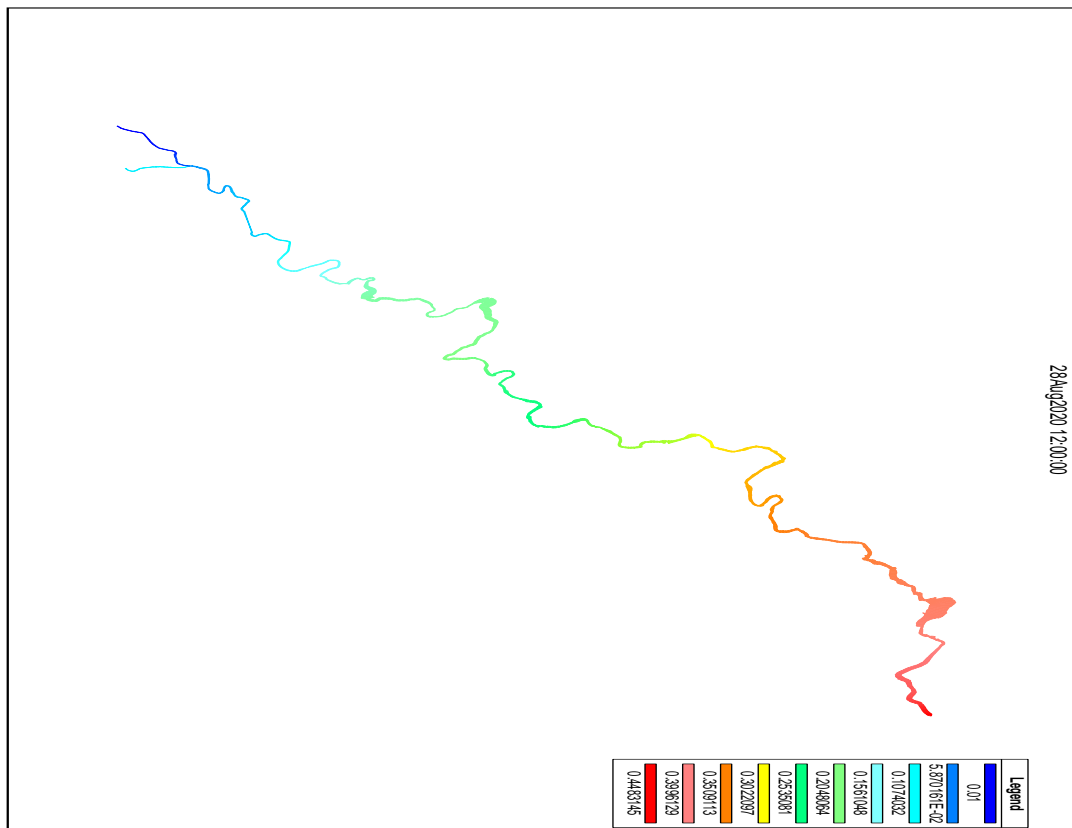


Figura 4-132 - Variação espacial do nitrato para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

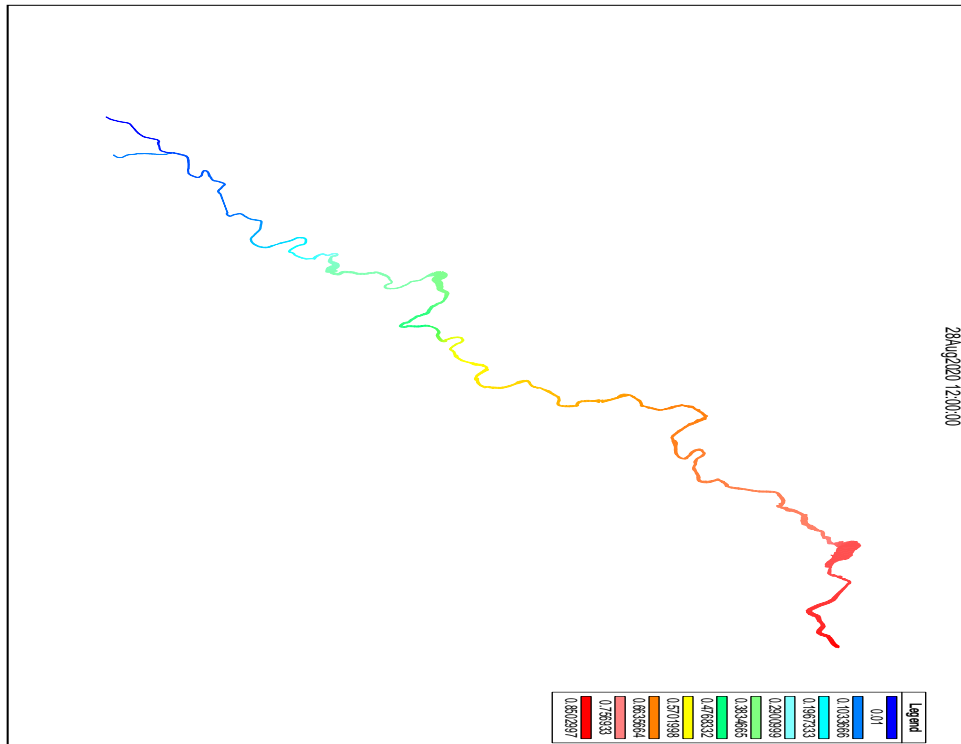


Figura 4-133- Variação espacial do nitrato para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

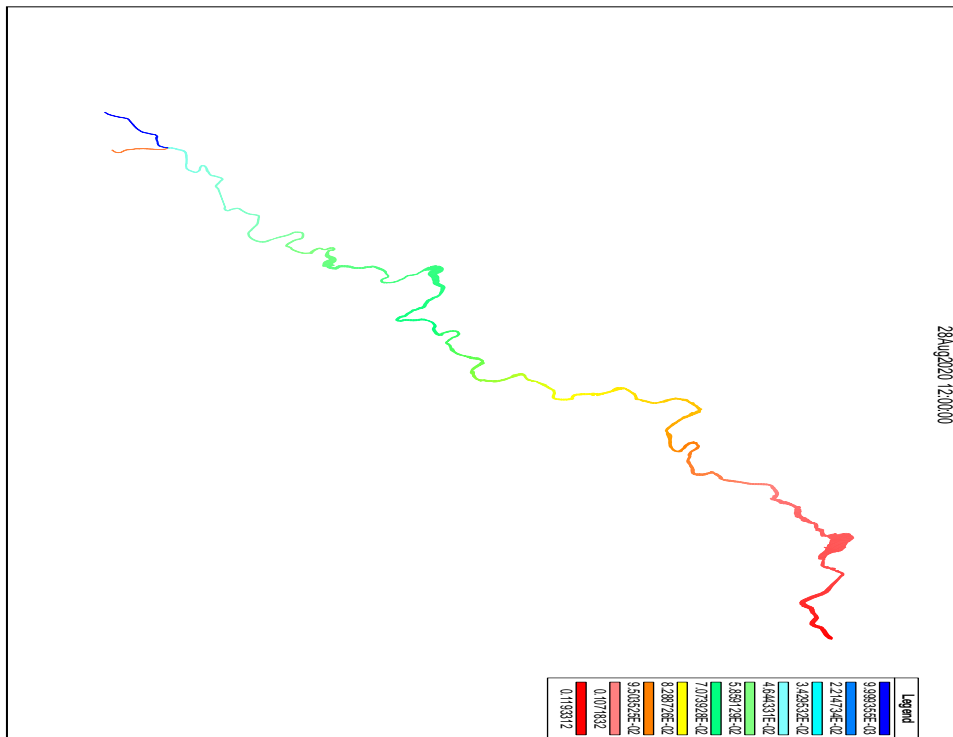
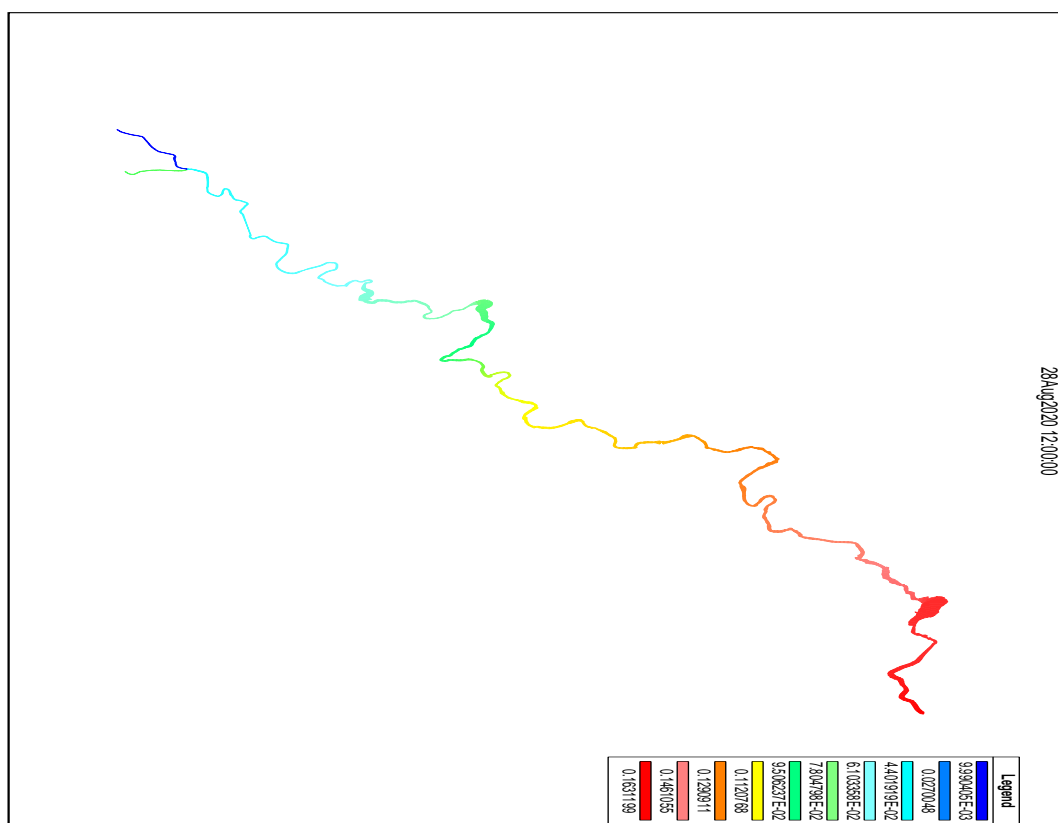


Figura 4-134- Variação espacial do nitrato para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).



4.6.5 Fósforo

O fósforo é encontrado naturalmente nos rios proveniente de rochas e dos minerais com baixa solubilidade. A erosão do solo em áreas agrícolas é uma das principais fontes de fósforo particulado, no entanto, apenas os fósforos dissolvidos são modelados. Outra fonte de fósforo em áreas agrícolas são os dejetos de animais.

A modelagem deste macronutriente o subdivide em fósforo inorgânico e fósforo orgânico. Os principais processos representados no modelo do fósforo são: aumento das concentrações de fósforo orgânico devido às algas; sedimentação do fósforo orgânico, conversão do fósforo orgânico em fósforo inorgânico, liberação de fósforo inorgânico dissolvido pelo sedimento de fundo e a conversão do fósforo inorgânico em biomassa algal. No entanto a simulação do fósforo no presente estudo baseia-se numa versão mais simplificada da estrutura do modelo, em que as algas não são modeladas devido a maior dificuldade na representação confiável de crescimento, decaimento e sedimentação.



Esta simplificação desconsidera no balanço do fósforo a conversão de fósforo inorgânico em biomassa algal e o acréscimo de teores de fósforo orgânico devido às algas. Na modelagem do nitrogênio também foi adotada esta simplificação e a interação da amônia e do nitrito com as algas não foram computadas. Conforme von Sperling (2007), abordagens similares vêm sendo amplamente empregadas em diversos estudos devido à complexidade de representar de forma confiável os processos que envolvem o balanço de produção e consumo de biomassa algal. Logo a única fonte de fósforo orgânico na simulação realizada provém de fontes pontuais e difusas, que consideram os aportes de fontes naturais e antrópicas. A redução dos teores de fósforo orgânico se dá pela sedimentação e pela conversão a fósforo inorgânico. Este pode ter suas concentrações aumentadas também pela liberação do leito do fundo.

A resolução CONAMA 357/05 define os limites para fósforo total e não o subdivide em orgânico e inorgânico. Os limites de fósforo total segundo esta resolução dependem da característica do regime hídrico, conforme apresentado abaixo para rio de classe dois:

- 0,03mg/L de fósforo orgânico em ambientes lênticos, com tempo de residência inferior a 2 dias;
- 0,05mg/L em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico;
- 0,1mg/L em ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários.

Os resultados da modelagem hidráulica permitem classificar, segundo as definições na CONAMA 357/05, a região do estudo em ambientes intermediários, com concentração máxima permitida de fósforo total de 0,1mg/L.

A metodologia para determinação do nível trófico em rios utilizada pela CETESB define que a concentração limite para ser considerado um ambiente eutrófico é 0,137mg/L de fósforo total. Segundo referências bibliográficas como von Sperling (2007), o fósforo na sua forma inorgânica solúvel, também chamado de ortofosfato, é a principal fonte de fósforo para a eutrofização, uma vez que é a forma diretamente disponível para as plantas e algas.

As figuras a seguir apresentam a variação do fósforo orgânico, inorgânico e por último fósforo total, todos ao longo do trecho de simulação. Enquanto o fósforo inorgânico aumenta, o fósforo orgânico diminui. O fato da diminuição do fósforo orgânico é de vantagem para o ambiente do rio, devido a ser um limitante para a produção biológica.

De acordo com a metodologia da CETESB, o fósforo total excede 0,137mg/L em todos os cenários, o que classifica o corpo d'água como eutrófico. O excesso de fósforo total provém,

principalmente, de fósforos inorgânicos. Esta forma de fósforo provém do solo, provocado pelo intemperismo de rochas e a erosão do solo para dentro do rio. Outra fonte de grandes quantidade de fósforos são os defensores agrícolas, que são transferidos para o corpo d'gua pela lixiviação do solo.

Figura 4-135 - Gráfico com a variação espacial do fósforo orgânico para todos os cenários.

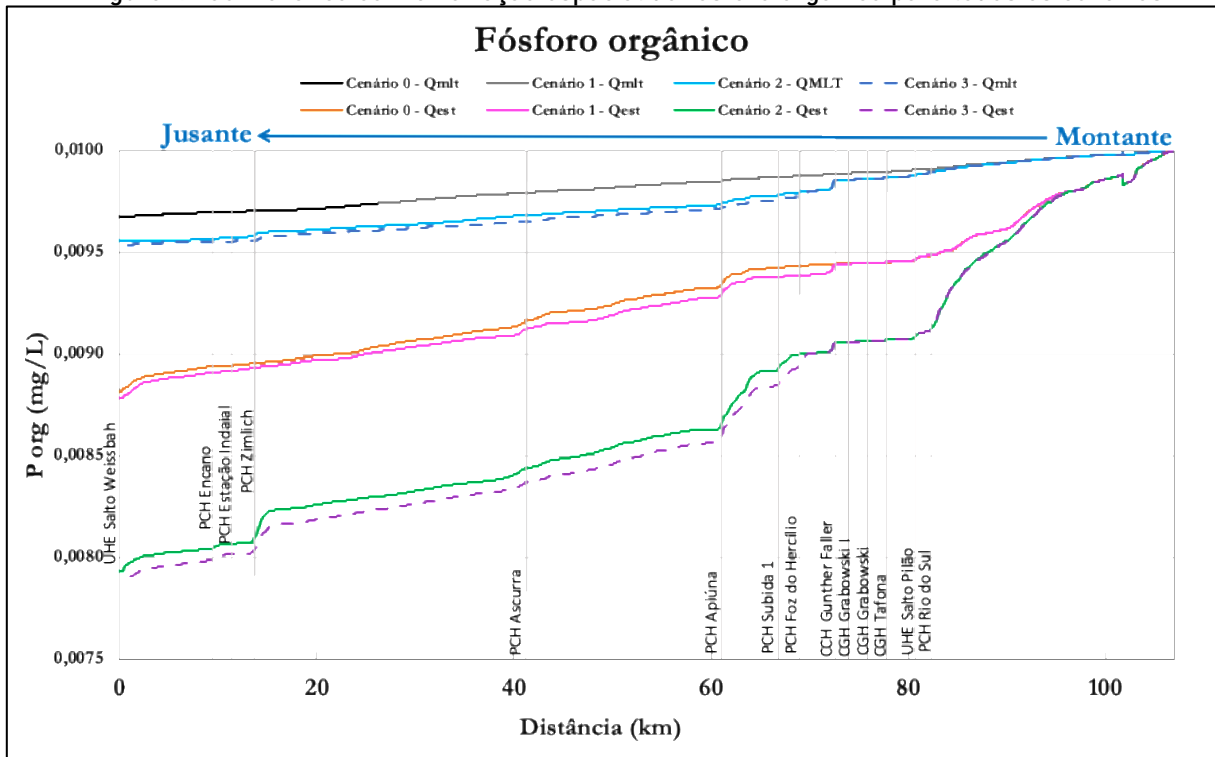


Figura 4-136 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

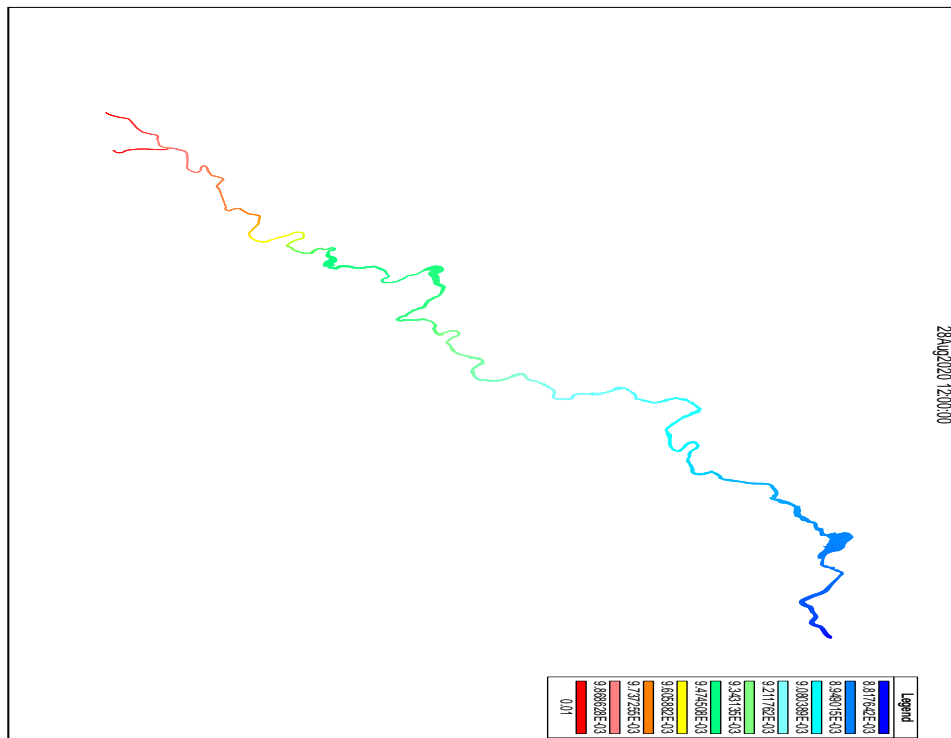


Figura 4-137 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

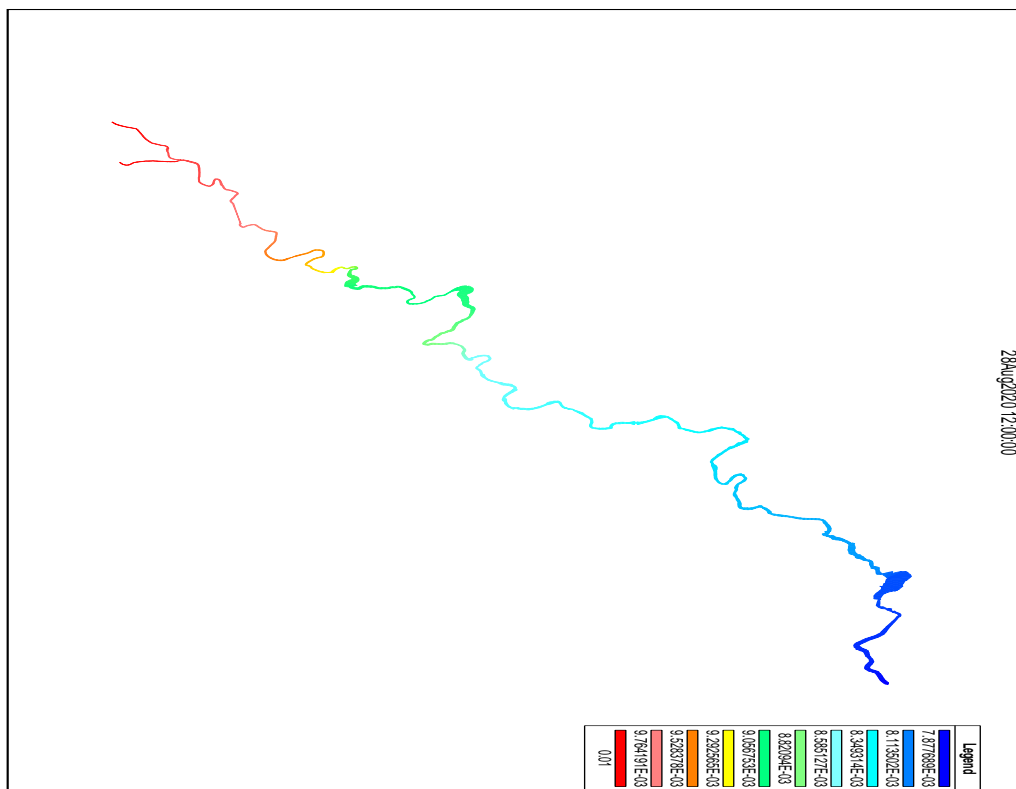


Figura 4-138 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

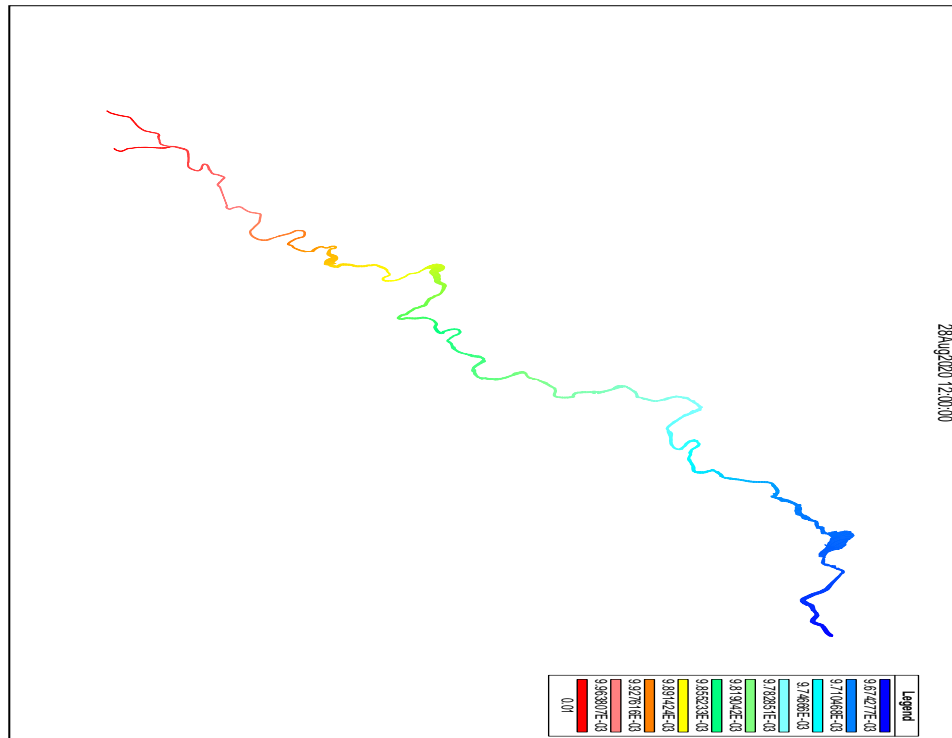


Figura 4-139 - Variação espacial do fósforo orgânico para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

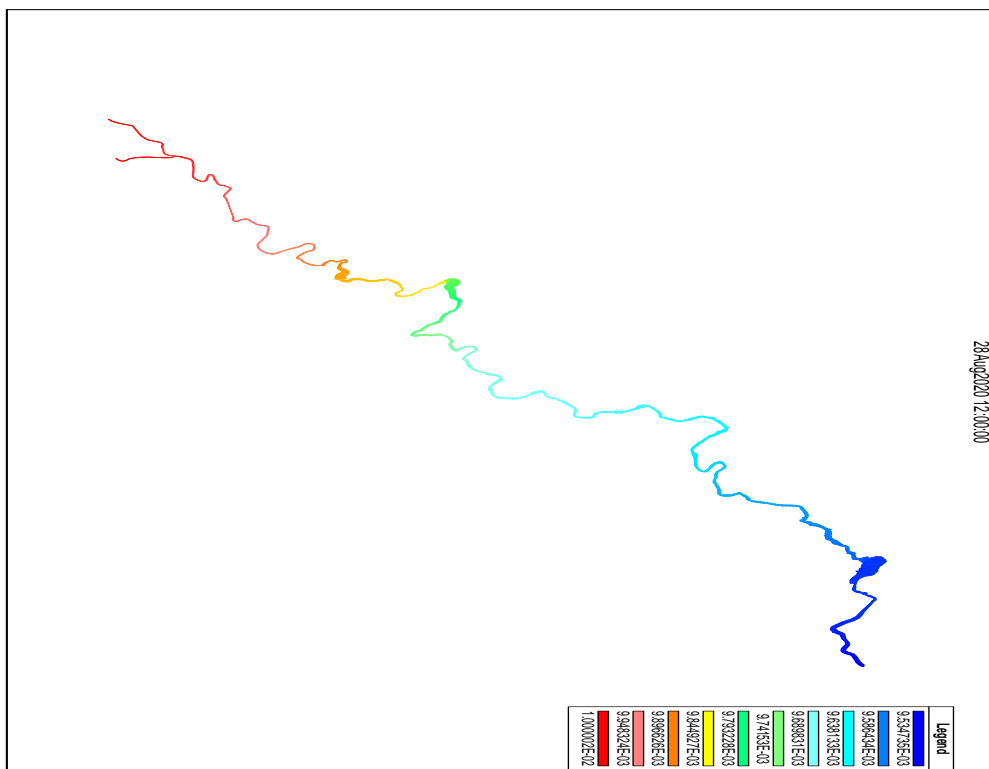


Figura 4-140 - Gráfico com a variação espacial do fósforo inorgânico para todos os cenários.

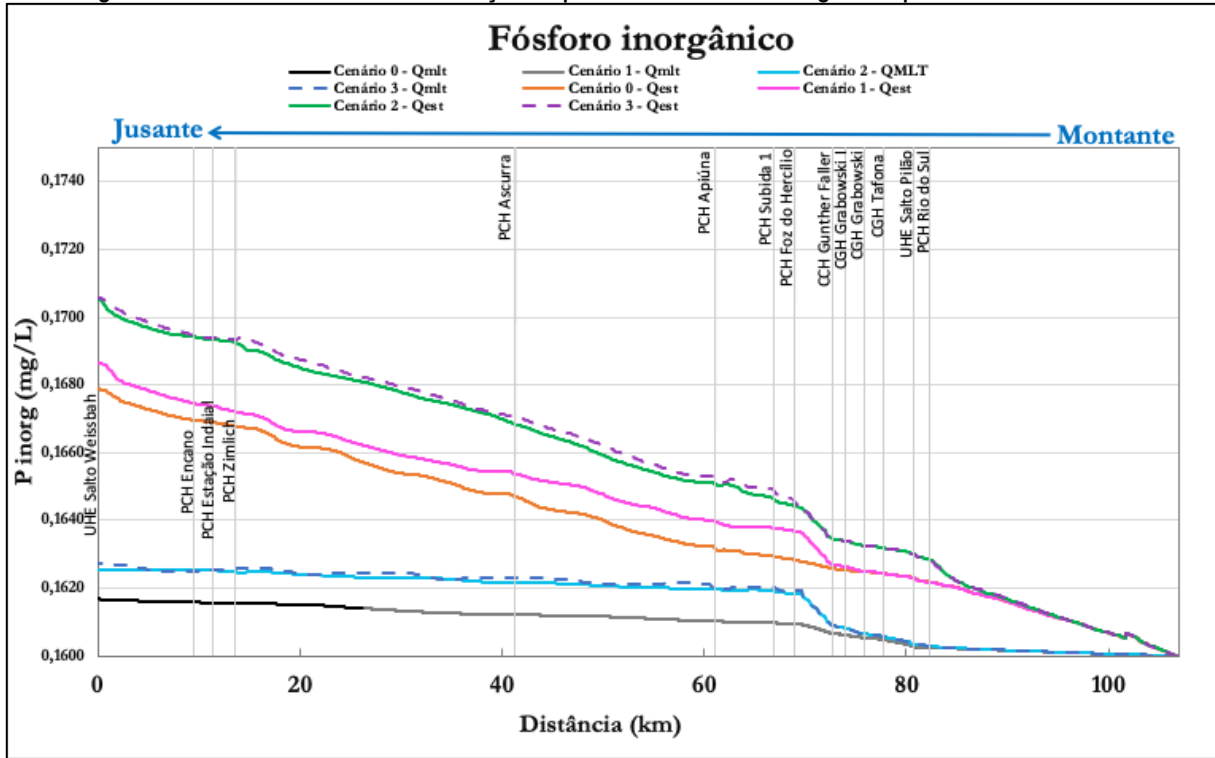


Figura 4-141 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 0 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

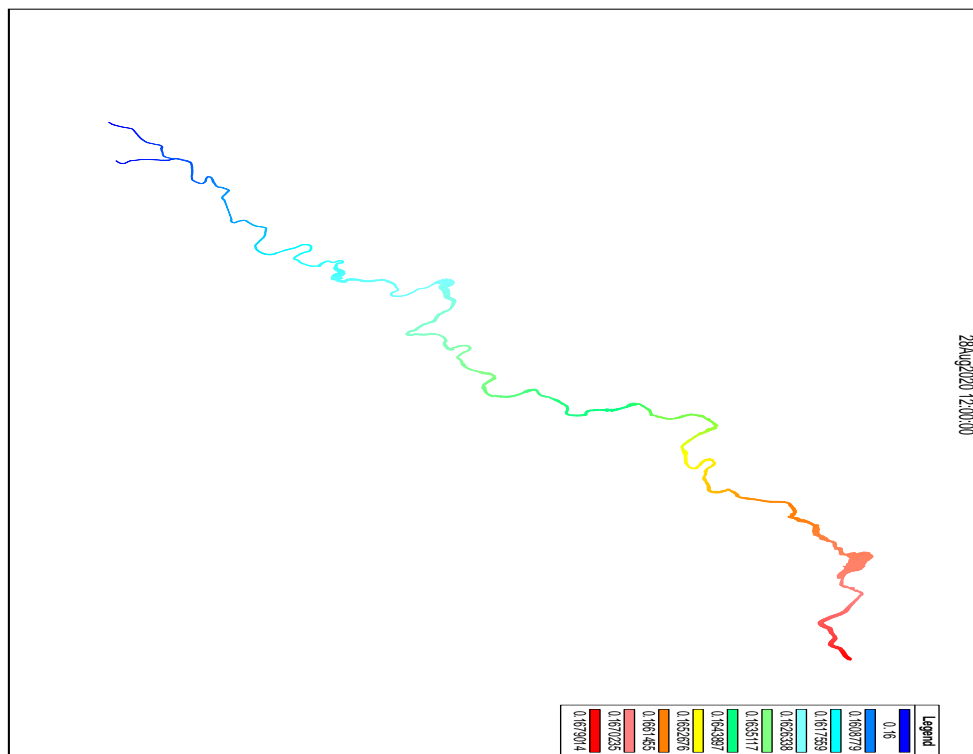


Figura 4-142 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 3 na Q7,10 (Montante a esquerda e jusante a direita).

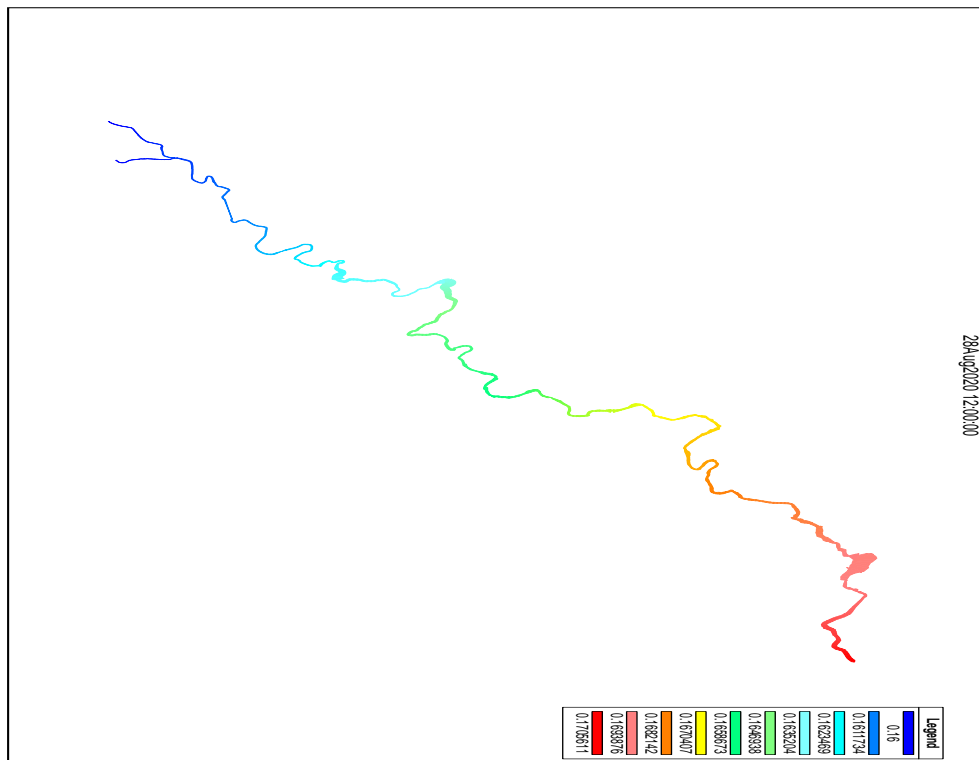


Figura 4-143 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 0 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

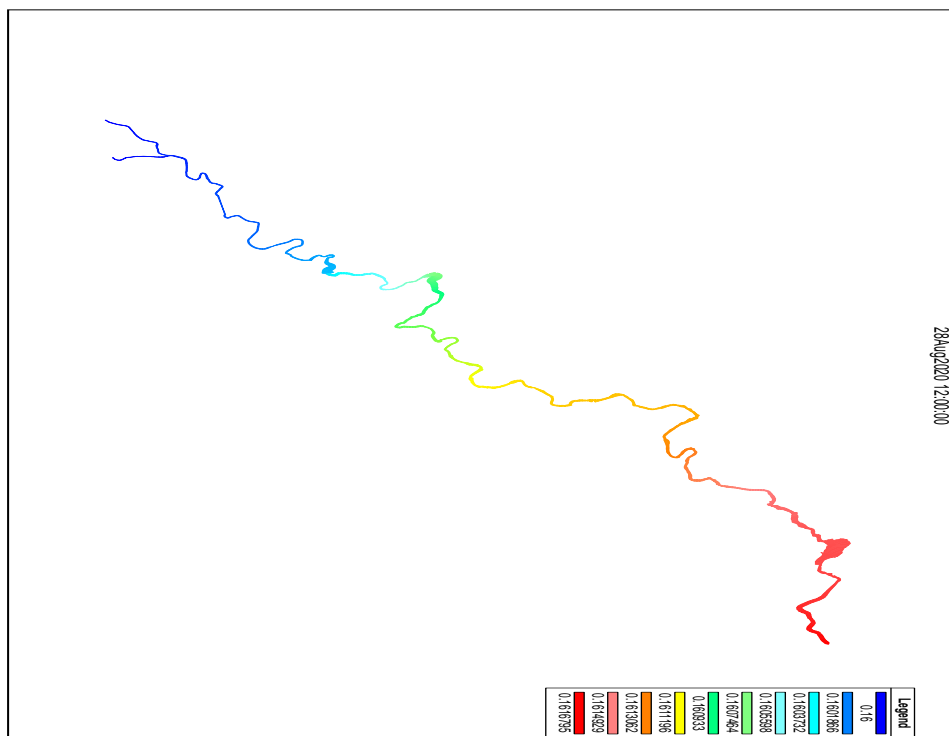


Figura 4-144 - Variação espacial do fósforo inorgânico para o cenário 3 na Qmlt (Montante a esquerda e jusante a direita).

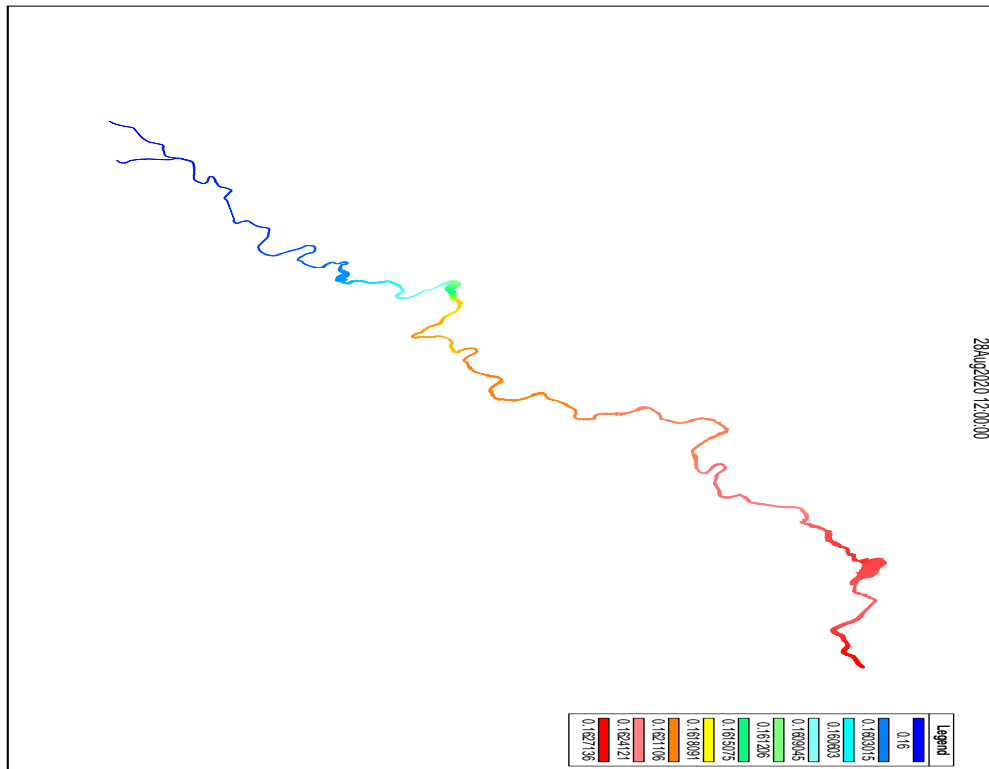
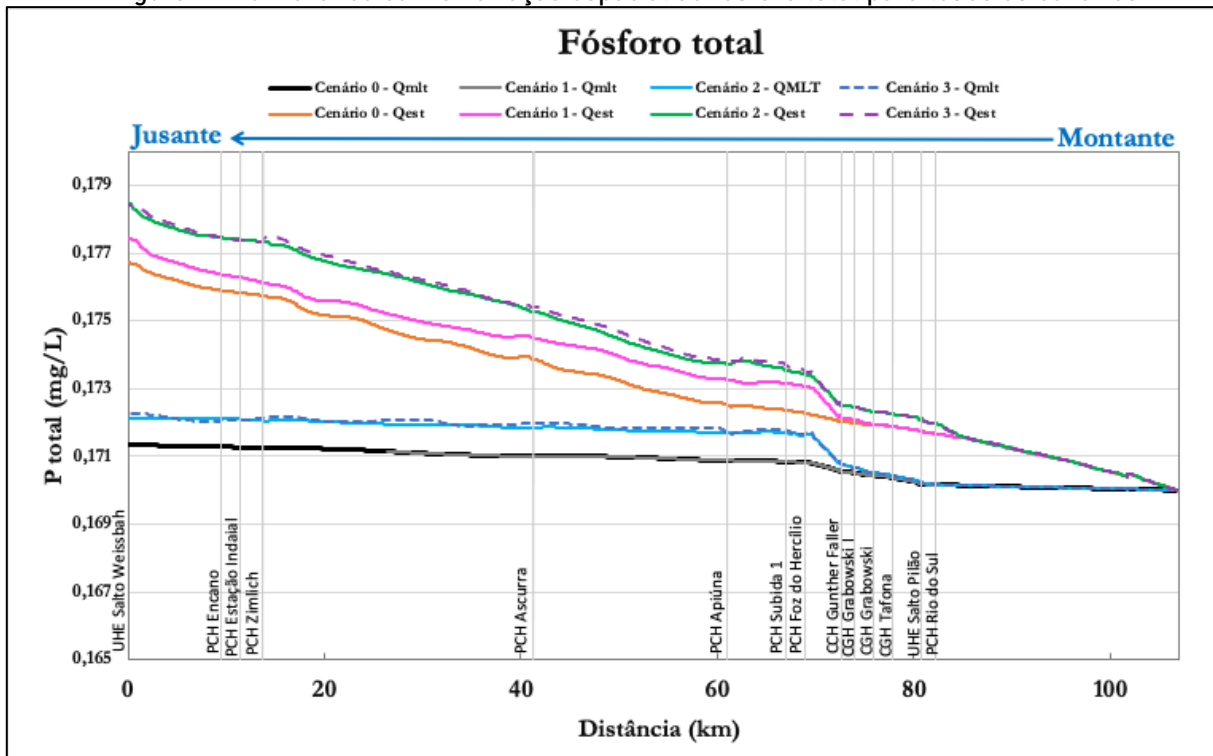


Figura 4-145 - Gráfico com a variação espacial do fósforo total para todos os cenários.



4.6.6 Concentrações extremas

Para analisar qual a resposta do curso d'água em caso de poluições pontuais, analisou-se o cenário 3 da Qest, em que individualmente se altera cada parâmetro. Assim, a DBO aumenta para uma concentração de 20 mg/L, o oxigênio dissolvido para 2 mg/L, a amônia para 2 mg/L, o nitrato para 10 mg/L e o fósforo para 0,2 mg/L. Estes valores são baseados nos limites da CONAMA 357/05.

4.6.6.1 DBO

Na Figura 4-146 pode ser observado, com a elevação da DBO, o oxigênio dissolvido aumenta até a parte jusante do rio, e aumenta de acordo com a diminuição da DBO. O nitrogênio orgânico e a amônia também degradam com a diminuição da DBO (Figura 4-147). O nitrato e o fósforo total, entretanto, aumentam ao longo do rio. O fósforo total é o parâmetro mais crítico, que ultrapassa o valor de referência para um ambiente eutrofizado (0,137 mg/L). Observa-se um auxílio para a degradação da DBO, como citado anteriormente, em que os reservatórios agem como um reator. A DBO não continua atingindo o valor limite determinado em norma (5 mg/L) at o tempo final de simulação, entretanto o OD atinge rapidamente mais do que 5 mg/L - fator mínimo determinado pela norma.

Figura 4-146 - Concentração de DBO e OD ao longo do rio Itajaí.

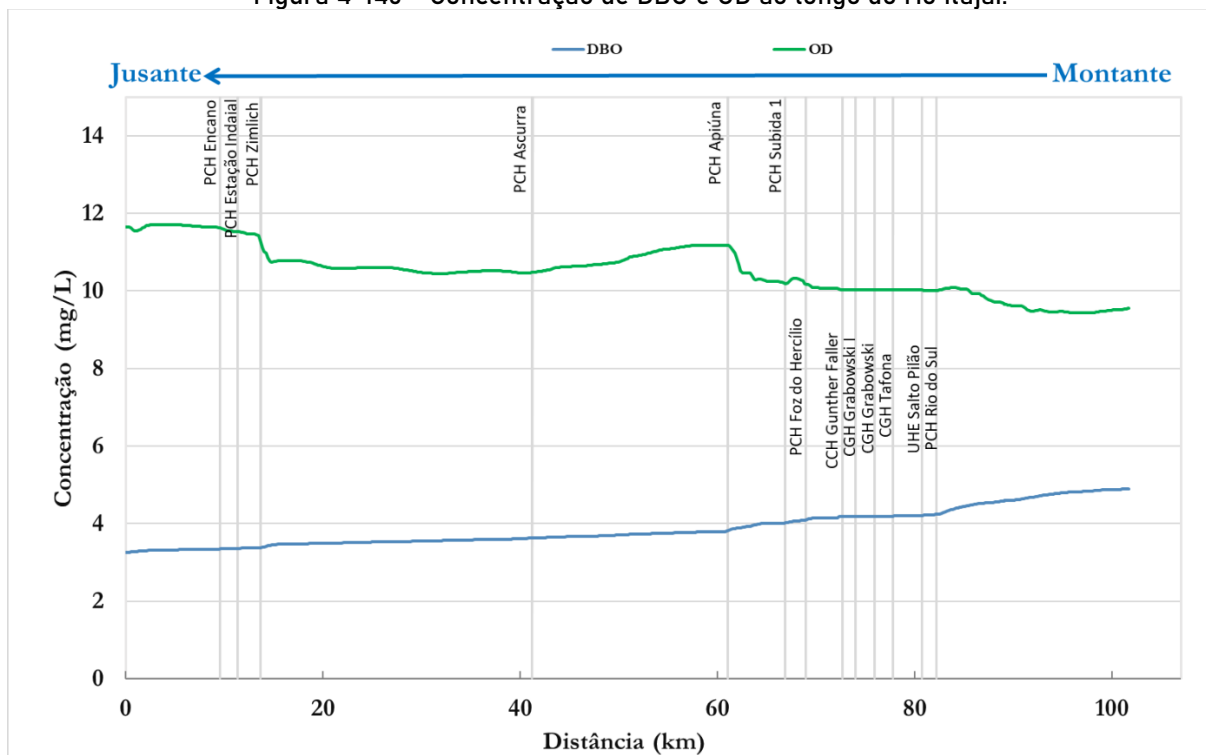
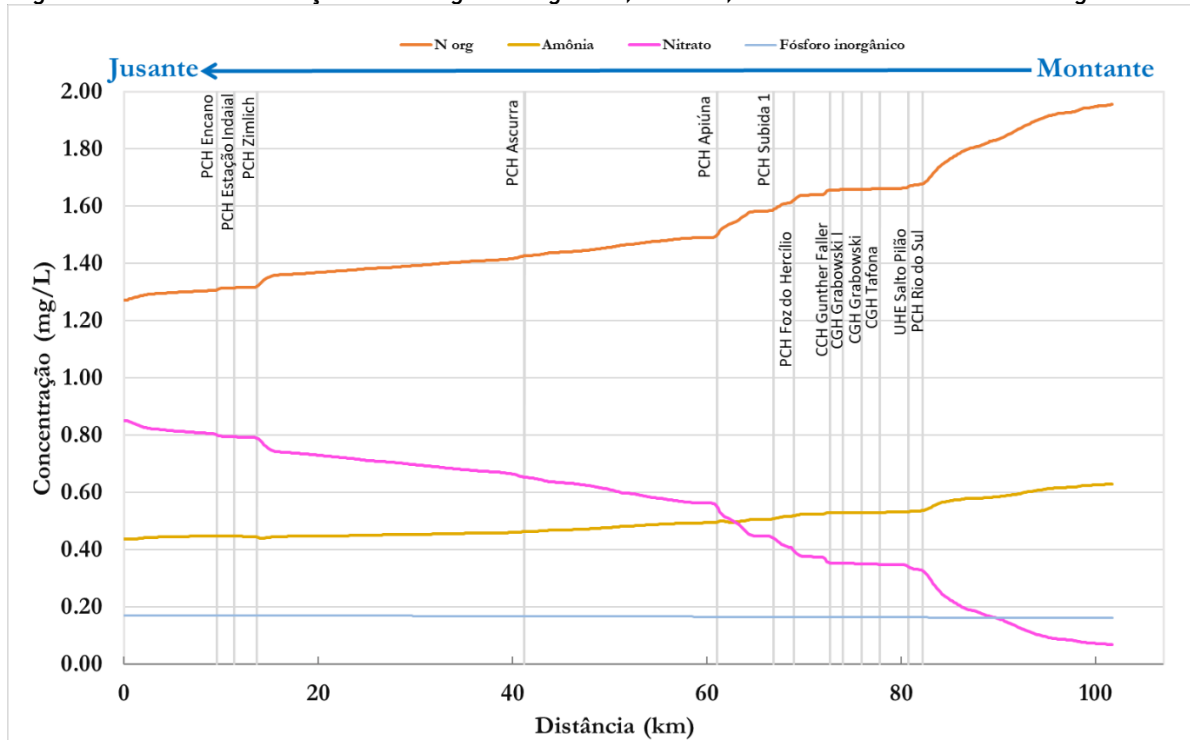


Figura 4-147 - Concentração de nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo total ao longo do rio Itajaí.



4.6.6.2 Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido extrema foi de 2 mg/L, entretanto o valor subiu rapidamente até perto de 10 mg/L. Isso demonstra a capacidade do curso d'água de recuperação quando situações como a eutrofização de um reservatório diminua a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água. A Figura 4-148 demonstra como a DBO não se altera a medida que o OD aumenta. Já na Figura 4-149 mostra uma maior dificuldade do nitrogênio orgânico de se degradar quando o valor de OD se inicia mais baixo.

Figura 4-148 - Resultados de concentrações extremas de OD, para OD e DBO.

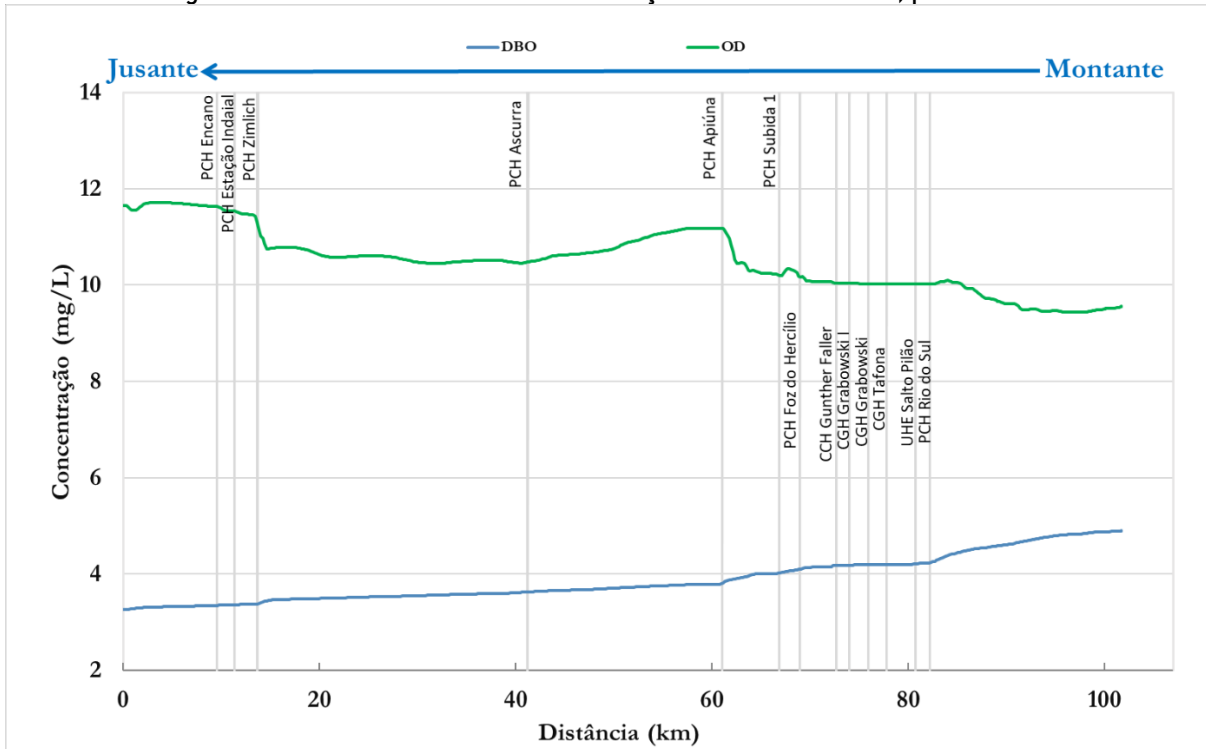
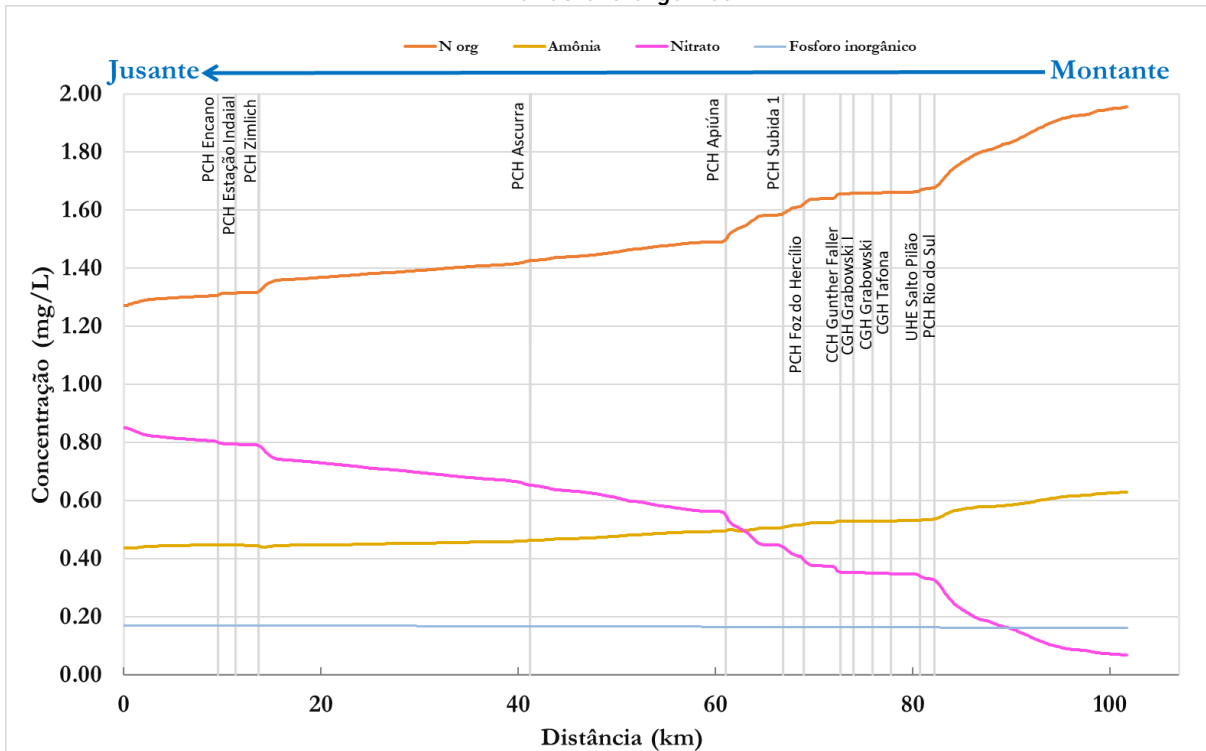


Figura 4-149 - Resultados de concentrações extremas de OD, para nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo orgânico.



4.6.6.3 Amônia

Com o aumento da amônia para 2 mg/L, o nitrogênio orgânico acaba por se degradando mais ao longo do rio, entretanto o nitrato aumenta sua concentração, demonstrando o aumento do processo de nitrificação (Figura 4-151). Já para os valores de OD e DBO (Figura 4-150), nota-se que o OD é bastante afetado pelo aumento da concentração de amônia entre a PCH Subida 1 e Apiúna e na PCH Zimlich.

Figura 4-150 - Resultados de concentrações extremas de amônia, para OD e DBO.

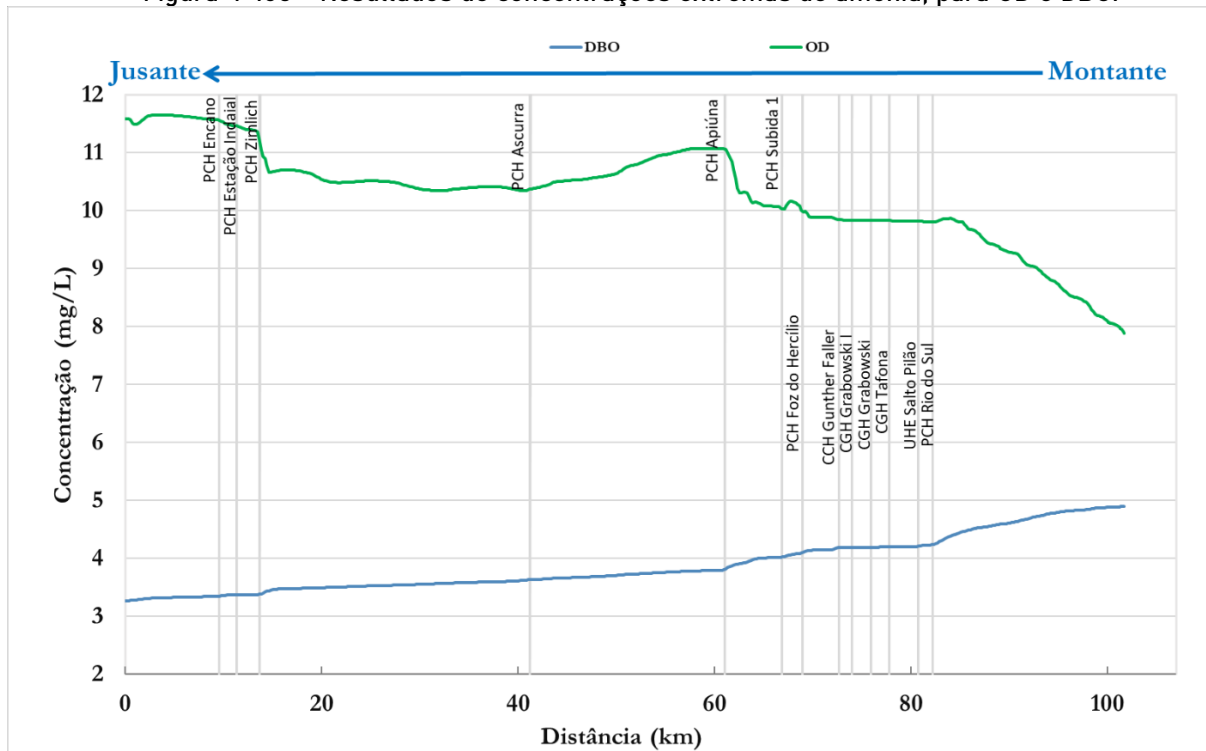
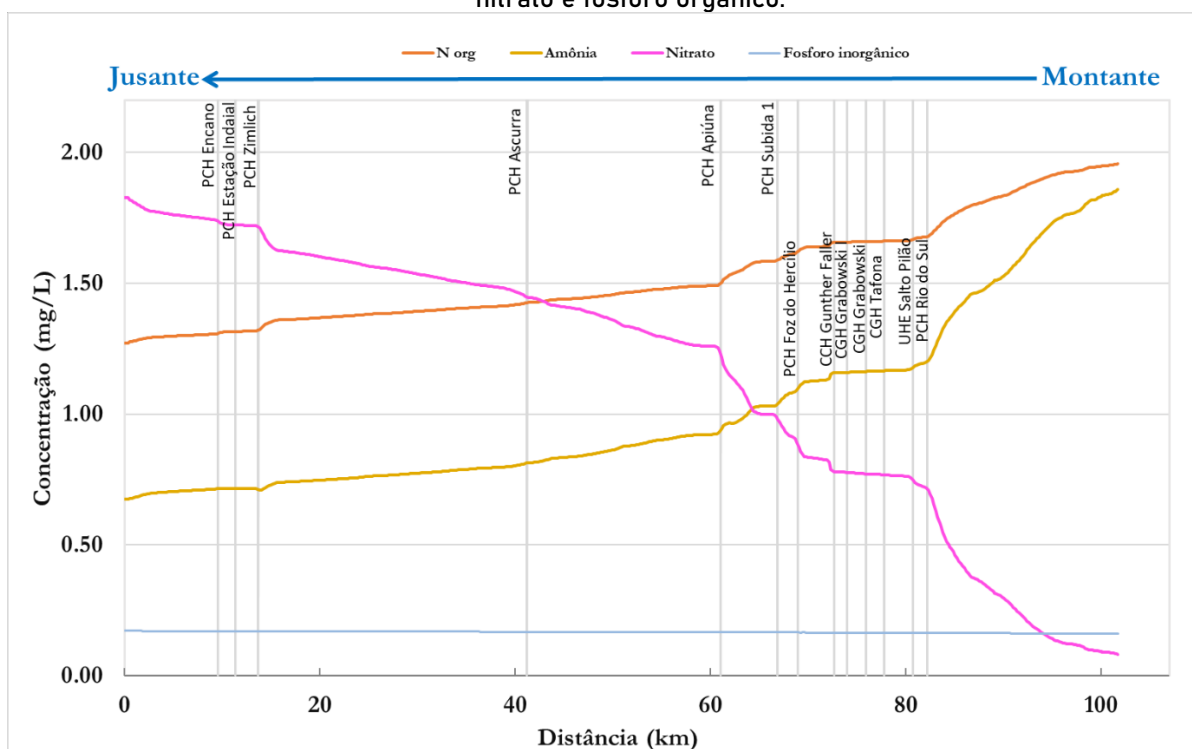


Figura 4-151 - Resultados de concentrações extremas de amônia, para nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo orgânico.



4.6.6.4 Nitrato

Com o aumento do nitrato para 10 mg/L, sendo esta a concentração máxima permitida, percebe-se a elevação para perto de 11 mg/L no exutório do rio Itajaí-Açu (Figura 4-152), além de elevar o OD em alguns reservatórios. Entretanto, a elevação do nitrato não afeta nenhum dos outros parâmetros significativamente a estas concentrações (Figura 4-153).

Figura 4-152 - Resultados de concentrações extremas de nitrato, para OD, DBO e nitrato.

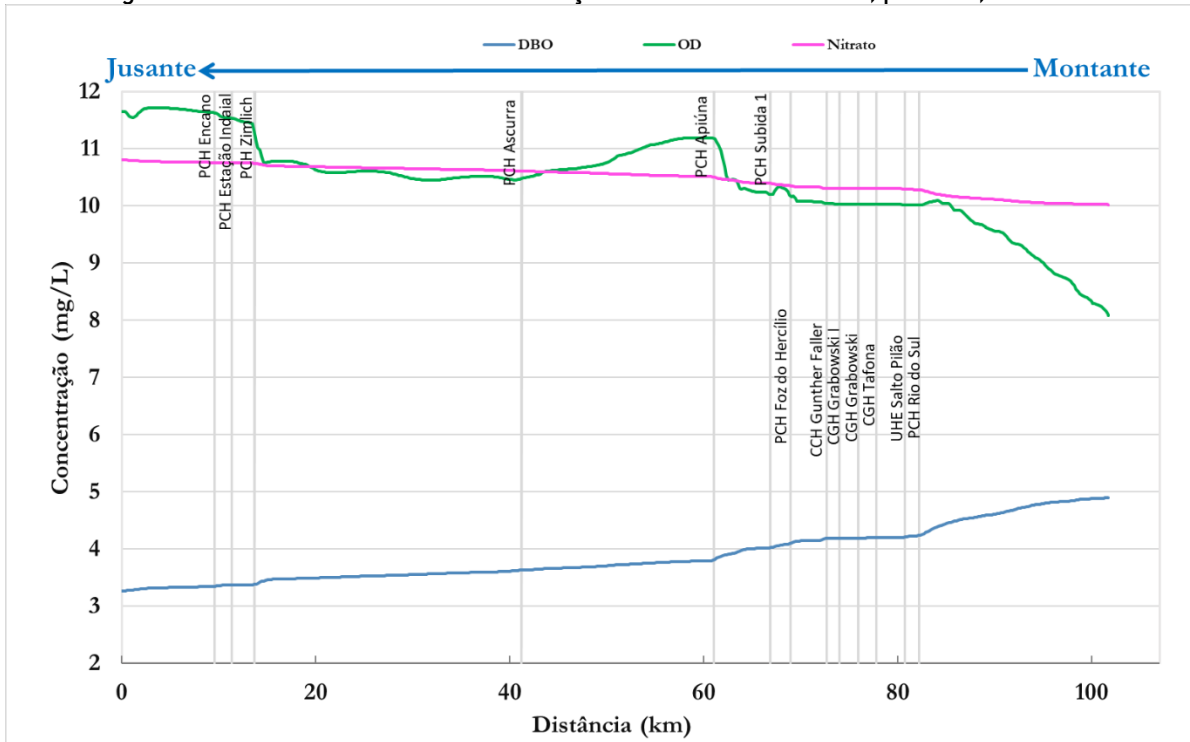
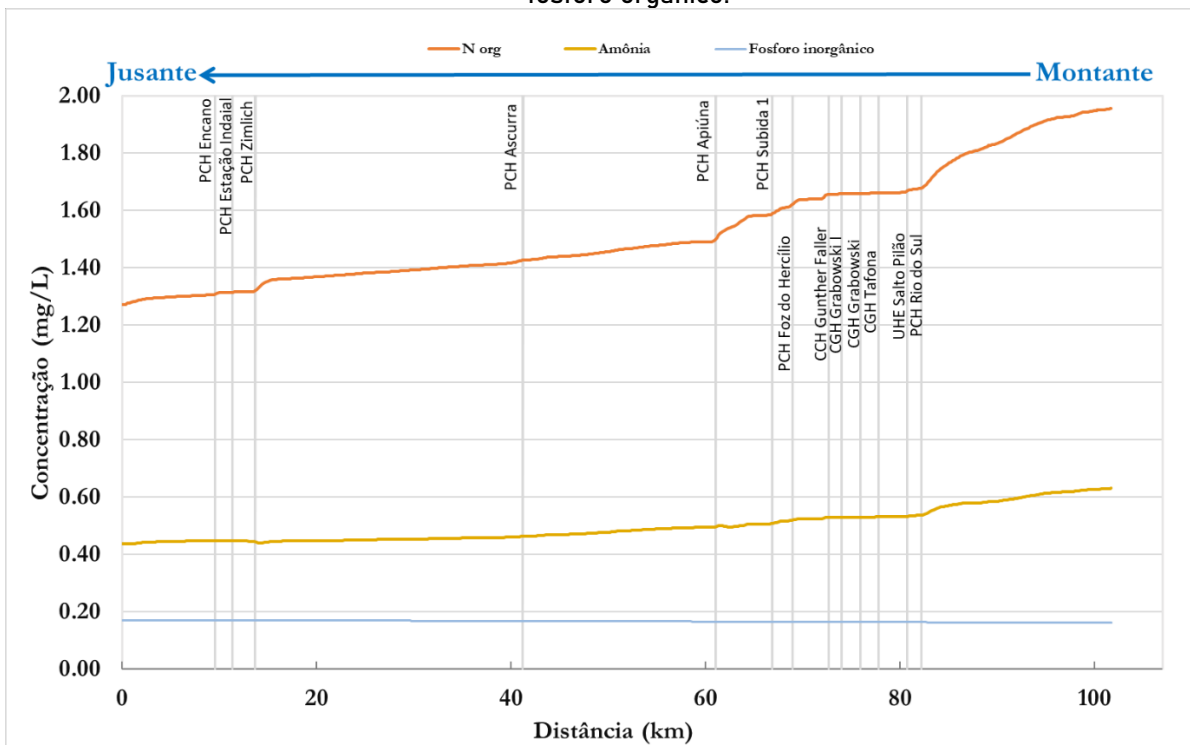


Figura 4-153 - Resultados de concentrações extremas de nitrato, para nitrogênio orgânico, amônia e fósforo orgânico.



4.6.6.5 Fósforo inorgânico

Para a concentração de fósforo inorgânico de 0,2 mg/L, nenhum dos outros nutrientes de eleva além do esperado (Figura 4-154 e Figura 4-155). Apenas o próprio fósforo inorgânico chega a uma concentração máxima de 0,21 mg/L (Figura 4-155).

Figura 4-154 - Resultados de concentrações extremas de fósforo inorgânico, para OD e DBO.

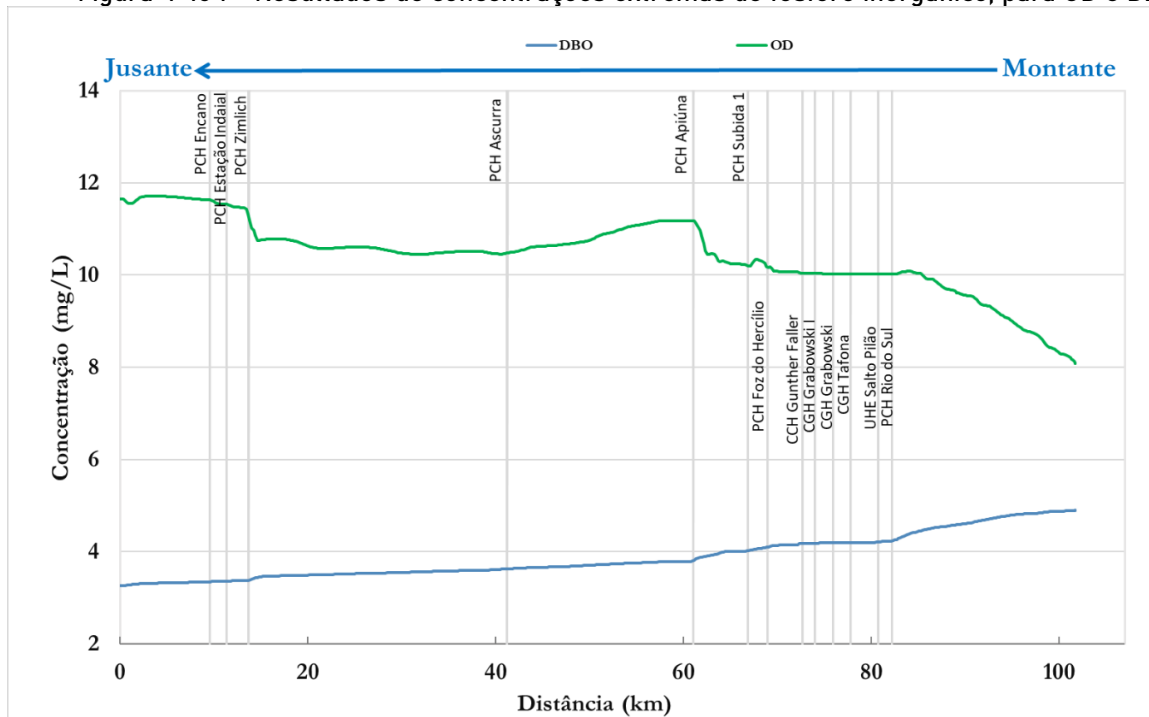
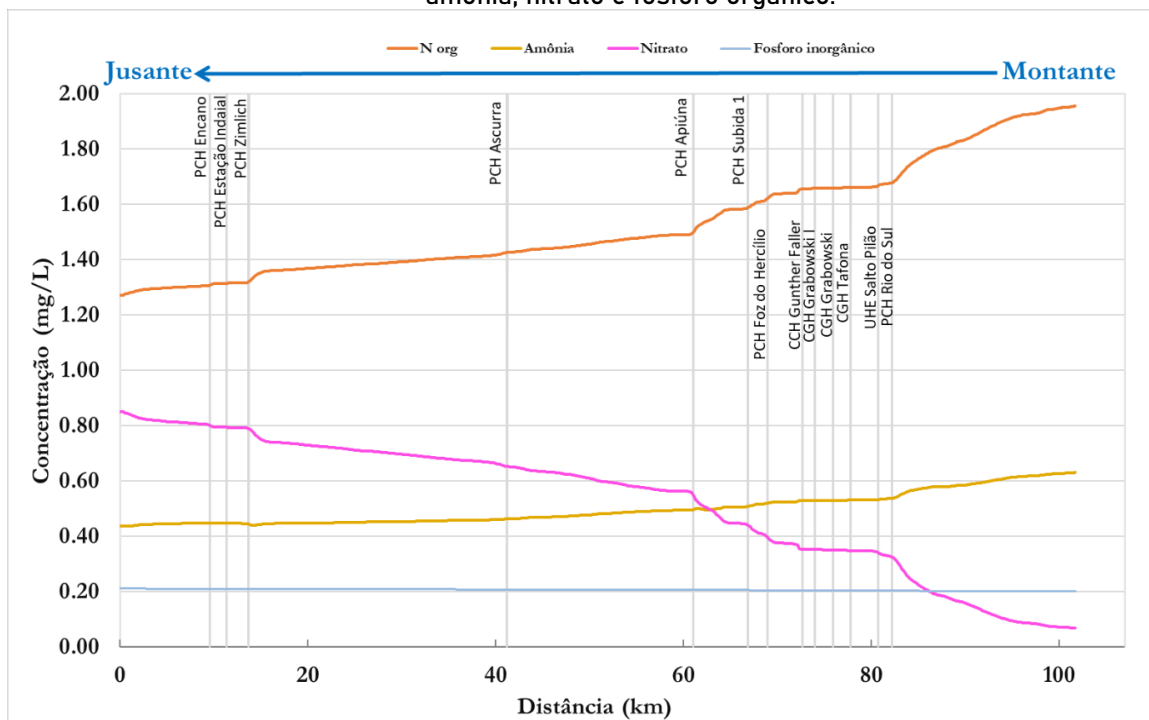


Figura 4-155 - Resultados de concentrações extremas de fósforo inorgânico, para nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e fósforo orgânico.



5 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

5.1 CENÁRIOS

Os cenários de análise permitem a comparação entre diferentes situações e seus respectivos impactos. Cada cenário apresenta uma situação existente ou possível para o desenvolvimento das atividades de geração de energia elétrica na bacia, através da qual uma nova avaliação dos impactos decorrentes dos empreendimentos é realizada.

Para o prognóstico ambiental desta avaliação integrada foram definidos cenários geométricos. Os cenários foram estabelecidos de forma a comparar os impactos sinérgico-cumulativos dos diferentes barramentos. A criação dos cenários foi baseada nos estágios em que estes barramentos se encontravam (Quadro 5-1).

Quadro 5-1 - Status dos barramentos

Empreendimento	Estado na Aneel
PCH Rio do Sul	DRS
UHE Salto Pilão	Operação
CGH Tafona	Projeto
CGH José Grabowski	Projeto
CGH José Grabowski I	Projeto
CGH Gunther Faller	Projeto
PCH Foz do Hercílio	Eixo Inventariado
PCH Subida I	DRS
PCH Apiúna	DRS
PCH Acurra	Eixo Inventariado
PCH Zimlich	DRS
PCH Estação Indaial	Construção não iniciada
PCH Encano	DRS
PCH Salto Weissbach	Operação

Ressalta-se que, como medida de compreensão da complexidade da bacia hidrográfica, também foi avaliado o **Cenário Zero**, considerando as duas usinas em operação. Desse modo, somente avaliando tudo que já existe atualmente na bacia, é que se tem a real noção do impacto existente frente a implantação de novos aproveitamentos hidrelétricos na bacia.



5.1.1 Cenário 1 – Cenário de curtíssimo prazo – até 2 anos

Este cenário considera as duas usinas existentes mais as 4 CGHs, que possuem processo de licenciamento simplificado em relação as PCHs e, portanto, há maior probabilidade de serem executadas antes dos outros empreendimentos. Portanto este cenário consiste nos seguintes empreendimentos:

- CGH Tafona;
- CGH José Grabowski;
- CGH José Grabowski I;
- CGH Gunther Faller;
- PCH Salto Weissbach.

5.1.2 Cenário 2 – Cenário de curto prazo – até 5 anos

Este cenário considera os empreendimentos estudados anteriormente e inclui as PCHs que possuem licença, ou seja, possuem processo em fase mais adiantada, dependendo, no entanto, da aprovação desta AIBH. As PCHs que foram incluídas neste cenário são: PCH Rio do Sul e PCH Estação Indaial.

5.1.3 Cenário 3 – cenário de médio prazo – até 10 anos

Neste cenário considera os empreendimentos estudados anteriormente e inclui as PCHs que possuem interesse econômico, porém, não ainda possuem licença ambiental. Foram incluídas neste cenário as PCHs Apiúna, PCH Zimlich, PCH Subida I e PCH Encano. Este tempo é dependente, no entanto, do processo de licenciamento destas usinas, podendo ser bastante inferior a 10 anos.

5.1.4 Cenário 4 – Cenário de longo prazo – até 20 anos

O cenário de longo prazo engloba todos os empreendimentos estudados no trecho de análise desta AIBH, tendo sido aqui acrescentados os dois últimos barramentos: PCH Foz do Hercílio e PCH Ascurra. Estes dois empreendimentos possuem eixo inventariado, no entanto, não há interesse econômico, no momento, em sua construção.



Ressalta-se que a construção dos cenários em período temporal estimado não significa dizer que elas não podem entrar em operação em um período menor de tempo, a construção destes cenários apenas indica que em até um período relativo de tempo teria condições dos AHEs estarem em operação, considerando os estágios em que se encontram tanto na ANEEL como no IMA.

6 IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS

A gestão de recursos naturais no Brasil é voltada principalmente para a garantia de padrões de qualidade ambiental. Essa visão foi solidificada na Constituição de 1988, e baseia-se na premissa da existência de um estado ideal da natureza. Essa visão da natureza estanke atribui à ação humana um papel de modificador da natureza, como se o homo sapiens fosse de alguma forma dissociado dela; e não parte integrante e fundamental da natureza (BOTKIN, 2012 e BOTKIN, 1990).

Essa visão do homem como parte integrante da natureza, e portanto não uma entidade anti-natural, prevê que as legislações – bem como os parâmetros por ela definidos – devem levar em consideração não o estado do ambiente em um determinado momento, e sim a dinâmica das múltiplas interações entre os fatores que influem na alteração da natureza. Partindo do mesmo princípio, porém voltando-se a questões mais práticas, ANDERSON & LEAL (2001) buscaram identificar e propor soluções para a gestão de recursos naturais. Segundo os autores, um conflito ocorre quando há demandas concorrentes de usos dos mesmos recursos. E é deste assunto que trata esse capítulo: a identificação de usos concorrentes de recursos naturais na bacia do rio Itajaí, os quais serão avaliados nos próximos capítulos.

A pesquisa e o processamento dos dados de caracterização socioambiental, realizada na área dos estudos, possibilitaram à equipe obter uma visão clara dos principais conflitos potenciais decorrentes das ações para promover o aproveitamento hidrelétrico da bacia do rio Itajaí.

A identificação e caracterização de conflitos relacionados com o aproveitamento hidrelétrico na bacia do rio do Itajaí foi realizada tendo como base o cruzamento de dados geográficos e informações da caracterização ambiental. Dentre as características socioambientais da bacia, foram identificados os seguintes aspectos potencialmente conflitantes com os aproveitamentos hidrelétricos:



1. Uso dos recursos hídricos
 - i. Uso consuntivo
 - ii. Aspectos ecológicos
 - a. Fauna relacionada ao ecossistema aquático
 - b. Flora relacionada ao ecossistema aquático
2. Infraestrutura
 - i. PCH Foz do Hercílio
 - ii. PCH Ascurra
 - iii. PCH Zimlich
3. Atividades turísticas
 - i. Rafting e canoagem
 - ii. Perturbações durante as obras
4. Eventos extremos
5. Conflitos de uso da terra
 - i. Aspectos fundiários e imobiliários
 - ii. Aspectos ecológicos dos usos da terra

Cada conflito identificado foi parte do objeto do diagnóstico ambiental e os dados obtidos possibilitaram a caracterização do conflito. A seguir são destacadas as características de cada aspecto ambiental conflitante, e são comentadas as abordagens técnicas que conduziram o tratamento dado na AIBH do Rio Itajaí para cada conflito potencial identificado.

6.1 USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

6.1.1 Usos consuntivos

6.1.1.1 Análise quantitativa

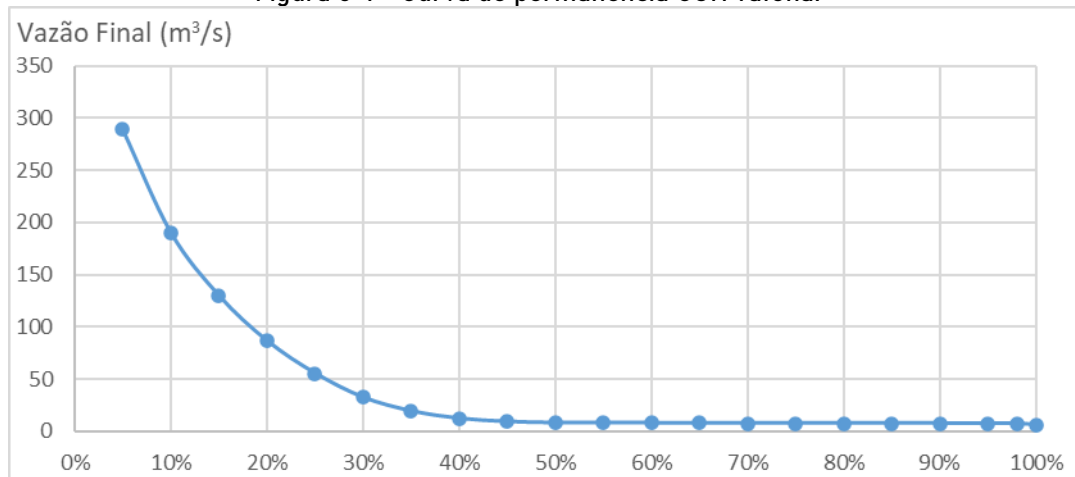
O maior impacto no sentido quantitativo é a ocorrência de trechos de vazão reduzida, que apresentam redução na disponibilidade de água devido a derivação da água do rio para o sistema de adução.

Para estes empreendimentos, foi identificado um conflito de uso da água que é o projeto das CGHs Tafona, José Grabowski, José Grabowski I e Gunther Faller. Entretanto, apresenta-se a seguir a revisão de hidrologia para os empreendimentos, considerando a contribuição de afluentes que não foram avaliados nos processos de outorga pela SDE.

6.1.1.1.1 CGH Tafona

Embora o cenário de vazão mínima seja a vazão sanitária da UHE Salto Pilão (7,2m³/s), conforme a curva de permanência a vazão sobe de forma abrupta quando a UHE Salto Pilão começa a verter (verte durante 45% do tempo):

Figura 6-1 - Curva de permanência CGH Tafona.



No entanto considerando as médias mensais obtidas no período (conforme estudo hidrológico), temos uma boa disponibilidade hídrica média em todos os meses do ano:

Tabela 42 - Média de vazão mensal.

Mês	Média de Vazão (m ³ /s)
Janeiro	70,67
Fevereiro	46,71
Março	29,57
Abril	30,18
Mai	37,20
Junho	75,91
Julho	53,72
Agosto	62,79
Setembro	125,07
Outubro	90,01
Novembro	19,69
Dezembro	25,67

Nota-se nesta tabela que em todos os meses o rio apresenta momentos de vazão mais alta em relação a vazão sanitária, sendo a média mínima encontrada em novembro cerca de 2,75 vezes maior que a vazão sanitária, já no mês de média máxima este valor chega a ser mais de 17 vezes superior ao da Vazão Sanitária. Vale ressaltar que neste trecho do rio o regime de vazão já está sujeito a operação da UHE de Salto Pilão, e não somente aos fatores naturais.



Disponibilidade hídrica média sazonal:

Se considerarmos o uso proposto (vazão média) em turbina na GCH Tafona de $5,7\text{m}^3/\text{s}$, e considerando a média mensal de vazão mais baixa de $19,69\text{m}^3/\text{s}$ em novembro, ainda teremos a disponibilidade média no TVR neste mês de $13,99\text{m}^3/\text{s}$.

Trecho de Vazão Reduzida:

No caso desta CGH o TVR é curto, que aliado a presença de vários afluentes abastecendo este trecho acaba por mitigar impactos da sua implantação. Estes afluentes foram desconsiderados na modelagem do estudo integrado dos empreendimentos hidroelétricos na bacia, feitos no software HEC-HAS. No entanto foi calculado por regionalização (conforme método utilizado no estudo hidrológico da CGH), a contribuição de cada um destes afluentes ao longo do TVR.

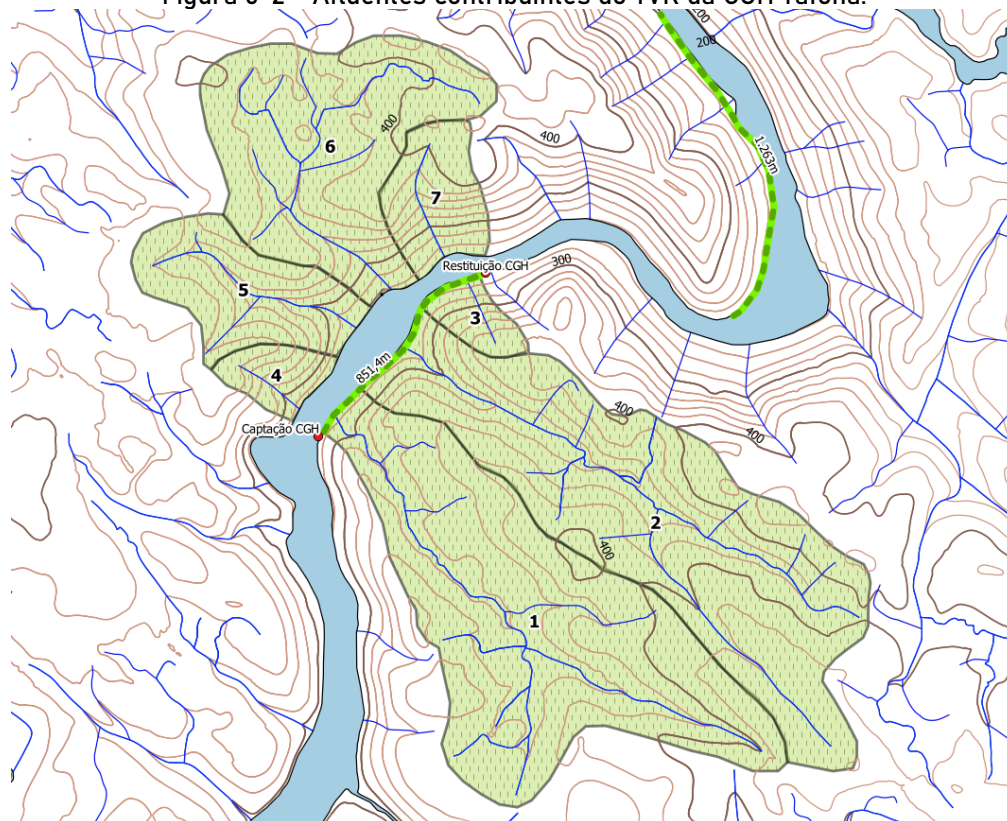
O caso de mínima vazão será quando a UHE Salto Pilão estiver liberando no rio apenas a vazão sanitária de $7,2\text{m}^3/\text{s}$, somada ao incremento de água produzido na Área de Drenagem ($21,562\text{km}^2$) com média máxima mensal de $1,45\text{ m}^3/\text{s}$, $0,98\text{m}^3/\text{s}$ em média, com média mínima mensal de $0,63\text{m}^3/\text{s}$.

A CGH Tafona adotou como vazão sanitária $1/3$ da vazão da UHE de Salto Pilão ($2,4\text{m}^3/\text{s}$). Ainda vale destacar o incremento de vazão no TVR proporcionado pelos afluentes que desembocam no trecho, conforme detalhamento na tabela a seguir.

A vazão vertida da UHE de Salto Pilão depende tanto do regime de chuvas como da operação da Usina. Desta forma foi considerado o cenário de menor vazão da CGH (somente sanitária), e estimada as contribuições de vazão de cada afluente no TVR para 3 situações: Q_{MLT} (média de longo prazo), Mínima Média Mensal e Máxima Média Mensal, para cada um dos afluentes representados no mapa em abaixo, utilizando para isso os índices de regionalização referenciados nos estudo hidrológico, sendo eles: Vazão Específica = $18,5\text{ litros/s/km}^2$; Mínima Média Mensal (abril) = $Q_{MLT} \times 0,64$; e Máxima Média Mensal (outubro) = $Q_{MLT} \times 1,48$.

A figura a seguir mostra as bacias dos afluentes que contribuem com o TVR:

Figura 6-2 - Afluentes contribuintes do TVR da CGH Tafona.



Para cada afluente foi calculada sua área de contribuição, e através dos índices de regionalização estimados os valores de vazão destes afluentes, sendo os resultados apresentados na tabela abaixo:

Tabela 43 – Resumo dos afluentes contribuintes da CGH Tafona.

Id.Afluente	Distância da Captação (m)	AD (km ²)	Q _{MLT} afluente (litros por segundo)	Menor Vazão Mensal Média (l/s)	Maior Vazão Mensal Média (l/s)
4	45	1,035	19,15	12,25	28,34
1	95	1,026	18,98	12,15	28,09
5	397	0,064	1,19	0,76	1,76
2	416	0,075	1,39	0,89	2,06
6	577	0,266	4,93	3,15	7,29
7	778	0,614	11,36	7,27	16,81
3	882	0,127	2,34	1,50	3,47
TOTAL:		3,208	59,34	37,98	87,83

Através da tabela observa-se que a medida em que percorremos o rio da captação para jusante, o impacto na vazão reduzida vai sendo mais mitigado a cada afluente do TVR.

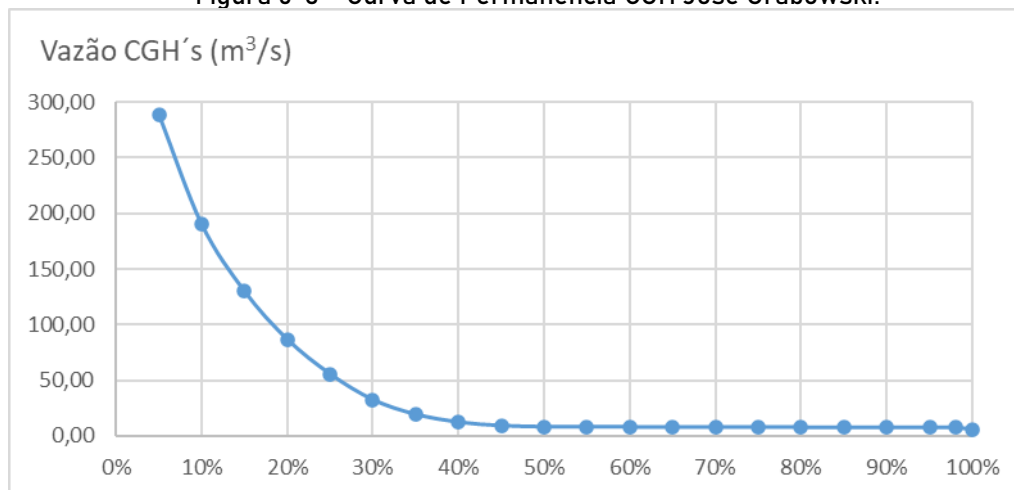
6.1.1.1.2 CGH José Grabowski

Esta central geradora também será locada no TVR da UHE Salto Pilão, a montante da confluência do rio Itajaí-açu com o rio Hercílio e não acarretará na formação de reservatório. Possuirá um TVR de 1.260 metros, com potência instalada de 1,4 MW e Índice de Impacto de 0,18.

Esta CGH está prevista para o curtíssimo prazo, pois uma usina de arranjo idêntico, porém de outro empreendedor, foi licenciada no mesmo local, conforme citado no Volume I (Capítulo 5.3 - Caracterização dos Aproveitamentos Hidrelétrico), possuindo dessa forma LAP.

Embora o cenário de vazão mínima seja a vazão sanitária da UHE Salto Pilão (7,2m³/s), conforme a curva de permanência a vazão sobe de forma abrupta quando a UHE Salto Pilão começa a verter (verte durante 45% do tempo):

Figura 6-3 - Curva de Permanência CGH José Grabowski.



No entanto considerando as médias mensais obtidas no período (conforme estudo hidrológico), temos uma boa disponibilidade hídrica média em todos os meses do ano:

Tabela 44 - Média de vazão mensal.

Mês	Média de Vazão (m ³ /s)
Janeiro	70,81
Fevereiro	46,90
Março	29,71
Abril	30,28
Maio	37,32
Junho	76,04
Julho	53,87
Agosto	62,97
Setembro	125,29
Outubro	90,24
Novembro	19,83



Mês	Média de Vazão (m ³ /s)
Dezembro	25,79

Nota-se nesta tabela que em todos os meses o rio apresenta momentos de vazão mais alta em relação a vazão sanitária, sendo a média mínima encontrada em novembro cerca de 2,75 vezes maior que a vazão sanitária já no mês de média máxima este valor chega a ser mais de 17 vezes superior ao da Vazão Sanitária. Vale ressaltar que neste trecho do rio o regime de vazão já está sujeito a operação da UHE de Salto Pilão, e não somente aos fatores naturais.

Disponibilidade hídrica média sazonal:

Se considerarmos o uso proposto (vazão média) em turbina na GCH Grabowski de 5,7m³/s, e também considerando a média mensal de vazão mais baixa de 19,83m³/s em novembro, ainda teremos a disponibilidade média no TVR neste mês de 14,13m³/s.

Trecho de Vazão Reduzida:

O caso de mínima vazão será quando a UHE Salto Pilão estiver liberando no rio apenas a vazão sanitária de 7,2m³/s, sendo que a CGH José Grabowski adotou como vazão sanitária 1/3 da vazão da UHE de Salto Pilão (2,4m³/s). Por adotar o mesmo projeto energético da CGH Tafona, o uso mínimo constante de vazão para geração de energia é de 5,7m³/s, que corresponde a 2/3 da vazão sanitária da UHE Salto Pilão (4,8m³/s), mais o excedente de água produzido na Área de Drenagem que fica entre a UHE e a CGH Tafona, que é de 0,98m³/s. No entanto, como a CGH José Grabowski está mais a jusante no Rio Itajaí-Açu, esta vazão sanitária será acrescida das águas provenientes da Área de Drenagem entre as CGHs Tafona e José Grabowski, que é de mais 4,251km², resultando em mais 78,64 litros por segundo em média.

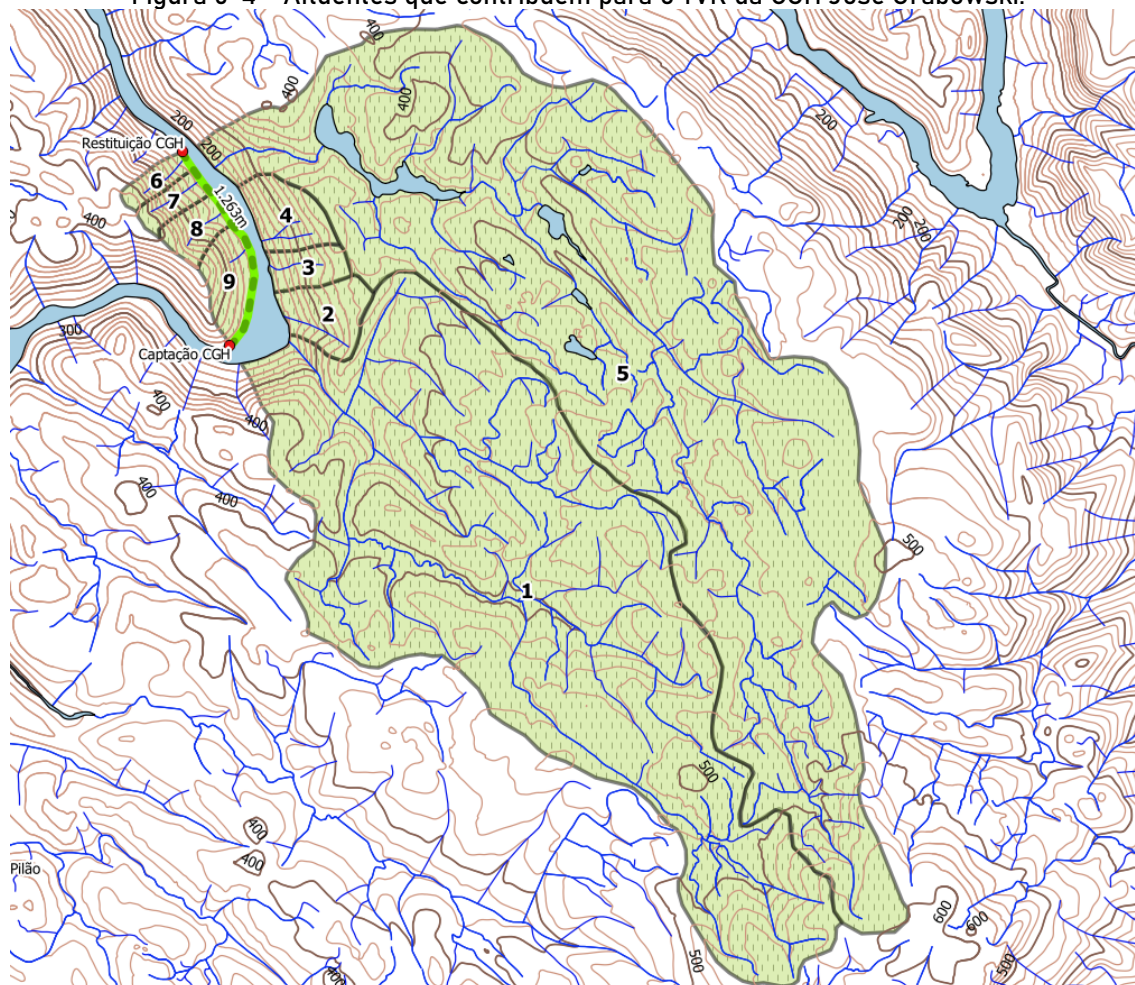
No caso da CGHs José Grabowski, este impacto será minimizado em função de dois fatores: trechos ensecados curtos, e presença de vários afluentes menores abastecendo estes trechos. Estes afluentes foram desconsiderados na modelagem do estudo integrado dos empreendimentos hidroelétricos na bacia, feitos no software HEC-HAS. No entanto é possível calcular por regionalização (conforme método utilizado no estudo hidrológico), a contribuição de cada um destes afluentes ao longo do trecho ensecados.

Como a vazão vertida da UHE de Salto Pilão depende tanto do regime de chuvas como da operação da Usina, o fato do trecho ensecado desta usina ficar somente com a vazão sanitária poderá ocorrer em qualquer mês do ano. Desta forma foi considerado o cenário de menor vazão de cada CHG (somente sanitária), e estimada as contribuições de vazão de cada afluente no trecho ensecado para 3 situações: Q_{MLT} (média de longo prazo), Mínima Média Mensal e Máxima Média Mensal, para cada um dos afluentes representados no mapa em Anexo, utilizando para

isso os índices de regionalização referenciados nos estudo hidrológico, sendo eles: Vazão Específica = 18,5 litros/s/km²; Mínima Média Mensal (abril) = $Q_{MLT} \times 0,64$; e Máxima Média Mensal (outubro) = $Q_{MLT} \times 1,48$.

A figura a seguir mostra as bacias dos afluentes que contribuem com o TVR:

Figura 6-4 - Afluentes que contribuem para o TVR da CGH José Grabowski.



Para cada afluente foi calculada sua área de contribuição, e através dos índices de regionalização estimados os valores de vazão destes afluentes, sendo os resultados apresentados na tabela abaixo:

Tabela 45 – Resumo dos afluentes contribuintes da CGH José Grabowski.

Id.Afluente	Distância da Captação (m)	AD (km ²)	Q_{MLT} afluente (litros por segundo)	Menor Vazão Mensal Média (l/s)	Maior Vazão Mensal Média (l/s)
0*	0	4,251	78,64	50,33	116,39
1	220	5,238	96,90	62,02	143,42
2	328	0,169	3,12	2,00	4,62
3	610	0,096	1,78	1,14	2,63

Id.Afluente	Distância da Captação (m)	AD (km ²)	Q _{MLT} afluente (litros por segundo)	Menor Vazão Mensal Média (l/s)	Maior Vazão Mensal Média (l/s)
9	732	0,160	2,97	1,90	4,39
4	745	6,525	120,71	77,26	178,65
8	990	0,059	1,09	0,70	1,62
7	1199	0,069	1,28	0,82	1,90
5	1228	0,093	1,73	1,11	2,56
6	1356	0,137	2,54	1,63	3,76
TOTAL:		16,799	310,78	198,90	459,95

*corresponde a AD incremental no trecho entre as CGH's Tafona e José Grabowski

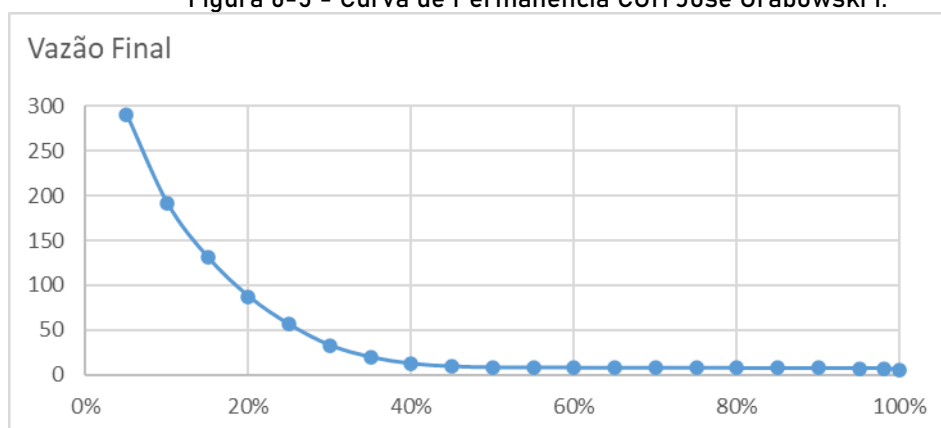
Através da tabela observa-se que a medida em que percorremos o rio da captação para jusante, o impacto na vazão reduzida vai sendo mais mitigado a cada afluente do TVR.

6.1.1.1.3 CGH José Grabowski I

A CGH José Grabowski I é, também, um empreendimento previsto para ser locado no TVR da UHE Salto Pilão. Este não acarreta na formação de reservatório, porém, possui TVR de 1263 metros. A potência instalada prevista é de 2 MW. Seu Índice de Impacto é 0,18. Esta CGH está prevista para o curtíssimo prazo, pois uma usina de arranjo idêntico (citado no Volume I - Item 5.3 - Caracterização dos Aproveitamentos Hidrelétrico), porém de outro empreendedor, foi licenciada no mesmo local, possuindo dessa forma LAP.

Da mesma forma como as CGHs Tafona e Grabowski, embora o cenário de vazão mínima seja a vazão sanitária da UHE Salto Pilão (7,2m³/s), conforme a curva de permanência a vazão sobe de forma abrupta quando a UHE Salto Pilão começa a verter (verte durante 45% do tempo):

Figura 6-5 - Curva de Permanência CGH José Grabowski I.



No entanto considerando as médias mensais obtidas no período (conforme estudo hidrológico), temos uma boa disponibilidade hídrica média em todos os meses do ano:



Tabela 46 - Média de vazão mensal.

Mês	Média de Vazão (m ³ /s)
Janeiro	71,22
Fevereiro	47,42
Março	30,12
Abril	30,57
Mai	37,66
Junho	76,41
Julho	54,30
Agosto	63,49
Setembro	125,93
Outubro	90,90
Novembro	20,25
Dezembro	26,16

Nota-se nesta tabela que em todos os meses o rio apresenta momentos de vazão mais alta em relação a vazão sanitária, sendo a média mínima encontrada em novembro cerca de 2,75 vezes maior que a vazão sanitária já no mês de média máxima este valor chega a ser mais de 17 vezes superior ao da Vazão Sanitária. Vale ressaltar que neste trecho do rio o regime de vazão já está sujeito a operação da UHE de Salto Pilão, e não somente aos fatores naturais.

Disponibilidade hídrica média sazonal:

Se considerarmos o uso proposto (vazão média) em turbina na GCH Grabowski 1 de 5,7m³/s, e considerando a média mensal de vazão mais baixa de 20,25m³/s em novembro, ainda teremos a disponibilidade média no TVR neste mês de 14,55m³/s.

Trechos de Vazão Reduzida:

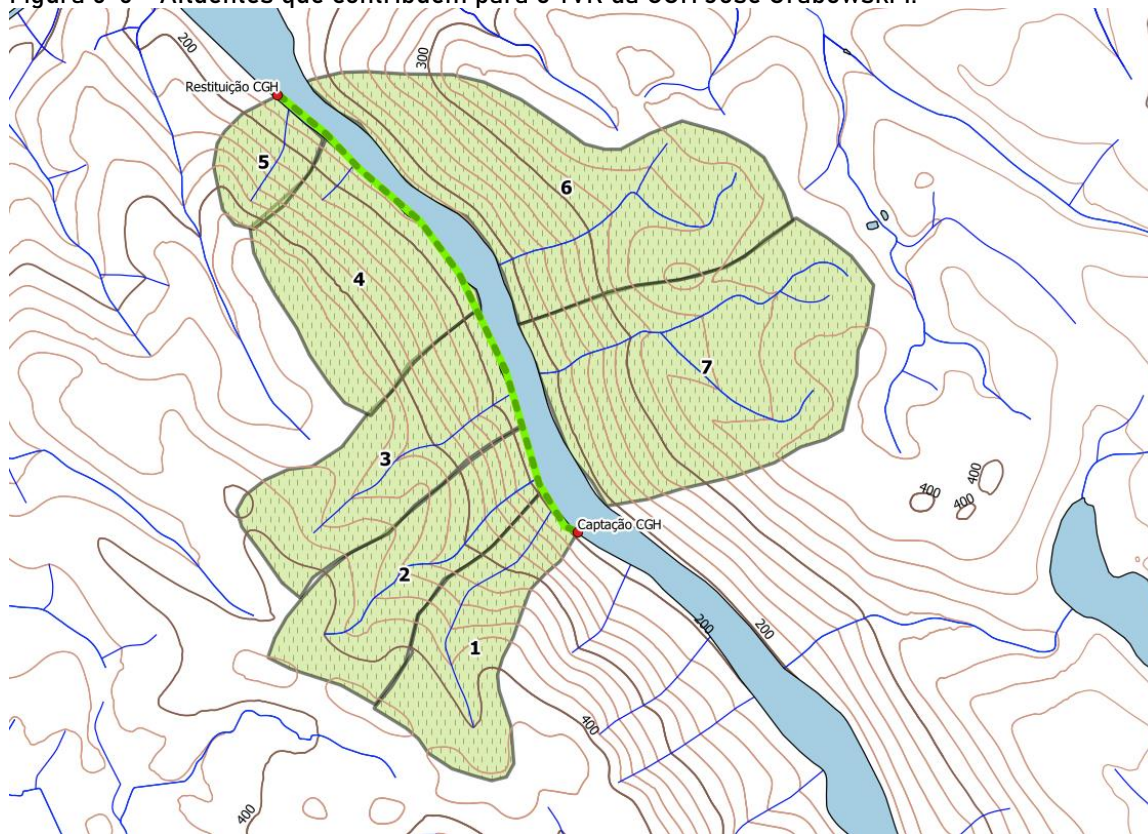
O caso de mínima vazão será quando a UHE Salto Pilão estiver liberando no rio apenas a vazão sanitária de 7,2m³/s, sendo que a CGH José Grabowski 1 adotou como vazão sanitária 1/3 da vazão da UHE de Salto Pilão (2,4m³/s). Por adotar o mesmo projeto energético da CGH Tafona, o uso mínimo constante de vazão para geração de energia é de 5,78m³/s, que corresponde a 2/3 da vazão sanitária da UHE Salto Pilão (4,8m³/s), mais o excedente de água produzido na Área de Drenagem que fica entre a UHE e a CGH Tafona, que é de 0,98m³/s. No entanto, como a CGH José Grabowski 1 está mais a jusante no Rio Itajaí-Açu, esta vazão sanitária será acrescida das águas provenientes da Área de Drenagem entre as CGHs Tafona e José Grabowski I, que é de mais 16,969km², resultando em mais 313,93 litros por segundo em média.

No caso das CGHs Grabowski I, este impacto será minimizado em função de dois fatores: trechos ensecados curtos, e presença de vários afluentes menores abastecendo estes trechos. Estes afluentes foram desconsiderados na modelagem do estudo integrado dos

empreendimentos hidroelétricos na bacia, feitos no software HEC-HAS. No entanto é possível calcular por regionalização (conforme método utilizado no estudo hidrológico), a contribuição de cada um destes afluentes ao longo do trecho ensecados.

Como a vazão vertida da UHE de Salto Pilão depende tanto do regime de chuvas como da operação da Usina, o fato do trecho ensecado desta usina ficar somente com a vazão sanitária poderá ocorrer em qualquer mês do ano. Desta forma foi considerado o cenário de menor vazão de cada CHG (somente sanitária), e estimada as contribuições de vazão de cada afluente no trecho ensecado para 3 situações: Q_{MLT} (média de longo prazo), Mínima Média Mensal e Máxima Média Mensal, para cada um dos afluentes representados no mapa em Anexo, utilizando para isso os índices de regionalização referenciados nos estudo hidrológico, sendo eles: Vazão Específica = 18,5 litros/s/km²; Mínima Média Mensal (abril) = $Q_{MLT} \times 0,64$; e Máxima Média Mensal (outubro) = $Q_{MLT} \times 1,48$.

Figura 6-6 - Afluentes que contribuem para o TVR da CGH José Grabowski I.



Para cada afluente foi calculada sua área de contribuição, e através dos índices de regionalização estimados os valores de vazão destes afluentes, sendo os resultados apresentados na tabela abaixo:



Tabela 47 – Resumo dos afluentes contribuintes da CGH José Grabowski I.

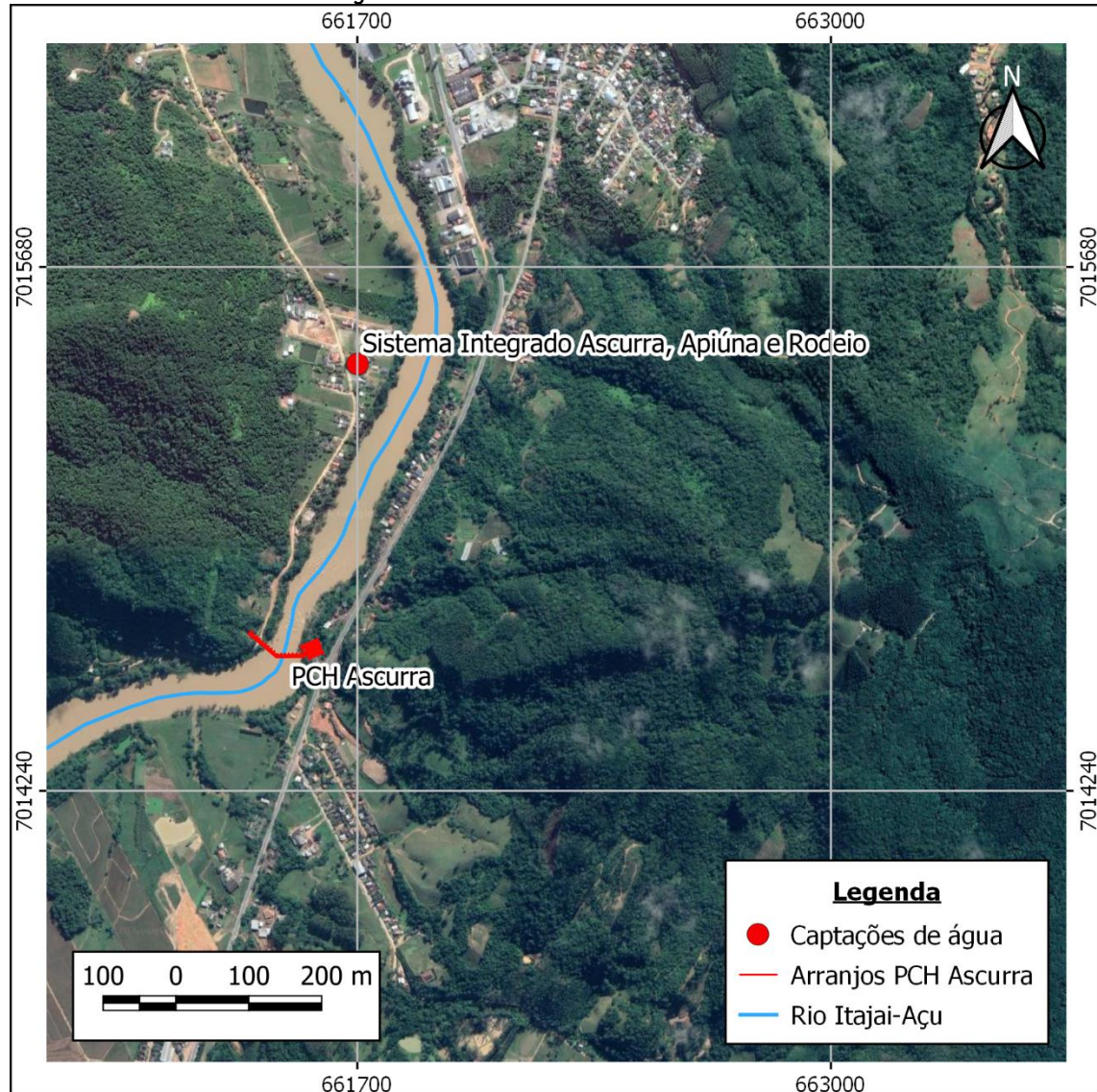
Id.Afluente	Distância da Captação (m)	AD (km ²)	Q _{MLT} afluente (litros por segundo)	Menor Vazão Mensal Média (l/s)	Maior Vazão Mensal Média (l/s)
0*	0	16,969	313,93	200,91	464,61
1	66	0,114	2,10	1,35	3,11
2	131	0,128	2,37	1,52	3,51
3	320	0,148	2,74	1,75	4,05
4	345	0,016	0,29	0,18	0,43
5	588	0,043	0,80	0,51	1,18
6	944	0,283	5,24	3,35	7,75
7	1125	0,295	5,47	3,50	8,09
TOTAL:	1153	17,996	332,93	213,08	492,74

*corresponde a AD incremental no trecho entre as CGHs Tafona e José Grabowski I

Através da tabela observa-se que a medida em que percorremos o rio da captação para jusante, o impacto na vazão reduzida vai sendo mais mitigado a cada afluente do TVR.

A AIBH avaliou o impacto sobre as captações de água para abastecimento público existentes no rio Itajaí, verificando seu posicionamento em relação aos empreendimentos inventariados. A partir da análise feita foi possível verificar que há um ponto de captação no trecho de vazão reduzida da PCH Ascurra, como mostra a Figura 6-7.

Figura 6-7 - Conflito no uso consuntivo.



O ponto de captação analisado é referente ao Sistema de Abastecimento de Água Integrado de Ascurra, Apiúna e Rodeio. Operado pela CASAN, o sistema capta água no Rio Itajaí e está localizado a aproximadamente 800 m a jusante do barramento da PCH Ascurra.

6.1.1.2 Análise qualitativa

A criação de reservatórios altera os aspectos hidráulicos, e, conseqüentemente, as condições de qualidade das águas. Dadas as características ocupacionais, atividades socioeconômicas e históricas relacionadas com a qualidade dos recursos hídricos da bacia, caracterizadas nesta AIBH, foi feita uma análise da qualidade da água da bacia.

O diagnóstico de qualidade das águas foi feito com base em dados primários obtidos a partir de uma campanha realizada em 2020. Além disso, considerou-se também as campanhas



de qualidade de água que constam nos projetos básicos dos empreendimentos. Todos os dados analisados foram espacializados no tempo e no espaço e, com isso, a partir dos dados de monitoramento fluviométrico e aplicando regras de transferência, foram obtidas as vazões do rio na data e no ponto de coleta, possibilitando a correlação do dado de concentração com o dado de vazão.

Esse trabalho possibilitou o entendimento sistêmico do rio. Com esse trabalho foi possível estimar os aportes de carga levadas ao Rio Itajaí, no trecho onde foi elaborada a modelagem ambiental, em diferentes eventos hidrológicos (diferentes vazões) e, com isso, subsidiar a segunda etapa da análise integrada dos impactos sobre os recursos hídricos, que foram os estudos de modelagem ambiental. Os estudos de modelagem ambiental simularam o Rio Itajaí na condição atual e para os cenários futuros considerados na análise.

6.1.2 Aspectos ecológicos

Os potenciais conflitos vinculados a qualidade ecológica da bacia foram analisados tendo em vista as interfaces com a fauna aquática e terrestre, as quais são abordadas a seguir.

A cobertura florestal que existe ao longo dos rios, também chamados de mata ciliar, apesar de sua grande importância, o rio Itajaí-açu em quase toda a sua extensão teve suas margens suprimidas e ocupadas, onde se desenvolveram atividades industriais, comerciais, residenciais e de serviços. Tal perda resulta em grandes prejuízos de ordem econômica, social e ambiental, principalmente no que se refere a qualidade das águas e solo bem como a toda biodiversidade.

Atualmente a restauração dessas áreas é considerada prioridade entre as estratégias de melhoria de qualidade ecológica (MODNA, 2007). Essa restauração ecológica é tratada por Engel e Parrota (2003) como um processo de recuperação de funções biológicas e ambientais que permitam a manutenção da integridade ecológica de um ecossistema.

Mesmo nas áreas rurais o uso do solo iniciou com o corte da vegetação, em muitos casos seguindo até a beira dos rios, riachos e ribeirões deixando o solo sem a proteção da mata ciliar e substituindo, em alguns casos, o mesmo por pastagem.

Assim a proximidade das residências com o rio e com os fragmentos restantes ao longo da bacia, cria zonas de contato entre o ser humano e a fauna nativa. Isso se traduz em inúmeros casos de resgates de serpentes realizados pelo Corpo de Bombeiros e Polícia Militar Ambiental nas residências.



Essa proximidade faz com que muitas pessoas desenvolvam a atividade da caça para consumo ou captura de aves para venda, ambas fortemente presente na região. A prática da caça é realizada, e relatada, ao longo da história de ocupação da área da Bacia do Itajaí, trazendo importantes e evidentes reflexos negativos sobre a fauna. Isso gera conflito com os órgãos responsáveis por coibir essas atividades, mas também com as pessoas que não entendem a importância da manutenção da fauna para realização dos serviços ecossistêmicos que sustentam o meio ambiente que dá suporte ao ambiente urbano.

Além disso a forte ocupação das áreas de APPs perturbam o meio aquático aumentando a erosão e turbidez da água, causando assoreamento, prejudicando áreas de desovas de peixes e anfíbios e erodindo as margens, que caso fossem devidamente mantidas, permitiriam deslocamento da fauna ao longo da bacia.

6.2 INFRAESTRUTURA

Em decorrência da ocupação histórica e atual em torno do Rio Itajaí, a região possui diversos mecanismos de infraestrutura para o atendimento da população residente no local. Tais estruturas podem gerar conflitos com a implantação dos empreendimentos descritos neste estudo.

Os possíveis conflitos possuem natureza física e se apresentam principalmente com a elevação dos níveis d'água nos trechos dos reservatórios, podendo atingir a infraestrutura existente nas cidades ao longo do trecho estudado.

A partir de dados dos mapas digitais da EPAGRI foram elaboradas figuras buscando associar a infraestrutura existente, principalmente rodovias, pontes e linhas de transmissão, com os reservatórios dos empreendimentos, a fim de determinar pontos de conflito.

Além destas infraestruturas, foi feita uma análise do conflito com infraestruturas planejadas de macrodrenagem, neste caso, a obra de macrodrenagem da canalização do rio Itajaí, estudado por Rhama (2018). Esta obra pretende reduzir o nível para a vazão de projeto da TR50 no município de Rio do Sul.

6.2.1 PCH Rio do Sul

Para a análise do conflito com as obras futuras da macrodrenagem, utilizou-se da ferramenta de modelagem ambiental. No modelo foram inseridos os barramentos e o projeto das melhorias fluviais do rio Itajaí-Açu no trecho do município de Rio do Sul, uma das obras

previstas pela Defesa Civil para contenção de cheias para a bacia do rio Itajaí, de forma a analisar a interferência que pode ser causada pelo barramento. A PCH Rio do Sul está estudando inserir no projeto uma comporta basculante para minimizar a interferência dela. As simulações realizadas consideram a inserção desta comporta.

Assim como nos outros estudos de modelagem, foram trabalhados diferentes cenários de forma a chegar em resultados comparativos. Os cenários geométricos analisados foram:

- C0 - Cenário do rio em seu eixo natural, se a implantação da PCH e sem a implantação da obra de macrodrenagem;
- C0 rebaixo - Cenário com a inclusão da obra de macrodrenagem;
- C3 - Cenário com a inclusão da PCH Rio do Sul;
- C3 rebaixo - Cenário que engloba as duas obras analisadas;
- C3' - Cenário com alteração proposta para a PCH Rio do Sul;
- C3' rebaixo - Cenário que engloba as duas obras com alteração proposta para a PCH Rio do Sul.

Os dois cenários de vazão simulados foram a TR10 e a TR50, portanto foram realizadas 12 simulações. O modelo identificou a interferência da PCH Rio do Sul.

Figura 6-8 – Níveis d'água na QTR50 com os cenários com barramentos e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.

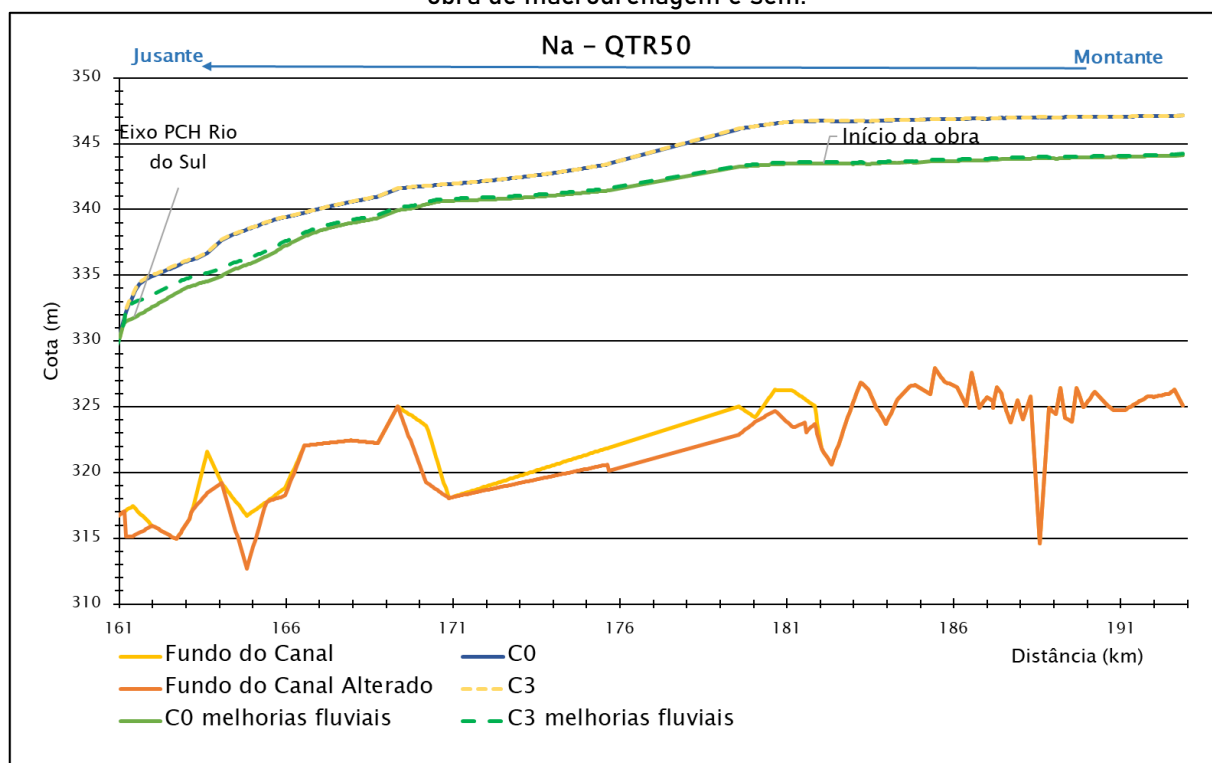
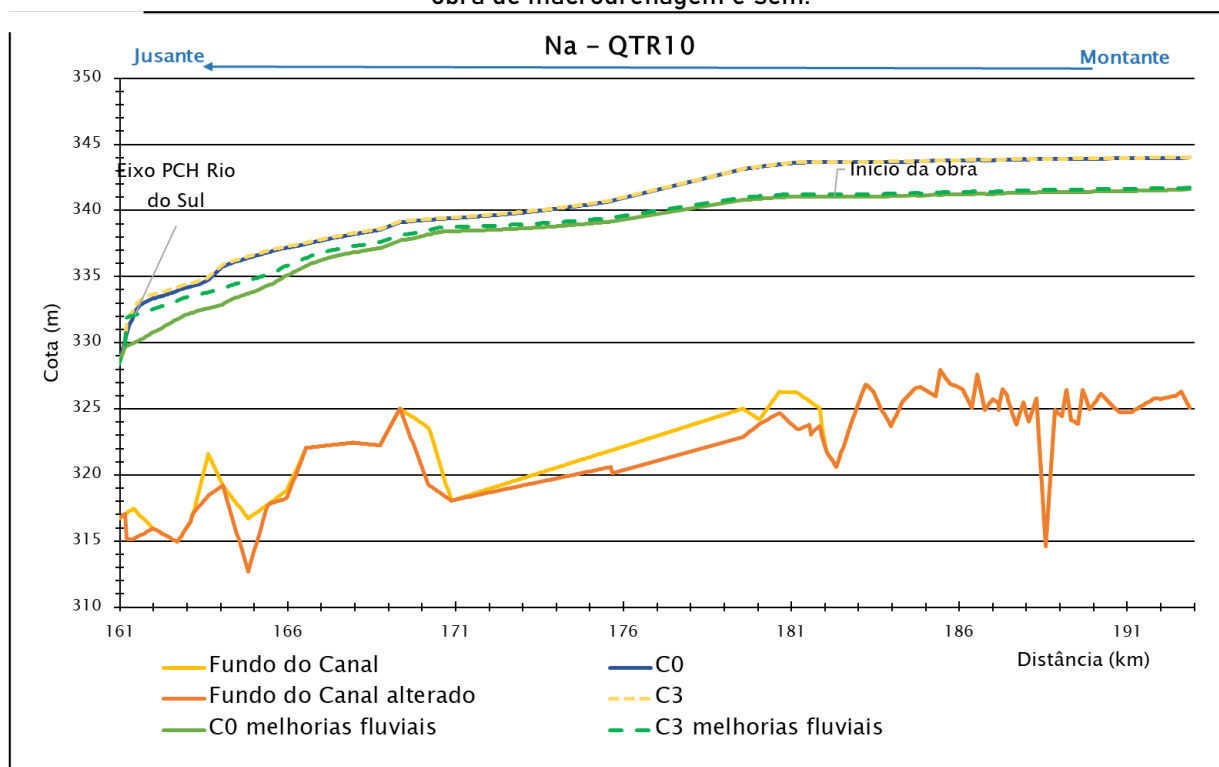


Figura 6-9 – Níveis d'água na QTR10 com os cenários com barramentos e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.



O tempo de retorno de projeto da obra de macrodrenagem é de 50 anos. Para ambos tempos de retorno, a implantação da PCH Rio do Sul não acarreta em uma grande alteração no nível natural do rio, sem considerar a obra de macrodrenagem. A maior alteração fica na ordem de 0,5 metro perto do eixo do barramento para a TR10.

Considerou-se para os cenários que englobam as duas obras propostas como sendo o cenário em que a obra da PCH Rio do Sul é executada antes das melhorias fluviais. No projeto da defesa civil do rebaixo, é incluído um barramento de regularização de nível com comportas que se abrem em eventos extremos. Caso a obra de drenagem seja executada antes da PCH, o barramento já construído é convertido para usina hidrelétrica e não há conflito. Caso a PCH seja construída antes, as comportas não serão construídas e acaba acarretando em alteração do projeto e impacto na eficiência do projeto.

O impacto da alteração de nível na TR10 é maior entre os cenários C0 rebaixo e o C3 rebaixo do que para a vazão TR50, portanto, este é um conflito que se acentua para eventos mais frequentes. Para a TR10 a maior alteração de nível, no eixo do barramento é de 2,21 metros e para a TR50 é de 1,22 metro. A alteração ocorre entre os kms 171 a 161, trecho que pode ser visto em planta na figura 3. A medida que se afasta do barramento, o impacto vai diminuindo. Como pode-se ver pelo gráfico, a PCH não anula os efeitos de redução de nível da obra, porém,

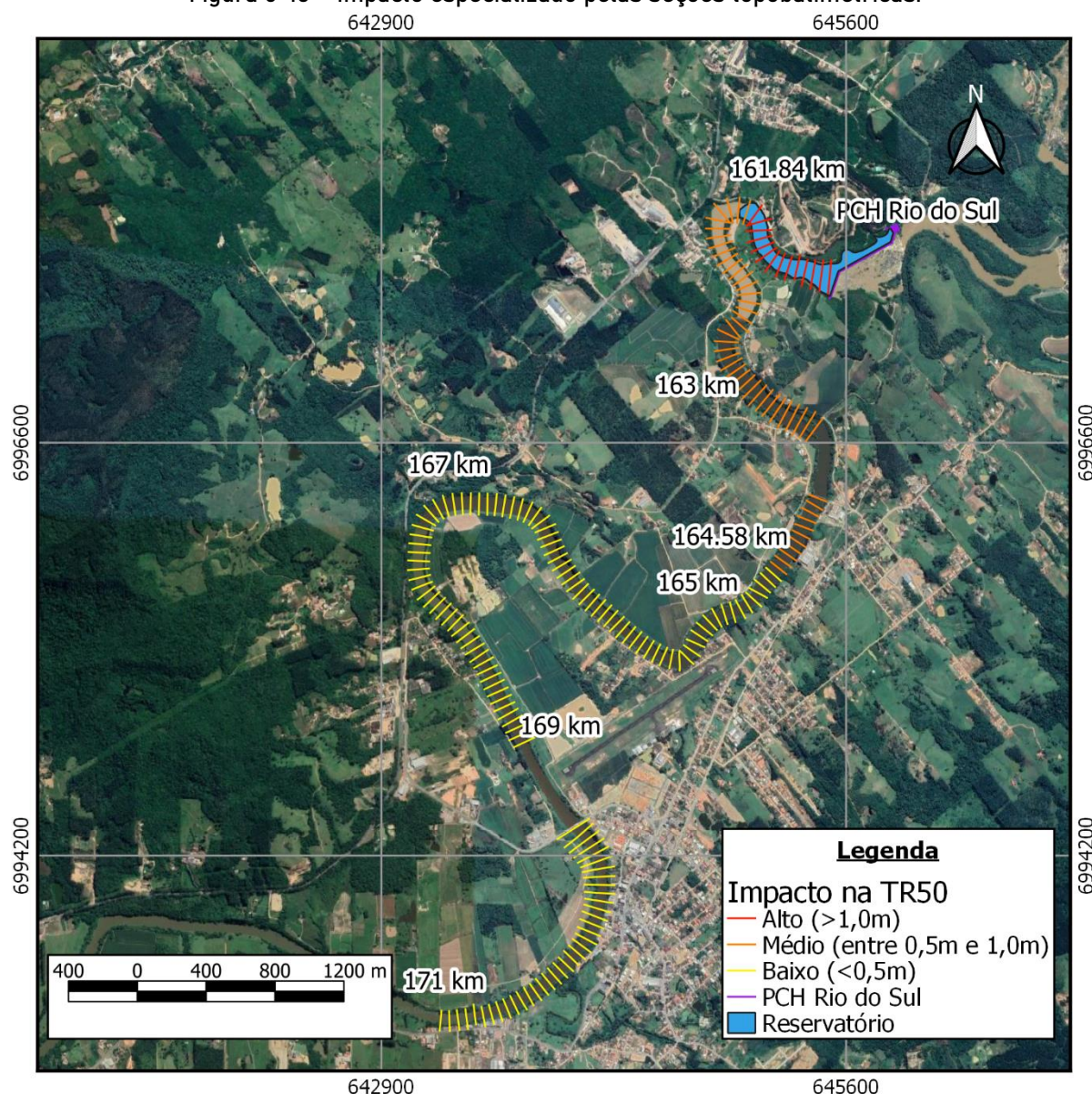
por 10 quilômetros ela diminui o seu efeito em até 1,22 metro para a vazão de projeto e até 2,21 metros para um evento mais recorrente.

Para analisar em planta o impacto da alteração de nível, foi feita uma escala de impacto. Essa análise foi feita para a vazão de recorrência de 50 anos. Estipulou-se os seguintes intervalos de impacto.

Quadro 6-1 – Escala de Impacto

Grau de Impacto	Aumento do Nível (m)
Baixo	Entre 0,2 e 0,5 metro
Médio	Entre 0,5 e 1,0 metro
Alto	Maior que 1,0 metro

Figura 6-10 – Impacto especializado pelas seções topobatimétricas.



De forma a reduzir este impacto, foi proposta uma alteração no projeto da PCH Rio do Sul, com a inserção de comportas basculantes com cota de soleira de 324,10. Estas comportas possuem funcionamento de estarem elevadas na cota original de 327,10 durante a maior parte do tempo, mas quando da ocorrência de eventos extremos, elas se abrem para diminuir o barramento do fluxo de água. Foram feitas simulações então com esta comporta basculante chegando-se a este resultado.

Figura 6-11 – Níveis d'água na QTR50 com os cenários com barramento alterado e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.

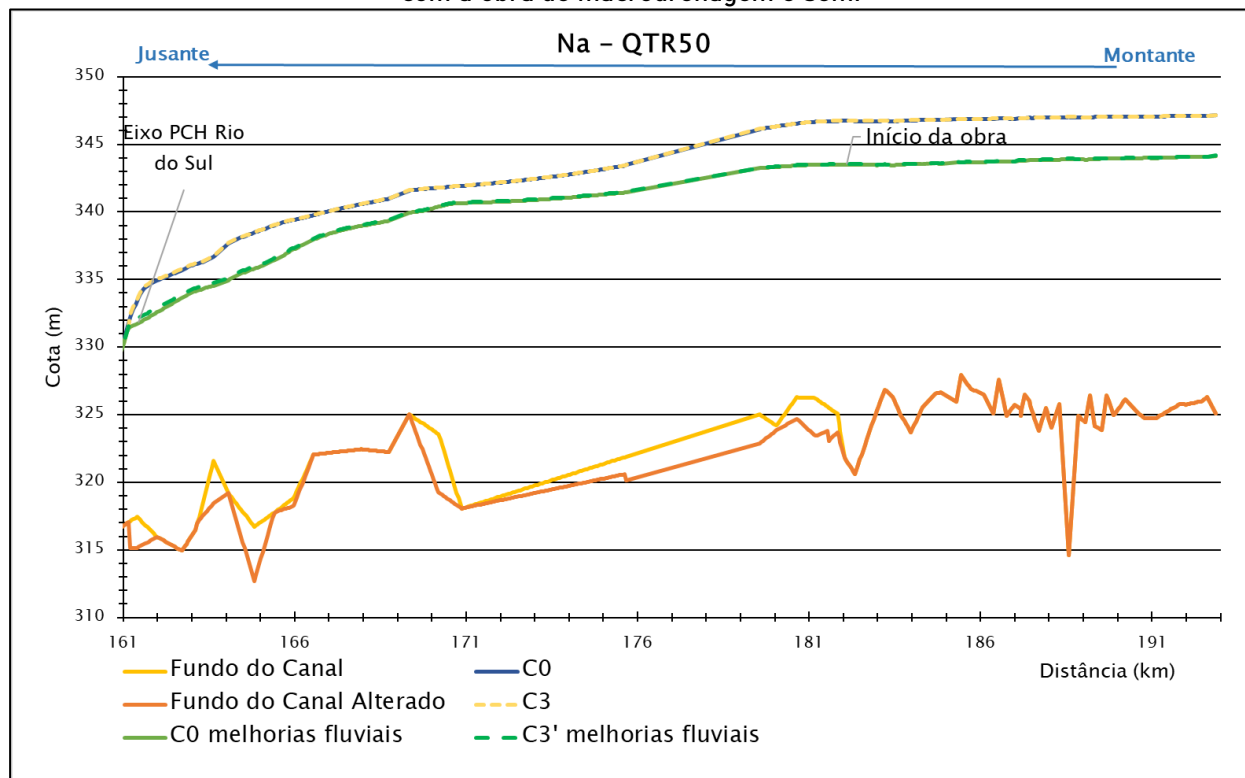
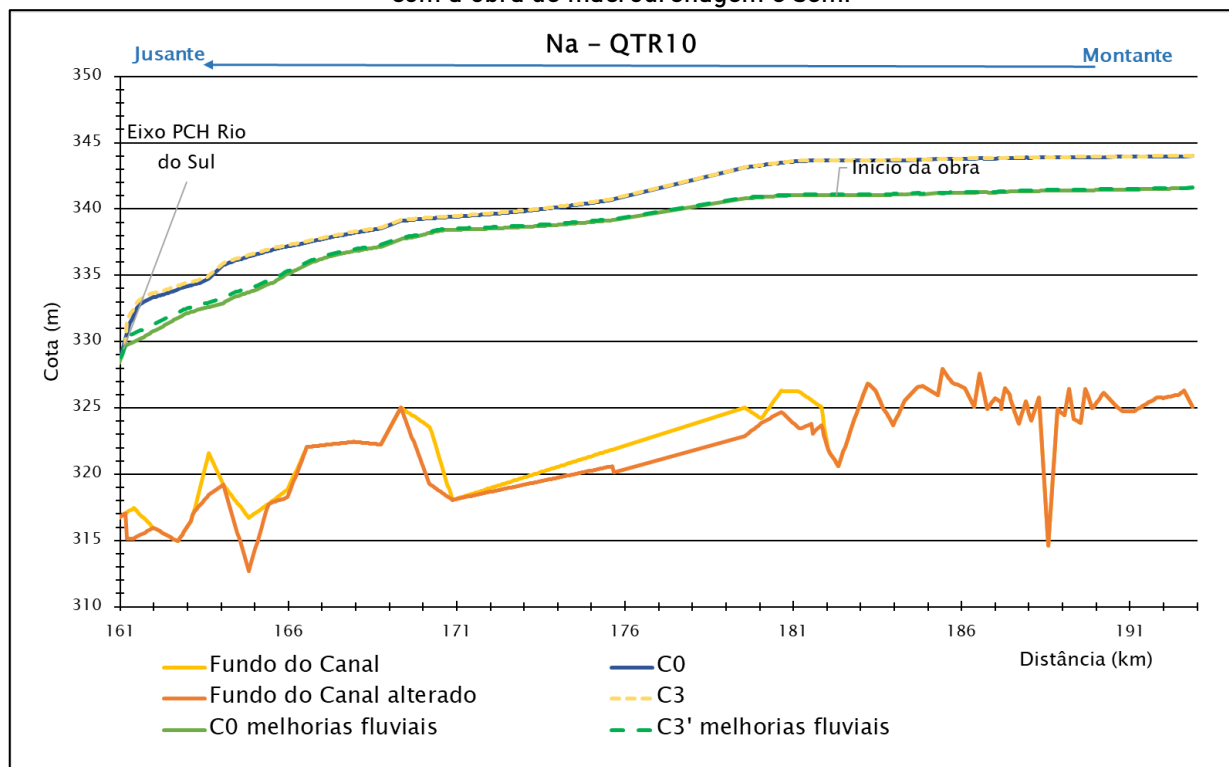


Figura 6-12 – Níveis d'água na QTR10 com os cenários com barramento alterado e sem barramentos e com a obra de macrodrenagem e sem.



Como pode-se perceber, o impacto da barragem é diminuído. Na obra de contenção de cheia. O maior aumento fica na vazão de tempo de retorno de 10 anos, com um aumento de 70 cm mais localizado nos últimos km do rebaixo.

Percebe-se pela figura que as regiões ao longo do trecho de rio impactado são altamente urbanizadas. O impacto, no entanto, não tem como ser analisado mais a fundo por conta da limitação do modelo HEC-RAS 1D. A mancha de inundação só pode ser avaliada na extensão das seções topobatimétricas, que são levantadas geralmente somente na calha do rio, como pode-se verificar na figura. Além disso, a região ao redor do rio se trata de um ambiente urbano com muitas residências e obstruções, o que justifica a utilização do modelo HEC-RAS 2D, de forma localizada. O dado de entrada para este modo é uma superfície digital de terreno, que seria trabalhada de forma a abranger todos os detalhes da planície de inundação de forma a se analisar qual é o impacto real do aumento do nível causado pelo barramento.

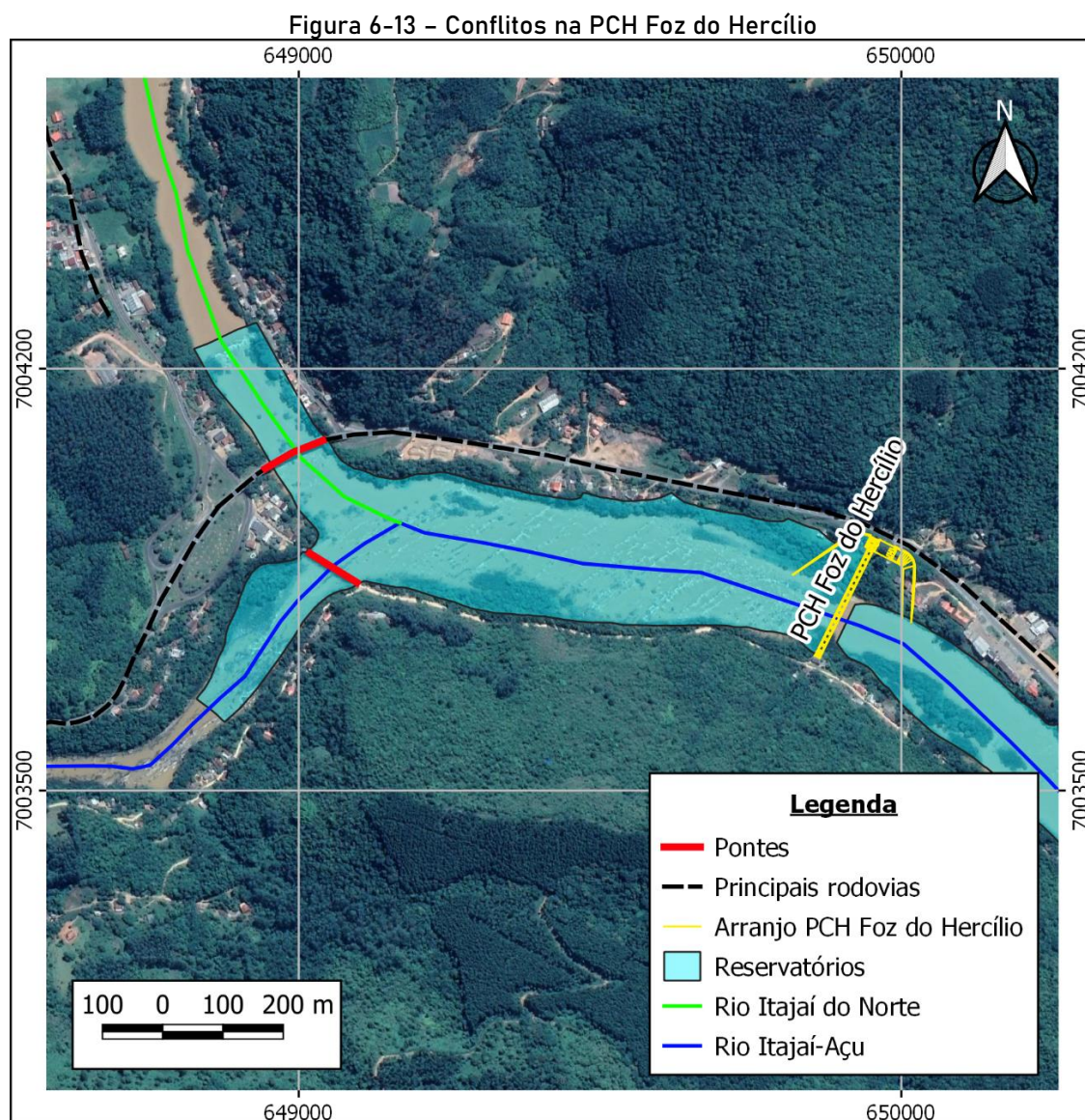
Esta interferência se trata de um conflito visto que o município de Rio do Sul possui histórico com eventos extremos e este tipo de obra envolve um grande investimento monetário, então mesmo uma perda de efetividade parcial é algo a ser analisada em mais detalhe.

6.2.2 PCH Foz do Hercílio

A Figura 6-13 apresenta os possíveis conflitos que podem ser gerados com a implantação da PCH Foz do Hercílio, principalmente através da formação do reservatório à montante:

- Ponte 1: Localizada mais ao Norte na figura, encontra-se na cidade de Ibirama, fazendo a passagem da rodovia BR-470 sobre o Rio Hercílio (Rio Itajaí do Norte);
- Ponte 2: Localizada mais ao Sul na figura, encontra-se sobre o Rio Itajaí, na divisa de Lontras e Ibirama. Com estrutura metálica, foi construída para a antiga Estrada de Ferro de Santa Catarina (EFSC) e atualmente funciona apenas para trânsito local.

Essas estruturas apresentadas indicam a possibilidade de conflitos com a elevação do nível do reservatório da PCH, principalmente sobre eventos extremos com grandes tempos de recorrência.

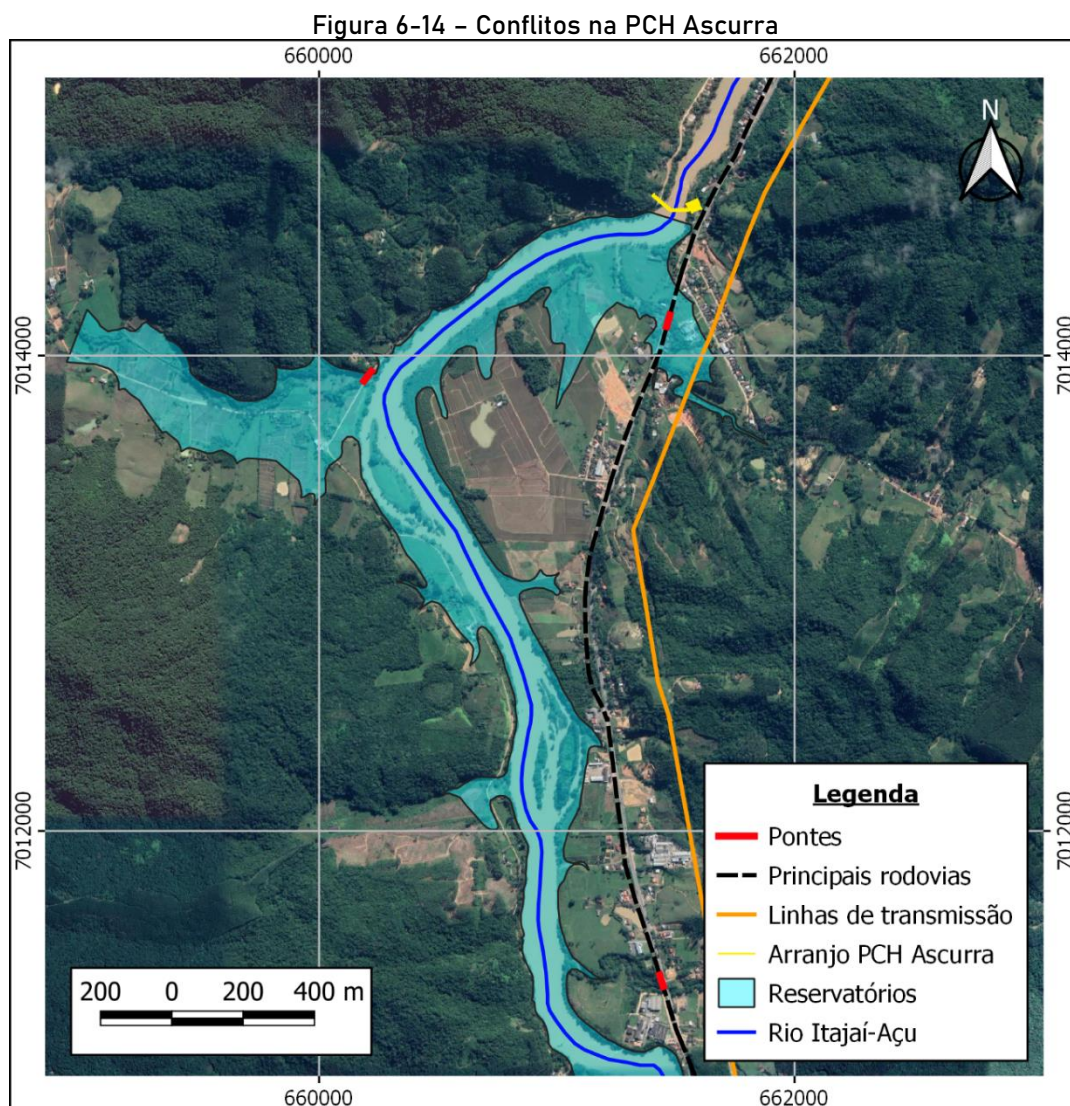


6.2.3 PCH Ascurra

A Figura 6-14 apresenta os possíveis conflitos que podem ser gerados com a implantação da PCH Ascurra, principalmente através da formação do reservatório à montante:

- Ponte 1: Localizada mais a Oeste na figura, encontra-se na cidade de Ascurra, na Rua Aderbal Ramos. É utilizada principalmente para trânsito local.
- Ponte 2: Localizada mais a Leste na figura, encontra-se na divisa de Apiúna com Ascurra. A estrutura faz a passagem da rodovia BR-470 sobre um riacho fluente ao Rio Itajaí-Açu.
- Linha de transmissão de energia de alta tensão passando sobre o reservatório da PCH.

Essas estruturas apresentadas indicam a possibilidade de conflitos com a elevação do nível do reservatório da PCH, principalmente sobre eventos extremos com grandes tempos de recorrência.

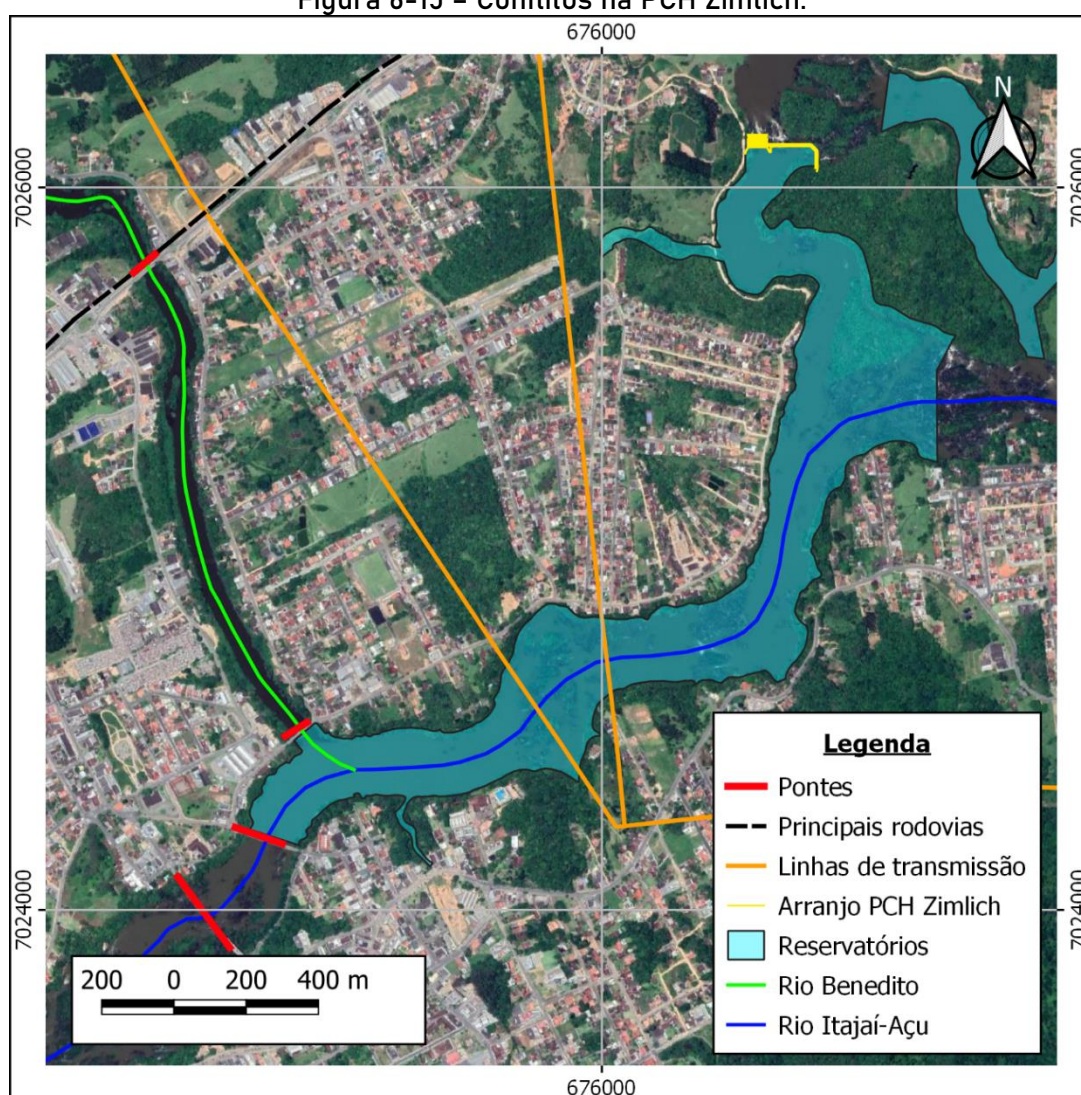


6.2.4 PCH Zimlich

A Figura 6-15 apresenta os possíveis conflitos que podem ser gerados com a implantação da PCH Zimlich, principalmente através da formação do reservatório à montante:

- Ponte Carlos Schroeder: Localizada na foz do Rio Benedito, encontra-se no centro da cidade de Indaial.
- Ponte dos Arcos (Ponte Emílio Baumgart): Localizada no centro da cidade de Indaial, encontra-se no início do reservatório da PCH. A estrutura dá passagem sobre o Rio Itajaí-Açu,
- Linha de transmissão de energia de alta tensão passando sobre o reservatório da PCH.

Figura 6-15 – Conflitos na PCH Zimlich.





6.3 ATIVIDADES TURÍSTICAS

As atividades turísticas nos municípios que compõem a bacia hidrográfica, em linhas gerais limitam-se a atrativos de cunho histórico-cultural, religioso, gastronômico, de turismo rural e ecoturismo.

6.3.1 *Rafting e canoagem*

Conforme anteriormente descrito nos aspectos socioeconômicos, a atividade mais suscetível a causar conflitos com a implantação dos empreendimentos é a prática de Rafting e canoagem.

Realizado principalmente entre as cidades de Apiúna e Ibirama e também na cidade de Indaial, o Rafting consiste na descida de trechos de rios com corredeiras através de botes infláveis. Enquanto isso, a canoagem é similar ao Rafting, porém não necessita de corredeiras e trechos de alta velocidade.

O trecho onde atualmente são realizados os passeios de rafting está localizado entre as cidades de Apiúna e Ibirama, coincidindo com os aproveitamentos da PCH Subida 1 e PCH Apiúna. Enquanto isso, o trecho localizado na cidade de Indaial coincide com os aproveitamentos das PCHs Encano, Estação Indaial e Zimlich. Como o trecho onde é praticado canoagem não possui muitas corredeiras, não há nenhuma PCH no trecho em questão.

A criação de um reservatório a montante de uma PCH para a geração de energia elétrica implica em várias alterações no regime do rio, uma delas é a diminuição da velocidade, transformando o ambiente lótico em lântico. Esta mudança aumenta o nível do rio, diminuindo ou eliminando a ocorrência de corredeiras, fundamentais para a prática do Rafting.

Ressalta-se que, em usinas com regime de operação a fio d'água, o caso das usinas projetadas para a bacia do rio Itajai-Açu, a transformação do regime hidrológico é insignificante, pois, geram energia com o fluxo da água do rio e em ocasiões de estiagem, não será retido o volume de água.

6.3.2 *Perturbações durante as obras*

As perturbações durante a obra são um conflito que decorre das possíveis interferências que as atividades das obras podem causar na atividade turística. O trânsito de operários, materiais e máquinas pesadas é uma fonte potencial de perturbação e que afeta o cotidiano na



área de influência do empreendimento. No caso dos empreendimentos inventariados, onde as atrações turísticas encontram-se geograficamente distantes, esse conflito é reduzido.

6.4 EVENTOS EXTREMOS

A bacia hidrográfica do rio Itajaí, assim como todo o estado de Santa Catarina está sujeita a atuação de fenômenos meteorológicos que ocorrem nas latitudes médias e que provocam eventos extremos com elevado potencial de danos materiais e humanos, frequentemente podendo levar a perda de vidas humanas. Para quantificar e qualificar a ocorrência desses eventos, levou-se em conta os dados de desastres associados a fenômenos adversos registrados entre 1991 a 2012 no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013). Com o intuito de identificar potenciais conflitos com a presença de aproveitamentos hidrelétricos localizados no rio Itajaí, dedicou-se maior atenção aos eventos de estiagens; além de enxurradas, inundações e alagamentos - que aqui serão tratadas genericamente como enchentes.

Os eventos de estiagens foram responsáveis por 124 ocorrências na área da bacia no período analisado (Tabela 6-48). Esses eventos são caracterizados por períodos de longa duração com pouca ou nenhuma pluviosidade. Implicam em uma considerável redução nos níveis de água dos rios, provocando o ressecamento do leito de outros de menor porte e comprometendo os reservatórios de água. Além disso afetam as áreas produtivas com perdas em lavouras e rebanhos (CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL, 2013)

No que se refere aos empreendimentos aqui tratados, entretanto, não há interferência significativa desses episódios de seca uma vez que estes não afetam a disponibilidade hídrica. Há, contudo, influência no aspecto qualitativo, visto que, em épocas de estiagens há uma menor circulação nos reservatórios. Para tanto, os estudos de modelagem ambiental apresentam os resultados de variação da qualidade da água ao longo do trecho simulado e em diversos cenários.

As enchentes preocupam no sentido em que, na medida em que a água acumulada pela precipitação extravasa o nível natural do rio, promove danos às ocupações existentes às margens do curso d'água. Esse conflito pode ser sanado com a construção dos aproveitamentos hidrelétricos, porque levam em conta diferentes cenários de variação do nível da água, conforme apresentado no estudo de modelagem hidráulica.



No total foram contabilizados 631 casos de enchentes nos municípios que compõem a bacia do rio Itajaí Açu no período de 21 anos. De acordo com Aumond et al. (2009), a forma da bacia do rio Itajaí-Açu e a declividade dos cursos d'água que compõem a rede de drenagem contribuem, significativamente, para estes eventos.

Tabela 6-48 - Registros de alagamentos, enxurradas, inundações e estiagens (1991-2012)

Município	Alagamentos	Enxurradas	Inundações	Estiagens
Agrolândia	-	7	1	5
Agronômica	-	6	5	2
Alfredo Wagner	-	13	3	1
Apiúna	-	7	-	1
Ascurra	-	6	1	1
Atalanta	-	10	2	2
Auroranao	-	13	1	2
Balneário Camboriú	-	11	1	-
Barra Velha	1	5	1	-
Benedito Novo	-	9	4	-
Blumenau	-	16	7	-
Bom Retiro	-	6	2	1
Botuverá	-	6	3	-
Braço do Trombudo	-	5	1	1
Brusque	-	12	2	-
Camboriú	-	21	1	-
Chapadão do Lageado	-	11	-	3
Dona Emma	-	8	2	7
Doutor Pedrinho	-	1	3	-
Gaspar	-	12	2	-
Guabiruba	-	8	2	-
Ibirama	-	4	1	2
Ilhota	-	14	2	1
Imbuia	-	7	-	4
Indaial	-	5	3	-
Itaiópolis	-	9	4	3
Itajaí	-	13	3	1
Ituporanga	-	12	3	3
José Boiteux	-	11	1	7
Laurentino	-	5	3	2



Município	Alagamentos	Enxurradas	Inundações	Estiagens
Leoberto Leal	-	6	2	1
Lontras	-	5	3	3
Luiz Alves	-	6	1	-
Massaranduba	1	2	4	-
Mirim Doce	-	8	1	4
Monte Castelo	-	8	5	5
Navegantes	1	11	2	-
Otacílio Costa	-	2	4	3
Papanduva	-	6	6	5
Penha	-	5	1	-
Petrolândia	-	9	-	4
Piçarras	-	-	-	-
Pomerode	-	8	1	-
Ponte Alta do Norte	-	1	-	2
Pouso Redondo	-	3	3	3
Presidente Getúlio	1	9	4	3
Presidente Nereu	-	9	1	2
Rio do Campo	-	11	5	6
Rio do Oeste	-	10	4	3
Rio dos Cedros	-	8	2	-
Rio do Sul	-	12	7	2
Rodeio	-	8	2	-
Salete	-	12	-	5
Santa Cecília	-	3	-	1
Santa Terezinha	-	9	1	5
São João do Itaperiú	-	3	-	-
Taió	-	13	5	5
Timbó	-	5	3	-
Trombudo Central	-	3	1	2
Vidal Ramos	-	14	-	2
Vitor Meireles	-	6	1	4
Witmarsum	-	5	1	5
Total	4	493	134	124

Fonte: Adaptado de Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013)

6.5 CONFLITOS DE USO DA TERRA

6.5.1 Aspectos fundiários e imobiliários

Ao longo do rio Itajaí, no trecho estudado, encontram-se treze aproveitamentos hidrelétricos, sendo dois deles já em operação. Possíveis conflitos de uso são comumente identificados devido à natureza da atividade em questão e a existência de uma ocupação humana distribuída por propriedades que margeiam o rio. Parte dessa população detém propriedades de terras que são passadas ou partilhadas por gerações e tiram dela seu sustento, a partir de atividades agropastoris, em sua maioria.

Um dos principais conflitos que pode surgir nesse aspecto, é o fundiário. Com a instalação do empreendimento ocorre a necessidade de desapropriação e a aquisição de áreas sujeitas ao alagamento em virtude da formação do reservatório e, com ela, a atualização da delimitação das áreas de preservação permanente (APP), a ser posteriormente recuperada. O conflito fundiário nessas localidades, entretanto é minimizado, por se tratarem de áreas rurais, a exceção de locais com grandes manchas urbanas, como Rio do Sul e Blumenau. Outro aspecto positivo relevante é que, por estar basicamente bordejado por propriedades rurais, os valores de indenização para os donos de terras ao longo do Rio Itajaí são relativamente menores, comparados aos valores indenizatórios caso houvessem terrenos de áreas urbanas.

A partir do Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos municípios identificou-se 114 propriedades dentro da área atingida pelos reservatórios, arranjos e APP. Muitas delas já foram adquiridas pelos empreendimentos ou estão em processo de aquisição. A Tabela 6-49 apresenta o quantitativo de propriedades atingidas por aproveitamento.

Tabela 6-49 – Número estimado de propriedades atingidas

Aproveitamento	Nº estimado de propriedades atingidas
PCH Rio do Sul	6
UHE Salto Pilão	2
CGH Tafona	4
CGH J. Grabowski	2
CGH J. Grabowski I	2
CGH Gunther Faller	1
PCH Foz do Hercílio	7
PCH Subida I	9
PCH Apiúna	15
PCH Ascurra	58



Aproveitamento	Nº estimado de propriedades atingidas
PCH Zimlich	2
PCH Estação Indaial	3
PCH Encano	3
Total	114

Fonte: Cadastro Ambiental Rural dos municípios de Lontras, Ibirama, Ascurra, Apiúna e Indaial.

6.5.2 Aspectos ecológicos dos usos da terra

A forma com que ocupamos o solo disponível na bacia interfere diretamente na qualidade do ambiente que pode ser encontrado ao longo da bacia hidrográfica.

A ocupação do solo tradicionalmente ocorreu próxima dos corpos d'água ao longo da bacia. Isso fez com que a mata ciliar de modo geral tenha sofrido forte pressão e redução, restando poucos fragmentos de porte e conectividade significativos nas áreas urbanas. Além da existência dessas faixas de APP, é essencial que esteja coberta por vegetação original. As matas ciliares são importantes pois reduzem o transporte de material nos cursos d'água, minimizam os processos erosivos, auxiliam na manutenção e preservação da biodiversidade.

A manutenção das florestas e das relações ecossistêmicas com a fauna traz inúmeros benefícios ao ser humano, sem falar na continuidade dos serviços ambientais como fixação de encostas, fornecimento de água, manutenção da polinização, saúde do solo, entre outros. A importância dessa manutenção de integridade e da recuperação de danos são previstas pela legislação brasileira através do Código Florestal, Política Nacional do Meio Ambiente e Legislações em nível estadual e municipal.

Podemos citar problemas que afetam as relações ecológicas no ambiente como a falta de manutenção das APPs que cria núcleos erosivos e causam assoreamento nos rios e perda de vegetação e habitats, a ocupação das encostas causa deslizamentos que alteram o caminho dos ribeirões. Contudo, apesar de existirem leis e normas que orientam o uso do solo, mesmo que sejam seguidas, isso faz com que a fauna e flora nativas acabem tendo como disponível apenas as encostas da região e reduzidas áreas de Apps.

As áreas de baixada, tão importantes para deslocamento e migração da fauna, forrageamento e mesmo para manutenção de espécies que necessitam dessa configuração de ambiente para existir acabam sendo quase integralmente alteradas, restando apenas pequenos e esparsos fragmentos.



Um grande número e espécies que necessitam das áreas de planícies aluviais acabam ficando restritas a pequenos fragmentos, ou beiras de rios onde a pressão antrópica é intensa. Além disso essas áreas também foram convertidas em áreas agrícolas que sofrem constantemente com a aplicação de defensivos agrícolas que visam controlar o desequilíbrio causado pelo deflorestamento e monocultura aplicados afetando diretamente a fauna terrestre e aquática.

6.6 PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO

A instalação de empreendimentos hidrelétricos ao longo de um curso d'água pode causar a alteração dos processos erosivos naturais que ocorrem no rio. O carreamento de sedimentos se deve a uma alta velocidade, que não permite que os sólidos sedimentem no fundo. Um reservatório diminui essa velocidade, acarretando no acúmulo dos sólidos que avançaria caso não houvesse alteração de fluxo antrópica.

Esta alteração no perfil de sedimentação de um rio pode acarretar em uma menor disponibilidade de sólidos a jusante dos reservatórios. Esta alteração se configura num conflito por conta das lavras de areia a jusante dos barramentos, que dependem do carreamento de sólidos para sua extração.

Para mitigar este tipo de impacto, as barragens brasileiras contam com um equipamento chamado de descarregador de fundo, que se trata de uma comporta no fundo do reservatório que é aberta periodicamente para a liberação de sedimentos acumulados.

Ressalta-se, no entanto que os principais depósitos areno-cascalhosos economicamente viáveis estão fora da influência de todos os aproveitamentos econômicos da Bacia; o mesmo é válido para os processos relacionados a rochas cristalinas, seja para brita ou rochas ornamentais. Sua frequência é bem distribuída ao longo da bacia, representados por diversos afloramentos e outras regiões potenciais, principalmente na região geomorfológica das Serras do Leste Catarinense (embasamento cristalino). A mesma lógica é válida para argilas ou saibro. Logo, um título bloqueado pelos empreendimentos energéticos não significará uma perturbação mercadológica na oferta de agregados e outros materiais para a região, senão apenas um impacto voltado a um ou outro título de um particular.

7 AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA - AAI

A etapa de Avaliação Ambiental Integrada (AAI) corresponde à integração das informações técnicas levantadas no âmbito da Avaliação Ambiental Distribuída (AAD),



identificando os principais aspectos da sensibilidade ambiental relacionados à implantação dos aproveitamentos hidrelétricos, as simulações realizadas na modelagem ambiental, a avaliação dos cenários e os conflitos apresentados.

Através da AAI permite-se nortear o planejamento e a tomada de decisão, relacionados às ações futuras, tendo como objetivo a análise dos estudos ambientais da Bacia do rio Itajaí, observando a progressão das condições socioambientais diante da implantação dos 12 aproveitamentos hidrelétricos propostos, considerando as duas usinas existentes.

7.1 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

Com base nos dados técnicos da concepção dos aproveitamentos hidrelétricos apresentados anteriormente, cuja interação foi realizada a partir da engenharia, apresenta-se neste capítulo a análise quali/quantitativa a partir dos impactos previstos para os cenários de curto, médio e longo prazo.

Como resultado, são propostas diretrizes para a próxima etapa dos estudos de viabilidade dos empreendimentos, sendo estas, recomendações que poderão subsidiar indicadores de sustentabilidade para a Bacia do rio Itajaí-Açu, bem como para a gestão da implantação e operação dos aproveitamentos.

Além dos levantamentos de dados primários e secundários da área de estudo, foi realizado estudo de Modelagem Ambiental (Capítulo 8), o qual permitiu simular as alterações no meio ambiente e prever possíveis impactos decorrentes da implantação dos aproveitamentos hidrelétricos.

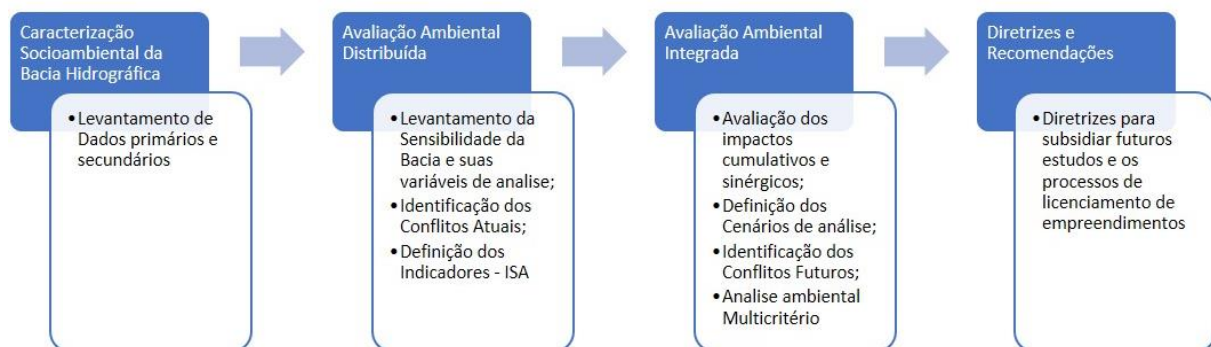
A seguir descrevem-se alguns conceitos inerentes a este capítulo:

- **Impacto Ambiental:** qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).
- **Cenário:** refere-se à projeção que em determinado período de tempo será modificada, assumindo a hipótese de implantação de parte e de todos os aproveitamentos.

- **Fragilidade:** refere-se à identificação de áreas onde ocorrem processos impactantes mais significativos, de caráter permanente, frente à implantação dos aproveitamentos.
- **Efeitos Cumulativos e Sinérgicos:** efeitos permanentes causados pela combinação de uma ou mais ações antrópicas com outras, potencializando alterações no meio ambiente.
- **Impactos Cumulativos:** resultam da interação aditiva das alterações em um determinado espaço ao longo do tempo.
- **Impactos Sinérgicos:** quando o resultado das interações ocasiona uma alteração em um dado espaço diferente da simples soma das alterações.
- **Diretrizes e Recomendações:** elementos que permitam subsidiar as próximas etapas de análise da viabilidade dos aproveitamentos.

Este capítulo interage com os resultados da Avaliação Ambiental Distribuída (Capítulo 3), de modo que os Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA) de cada componente-síntese são utilizados no Índice de Impacto Ambiental (Íia). Na Figura 7-1 apresenta-se o fluxograma da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do rio Itajaí-Açu.

Figura 7-1- Fluxograma da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do rio Itajaí-Açu



Conforme já orientado no item 5.1 CENÁRIOS, os cenários foram projetados de maneira a atender toda a complexidade e especificidade para a Bacia Hidrográfica. Dessa maneira, no capítulo da Avaliação Ambiental Integrada - AAI, foram contemplados os cenários e os aproveitamentos:



Cenário Atual: esse cenário é foi identificado e avaliando com seu impacto já estabelecido na bacia hidrográfica, nele, também chamado de Cenário Zero foram contempladas as usinas existentes:

- UHE Salto Pilão
- PCH Salto Weissbach

Cenário 01: cenário de curtíssimo prazo, entende-se um espaço temporal de até 2 anos para ter operando na bacia os aproveitamentos:

- CGH Tafona
- CGH José Grabowski
- CGH José Grabowski I
- CGH Gunther Faller

Cenário 02: cenário de curto prazo, entende-se um temporal de até 5 anos para ter operando na bacia os aproveitamentos que já possuem LAP e que, se aprovados nessa AIBH, podem caminhar para os processos de LAI:

- Cenário 01 +
- PCH Rio do Sul
- PCH Estação Indaial

Cenário 03: cenário de médio prazo, entende-se um temporal de até 10 anos para ter operando na bacia os aproveitamentos que foram inventariados, possuem interessados e, se aprovados nessa AIBH, podem caminhar para os processos de LAP:

- Cenário 01 + Cenário 02 +
- PCH Subida 1
- PCH Apiúna
- PCH Zimlich
- PCH Encano



Cenário 04: cenário de longo prazo, entende-se um temporal de até 20 anos para ter operando na bacia todos os aproveitamentos que foram inventariados, se aprovados nessa AIBH, podem caminhar para os processos de LAP e se tiverem interessados em todos os projetos:

- Cenário 01 + Cenário 02 + Cenário 03
- PCH Foz do Hercílio
- PCH Ascurra

7.2 SELEÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS INDICADORES DE IMPACTO

O que se espera de um indicador socioambiental é que seja um elemento informativo – composto de termo ou expressão – que possa ser medido, a fim de caracterizar ou expressar efeitos ou tendências interativas, tanto de natureza ambiental como econômica e social.

Assim, pode-se afirmar que, a metodologia usada para definir quais os indicadores têm importância deve considerar o ambiente, além de avaliar a realidade em questão. Por outro lado, depois que um conjunto de indicadores for estabelecido, é essencial que eles privilegiem as interações entre os componentes e suas dimensões, refletindo o sistema na sua forma mais global, sem desconsiderar as partes. Portanto, eles devem privilegiar uma abordagem sistêmica.

Diante disso, a seleção dos indicadores foi definida utilizando como princípio o enfoque sistêmico, onde se procurou visualizar a área em estudo como um todo e como parte, a fim de compreender suas inter-relações.

Os Indicadores de Impactos socioambientais foram definidos baseando-se nas etapas anteriores e estão relacionados com as interações entre os componentes-síntese estudados. Considera-se nesta etapa os impactos de efeito negativos e positivos permanentes decorrentes da implantação dos aproveitamentos hidrelétricos.

Para cada componente-síntese foram definidos os referidos Indicadores de Impactos, os quais foram hierarquizados do mesmo modo que na etapa da Avaliação Ambiental Distribuída (AAD). Com o objetivo de minimizar a subjetividade da avaliação de impactos, foi realizada a hierarquização destes, resultando no Grau de Ponderação (W) de cada impacto avaliado. Esta etapa também seguiu o método de análise hierárquica preconizado pelo Manual de Inventário Hidroelétrico (MME, 2007), desenvolvido por Thomas L. Saaty.

7.2.1 Ponderação dos Indicadores: Obtenção do Índice de Impacto Socioambiental

Os resultados obtidos em cada um dos componentes-síntese foram sistematizados de acordo com o grau de magnitude do impacto. A escala de magnitude para atribuição dos pesos variou entre 0 e 1,00, considerando-se 1 (um) para o máximo grau do impacto e 0 (zero) para a sua ausência, conforme Tabela 7-1.

Tabela 7-1 – Escala de magnitude para compor os Índices de Sensibilidade Ambiental.

Grau do Índice	Magnitude
0,00 - 0,20	Baixa
0,21 - 0,40	Moderadamente Baixa
0,41 - 0,60	Média
0,61 - 0,80	Moderadamente Alta
0,81 - 1,00	Alta

Para cada Indicador de Impacto foi realizada uma análise específica, cujos critérios de classificação permitiram definir uma escala de quantificação pelos especialistas, indicando os Indicadores de Impactos Negativos para os cenários de acordo com o respectivo componente-síntese. Ressalta-se que os impactos positivos não entram nos cálculos e que são descritos de forma qualitativa na sequência, ao final dos cálculos dos impactos negativos.

Como resultados finais, é apresentado a importância relativa (peso) atribuída para cada Indicador de Impacto Ambiental, analisados para cada um dos cenários.

Com base nestes cenários também foram analisados os efeitos cumulativos e sinérgicos, decorrentes dos impactos socioambientais para os aproveitamentos hidrelétricos ora estudados.

7.3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NEGATIVOS

Apresenta-se a seguir a avaliação dos impactos socioambientais negativos e positivo decorrentes da implantação dos aproveitamentos hidrelétricos na Bacia do rio Itajaí-Açu. Conforme citado anteriormente, a avaliação de impacto foi realizada segundo os três componentes-síntese: Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos, Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e Socioeconomia.

7.3.1 Critérios de Avaliação e Magnitudes dos Indicadores de Impacto

A seguir estão apresentados os critérios de avaliação e magnitudes dos Indicadores de Impacto nos componentes-síntese Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos, Meio Físico e



Ecossistemas Terrestres e Socioeconomia, nos cenários de médio prazo, com 04 (quatro) empreendimentos e longo prazo, com 05 (cinco) empreendimentos. Salienta-se que o cenário atual (01) considerou-se com os impactos já estabelecidos, ou seja nulos, pois são usinas antigas e o meio ambiente já se adaptou a esta realidade.

7.3.2 Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos

7.3.2.1 (A) Bloqueio das espécies migratórias

A construção de barramentos altera de maneira profunda e definitiva a dinâmica de deslocamento de populações ícticas em cursos hídricos, em especial espécies consideradas reofílicas. A implantação de empreendimentos hidrelétricos em um efeito cascata ao longo do curso de um rio, tende a intensificar os impactos as comunidades aquáticas. A migração é denominada reprodutiva quando ocorre em direção ao sítio de reprodução. A direção da migração depende das condições locais e pode ser descendente, ou seja, para jusante (rio abaixo) ou ascendente, ou seja, para montante (rio acima) (JUNHO, 2008).

Ao longo do levantamento foram observados 47 espécies e para facilitar no critérios de classificação optou-se em trabalhar com porcentagem de espécies migratórias registradas durante o diagnóstico, com isto, as três espécies identificadas como migratórias (*Pimelodus maculatus*, *Pimelodus paranaensis* e *Rhamdia quelen*), apresentou 6,38%.

Critérios de classificação:

Baixa: 0 – 0,20 (1 a 20% de espécies registradas)

Moderadamente Baixa: 0,21 – 0,40 (21 a 40% de espécies registrada)

Média: 0,41 – 0,60 (41 a 60% de espécies registrada)

Moderadamente Alta: 0,61 – 0,80 (61 a 80% de espécies registrada)

Alta: 0,81 – 1,00 (81 a 100% de espécies registrada)

Tabela 7-2 – Avaliação dos Indicadores de Impactos Ambientais – Bloqueio de Rotas Migratórias.

Bloqueio de rotas migratórias	Espécies reofílicas registradas	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio do Sul	1	Baixa	0,02
UHE Salto Pilão	3	Baixa	0,10
CGH Tafona	2	Baixa	0,05
CGH José Grabowski	3	Baixa	0,10



Bloqueio de rotas migratórias	Espécies reofílicas registradas	Classificação	
		Classe	Peso
CGH José Grabowski I	3	Baixa	0,10
CGH Gunther Faller	3	Baixa	0,10
PCH Foz do Hercílio	0	Baixa	0,00
PCH Subida I	0	Baixa	0,00
PCH Apiúna	0	Baixa	0,00
PCH Ascurra	0	Baixa	0,00
PCH Zimlich	0	Baixa	0,00
PCH Estação Indaial	0	Baixa	0,00
PCH Encano	0	Baixa	0,00
PCH Salto Weissbach	1	Baixa	0,02

7.3.2.2 (B) Modificação da comunidade da ictiofauna

A implantação dos empreendimentos na Bacia do rio Itajaí-Açu pode implicar na modificação da dinâmica do curso d'água, reduzindo o fluxo hídrico do barramento a montante transformando a condição lótica para uma condição semi-lótica. Com isto, as espécies com preferências em ambientes lóticos irão se deslocar, dessa forma, este novo ambiente poderá ser colonizados por espécies que possuem preferências por ambientes semi-lóticos. Neste sentido, o critério de classificação será embasado na área para formar o reservatório.

Critérios de classificação:

Baixa: 0 – 0,20 (0 a 1,5 km² de área do reservatório)

Moderadamente Baixa: 0,21 – 0,40 – (1,5 a 3,00 km² de área do reservatório)

Média: 0,41 – 0,60 (3 a 4,5 km² de área do reservatório)

Moderadamente Alta: 0,61 – 0,80 (4,5 a 6 km² de área do reservatório)

Alta: 0,81 – 1,00 (> que 6 km² de área do reservatório)

Tabela 7-3 – Avaliação dos Indicadores de Impactos Ambientais – Modificação da comunidade da ictiofauna.

Área de reservatório	Área reservatório (Km ²)	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio do Sul	0,10	Baixa	0,05
UHE Salto Pilão	0,21	Baixa	0,10



Área de reservatório	Área reservatório (Km²)	Classificação	
		Classe	Peso
CGH Tafona	-	Baixa	0,00
CGH Grabowski	-	Baixa	0,00
CGH Grabowski I	-	Baixa	0,00
CGH Gunther Faller	0,02	Baixa	0,05
PCH Foz do Hercílio	0,25	Baixa	0,10
PCH Subida I	0,26	Baixa	0,10
PCH Apiúna	0,39	Baixa	0,15
PCH Ascurra	2,10	Moderadamente Baixa	0,35
PCH Zimlich	0,70	Baixa	0,15
PCH Estação Indaial	0,28	Baixa	0,10
PCH Encano	0,14	Baixa	0,05
PCH Salto Weissbach	0,34	Baixa	0,15

7.3.2.3 (C) Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida

A implantação das usinas hidrelétricas que possuirão TVR podem impactar a ictiofauna se ocorrem alterações no regime hídrico. Tais impactos ficam intrinsecamente ligados devido a mudança das características do ambiente, com a redução do fluxo hídrico na calha do rio, ou seja, esse deplecionamento da quantidade de água no local, acarretará na diminuição da profundidade ao longo do TVR e essa diminuição poderá provocar a alteração da biota aquática.

A análise da alteração do regime hídrico deverá avaliar a parte do trecho de vazão reduzida sobre o rio Itajaí-Açu, averiguando a extensão do trecho que sofrerá mais com a diminuição do fluxo hídrico até ser restituído novamente, seja por algum contribuinte ou mesmo pelo retorno das águas da usina através do canal de restituição.

Conforme foi mencionado na caracterização dos empreendimentos, alguns possuem TVR e outros não apresentam o TVR, pois a casa de força é junto a barragem, dessa forma eliminando esse trecho de vazão remanescente.

As primeiras 3 CGHs (Tafona, José Grabowski e I José Grabowski I) irão apresentar um TVR de 0,87; 1,20 e 1,08 km respectivamente e as vazões remanescente em cada um desses



empreendimento será em média 57,09 m³/s. A CGH Gunther Faller possui 1.60 km de TVR e uma vazão sanitária de 1,19 m³/s.

As PCHs (Subida I e Apiúna) são as únicas irão apresentar um trecho de vazão remanescente 3,40 e 2,00 km e vazão sanitária de 12,19 e 16,79 m³/s respectivamente.

Crítérios de classificação:

Baixa: 0 – 0,20 (sem TVR)

Moderadamente Baixa: 0,21 – 0,40 (TVR até 1 km)

Média: 0,41 – 0,60 (TVR até 5 km, com entrada de afluente no primeiro terço)

Moderadamente Alta: 0,61 – 0,80 (TVR até 5 km, sem entrada de afluente no primeiro terço)

Alta: 0,80 – 1,00 (TVR acima de 5 km)

Tabela 7-4 – Alteração no regime hídrico.

Alteração no Regime Hídrico	Características	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio do Sul	0,00	Baixa	0,00
UHE Salto Pilão	14,38	Alta	1,00
CGH Tafona	0,87	Moderadamente Baixa	0,21
CGH J. Grabowski	1,20	Média	0,41
CGH J. Grabowski I	1,08	Média	0,41
CGH Gunther Faller	1,60	Média	0,60
PCH Foz do Hercílio	0,00	Baixa	0,00
PCH Subida I	3,40	Média	0,60
PCH Apiúna	2,00	Média	0,60
PCH Ascurra	0,00	Baixa	0,00
PCH Zimlich	0,00	Baixa	0,00
PCH Estação Indaial	0,00	Baixa	0,00
PCH Encano	0,00	Baixa	0,00
PCH Salto Weissbach	1,20	Média	0,41



7.3.3 Aspectos Físicos e Ecossistemas Terrestres

7.3.3.1 (A) Perda de Cobertura Florestal

A área total ocupada nas margens do rio Itajaí Açu com vegetação classe 1, 2 e 3 (secundário avançado, secundário intermediário e inicial) é 38,29%, ou seja, a maior parte das margens estudadas do rio Itajaí Açu possuem cobertura vegetal composta por áreas antrópicas como pastagens, lavouras e edificações.

A cobertura vegetal é caracterizada pelo bioma da Mata Atlântica, e assim como a flora, a fauna da deste bioma é altamente diversificada. De acordo com o IBGE (2014) a Mata Atlântica é o bioma com maior proporção de espécies ameaçadas, tanto em números absolutos (1.989) como proporcionalmente (25,0%).

A principal causa de ameaça de extinção é a redução da distribuição geográfica da área de ocupação original das espécies, face à fragmentação elevada ou conhecida e declínio continuado observado, inferido ou projetado. Observa-se também que 160 espécies de aves (SOS Mata Atlântica, 2014), 89 espécies de mamíferos (GRAIPEL, et al., 2017), 485 de anfíbios (ROSSA-FERES et al., 2017) e 103 espécies de répteis (TOZETTI et al., 2017) são endêmicas da Mata Atlântica.

A implantação de empreendimentos hidrelétricos implica na necessidade de supressão de vegetação em suas estruturas como as ombreiras do barramento, casa de força, sistema de adução, etc.) e na formação do reservatório, quando este extrapola a calha natural do rio. A UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu a Perda de Cobertura Florestal.

Para o Indicador de Impacto “Perda de Cobertura Florestal”, o critério de avaliação foi a área de supressão de floresta em cada aproveitamento.

Critérios de classificação:

Baixa: até 5 ha

Moderadamente Baixa: entre 5,1 ha e 10 ha

Média: entre 10,1 ha e 20 ha

Moderadamente Alta: entre 20,1 ha e 30 ha

Alta: acima de 30 ha

Tabela 7-5 – Perda de cobertura florestal.

Perda de Cobertura Florestal	Área de Supressão	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio Do Sul	1,15	Baixo	0,10
UHE Salto Pilão	15,00	Médio	0,48
CGH Tafona	0	Baixo	0
CGH J. Grabowski	0	Baixo	0
CGH J. Grabowski I	0	Baixo	0
CGH Gunther Faller	0	Baixo	0
PCH Foz Hercílio	3,97	Baixo	0,15
PCH Subida 1	3,46	Baixo	0,13
PCH Apiúna	5,83	Moderadamente Baixo	0,25
PCH Ascurra	24,25	Moderadamente Alto	0,75
PCH Zimlich	11,52	Médio	0,42
PCH Estação Indaial	7,22	Moderadamente Baixo	0,3
PCH Encano	3,03	Baixo	0,12
PCH Salto Weissbach	0,03	Moderadamente Baixo	0,1

7.3.3.2 (B) Perda de Mata Ciliar

A Mata ciliar foi definida como “Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Matas ciliares apresentam características favoráveis à sobrevivência e reprodução de muitas espécies, elas funcionam como corredor ecológico, facilitando o fluxo gênico, além de ser fonte de alimento para muitas espécies da Bacia do rio Itajaí-açu como as espécies da herpetofauna que se beneficiam desses fragmentos de mata, como *Phrynops hilarii*, *Erythrolamprus miliaris*, *Bothrops jararaca*, *Rhinella icterica* e *Adenomera nana*.

Esse tipo de vegetação abriga diversas espécies de aves que influenciam diretamente a manutenção da Bacia do Rio Itajaí-açu. Entre as espécies ocorrentes na Bacia, são dependentes dos ambientes ripários: *Amazonetta brasiliensis* (pé-vermelho), *Anas georgica* (marrecaparda), *Dendrocygna viduata* (irerê), *Nycticorax nycticorax* (savacu), *Butorides striata* (socozinho), *Ardea alba* (garça-branca-grande), *Egretta thula* (garça-branca-pequena), *Nannopterum brasilianus* (biguá), *Megaceryle torquata* (martim-pescador-grande), *Chloroceryle americana* (martim-pescador-pequeno).

Entre os mamíferos, ocorrem espécies associadas, ainda que não exclusivamente, às matas ciliares como por exemplo, cuíca (*Philander frenatus*), lontra (*Lontra longicaudis*),



tamanduá mirim (*Tamandua tetradactyla*), ouriço (*Coendou spinosus*), gato do mato (*Leopardus guttulus*). A vegetação aqui específica fornece abrigo necessário para que seja realizado o traslado dos mamíferos em busca de alimento às margens do rio e seus afluentes. A UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu a Perda de Cobertura Florestal.

Na avaliação desta variável, foi considerada a porcentagem de vegetação preservada da mata ciliar, considerando na APP apenas os fragmentos florestais em função da implantação de cada aproveitamento hidrelétrico.

Critérios de classificação:

Baixa: 0 – 0,2 (de 0 a 20%)

Moderadamente Baixa: 0,21 – 0,40 (de 20,1 a 40%)

Média: 0,41 – 0,60 (de 40,1 a 60%)

Moderadamente Alta: 0,61 – 0,80 (de 60,1 a 80%)

Alta: 0,80 – 1,00 (de 80,1 a 100%)

Tabela 7-6 – Perda de mata ciliar.

Perda de Cobertura Florestal	% de APP Preservada	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio do Sul	13,25	Baixa	0,10
UHE Salto Pilão	59,22	Média	0,54
CGH Tafona	72,50	Moderadamente Alta	0,75
CGH J. Grabowski	89,01	Alta	0,90
CGH J. Grabowski I	86,62	Alta	0,88
CGH Gunther Faller	32,91	Moderadamente Baixa	0,30
PCH Foz do Hercílio	50,73	Média	0,50
PCH Subida 1	60,08	Moderadamente Alta	0,61
PCH Apiúna	68,50	Moderadamente Alta	0,70
PCH Ascurra	33,32	Moderadamente Baixa	0,30
PCH Zimlich	46,26	Média	0,45
PCH Estação Indaial	49,94	Média	0,50
PCH Encano	84,83	Alta	0,85
PCH Salto Weissbach	44,55	Média	0,43

7.3.3.3 (C) Supressão de margem Classe 1

Na avaliação da bacia, as margens locadas nos 100 metros para cada lado do rio Itajaí Açu, no trecho compreendido entre Blumenau e Lontras foi caracterizado de acordo com a qualidade da margem, sendo estas estratificadas em classes de 1 a 4, sendo a classe 1 mais



preservada, equivalendo a fragmentos florestais em estágio avançado de regeneração e a classe 4 mais degradada, equivalendo a áreas de uso do solo antrópico.

De maneira geral, margens classe 1 são menos representativas ao longo do trecho de estudo, cenário atribuído ao histórico de uso e ocupação do solo na região. Por se apresentarem mais preservadas, tais áreas abrigam significativa porção da riqueza registrada no presente estudo. Conforme citado, a UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu a Perda de Cobertura Florestal, todavia, sem avaliar a vegetação presente no momento da supressão para implantação desses empreendimentos, não é possível avaliar o critério adotado, logo, não foram avaliadas para este impacto.

Diante da elevada importância e baixa representatividade desta classe de margem ao longo do trecho de estudo em campo, será adotado como indicador de sensibilidade ambiental a proporção de área a ser suprimida desta classe em relação ao remanescente total da área de estudo (115,17 hectares).

Critérios de classificação:

Baixa: de 0 a 2 % de área supressão enquadrada como Classe 1 (Secundário avançado);

Moderadamente Baixa: entre 2,1 a 4 % de área de supressão enquadrada como Classe 1 (Secundário avançado);

Média: entre 4,1 a 6 % de área de supressão enquadrada como Classe 1 (Secundário avançado);

Moderadamente Alta: entre 6,1 a 8 % de área de supressão enquadrada como Classe 1 (Secundário avançado);

Alta: acima de 8 % de área de supressão enquadrada como Classe 1 (Secundário avançado).

Tabela 7-7 – Empreendimentos e necessidade de supressão de vegetação Classe 1 (secundário avançado) para respectiva implantação, em hectares e percentual em relação ao total desta classe na área de estudo.

Empreendimento	Área de supressão		Magnitude	Peso
	Ha	% do total (115,17)		
PCH Rio do Sul	0	0	Baixa	0
CGH Tafona	0	0	Baixa	0
CGH Grabowski	0	0	Baixa	0
CGH Grabowski I	0	0	Baixa	0
CGH Gunther Faller	0	0	Baixa	0
PCH Foz do Hercílio	0	0	Baixa	0



Empreendimento	Área de supressão		Magnitude	Peso
	Ha	% do total (115,17)		
PCH Subida 1	0	0	Baixa	0
PCH Apiúna	0,9	0,8	Baixa	0,08
PCH Ascurra	0	0	Baixa	0
PCH Zimlich	1,8	1,6	Baixa	0,16
PCH Estação Indaial	2,5	2,2	Moderadamente Baixa	0,22
PCH Encano	1,3	1,1	Baixa	0,11

Entre todos os empreendimentos, somente em quatro (4) destes haverá necessidade de supressão de vegetação enquadrada como classe 1, sendo; as PCHs Apiúna, Zimlich, Estação Indaial e Encano. A porcentagem de supressão de cada empreendimento quando analisado individualmente para a classe de margem 1 é pequena, enquadrando-os na magnitude baixa, exceto pela PCH Estação Indaial, onde a magnitude é moderadamente baixa. No cenário atual, a vegetação inserida nas margens do rio já se encontra muito alterada de suas condições originais, sendo as atividades antrópicas a causa para tal.

Quando observado os cenários futuros, nota-se que em até dois anos não haverá empreendimentos em operação que conflitem com áreas classe 1, em até 5 anos poderá estar operando a PCH Estação Indaial, elevando a magnitude para moderadamente baixa e em um cenário de até 10 anos, todas as usinas com a presença de margem classe 1 poderão estar operando, elevando a magnitude de sensibilidade como todo para médio (peso de 0,57).

7.3.3.4 (D) Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido

Este item trata especificamente do número total de indivíduos pertencentes a espécies reófitas ameaçadas de extinção a serem suprimidos para a implantação e operação de cada empreendimento. Portanto, os indivíduos que devem ser removidos para a formação dos reservatórios e estruturas (barramento, casa de força, circuito adutor, canal de fuga e etc), não contemplando os indivíduos que permanecerão na APP do reservatório e no TVR.

Quanto maior o número de indivíduos a serem suprimidos, maior é a sensibilidade ambiental do trecho do empreendimento em questão.

Baixa: 0 a 100 indivíduos ameaçados de extinção a serem suprimidos.

Moderadamente Baixa: 101 a 200 indivíduos ameaçados de extinção a serem suprimidos.

Média: 201 a 300 indivíduos ameaçados de extinção a serem suprimidos.



Moderadamente Alta: 301 a 400 indivíduos ameaçados de extinção a serem suprimidos.

Alta: acima de 400 indivíduos ameaçados de extinção a serem suprimidos.

Tabela 7-8 – Número total de indivíduos a serem suprimidos para a implantação dos empreendimentos.

Empreendimento	Nº Ind. supressão	Magnitude	Peso
PCH Rio do Sul	0	Baixa	0,000
CGH Tafona	0	Baixa	0,000
CGH Grabowski	6	Baixa	0,006
CGH Grabowski I	9	Baixa	0,009
CGH Gunther Faller	47	Baixa	0,047
PCH Foz do Hercílio	64	Baixa	0,064
PCH Subida 1	42	Baixa	0,042
PCH Apiúna	184	Moderadamente Baixa	0,380
PCH Acurra	103	Moderadamente Baixa	0,213
PCH Zimlich	15	Baixa	0,015
PCH Estação Indaial	438	Alta	0,850
PCH Encano	551	Alta	1,00

Conforme resultados levantados no presente estudo, entre todas as usinas, duas destas não resultarão em supressão de espécies reófitas, sendo a PCH Rio do Sul e a CGH Tafona. Já as usinas de maior necessidade de supressão são: PCH Estação Indaial e a PCH Encano. Cabe salientar que a supressão mencionada acima pode ser avidamente mitigada com a adoção dos programas sugeridos no item 3.1.1 do volume “conclusão” deste estudo.

No cenário atual, todas as espécies reófitas já se encontram em processo de degradação e ou supressão, principalmente por ação de moradores lindeiros a áreas ripárias. Cabe salientar também a provável perda de populações de *Dyckia brevifolia* na região de Blumenau comentada no trabalho Ras (2019), mesmo sem a implantação de novos empreendimentos hidrelétricos.

No que diz respeito aos cenários futuros, em prazo de até dois anos, com a instalação de quatro empreendimentos somente 62 indivíduos precisariam ser removidos, mantendo a magnitude baixa, em prazo de até 5 anos, o número seria de 500, elevando a magnitude para alta.

A UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu o impacto sobre as reófitas, o que prejudica a avaliação sem conhecer a realidade naquele momento para implantação desses empreendimentos, logo, não foram avaliadas para este impacto.



7.3.3.5 (E) Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos

Este item, trata especificamente do número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a serem suprimidas em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos. Quanto maior o número de populações de a serem suprimidas em cada empreendimento, maior será a sensibilidade.

As populações adensadas, por possuírem maior número de indivíduos e consequentemente maior parcela da população total, foram consideradas mais importantes que as populações diluídas.

Baixa: Nenhuma população adensada, ou populações diluídas parcialmente suprimidas;

Moderadamente Baixa: Supressão parcial de até 1 população adensada

Média: Supressão parcial de até 3 populações adensadas, ou supressão total de população diluída;

Moderadamente Alta: Supressão parcial de até 6 populações adensadas;

Alta: Supressão parcial de mais de 6 populações adensadas ou total de 1 ou mais populações adensadas.

Tabela 7-9 – Número total de populações a serem parcial (Parc.) ou totalmente (Total) suprimidas para a instalação dos empreendimentos.

Empreendimento	N° populações supressão		Magnitude	Peso
	Pop. Adensada	Pop. Dissolvida		
PCH Rio do Sul			Baixa	0
CGH Tafona			Baixa	0
CGH Grabowski	1 Parc.		Moderadamente baixa	0,2
CGH Grabowski I	1 Parc.		Moderadamente baixa	0,2
CGH Gunther Faller	1 Parc.		Moderadamente baixa	0,2
PCH Foz do Hercílio	2 Parc.		Média	0,3
PCH Subida 1	1 Parc.		Moderadamente baixa	0,2
PCH Apiúna	6 Parc.	1 Total	Moderadamente alta	0,8
PCH Ascurra	2 Parc.	1 Parc./2 Total	Média	0,7
PCH Zimlich	2 Parc.	1 Total	Média	0,5
PCH Estação Indaial	3 Parc.		Média	0,6
PCH Encano	4 Parc.		Moderadamente alta	0,7

Conforme resultados levantados no presente estudo, entre todas as usinas, duas destas não resultarão em supressão de espécies reófitas, sendo a PCH Rio do Sul e a CGH Tafona. Já



as usinas de maior necessidade de supressão de populações são: PCH Apiúna e PCH Encano. Portanto, estas deverão ser as usinas de maior enfoque quanto aos trabalhos de resgate. Importante salientar que, um maior número de populações atingidas, não necessariamente indica maior número de indivíduos a serem suprimidos.

Conforme já apresentado no item acima, no cenário atual já é verificado a presença de diversas formas de agressão sobre as populações da flora ripária, em especial, na regiões mais populosas.

Quanto aos cenários futuros, em prazo de até dois anos, poderá haver a supressão de parte de uma população para a implantação de 3 das 4 CGHs previstas, elevando a magnitude geral da bacia para média, no prazo de até 5 anos, haverá o ingresso de 9 populações aos montantes a serem suprimidos, elevando a magnitude da sensibilidade para a bacia para alta, que se manterá ao longo dos cenários futuros.

Conforme citado, a UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu o impacto sobre as reófitas, o que prejudica a avaliação sem conhecer a realidade naquele momento para implantação desses empreendimentos, logo, não foram avaliadas para este impacto.

7.3.3.6 (F) Diversidade genética *Raulinoa echinata*

Este item trata das populações de *Raulinoa echinata* e respectiva diversidade genética em relação as populações a serem suprimidas para a implantação dos empreendimentos. No trabalho realizado por Reis et al. (2003), utilizado como base para a presente discussão, o maior valor de diversidade genética foi registrado na região do Morro Santa Cruz, local de implantação da PCH Apiúna, com 0,152 e menor na região da Ilha Knaesel, local de implantação das PCHs Zimlich, Estação Indaial e Encano com o valor de 0,095. Entretanto, cabe salientar que, a espécie apresenta maior diversidade na região central de sua área total de ocorrência, ou seja, na região do Morro Santa Cruz, apresentando diminuição da diversidade genética em ambos os sentidos (montante e jusante) a partir deste ponto.

Para o presente item, será considerado a necessidade de supressão, frente a diversidade genética da população, sendo, quanto maior a diversidade genética da (s) população a ser suprimida, maior será a sensibilidade do trecho em questão.

Baixa: Supressão parcial de população de baixa diversidade genética;

Moderadamente Baixa: Supressão total de população de baixa diversidade genética;

Média: Supressão parcial de população de diversidade genética mediana;

Moderadamente Alta: Supressão parcial de população adensada de maior diversidade genética, total de população adensada com diversidade genética mediana, ou total de população diluída de maior diversidade genética;

Alta: Supressão total de população adensada de maior diversidade genética.

Tabela 7-10 – Empreendimentos, necessidade de supressão e diversidade genética da população a ser suprimida, com base na proximidade dos pontos caracterizados por Reis et al. (2003).

Empreendimento	Supressão	Diversidade genética	Magnitude	Peso
PCH Rio do Sul			Baixa	0
CGH Tafona			Baixa	0
CGH Grabowski	1 Pop. Adensada, parcial	0,107	Baixa	0,2
CGH Grabowski I	1 Pop. Adensada, parcial	0,107	Baixa	0,2
CGH Gunther Faller	1 Pop. Adensada, parcial	0,107	Baixa	0,2
PCH Foz do Hercílio	1 Pop. Adensada, parcial	0,107	Baixa	0,2
PCH Subida 1	1 Pop. Adensada, parcial	0,107	Baixa	0,2
PCH Apiúna	2 Pop. Adensada, parcial/ 1 Pop. Diluída, Total	0,152	Moderadamente alta	0,8
PCH Ascurra	1 Pop. Adensada, parcial/ 2 Pop. Diluída, total	0,113	Moderadamente Baixa	0,4
PCH Zimlich	1 Pop. Diluída, total	0,095	Moderadamente Baixa	0,4
PCH Estação Indaial	1 Pop. Adensada, parcial	0,095	Baixa	0,2
PCH Encano	1 Pop. Adensada, parcial	0,095	Baixa	0,2

Conforme resultados levantados no presente estudo para *Raulinoa echinata*, haverá a necessidade de supressão em parte ou na totalidade das populações associadas a todos os empreendimentos, exceto PCH Rio do Sul e CGH Tafona, onde não haverá supressão da espécie. Dentre todos os empreendimentos, a PCH Apiúna é a que concentra a necessidade de supressão de população de maior diversidade genética, entretanto, esta supressão será pouco representativa em termos de número de indivíduos, o que facilita a ação de medidas mitigadoras.

No cenário atual, as populações onde verificam-se os maiores graus de intervenção antrópica como a supressão de margens ou exposição a TVRs existentes são aquelas de menor diversidade genética.

Quanto aos cenários futuros, este se manterá de baixa magnitude até a implantação da PCH Apiúna, ponto a partir do qual a magnitude se torna moderadamente alta para este critério de análise.

Conforme citado, a UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu o impacto sobre as reófitas, o que prejudica a avaliação sem conhecer a realidade naquele momento para implantação desses empreendimentos, logo, não foram avaliadas para este impacto.

7.3.3.7 (G) Diversidade genética *Dyckia brevifolia*

Este item trata das populações de *Dyckia brevifolia* e respectiva diversidade genética em relação as populações a serem suprimidas para a implantação dos empreendimentos. No trabalho realizado por Rogalski (2007), utilizado como base para a presente discussão, o valor de diversidade genética variou de 0,011 para as populações mais a montante, portanto, são as menos diversas e 0,123 para as populações mais a jusante e geneticamente mais diversas.

Para o presente item, será considerado a necessidade de supressão, frente a diversidade genética da população, sendo, quanto maior a diversidade genética da (s) população a ser suprimida, maior será a sensibilidade do trecho em questão.

Baixa: Supressão parcial de população de baixa diversidade genética;

Moderadamente Baixa: Supressão total de população de baixa diversidade genética;

Média: Supressão parcial de população de diversidade genética mediana;

Moderadamente Alta: Supressão parcial de população de maior diversidade genética ou total de população com diversidade genética mediana;

Alta: Supressão total de população de maior diversidade genética.

Tabela 7-11- Empreendimentos, necessidade de supressão e diversidade genética da população a ser suprimida.

Empreendimento	Supressão	Diversidade genética	Magnitude	Peso
PCH Rio do Sul			Baixa	0
CGH Tafona			Baixa	0
CGH Grabowski			Baixa	0
CGH Grabowski I			Baixa	0
CGH Gunther Faller			Baixa	0
PCH Foz do Hercílio			Baixa	0
PCH Subida 1			Baixa	0
PCH Apiúna	2 Pop. Adensada, parcial	0,047	Baixa	0,2
PCH Ascurra			Baixa	0
PCH Zimlich			Baixa	0
PCH Estação Indaial			Baixa	0
PCH Encano	1 Pop. Adensada, parcial	0,108	Moderadamente alta	0,8



Conforme resultados levantados no presente estudo para *Dyckia brevifolia*, haverá a necessidade de supressão de parte de 3 populações, 2 destas de baixa diversidade genética para a implantação da PCH Apiúna e 1 de alta diversidade genética para a implantação da PCH Encano. Ambas as populações são importantes e devem ser resgatadas. Entretanto, deverá ser dado maior enfoque para a população da PCH Encano, visto que é a de maior diversidade genética.

No cenário atual, conforme Rac (2019), foi constatada a perda de agrupamentos da espécie na região mais a jusante da área de distribuição da espécie (Salto Weissbach, em Blumenau). Portanto, houve a perda de parte de uma das populações de maior variabilidade genética, mesmo sem a implantação de empreendimentos, sinalizando que, se nada for feito, outras populações podem ser perdidas ao longo dos anos.

Quanto aos cenários futuros, este se manterá de baixa magnitude até a implantação da PCH Encano, ponto a partir do qual a magnitude se torna moderadamente alta.

Conforme citado, a UHE Salto Pilão e PCH Salto Weissbach são empreendimentos já instalados, onde já ocorreu o impacto sobre as reófitas, o que prejudica a avaliação sem conhecer a realidade naquele momento para implantação desses empreendimentos, logo, não foram avaliadas para este impacto.

7.3.4 Socioeconômico

7.3.4.1 (A) Interferência em trechos de rafting e canoagem

Para avaliar o impacto da implantação de empreendimentos hidrelétricos sobre a atividade econômica do rafting, levantou-se a extensão total, ou seja, a soma dos trechos onde atualmente é praticado o rafting e a canoagem. Também, com o objetivo de determinar o grau de impacto de cada aproveitamento hidrelétrico, foi realizada a sobreposição desses trechos com as áreas de interferência de cada um dos empreendimentos, como os arranjos e reservatórios.

Como já definido identificado nos conflitos, as atividades de rafting e canoagem ocupam trechos de extensão somada 39 km. Alguns destes trechos, no entanto, são utilizados por duas empresas e, portanto, o impacto nesses determinados trechos é duplicado. Assim, foi considerado que os pontos utilizados por mais de uma empresa teriam peso relativo no cálculo da extensão do número de empresas que o utilizam, resultando na seguinte equação:

$$E_{total} = E * N$$



Sendo E a extensão do trecho e N o número de empresas que utilizam esse mesmo fragmento do rio. O E_{total} foi então dividido pela extensão de rio onde essa atividade é realizada nos dias atuais, de 39 km.

Para os critérios de classificação, foi utilizada a porcentagem como definidor do impacto, portanto, se a porcentagem do trecho utilizado para o rafting for maior, o impacto aumenta.

Para o impacto da UHE Salto Pilão, foi feito um levantamento dos trechos de rafting que esta usina inviabilizou. Foram no total 16 km. Portanto, calculou-se a porcentagem de impacto em relação a extensão de trechos anterior à instalação, que é de 55 km.

Crítérios de classificação:

Baixa: \leq que 20% do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Moderadamente Baixa: entre 21 a 40% do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Média: entre 41 a 60 % do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Moderadamente Alta: entre 61 a 80% do trecho utilizado para rafting e canoagem;

Alta: acima de 81% do trecho utilizado para rafting e canoagem

Tabela 7-12 – Extensão do rio utilizada para rafting e canoagem.

Extensão do rio utilizada para rafting e canoagem	% de área ocupada	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio do Sul	0,00	Baixa	0,00
CGH Tafona	0,00	Baixa	0,00
CGH Grabowski	0,00	Baixa	0,00
CGH Grabowski I	0,00	Baixa	0,00
CGH Gunther Faller	0,00	Baixa	0,00
PCH Foz do Hercílio	0,00	Baixa	0,00
PCH Subida 1	12,00	Baixa	0,12
PCH Apiúna	22,80	Moderadamente Baixa	0,23
PCH Acurra	0,00	Baixa	0,00
PCH Zimlich	2,90	Baixa	0,03
PCH Estação Indaial	8,30	Baixa	0,08
PCH Encano	6,10	Baixa	0,06
UHE Salto Pilão	26	Moderadamente Baixa	0,26
PCH Salto Weissbach	0,00	Baixa	0,00

7.3.4.2 (B) Interferência em infraestruturas

O impacto nas infraestruturas próximas ao rio está relacionado à interferência das estruturas decorrentes da implantação de aproveitamentos hidrelétricos, como, por exemplo, os acessos, estruturas do barramento e reservatório. Para a análise de infraestruturas existentes na bacia, foram identificadas as rodovias, as linhas de transmissão, as captações e as pontes. Além disso, foram levantadas as obras de macrodrenagem planejadas pela defesa civil. Com indicador desse impacto, definiu-se que quanto mais tipos de infraestruturas afetadas pelos empreendimentos, maior o impacto causado por cada um deles. Para tanto, foi realizada a sobreposição espacial dos aproveitamentos e as infraestruturas existentes.

Critérios de classificação:

Baixa: 1 tipo de infraestrutura atingida;

Moderadamente Baixa: 2 tipos de infraestruturas atingidas;

Média: 3 tipos de infraestruturas atingidas;

Moderadamente Alta: 4 tipos de infraestruturas atingidas

Alta: 5 tipos de infraestruturas atingidas

Tabela 7-13 – Tipos de infraestrutura.

Interferência em infraestruturas	Tipos de Infraestrutura	Classificação Classe	Peso
PCH Rio do Sul	-	Baixa	0,00
CGH Tafona	-	Baixa	0,00
CGH J. Grabowski	-	Baixa	0,00
CGH J. Grabowski I	-	Baixa	0,00
CGH Gunther Faller	-	Baixa	0,00
PCH Foz do Hercílio	2	Moderadamente Baixa	0,21
PCH Subida 1	-	Baixa	0,00
PCH Apiúna	-	Baixa	0,00
PCH Ascurra	3	Média	0,41
PCH Zimlich	2	Moderadamente Baixa	0,21
PCH Estação Indaial	-	Baixa	0,00
PCH Encano	-	Baixa	0,00
UHE Salto Pilão	-	Baixa	0,00
PCH Salto Weissbach	2	Moderadamente Baixa	0,20



Perto do rio é possível encontrar Linhas de Transmissão e rodovias. Há diversas pontes que cortam o rio e há a presença de uma captação de água no trecho analisado. Além disso, há a presença de diversos projetos de rebaixo e contenção de cheia no trecho em análise.

7.3.4.3 (C) Aumento de nível em eventos extremos causados pelos barramentos

A cheia, apesar de muitas vezes pensado como um aspecto do meio físico é um problema antrópico, visto que a ocorrência de eventos extremos e o extravasamento da calha natural do rio é um fenômeno natural. Os problemas de cheias ocorrem quando há a ocupação humana nas áreas de planície de inundação e extravasamento natural do rio, acarretando na inundação de casas e áreas públicas, o que pode causar grandes prejuízos socioeconômicos.

Para o cálculo de impacto neste parâmetro, foram consideradas duas análises:

- Aumento de Nível;
- População do entorno.

Como já mencionado, as cheias são um problema socioeconômico, ou seja, o aumento de nível causado pelo barramento só será impactante se houver população residente de áreas lindeiras. Foi feito um cálculo então que relacionava o impacto com base na normalização destes dois parâmetros e então multiplicação dos dois pesos.

A normalização é feita pela comparação dos valores obtidos para os barramentos. Ou seja, o maior aumento de nível é considerado 1, assim como o barramento que possui a maior área de manchas urbanas ao redor. Os outros valores encontrados são proporcionais à este maior valor. As classes foram baseadas então no valor encontrado final de impacto da multiplicação das duas variáveis. Importante ressaltar que a análise de cheia foi feita para a vazão de cheia de tempo de retorno de 10 anos, uma vazão mais recorrente que a de 100 anos, visto que é um problema para a bacia estas cheias mais recorrentes. Os impactos das barragens no aumento de nível também são maiores quanto menor a vazão, se configurando em uma análise conservadora.

Critérios de classificação:

Baixa: \leq que 0,2;

Moderadamente Baixa: entre 0,2 a 0,4;

Média: entre 0,4 a 0,6;

Moderadamente Alta: entre 0,6 a 0,8;



Alta: acima de 0,8;

Tabela 7-14 – Análise de nível e ocupações humanas peto do rio.

Cheias	Aumento	Mancha	Classificação	
	de Nível (m)	Urbana (km ²)	Classe	Peso
PCH Rio do Sul	-	-	Baixa	0,00
CGH Tafona	-	-	Baixa	0,00
CGH J. Grabowski	-	-	Baixa	0,00
CGH J. Grabowski I	-	-	Baixa	0,00
CGH Gunther Faller	3,09	8,50	Baixa	0,01
PCH Foz do Hercílio	6,42	704,44	Baixa	0,19
PCH Subida 1	-	-	Baixa	0,00
PCH Apiúna	-	-	Baixa	0,00
PCH Ascurra	-	-	Baixa	0,00
PCH Zimlich	-	-	Baixa	0,00
PCH Estação Indaial	-	-	Baixa	0,00
PCH Encano	-	-	Baixa	0,00
UHE Salto Pilão	-	-	Baixa	0,00
PCH Salto Weissbach	-	-	-	-

Apesar de a bacia ser bastante conhecida por seus problemas de eventos extremos, os impactos dos empreendimentos são baixos, visto que são empreendimentos de pequeno porte. Somente 2 de todos os empreendimentos analisados acarretaram em um aumento de nível. Os impactos também foram quase zero na CGH porque há poucas manchas urbanas ao redor do empreendimento, portanto o aumento de nível ali não seria tão significativo. Vale ressaltar que uma análise mais aprofundada dos impactos da região, como benfeitorias efetivamente afetadas demandariam um outro tipo de modelo a ser utilizado.

Não foi feita esta análise de impacto para a PCH Salto Weissbach visto que não foram fornecidos dados suficientes para análise da usina no modelo hidráulico.

7.3.4.4 (D) Diminuição da disponibilidade hídrica em TVRs

A disponibilidade hídrica faz referência à vazão disponível no corpo hídrico, necessária para o equilíbrio biótico. No cenário atual o trecho já possui a UHE Salto Pilão, que possui trecho



de vazão reduzida longo, o que diminui a disponibilidade de vazão na maior parte do tempo em um trecho de 15 km.

Os empreendimentos hidrelétricos são obrigados a manterem um valor mínimo de vazão no trecho de vazão reduzida, se baseando em três aspectos: 1) Usos da água; 2) Ecossistema aquático; 3) qualidade da água (BUENAGA et al, 2017):

O correto cálculo desta vazão remanescente é de grande importância, visto que se este valor for subestimado, é possível acarretar em grandes impactos ambientais. Estes impactos podem ser, segundo Buenaga et al. (2017):

Deterioração da paisagem, expondo o leito do rio e secando corredeiras, mortalidade de peixes por estagnação de água em poças, baixa oxigenação e isolamento de trechos, possibilidade de desenvolvimento de condições anaeróbias, pela diminuição da capacidade de autodepuração das águas, redução da capacidade de aeração, devido à baixa turbulência e viscosidade, interrupção de atividades econômicas de uso consuntivo das águas, como a irrigação de culturas e as captações para abastecimento público e industrial.

Como pode-se perceber, trata-se de uma característica do projeto que deve ser avaliado por uma equipe interdisciplinar, visto que pode acarretar impactos em esferas de fauna, flora, meio socioeconômico e meio físico, podendo acarretar em um desequilíbrio de diversos ecossistemas e sistemas humanos.

Para o meio socioeconômico, este tipo de impacto será analisado pela vazão disponível para usos que permanece no rio.

Portanto, é importante incluir o impacto da diminuição da disponibilidade hídrica nesta análise multicritério, de forma a evidenciar os empreendimentos que possuem menor vazão remanescente projetada, o que pode acarretar em consequências drásticas.

Para o cálculo do impacto, foi feita uma proporção entre a vazão remanescente projetada e a vazão média de longo termo para o rio em cada trecho, avaliando a porcentagem de vazão que será desviada. É importante ressaltar que as vazões desviadas são todas relativamente, altas, superiores a 90% da vazão do rio, o que não necessariamente significa que elas estão superdimensionadas.

As usinas que causam este tipo de impacto são as que possuem trecho de vazão reduzida contemplado em seu projeto.

Critérios de classificação:

Baixa: 0 a 20% da vazão desviada;



Moderadamente Baixa: 20% a 40% da vazão desviada;

Média: 40% a 60% da vazão desviada;

Moderadamente Alta: 60% a 80% da vazão desviada;

Alta: Mais de 80% da vazão desviada.

Tabela 7-15 – Porcentagem de vazão desviada

Disponibilidade Hídrica	% da vazão desviada	Classificação	
		Classe	Peso
PCH Rio do Sul	92	Alta	0,92
CGH Tafona	98	Alta	0,98
CGH Grabowski	98	Alta	0,98
CGH Grabowski I	98	Alta	0,98
CGH Gunther Faller	99	Alta	0,99
PCH Foz do Hercílio	0	Baixa	0,00
PCH Subida 1	95	Alta	0,95
PCH Apiúna	91	Alta	0,91
PCH Acurra	0	Baixa	0,00
PCH Zimlich	0	Baixa	0,00
PCH Estação Indaial	0	Baixa	0,00
PCH Encano	0	Baixa	0,00
UHE Salto Pilão	90	Alta	0,90
PCH Salto Weissbach	0	Baixa	0,00

Com este tipo de análise é possível verificar que todos os empreendimentos que possuem trecho de vazão reduzida possuem impacto considerado alto, pois eles desviam pelo menos 90% da vazão média de longo termo do rio. É possível, no entanto, observar que há empreendimentos mais impactantes que outros, pois desviam quase toda a porcentagem do rio, a exemplo da CGH Gunther Faller, com um desvio de 99% da vazão. Vale ressaltar que as 4 CGHs deixam vazão remanescente no trecho de valor inferior a 50% da vazão de estiagem.

7.3.5 Resultados da Avaliação de Impactos Negativos

Para o cálculo do Índice de Impacto Ambiental (Iia) primeiramente foi realizada a hierarquização (W) dos Indicadores de Impacto por Componente-síntese. Para cada Indicador



de Impacto atribuiu-se o referido Peso (P) conforme escala de classificação descrita na Tabela 7-1.

Com os Pesos dos Indicadores de Impactos (P) atribuídos, foi realizada a multiplicação destes pelos respectivos Graus de Ponderação (W):

<p style="text-align: center;">P x W</p> <p style="text-align: center;">P=Peso dos Indicadores de Impacto Ambiental</p> <p style="text-align: center;">W=Grau de Ponderação</p>
--

O Índice Socioambiental Negativo (IA) tem por objetivo expressar a intensidade do impacto negativo total do conjunto de aproveitamentos sobre a área de estudos.

Dessa forma, o IA das Alternativas foi calculado em 2 etapas:

- Etapa 1 - Composição do Índice de Impacto negativo da Alternativa sobre cada componente - síntese (IAC);
- Etapa 2 - Composição do Índice de Impacto negativo da Alternativa sobre o sistema socioambiental (IA).

O índice de impacto socioambiental negativo da alternativa de divisão de queda por componente-síntese (IAC) tem por intuito expressar os efeitos cumulativos e sinérgicos dos impactos do conjunto de aproveitamentos sobre cada componente-síntese. Para isso, é recomendado a obtenção de um índice de impacto cumulativo em cada subárea, definida no diagnóstico por meio da expressão abaixo:

$$I_{SA}^C(j,i) = I_{SA}^C(j,i-1) + \left[(1 - I_{SA}^C(j,i-1)) I_{SA}^C(j,i) \right] \Rightarrow i = 1, \dots, n \quad (1)$$

Onde:



$I_{SA}^C(j,i)$ Impacto cumulativo na subárea j quando se instalam os aproveitamentos 1, 2, ..., i da alternativa.

O índice de impacto negativo da alternativa sobre o componente-síntese (IAC) será obtido pela soma ponderada dos índices de impacto relativos às subáreas, ou seja:

$$IAC = \sum_J I_{SA}^C(j)P(j) \quad (2)$$

Onde:

$P(j)$ - Fator de Ponderação relativo a cada subárea i .

Para possibilitar a relativização dos índices de impacto para as subáreas estabelecidas no diagnóstico foram definidos fatores de ponderação em uma escala contínua de zero a um, cuja soma dos pesos é igual à unidade. Esta escala tem por finalidade manter os valores de IAC entre zero e um.

Composição do Índice de Impacto Negativo da Alternativa sobre o sistema socioambiental (IA).

Este índice é obtido pela soma ponderada dos Índices de Impacto Negativo da Alternativa sobre o Componente-síntese (IAC), calculados conforme as expressões (1) e (2).

$$IA = \sum IAC_i P_{ci} \quad (3)$$

Onde:

P_{ci} -Fator de Ponderação relativo a cada componente-síntese.

Visando manter os valores de IA entre zero e um, os pesos P_{ci} foram atribuídos também em uma escala contínua de zero a um, cuja soma dos pesos é igual à unidade.



Para este estudo, os fatores de ponderação utilizados a fim de possibilitar a relativização dos Índices de Impacto foram obtidos com base no Método de Análise Hierárquica descrito a seguir.

Método de Análise Hierárquica – Saaty

Cada componente-síntese e seus elementos de avaliação apresentam um nível de participação próprio dentro do sistema em análise. Assim, a atribuição do grau de importância dos Componentes-sínteses e de seus elementos de avaliação constitui-se em parâmetros essenciais para a geração do índice de impacto socioambiental. Para isto, é necessário considerar o cenário em que estão inseridas as alternativas e estabelecer critérios que permitam fomentar esta hierarquização. No entanto, como a articulação destes critérios possui certo teor de subjetividade, no presente estudo utilizou-se o método de análise hierárquica desenvolvido por Thomas L. Saaty como ferramenta no processo decisório de classificação.

Este método procura hierarquizar os elementos por meio de comparações paritárias, onde o processo de atribuição de importância relativa implica em $(i,j) = 1/a(j,i)$ e a matriz é então definida recíproca. Em outras palavras, o elemento preferencial recebe uma nota de 1 a 9 e o elemento preterido recebe o valor recíproco desta nota (Tabela 7-16).

Tabela 7-16 - Hierarquização.

Intensidade de importância do elemento preferencial	Definição	Intensidade de importância do elemento preterido	Definição
1	Igual importância	1	Igual importância
3	Elemento ligeiramente mais importante	1/3	Elemento ligeiramente menos importante
5	Elemento medianamente mais importante	1/5	Elemento medianamente menos importante
7	Elemento fortemente mais importante	1/7	Elemento fortemente menos importante
9	Elemento absolutamente mais importante	1/9	Elemento absolutamente menos importante
2,4,6,8	Valores intermediários	½, ¼, 1/6, 1/8	Valores intermediários

A partir da matriz são efetuados cálculos para obtenção do autovetor de maior valor que corresponde ao “vetor das prioridades”, expressando os pesos relativos entre os componentes comparados. O método adotado satisfaz o processo de avaliação, pois permite a operação



quantitativa a partir de variáveis qualitativas, com elementos multicriteriais relevantes à identificação dos pontos de fragilidade e sensibilidade do cenário em análise. Além disso, este método permite medir a consistência dos julgamentos realizados e, dessa forma, obtendo-se resultados confiáveis. A inconsistência nos julgamentos é frequente, portanto, a matriz de comparação pareada deve ter sua consistência verificada pela comparação do Índice de Consistência (IC) (Equação 1) e Índice de Consistência Randômico (IR).

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Onde:

n - Dimensão da matriz

$\lambda_{m\acute{a}x}$ - é dado pela equação 2

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i / W_i}{n - 1} \quad (5)$$

A razão entre IC e IR corresponde à máxima inconsistência e deve ser $\leq 0,1$ que corresponde a no máximo 10% de inconsistência. O Valor IR é dado pelo Tabela 7-17, onde n corresponde à dimensão da matriz de critérios.

Tabela 7-17 - Índice de Consistência Randômico

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de Consistência Randômica (IR)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabela 7-18 - Ponderação dos Impactos dos Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos.

Componente-	Tipo de Impacto	Método de	ISA - Componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos	Avaliação				Normalização			Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
				Bloqueio das espécies migratórias	Modificação da comunidade da ictiofauna	Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida	Total	Bloqueio das espécies migratórias	Modificação da comunidade da ictiofauna	Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida			
Recursos Hídricos e	Negativo	Quantitativo	Bloqueio das espécies migratórias	1,00	1,00	1,00	3,00	0,33	0,25	0,40	0,33	1,00	3,05
			Modificação da comunidade da ictiofauna	1,00	1,00	0,50	2,50	0,33	0,25	0,20	0,26	0,79	3,04
			Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida	1,00	2,00	1,00	4,00	0,33	0,50	0,40	0,41	1,26	3,07
			Total	3,00	4,00	2,50	9,50				Média=	3,05	
					IR =	0,58	0,00	IC =	0,03		RC=	4,63%	

Tabela 7-19 - Ponderação dos Impactos dos Ecossistemas Terrestres e Meio Físico.

Componente-síntese	Tipo de Impacto	Método de Análise	Indicador de Impacto	Avaliação						Normalização						Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W			
				Perda de Cobertura Florestal Nativa	Perda de Mata Ciliar	Supressão de margem Classe 1	Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido	Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos	Diversidade genética <i>Raulinoa echinata</i>	Diversidade genética <i>Dyckia brevifolia</i>	Total	Perda de Cobertura Florestal Nativa	Perda de Mata Ciliar	Supressão de margem Classe 1	Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido				Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos	Diversidade genética <i>Raulinoa echinata</i>	Diversidade genética <i>Dyckia brevifolia</i>
Ecossistemas Terrestres e Meio Físico	Negativo	Quantitativo	Perda de Cobertura Florestal Nativa	1,00	1,00	0,33	0,11	0,11	0,20	0,20	2,96	0,04	0,05	0,03	0,06	0,03	0,04	0,04	0,04	0,31	7,56
			Perda de Mata Ciliar	1,00	1,00	0,20	0,17	0,14	0,13	0,13	2,76	0,04	0,05	0,02	0,09	0,04	0,02	0,02	0,04	0,29	7,25
			Supressão de margem Classe 1	3,00	5,00	1,00	0,17	0,25	0,20	0,20	9,82	0,13	0,25	0,09	0,09	0,07	0,04	0,04	0,10	0,69	6,92
			Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido	9,00	6,00	6,00	1,00	2,00	3,00	3,00	30,00	0,39	0,30	0,52	0,51	0,57	0,54	0,54	0,48	3,88	8,02
			Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos	9,00	7,00	4,00	0,50	1,00	2,00	2,00	25,50	0,39	0,35	0,35	0,26	0,29	0,36	0,36	0,34	2,63	7,83
			Diversidade genética <i>Raulinoa echinata</i>	5,00	8,00	5,00	0,33	0,50	1,00	1,00	20,83	0,22	0,40	0,43	0,17	0,14	0,18	0,18	0,25	1,86	7,53
			Diversidade genética <i>Dyckia brevifolia</i>	5,00	8,00	5,00	0,50	0,50	1,00	1,00	21,00	0,22	0,40	0,43	0,26	0,14	0,18	0,18	0,26	1,94	7,49
Total				23,00	20,00	11,53	1,94	3,50	5,53	5,53	71,03								Média=	7,51	
													IR =	1,32	IC =	0,09	RC=	6,49%			

Tabela 7-20 - Ponderação dos Impactos Socioeconômicos.

Componente-síntese	Tipo de Impacto	Método de Análise	Indicador de Impacto	Avaliação				Total	Normalização				Grau de Ponderação (W)	Y	Y/W
				Inviabilização de trechos de rafting e canoagem	Interferências em infraestruturas	Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos	Diminuição da disponibilidade hídrica		Inviabilização de trechos de rafting e canoagem	Interferências em infraestruturas	Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos	Diminuição da disponibilidade hídrica			
Socioeconômico	Negativo	Quantitativo	Inviabilização de trechos de rafting e canoagem	1,00	7,00	0,25	1,00	9,25	0,16	0,37	0,13	0,22	0,22	0,98	4,39
			Interferências em infraestruturas	0,14	1,00	0,11	0,50	1,75	0,02	0,05	0,06	0,11	0,06	0,25	4,00
			Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos	4,00	9,00	1,00	2,00	16,00	0,65	0,47	0,54	0,44	0,53	2,35	4,46
			Diminuição da disponibilidade hídrica	1,00	2,00	0,50	1,00	4,50	0,16	0,11	0,27	0,22	0,19	0,80	4,21
Total				6,14	19,00	1,86	4,50	31,50					Média=	4,27	
									IR =	0,9	IC =	0,09	RC=	9,84%	



Tabela 7-21- Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 00.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 00

Ecosistemas Aquáticos - EA														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,328	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,261	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,411	1,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,41	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,47	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabela 7-22 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 00.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 00

Ecosistemas Terrestres - ET														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,041	0,48	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,040	0,54	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,483	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,336	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,247	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,259	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 7-23 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ES - Cenário 00.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 00

Socioeconômico														
W	UHE Salto Pião	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,222	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,062	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,527	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,190	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabela 7-24 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 01.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 01

Ecossistemas Aquáticos - EA														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,328	0,10	0,02	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,261	0,10	0,15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,411	1,00	0,41	0,41	0,41	0,60	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,41	0,17	0,17	0,17	0,25	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,47	0,21	0,20	0,20	0,29	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabela 7-25 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 01.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 01

Ecosistemas Terrestres - ET														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,041	0,48	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,040	0,54	0,43	0,90	0,88	0,30	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,483	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,336	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,247	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,259	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,04	0,02	0,16	0,16	0,15	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabela 7-26 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ES - Cenário 01.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 01

Socioeconômico														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Acurra	PCH Foz do Hercílio
0,222	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,062	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,527	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,190	0,90	0,00	0,98	0,98	0,99	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,17	0,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,23	0,01	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabela 7-27 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 02.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 02

Ecosistemas Aquáticos - EA														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,328	0,10	0,02	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,261	0,10	0,15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,411	1,00	0,41	0,41	0,41	0,60	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,41	0,17	0,17	0,17	0,25	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,47	0,21	0,20	0,20	0,29	0,10	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabela 7-28 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 02.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 02

Ecosistemas Terrestres - ET														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,041	0,48	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,040	0,54	0,43	0,90	0,88	0,30	0,75	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,483	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,336	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,247	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,259	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,04	0,02	0,16	0,16	0,15	0,03	0,72	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 7-29 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ES - Cenário 02.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 02

Socioeconômico														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,222	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,062	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,527	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,190	0,90	0,00	0,98	0,98	0,99	0,98	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,17	0,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,23	0,01	0,19	0,19	0,19	0,19	0,02	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 7-30 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 03.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 03

Ecosistemas Aquáticos - EA														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,328	0,10	0,02	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,261	0,10	0,15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	0,05	0,15	0,05	0,10	0,15	0,00	0,00
0,411	1,00	0,41	0,41	0,41	0,60	0,21	0,00	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03	0,04	0,00	0,00
C	0,41	0,17	0,17	0,17	0,25	0,09	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
lia	0,47	0,21	0,20	0,20	0,29	0,10	0,03	0,02	0,29	0,01	0,27	0,04	0,00	0,00



Tabela 7-31 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 03.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 03

Ecosistemas Terrestres - ET														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Acurra	PCH Foz do Hercílio
0,041	0,48	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,25	0,12	0,13	0,42	0,00	0,00
0,040	0,54	0,43	0,90	0,88	0,30	0,75	0,50	0,10	0,70	0,85	0,61	0,45	0,00	0,00
0,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,08	0,11	0,00	0,16	0,00	0,00
0,483	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,85	0,00	0,38	1,00	0,04	0,02	0,00	0,00
0,336	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,60	0,00	0,80	0,70	0,20	0,50	0,00	0,00
0,247	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,80	0,20	0,20	0,40	0,00	0,00
0,259	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
B	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,03	0,02	0,00	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,41	0,00	0,18	0,48	0,02	0,01	0,00	0,00
E	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,20	0,00	0,27	0,24	0,07	0,17	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,05	0,00	0,20	0,05	0,05	0,10	0,00	0,00
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,04	0,02	0,16	0,16	0,15	0,03	0,72	0,01	0,75	1,03	0,17	0,33	0,00	0,00



Tabela 7-32 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ES - Cenário 03.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 03

Socioeconômico														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Acurra	PCH Foz do Hercílio
0,222	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,23	0,06	0,12	0,03	0,00	0,00
0,062	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00
0,527	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,190	0,90	0,00	0,98	0,98	0,99	0,98	0,00	0,92	0,91	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00
B	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,17	0,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	0,17	0,17	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
lia	0,23	0,01	0,19	0,19	0,19	0,19	0,02	0,17	0,22	0,01	0,21	0,02	0,00	0,00



Tabela 7-33 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 04.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - EA - Cenário 04

Eossistemas Aquáticos - EA														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J. Grabowski	CGH J. Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,328	0,10	0,02	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,261	0,10	0,15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	0,05	0,15	0,05	0,10	0,15	0,35	0,10
0,411	1,00	0,41	0,41	0,41	0,60	0,21	0,00	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,03	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03	0,04	0,09	0,03
C	0,41	0,17	0,17	0,17	0,25	0,09	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
lia	0,47	0,21	0,20	0,20	0,29	0,10	0,03	0,02	0,29	0,01	0,27	0,04	0,09	0,03



Tabela 7-34 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 04.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 04

Ecosistemas Terrestres - ET														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J, Grabowski	CGH J, Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,041	0,48	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,25	0,12	0,13	0,42	0,75	0,15
0,040	0,54	0,43	0,90	0,88	0,30	0,75	0,50	0,10	0,70	0,85	0,61	0,45	0,30	0,50
0,100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,08	0,11	0,00	0,16	0,00	0,00
0,483	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,85	0,00	0,38	1,00	0,04	0,02	0,21	0,06
0,336	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,60	0,00	0,80	0,70	0,20	0,50	0,70	0,30
0,247	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,80	0,20	0,20	0,40	0,40	0,20
0,259	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01
B	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,03	0,02	0,00	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,41	0,00	0,18	0,48	0,02	0,01	0,10	0,03
E	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,20	0,00	0,27	0,24	0,07	0,17	0,24	0,10
F	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,05	0,00	0,20	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
lia	0,04	0,02	0,16	0,16	0,15	0,03	0,72	0,01	0,75	1,03	0,17	0,33	0,48	0,21



Tabela 7-35 - Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ES - Cenário 04.

Cálculos dos índices de Impactos Ambientais - ET - Cenário 04

Socioeconômico														
W	UHE Salto Pilão	PCH Salto Weissbach	CGH J, Grabowski	CGH J, Grabowski I	CGH Gunther Faller	CGH Tafona	PCH Estação Indaial	PCH Rio do Sul	PCH Apiúna	PCH Encano	PCH Subida 1	PCH Zimlich	PCH Ascurra	PCH Foz do Hercílio
0,222	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,23	0,06	0,12	0,03	0,00	0,00
0,062	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,41	0,21
0,527	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
0,190	0,90	0,00	0,98	0,98	0,99	0,98	0,00	0,92	0,91	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00
Impacto negativo por elemento de avaliação ponderado														
A	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00
B	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
D	0,17	0,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	0,17	0,17	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
lia	0,23	0,01	0,19	0,19	0,19	0,19	0,02	0,17	0,22	0,01	0,21	0,02	0,03	0,11



Após considerar as devidas interações e relativizações, o índice de impacto por aproveitamento foi submetido a uma análise, a fim de verificar o efeito cumulativo do conjunto de aproveitamentos por Alternativa, onde foi obtido o IAC (Índice de Impacto Negativo da Alternativa sobre o Componente-síntese), conforme apresentam as tabelas a seguir.

Os estudos realizados na etapa de diagnóstico devem levar a compartimentação espacial do quadro referencial de cada componente-síntese na área de estudo em subunidades, aqui denominadas sub-áreas, mediante a análise de suas características de similaridade ou diferenciação. As sub-áreas são definidas como recortes territoriais contínuos que apresentam relações e processos particulares que as distinguem das demais e que determinam sua relação com a dinâmica do componente-síntese na área de estudo como um todo.

A utilização deste procedimento metodológico permite obter a base para a identificação dos impactos de cada aproveitamento e de sua interação com os componentes-síntese em cada sub-área, bem como a visão do conjunto dos impactos dos aproveitamentos localizados em cada sub-área e daqueles que extrapolam os limites dessas áreas.

No caso deste estudo, pela similaridade da área onde ficam (relevo, geologia, hidrogeologia, fauna e flora, atividades econômicas e sociais) foi considerado apenas uma área.



Tabela 7-36 - Cálculo da Cumulatividade dos Impactos por Cenário - EA.

Usinas	Ecossistema Aquáticos									
	Cenário 00		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03		Cenário 04	
	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia
UHE Salto Pilão	I	0,47	I	0,47	I	0,47	I	0,47	I	0,47
PCH Salto Weissbach	II	0,21	II	0,21	II	0,21	II	0,21	II	0,21
CGH J. Grabowski	III		III	0,20	III	0,20	III	0,20	III	0,20
CGH J. Grabowski I	IV		IV	0,20	IV	0,20	IV	0,20	IV	0,20
CGH Gunther Faller	V		V	0,29	V	0,29	V	0,29	V	0,29
CGH Tafona	VI		VI	0,10	VI	0,10	VI	0,10	VI	0,10
PCH Estação Indaial	VII		VII		VII	0,03	VII	0,03	VII	0,03
PCH Rio do Sul	VIII		VIII		VIII	0,02	VIII	0,02	VIII	0,02
PCH Apiúna	IX		IX		IX		IX	0,29	IX	0,29
PCH Encano	X		X		X		X	0,01	X	0,01
PCH Subida 1	XI		XI		XI		XI	0,27	XI	0,27
PCH Zimlich	XII		XII		XII		XII	0,04	XII	0,04
PCH Ascurra	XIII		XIII		XIII		XIII		XIII	0,09
PCH Foz do Hercílio	XIV		XIV		XIV		XIV		XIV	0,03
$I_{SA}^C(j)$		0,58		0,83		0,84		0,92		0,93
$I_{SA}^C(j) * P(j)$		0,58		0,83		0,84		0,92		0,93
IAC		0,58		0,83		0,84		0,92		0,93



Tabela 7-37 - Cálculo da Cumulatividade dos Impactos por Cenário - ET.

Usinas	Ecossistema Terrestre									
	Cenário 00		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03		Cenário 04	
	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia
UHE Salto Pilão	I	0,04	I	0,04	I	0,04	I	0,04	I	0,04
PCH Salto Weissbach	II	0,02	II	0,02	II	0,02	II	0,02	II	0,02
CGH J. Grabowski	III		III	0,16	III	0,16	III	0,16	III	0,16
CGH J. Grabowski I	IV		IV	0,16	IV	0,16	IV	0,16	IV	0,16
CGH Gunther Faller	V		V	0,15	V	0,15	V	0,15	V	0,15
CGH Tafona	VI		VI	0,03	VI	0,03	VI	0,03	VI	0,03
PCH Estação Indaial	VII		VII		VII	0,72	VII	0,72	VII	0,72
PCH Rio do Sul	VIII		VIII		VIII	0,01	VIII	0,01	VIII	0,01
PCH Apiúna	IX		IX		IX		IX	0,75	IX	0,75
PCH Encano	X		X		X		X	1,03	X	1,03
PCH Subida 1	XI		XI		XI		XI	0,17	XI	0,17
PCH Zimlich	XII		XII		XII		XII	0,33	XII	0,33
PCH Ascurra	XIII		XIII		XIII		XIII		XIII	0,48
PCH Foz do Hercílio	XIV		XIV		XIV		XIV		XIV	0,21
$I_{SA}^C(j)$		0,06		0,45		0,85		1,00		1,00
$I_{SA}^C(j) * P(j)$		0,06		0,45		0,85		1,00		1,00
IAC		0,06		0,45		0,85		1,00		1,00



Tabela 7-38 - Cálculo da Cumulatividade dos Impactos por Cenário - ES.

Usinas	Socioeconômico									
	Cenário 00		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03		Cenário 04	
	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia	AHE	lia
UHE Salto Pilão	I	0,23	I	0,23	I	0,23	I	0,23	I	0,23
PCH Salto Weissbach	II	0,01	II	0,01	II	0,01	II	0,01	II	0,01
CGH J. Grabowski	III		III	0,19	III	0,19	III	0,19	III	0,19
CGH J. Grabowski I	IV		IV	0,19	IV	0,19	IV	0,19	IV	0,19
CGH Gunther Faller	V		V	0,19	V	0,19	V	0,19	V	0,19
CGH Tafona	VI		VI	0,19	VI	0,19	VI	0,19	VI	0,19
PCH Estação Indaial	VII		VII		VII	0,02	VII	0,02	VII	0,02
PCH Rio do Sul	VIII		VIII		VIII	0,17	VIII	0,17	VIII	0,17
PCH Apiúna	IX		IX		IX		IX	0,22	IX	0,22
PCH Encano	X		X		X		X	0,01	X	0,01
PCH Subida 1	XI		XI		XI		XI	0,21	XI	0,21
PCH Zimlich	XII		XII		XII		XII	0,02	XII	0,02
PCH Ascurra	XIII		XIII		XIII		XIII		XIII	0,03
PCH Foz do Hercílio	XIV		XIV		XIV		XIV		XIV	0,11
$I_{SA}^C(j)$		0,24		0,67		0,73		0,84		0,86
$I_{SA}^C(j) * P(j)$		0,24		0,67		0,73		0,84		0,86
IAC		0,24		0,67		0,73		0,84		0,86



Tabela 7-39 - Resumo dos Índices Ambientais Cumulativos - IAC.

IA - Componentes-Síntese	Cenário 00	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03	Cenário 04
Aquático	0,388	0,553	0,558	0,612	0,618
Terrestre	0,013	0,098	0,184	0,218	0,218
Socioeconômico	0,028	0,078	0,086	0,098	0,101
IA	0,429	0,729	0,828	0,929	0,937

Tabela 7-40 - Índices Ambientais FINAIS (IA) por Cenário Ponderados pelo ISA (W).

IA - Componentes-Síntese	W (ISA)	Cenário 00	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03	Cenário 04
Aquático	0,665	0,388	0,553	0,558	0,612	0,618
Terrestre	0,218	0,013	0,098	0,184	0,218	0,218
Socioeconômico	0,117	0,028	0,078	0,086	0,098	0,101
IA	1,000	0,429	0,729	0,828	0,929	0,937

Salienta-se que este método é para comparação e escolha de alternativas no Inventário Hidroenergético, porém utilizado na AIBH não como forma excludente de cenários temporais, mas para ser noção da cumulatividade dos impactos de implantação de todos possíveis AHEs.

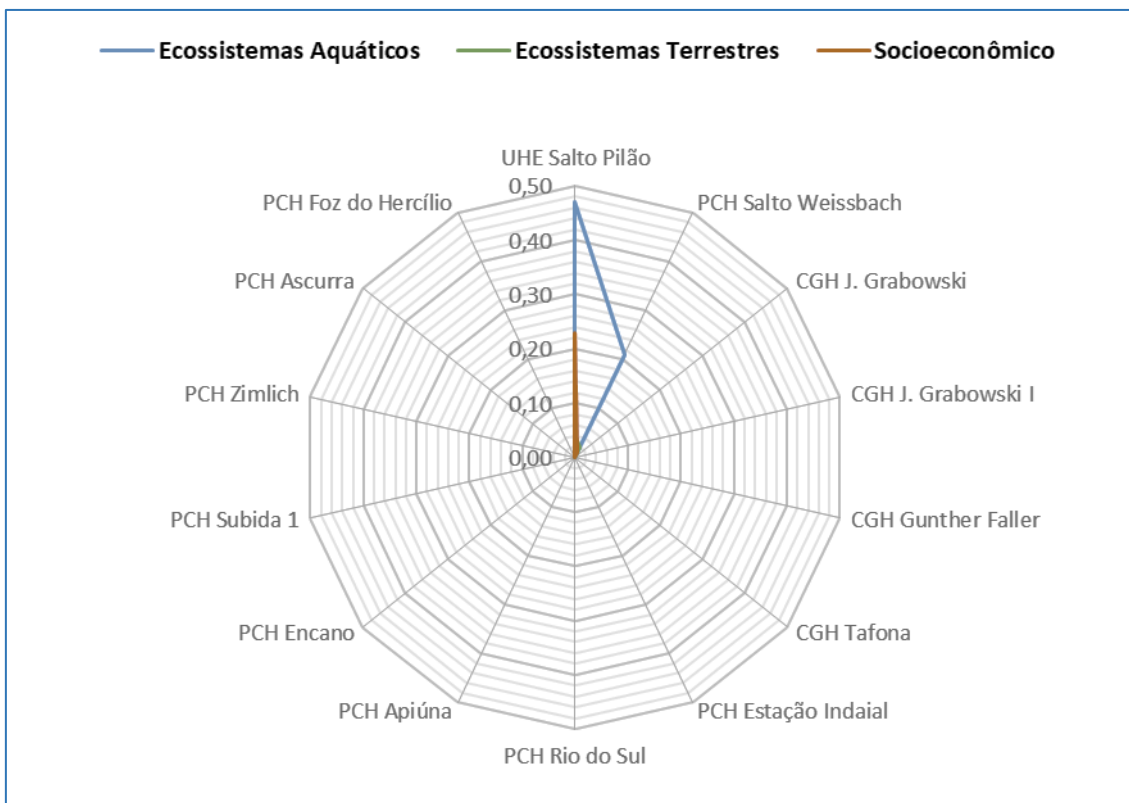
Ainda sobre os cenários de análise, foram desenvolvidos gráficos radiais com todos as usinas e todos os ecossistemas, individualizando os cenários, de modo a representar os aspectos que mais influenciam os ambientes analisados.

No cenário zero, no qual apresentam apenas a atualidade da bacia, com duas usinas em operação, não foi possível avaliar o ecossistema terrestre, sobretudo os impactos na vegetação, sobretudo para a PCH Salto Weissbach, onde seu processo de implantação é de 1916 (Celesc, Geração).

Dos elementos possíveis de analisar, o ecossistema aquático está em evidência, conforme apresentado na Figura 7-2 a seguir e Mapa 4, Mapa 5 e Mapa 6.



Figura 7-2- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 00.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S

26°36'S

26°57'S

27°18'S

27°39'S

26°15'S

26°36'S

26°57'S

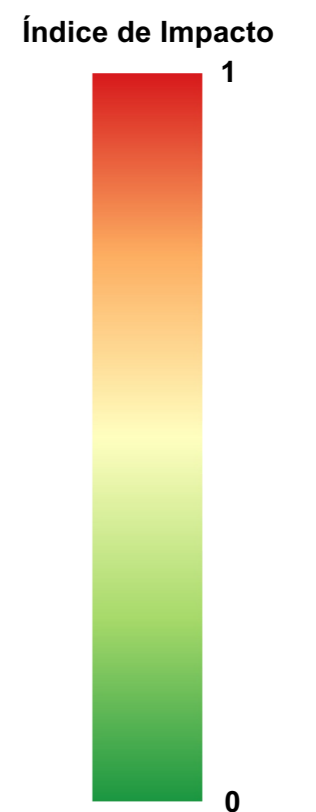
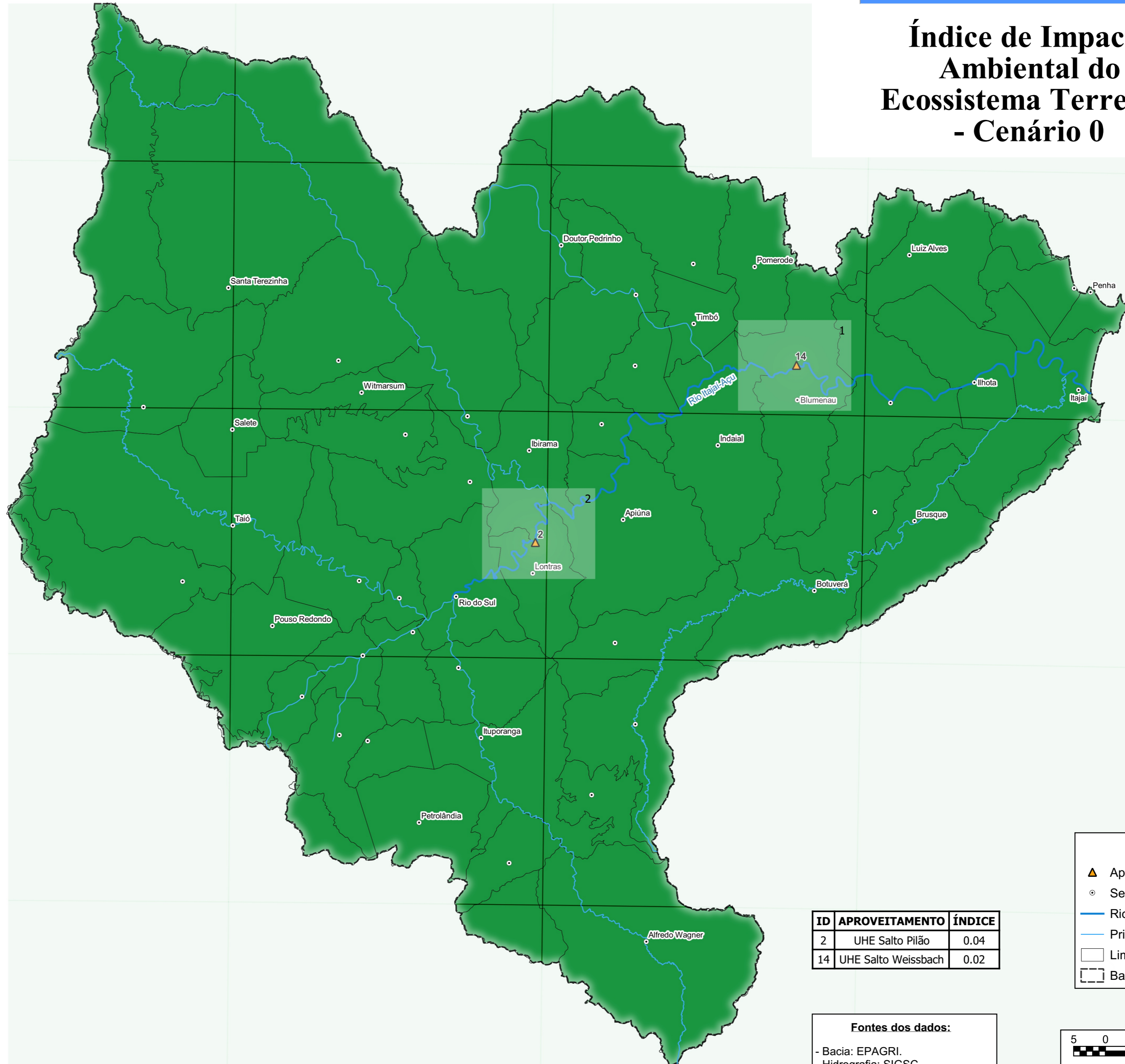
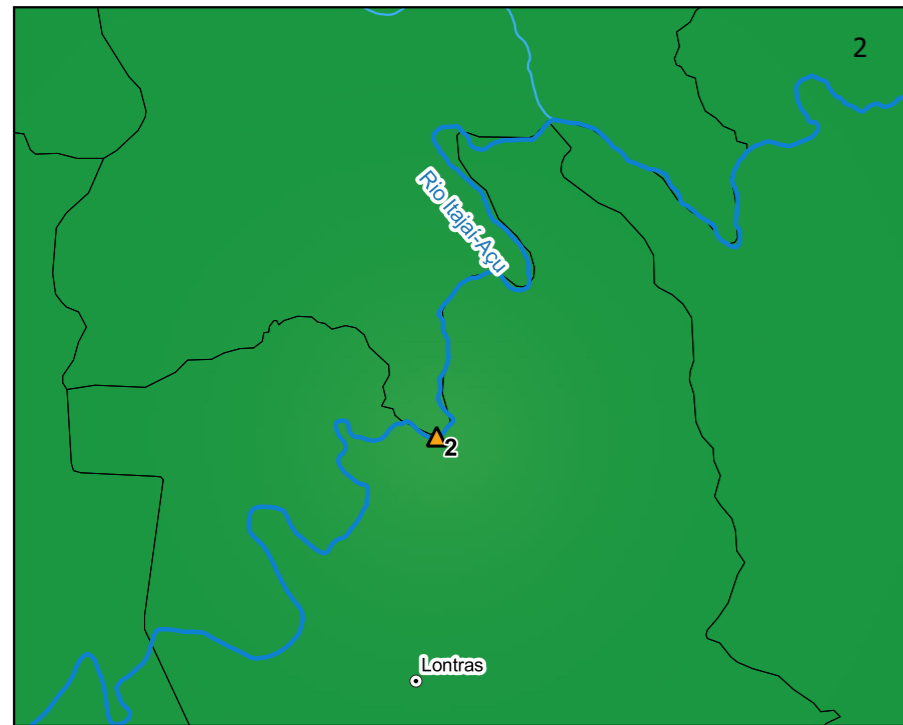
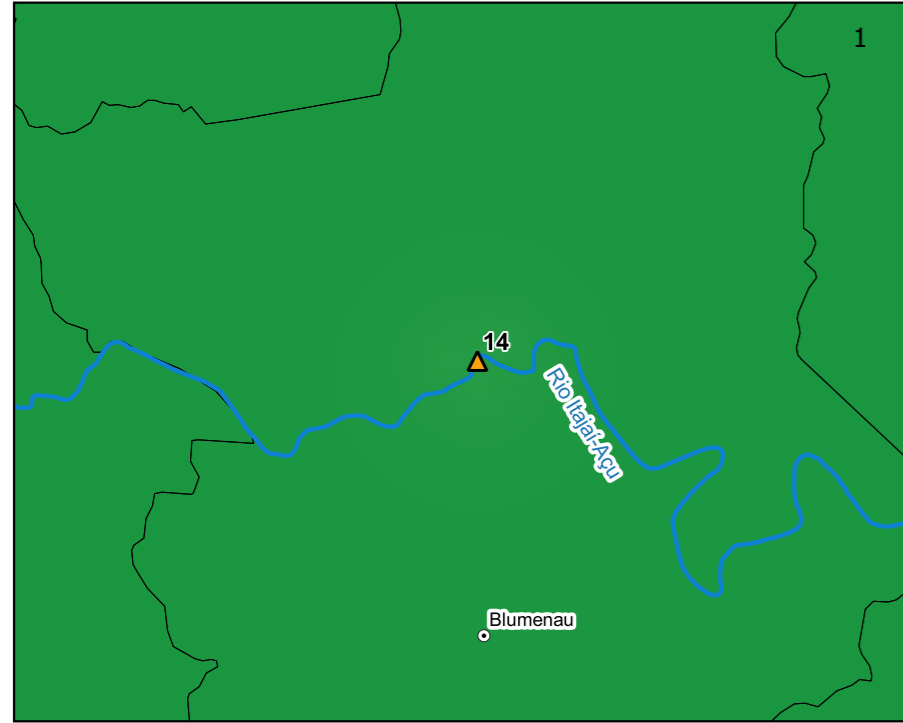
27°18'S

27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 0

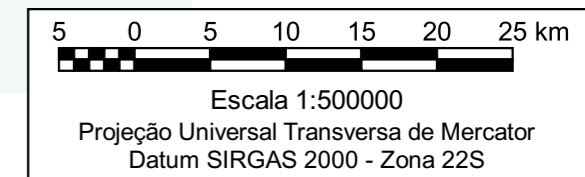


ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
2	UHE Salto Pilão	0.04
14	UHE Salto Weissbach	0.02

- Legenda**
- Aproveitamentos hidrelétricos
 - Sedes municipais
 - Rio Itajaí-Açu
 - Principais afluentes
 - Limites municipais
 - Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

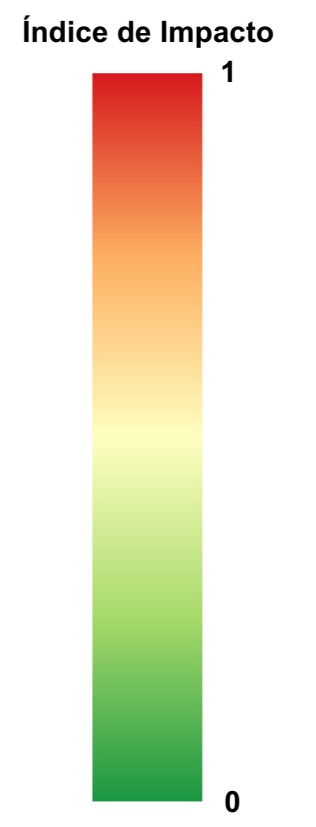
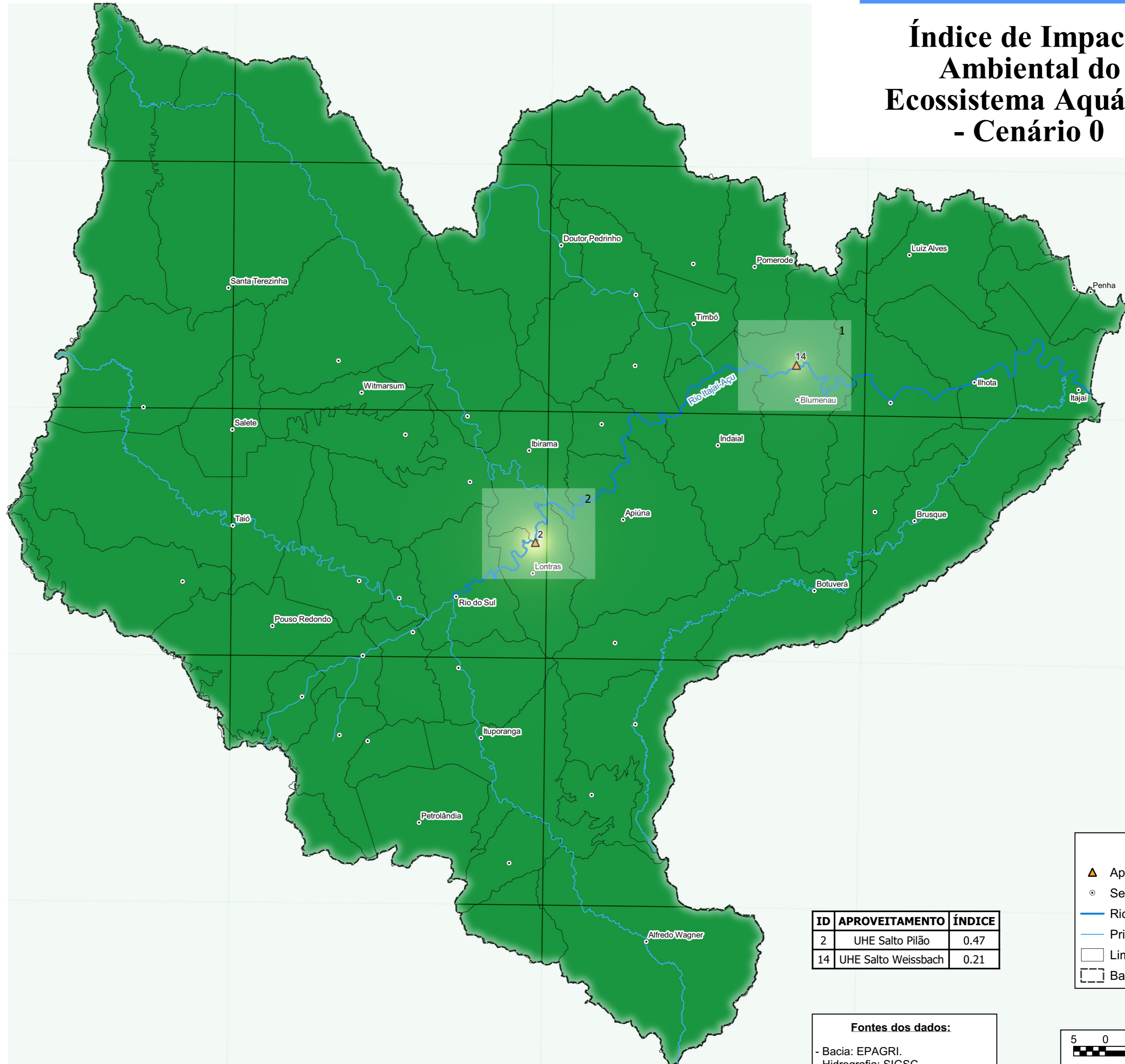
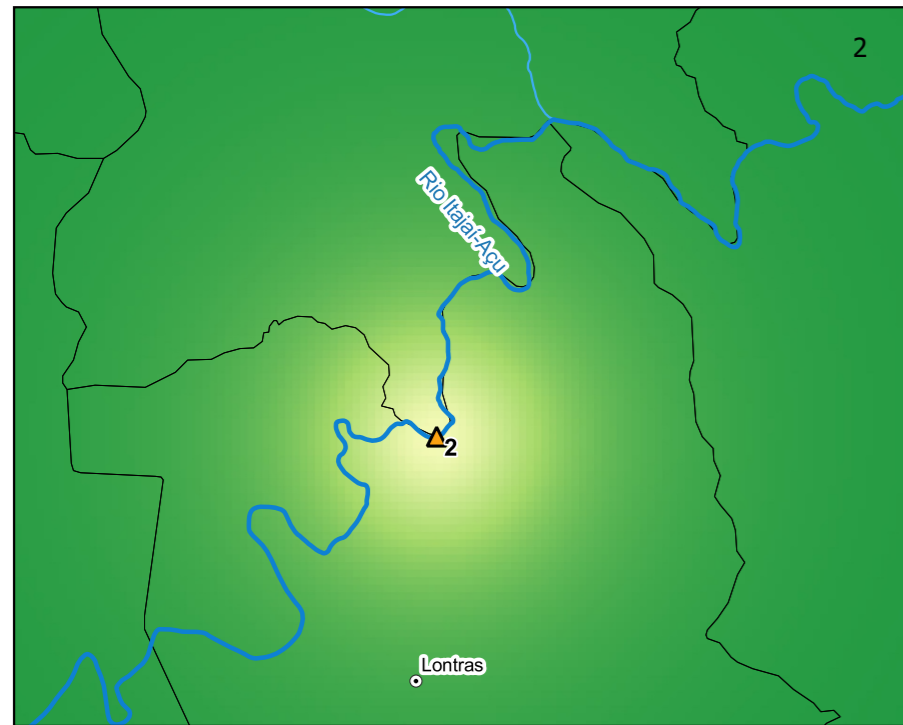
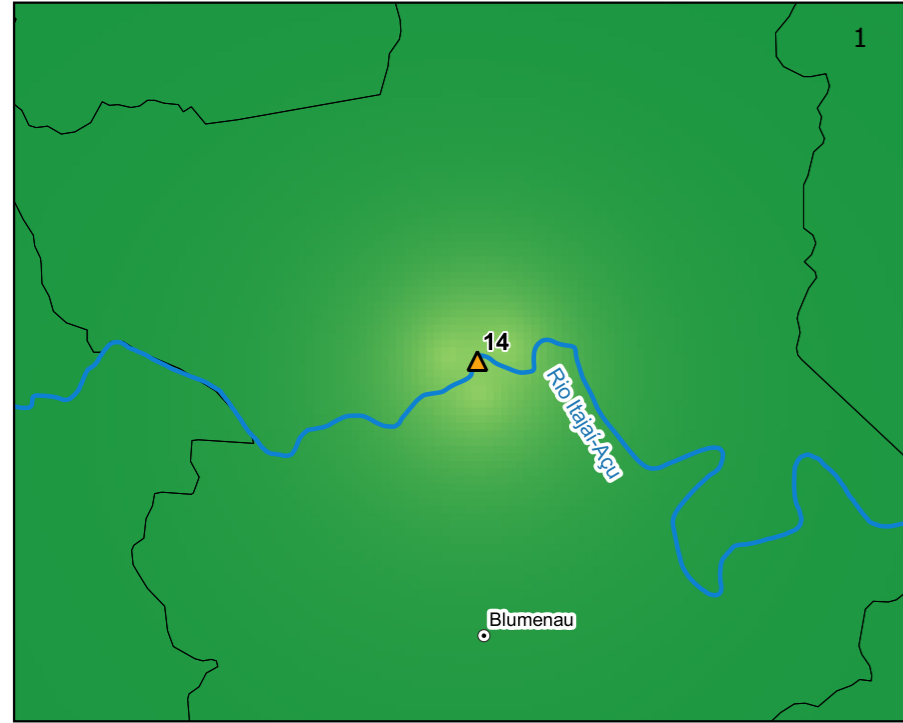
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecosistema Aquático - Cenário 0

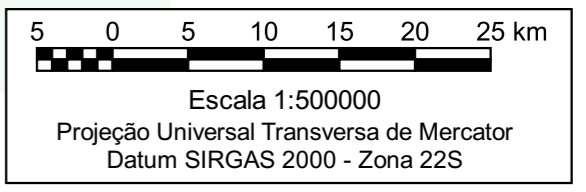


ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
2	UHE Salto Pilão	0.47
14	UHE Salto Weissbach	0.21

- Legenda**
- Aproveitamentos hidrelétricos
 - Sedes municipais
 - Rio Itajaí-Açu
 - Principais afluentes
 - Limites municipais
 - Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S

26°36'S

26°57'S

27°18'S

27°39'S

26°15'S

26°36'S

26°57'S

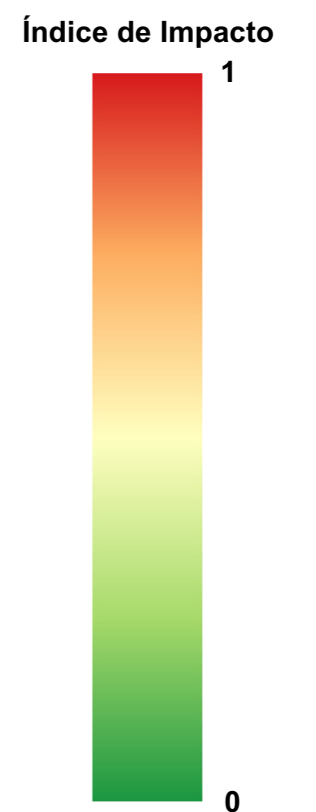
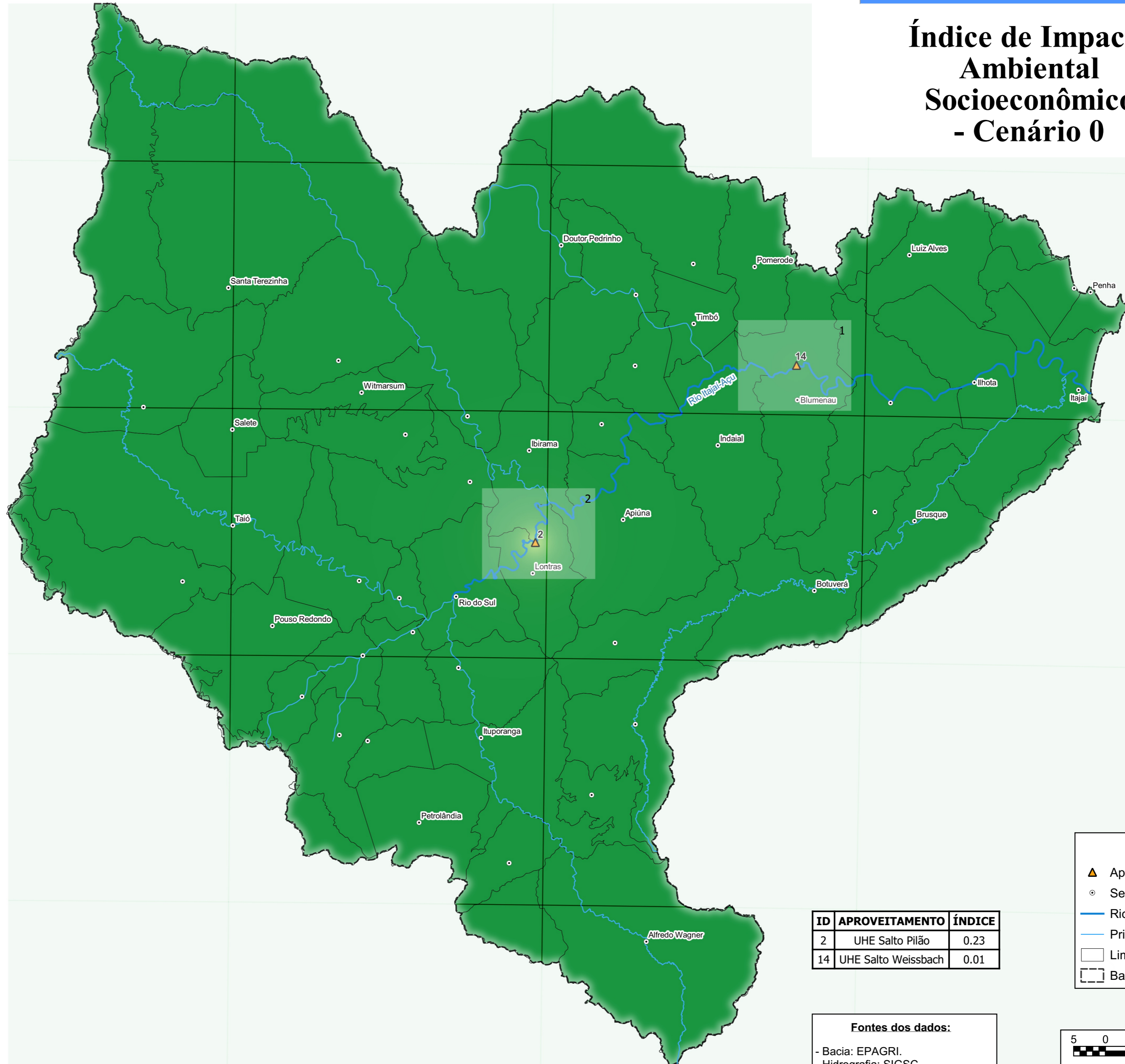
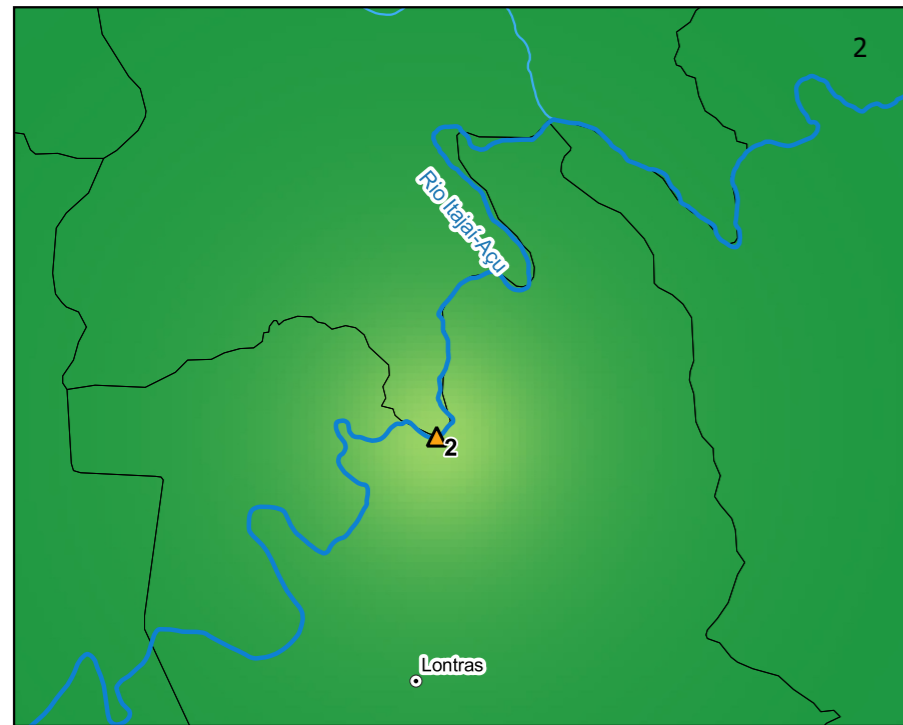
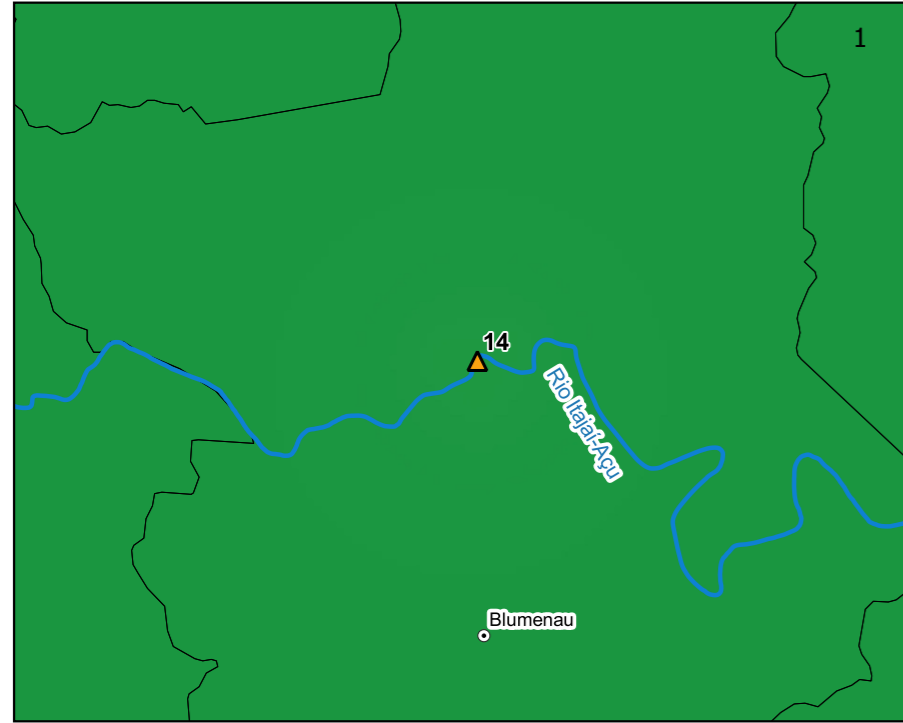
27°18'S

27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 0

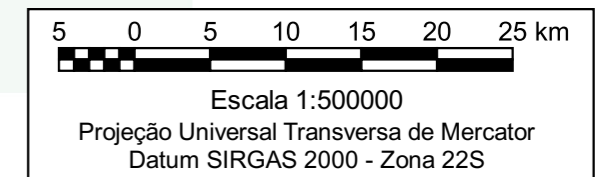


ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
2	UHE Salto Pião	0.23
14	UHE Salto Weissbach	0.01

- Legenda**
- ▲ Aproveitamentos hidrelétricos
 - Sedes municipais
 - Rio Itajaí-Açu
 - Principais afluentes
 - Limites municipais
 - Bacía do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacía: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

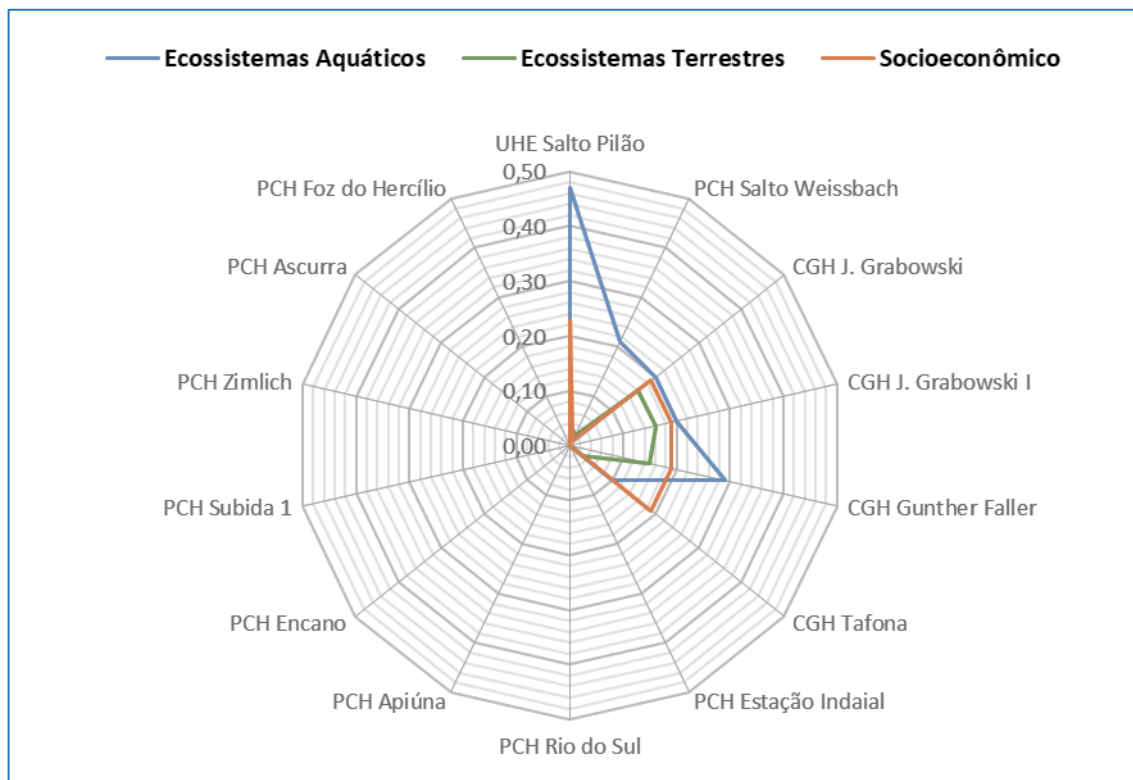
49°0'W

48°30'W



Na análise do cenário 01, apresentado na Figura 7-3 a seguir, é possível observar que o ecossistema aquático ainda está em evidência, entretanto, dentro do índice já avaliado no cenário atual.

Figura 7-3- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 01.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S

26°36'S

26°57'S

27°18'S

27°39'S

26°15'S

26°36'S

26°57'S

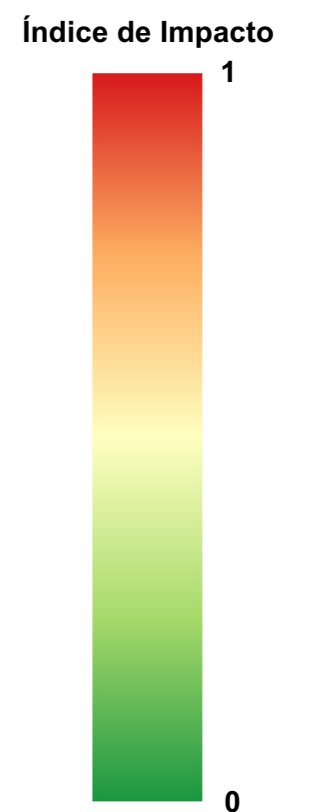
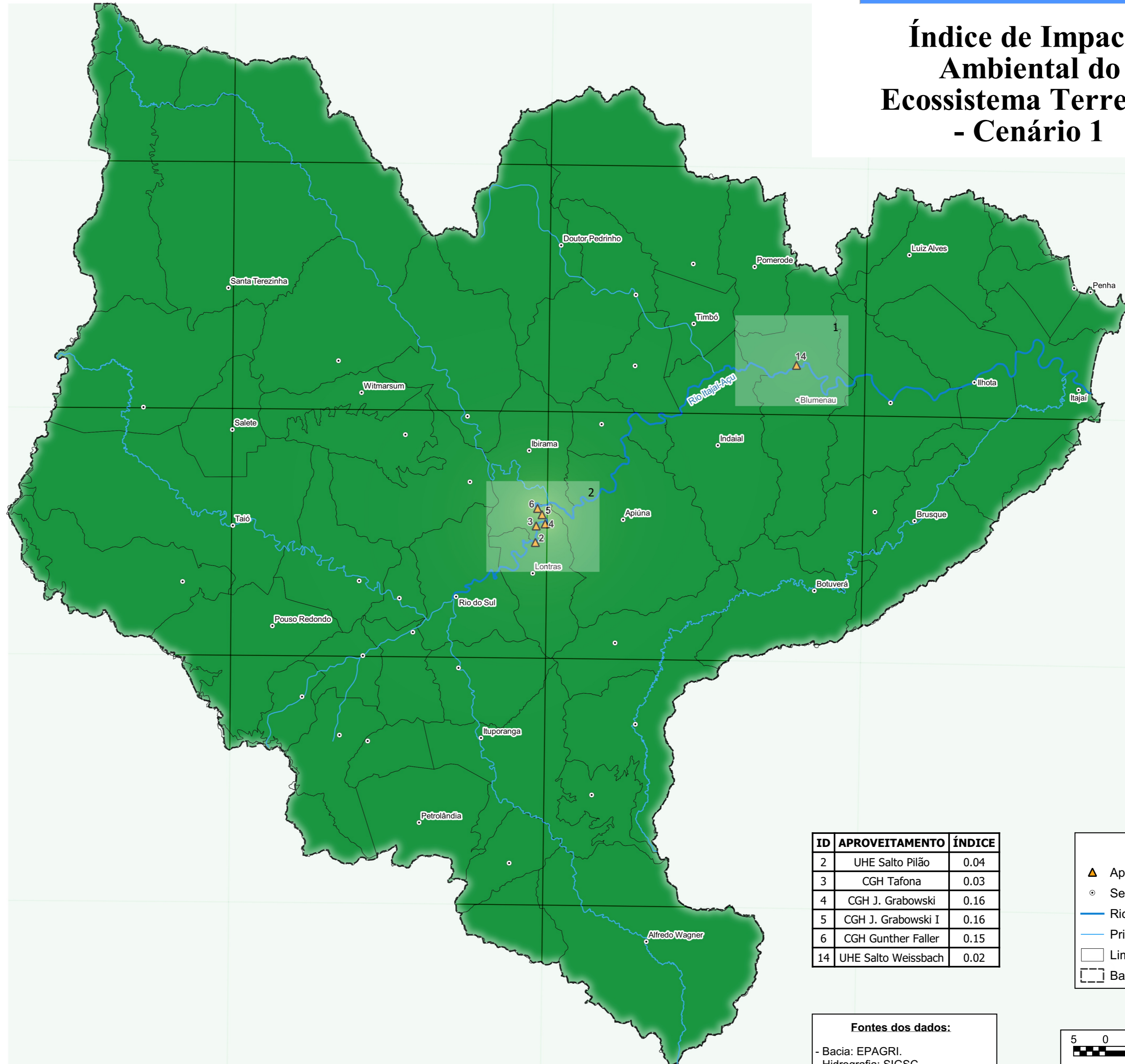
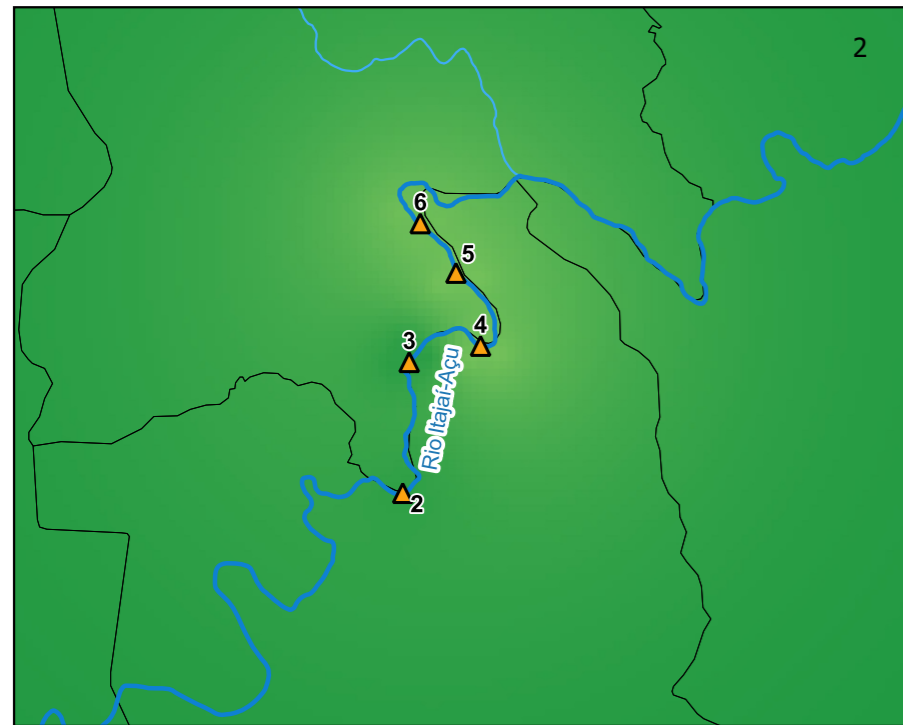
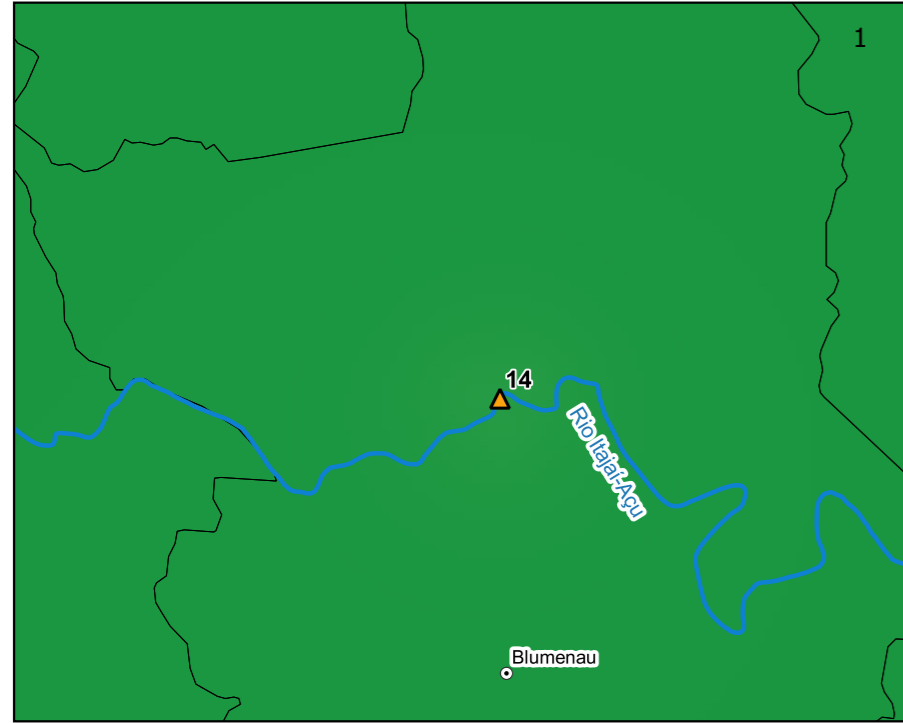
27°18'S

27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

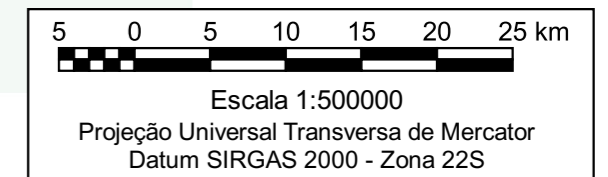
Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 1



ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
2	UHE Salto Pilão	0.04
3	CGH Tafona	0.03
4	CGH J. Grabowski	0.16
5	CGH J. Grabowski I	0.16
6	CGH Gunther Faller	0.15
14	UHE Salto Weissbach	0.02

Legenda	
	Aproveitamentos hidrelétricos
	Sedes municipais
	Rio Itajaí-Açu
	Principais afluentes
	Limites municipais
	Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:
 - Bacia: EPAGRI.
 - Hidrografia: SIGSC.
 - Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

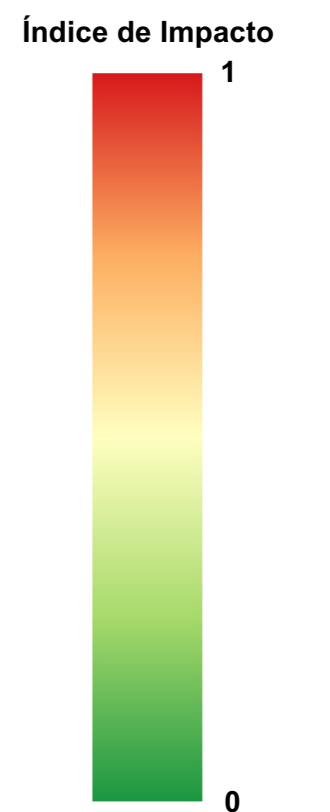
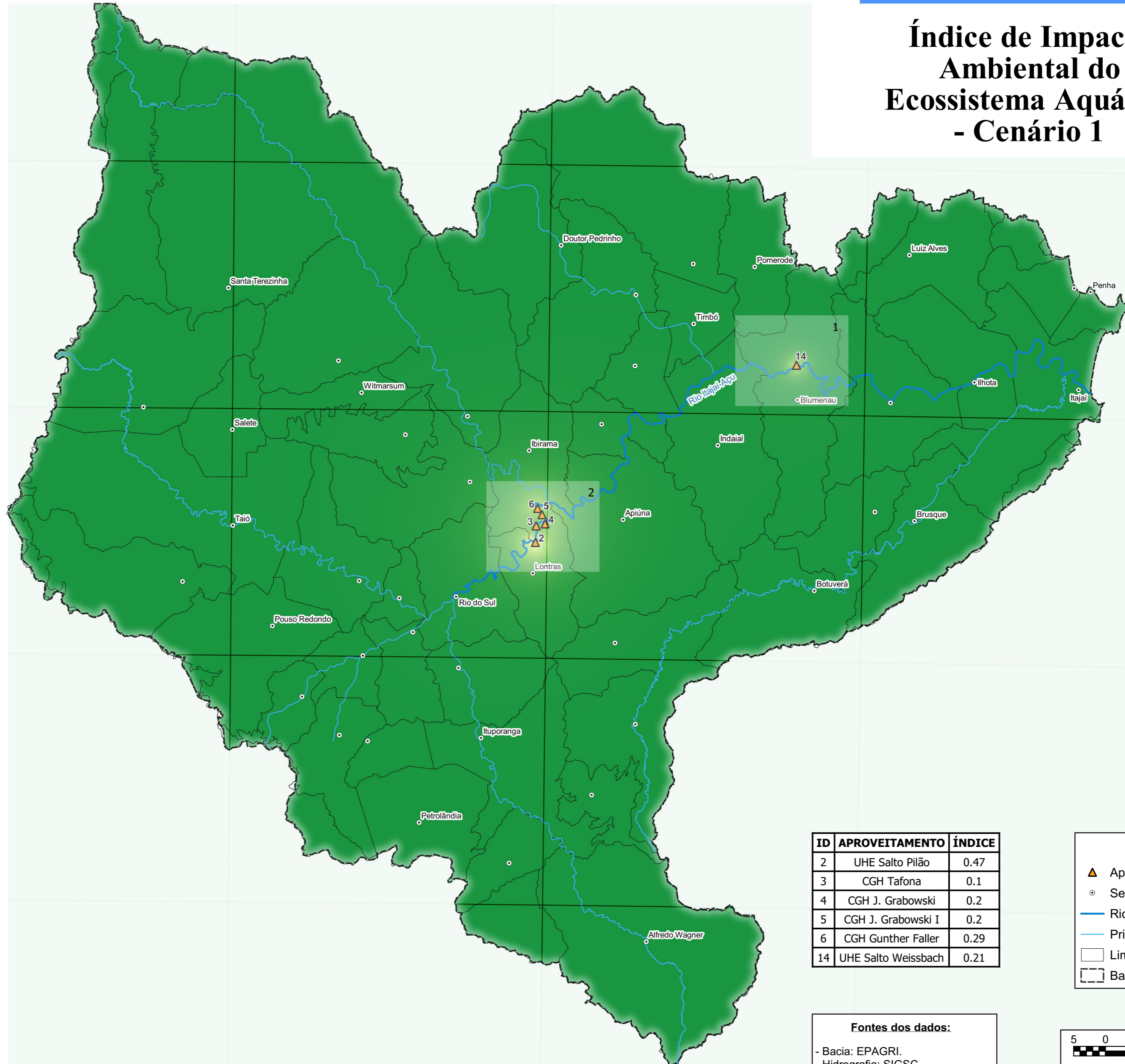
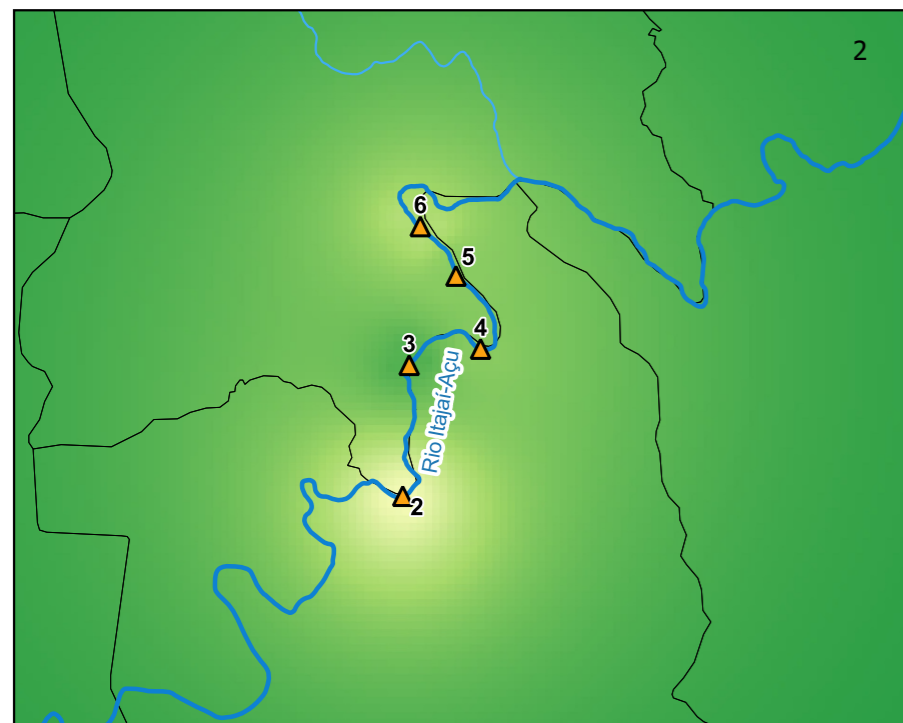
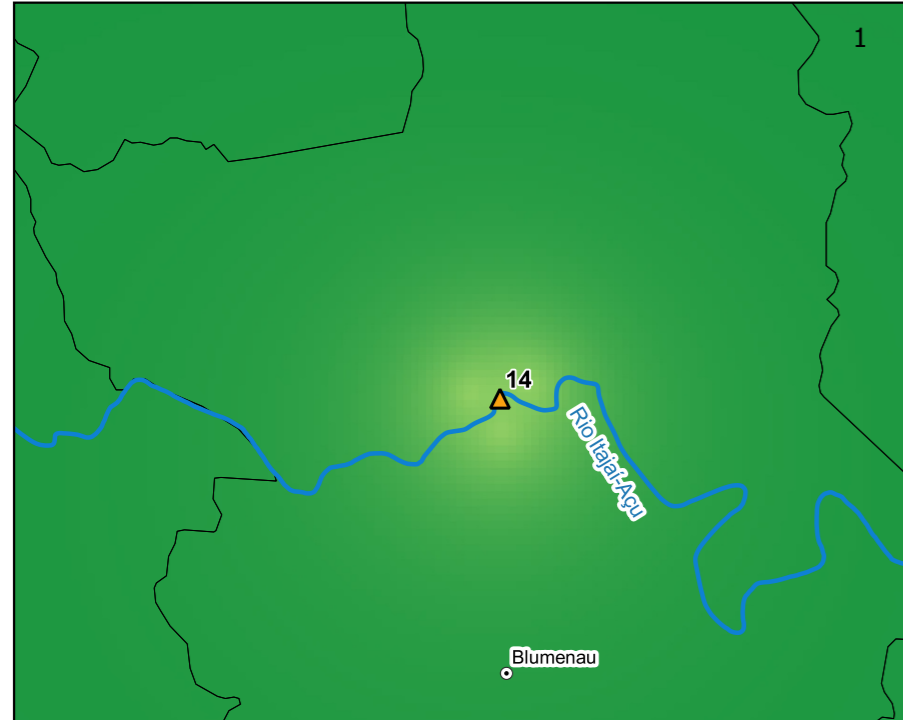
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

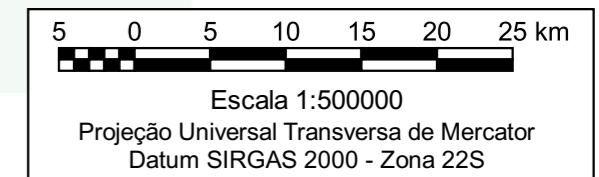
Índice de Impacto Ambiental do Ecosistema Aquático - Cenário 1



ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
2	UHE Salto Pilão	0.47
3	CGH Tafona	0.1
4	CGH J. Grabowski	0.2
5	CGH J. Grabowski I	0.2
6	CGH Gunther Faller	0.29
14	UHE Salto Weissbach	0.21

Legenda	
	Aproveitamentos hidrelétricos
	Sedes municipais
	Rio Itajaí-Açu
	Principais afluentes
	Limites municipais
	Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:
 - Bacia: EPAGRI.
 - Hidrografia: SIGSC.
 - Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

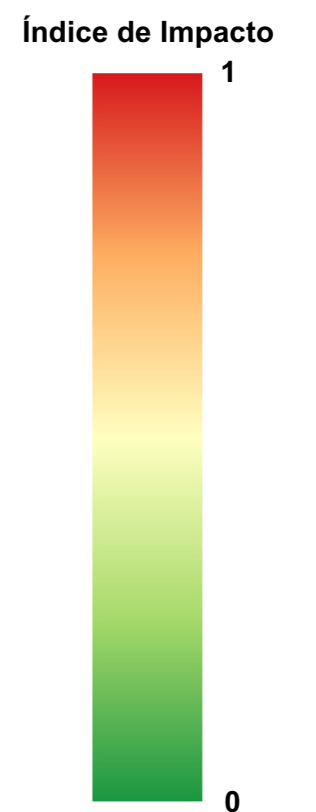
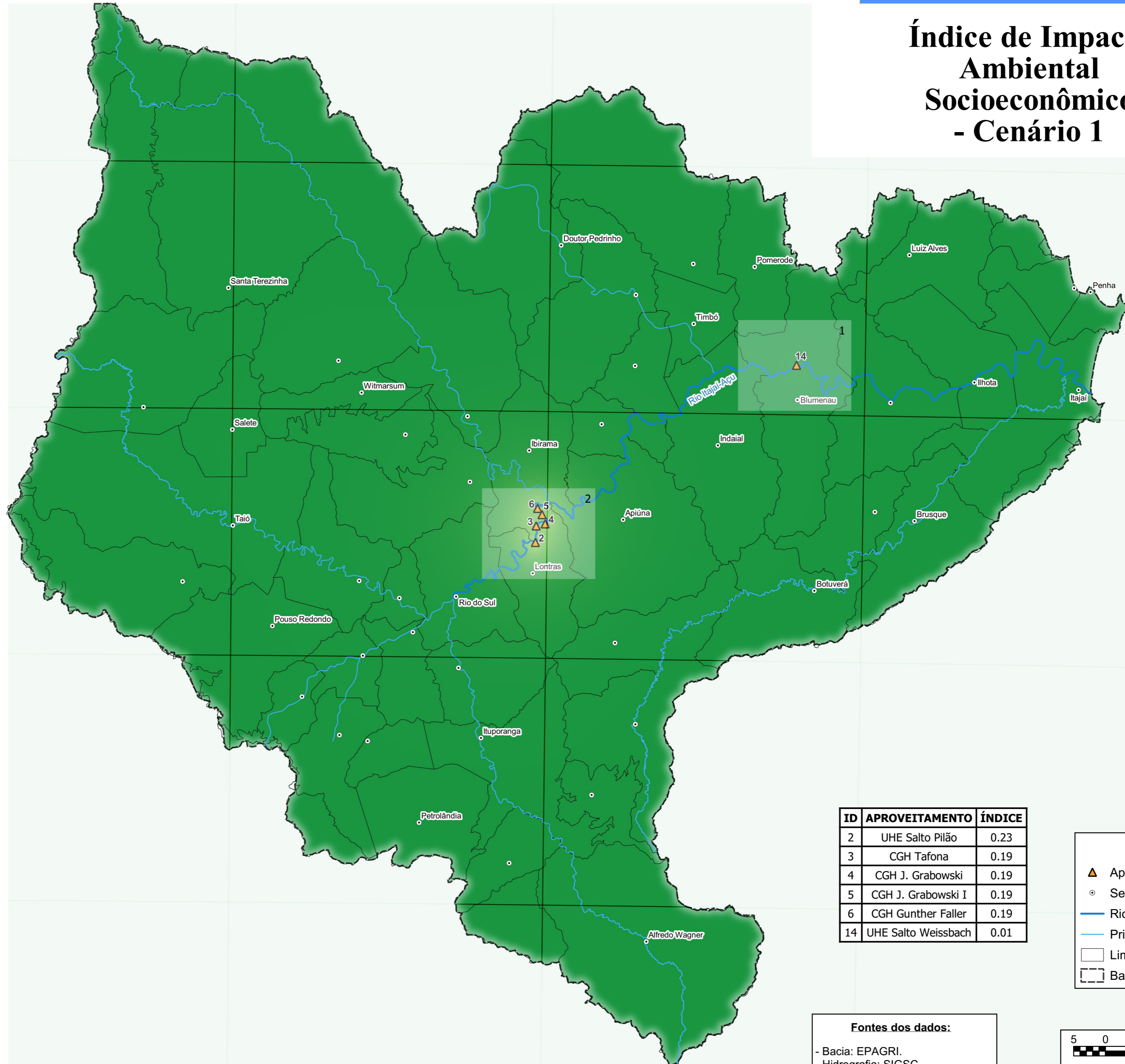
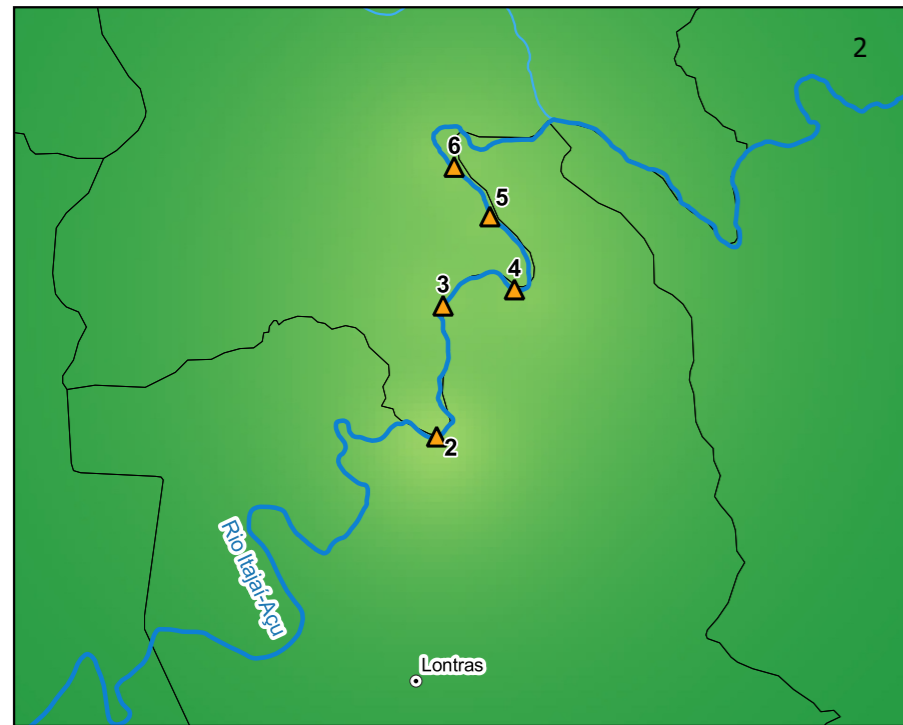
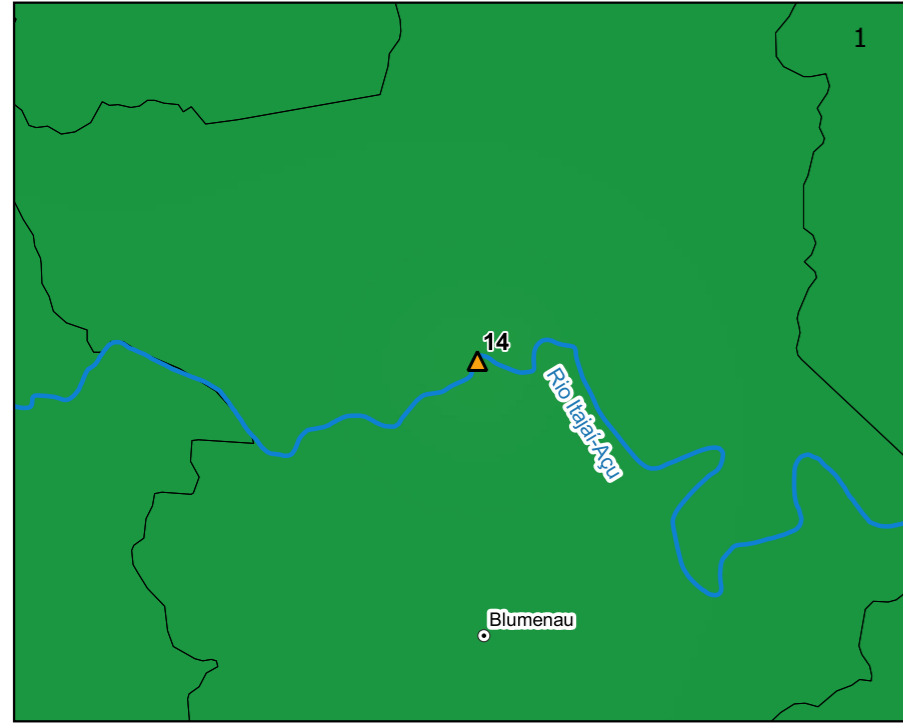
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 1

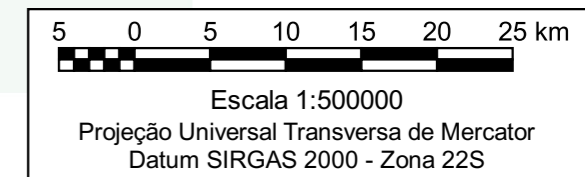


ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
2	UHE Salto Pilão	0.23
3	CGH Tafona	0.19
4	CGH J. Grabowski	0.19
5	CGH J. Grabowski I	0.19
6	CGH Gunther Faller	0.19
14	UHE Salto Weissbach	0.01

- Legenda**
- ▲ Aproveitamentos hidrelétricos
 - Sedes municipais
 - Rio Itajaí-Açu
 - Principais afluentes
 - Limites municipais
 - Bacía do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacía: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

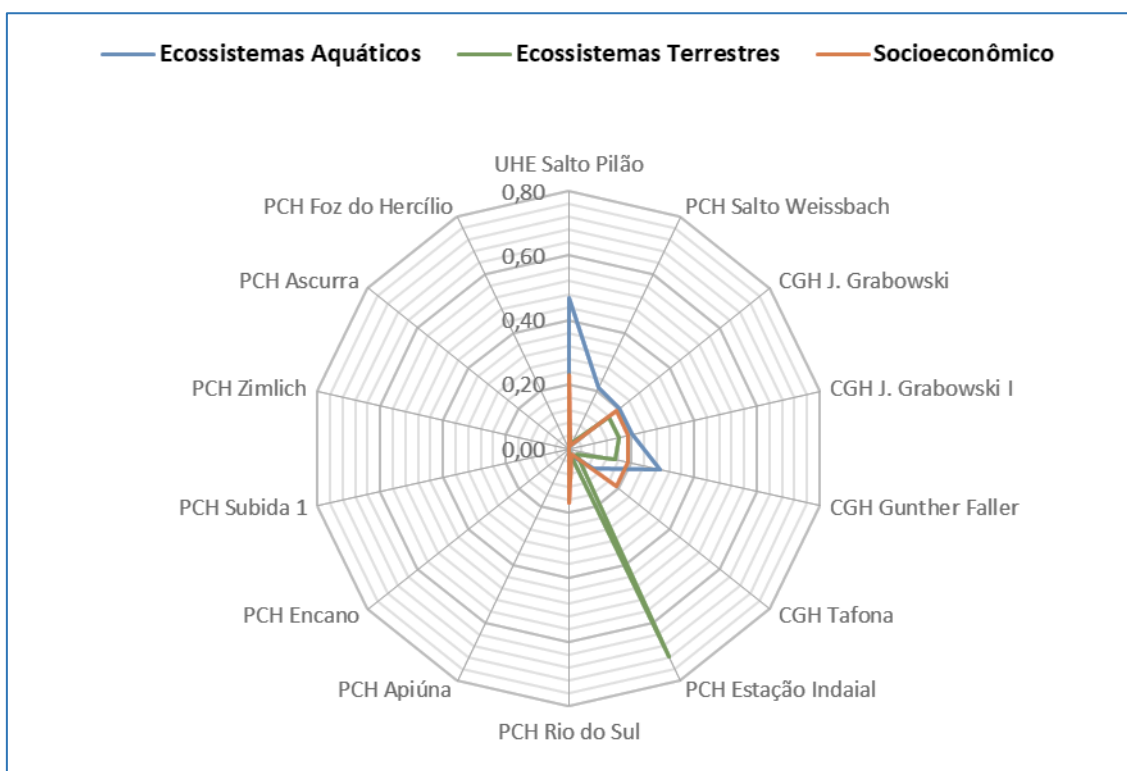
26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S



Na análise do cenário 02, apresentado na Figura 7-4 a seguir, incluindo a PCH Rio Estação Indaial, a sobreposição se dá com o ecossistema terrestre, uma vez que a usina que essa usina prevê a formação de reservatório. Todavia, conforme pode ser observado, essas usinas onde já possuem viabilidade ambiental aprovada pelo IMA com a obtenção da LAP, não sobrepõe os impactos do ecossistema aquático ao já inserido na bacia, bem como impactam em menor proporção a socioeconomia.

Figura 7-4- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 02.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

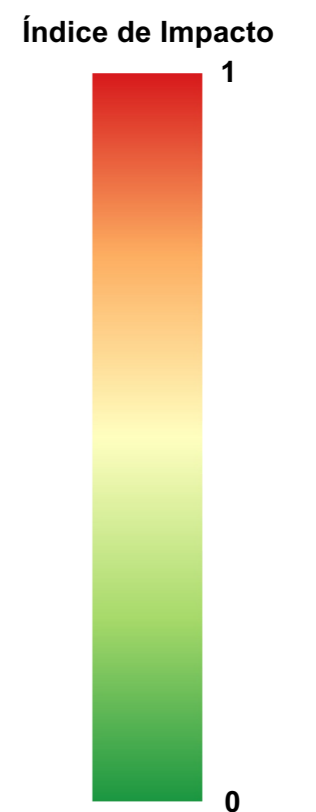
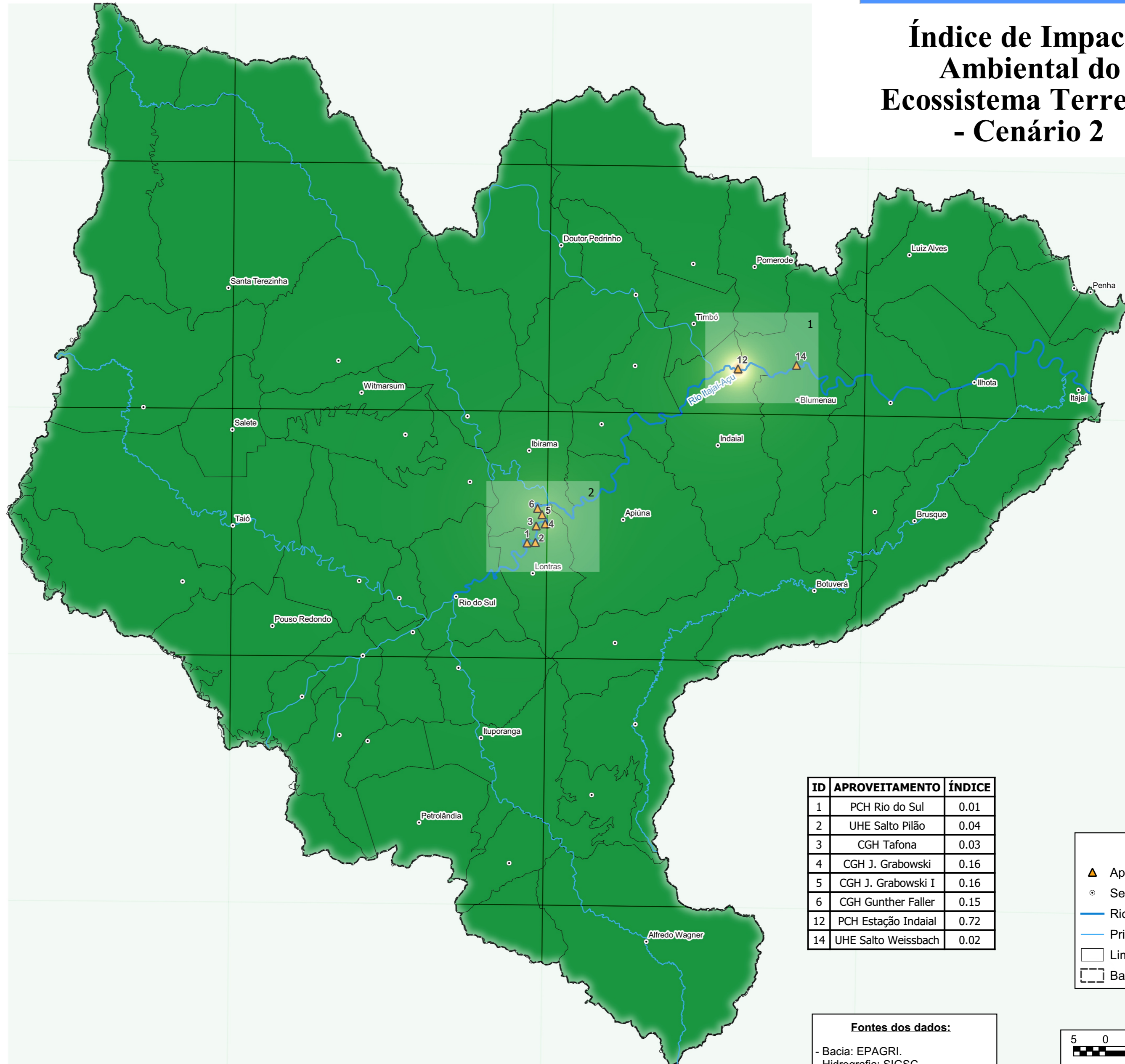
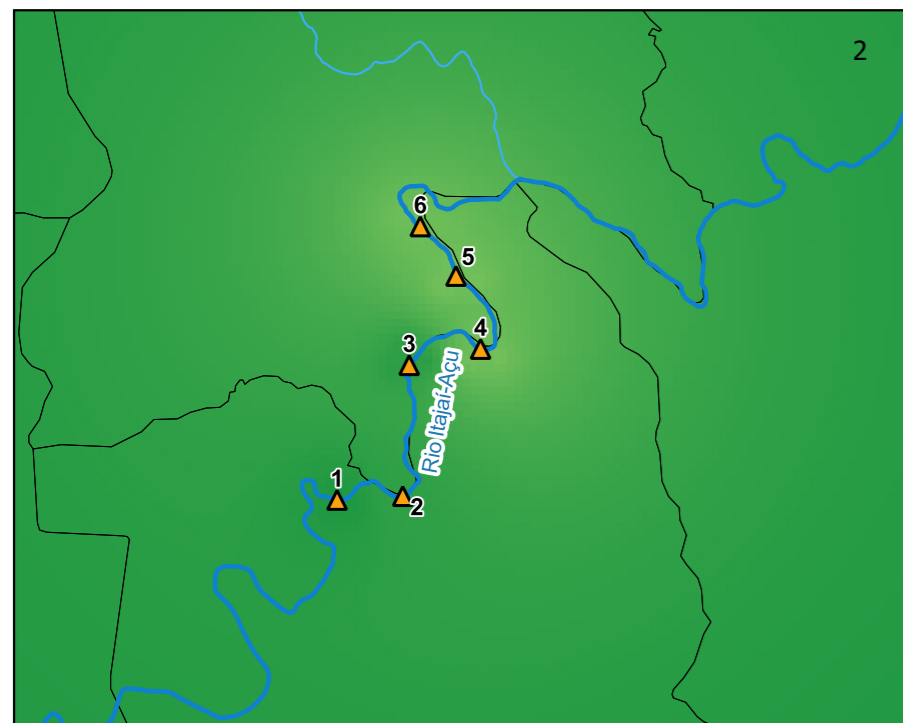
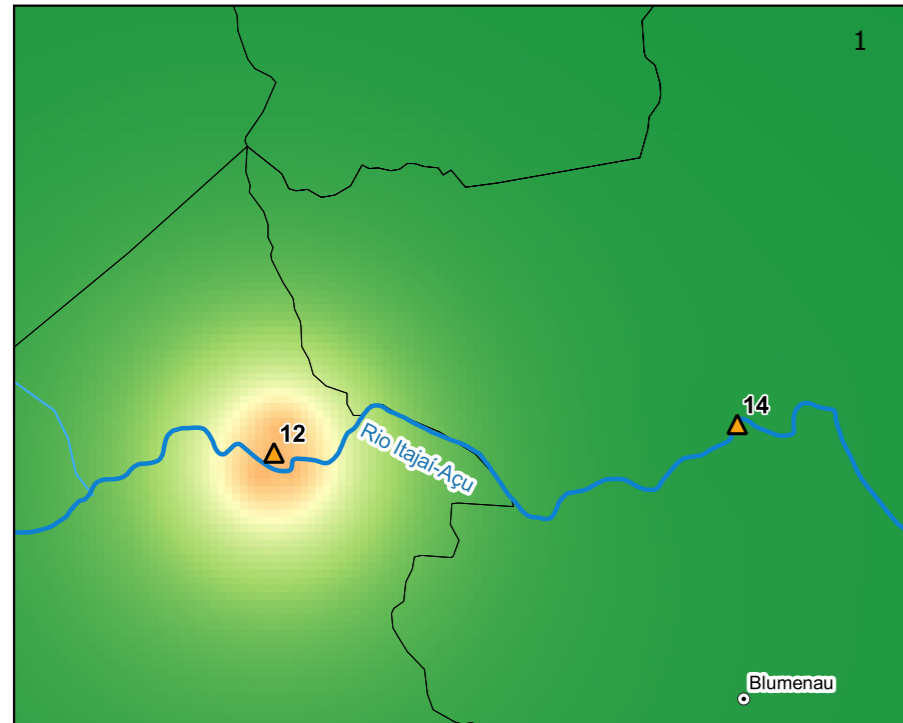
26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 2



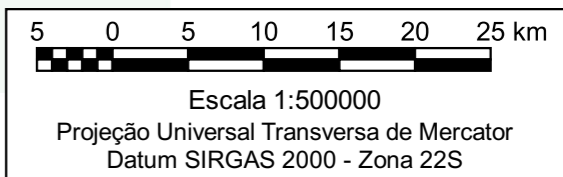
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
1	PCH Rio do Sul	0.01
2	UHE Salto Pilão	0.04
3	CGH Tafona	0.03
4	CGH J. Grabowski	0.16
5	CGH J. Grabowski I	0.16
6	CGH Gunther Faller	0.15
12	PCH Estação Indaial	0.72
14	UHE Salto Weissbach	0.02

Legenda

- ▲ Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacía do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacía: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

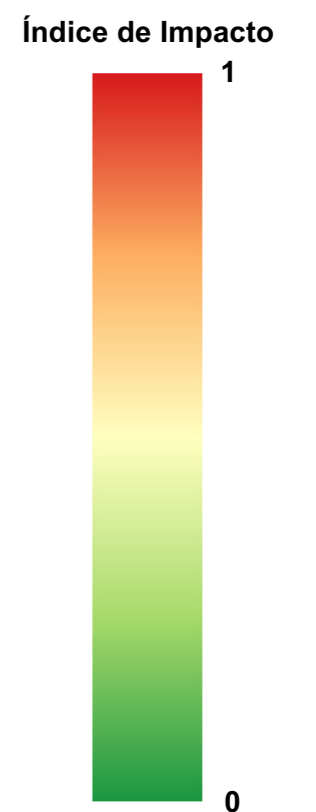
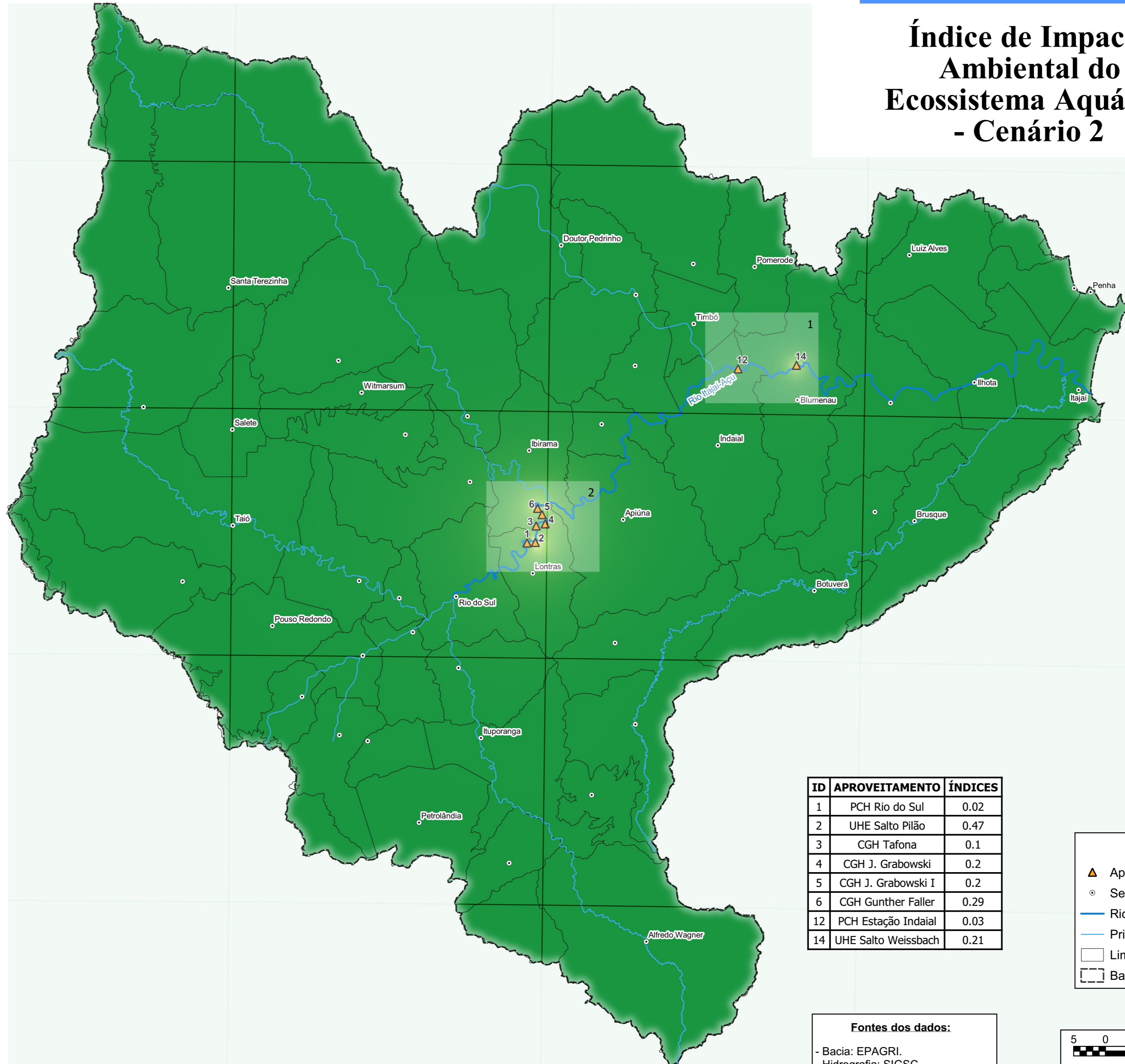
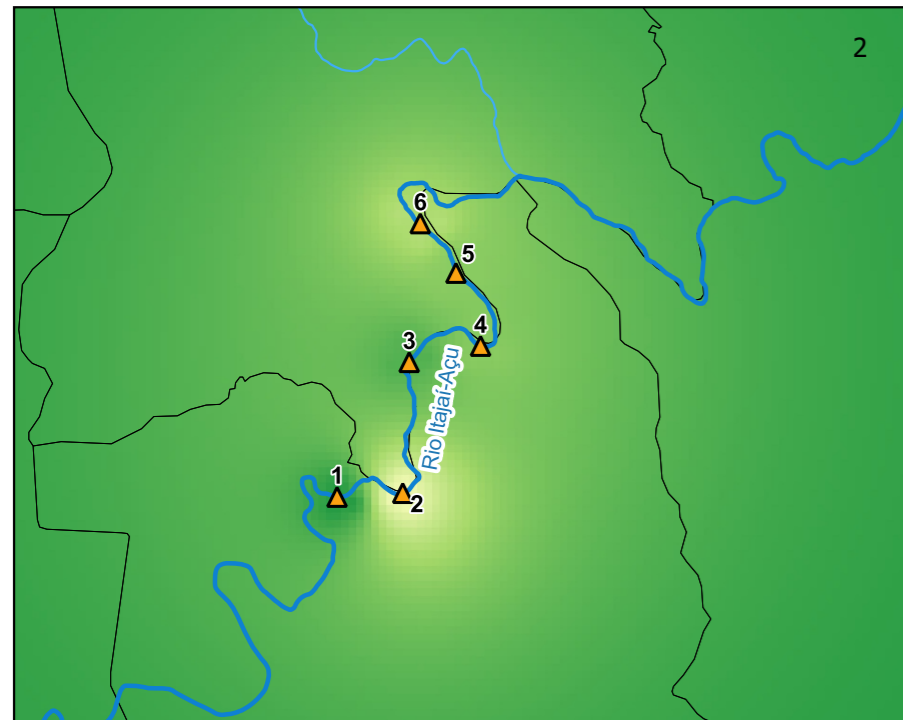
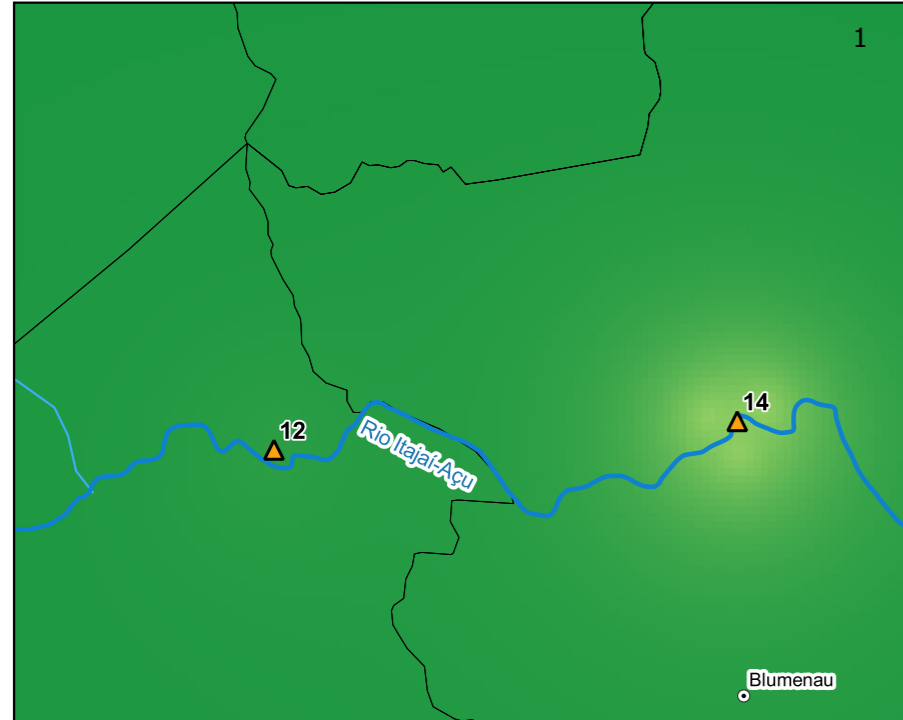
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecosistema Aquático - Cenário 2



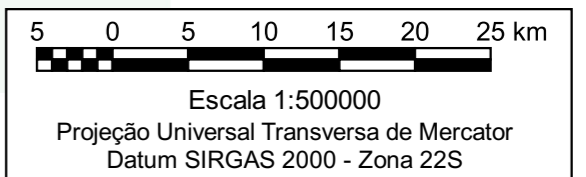
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICES
1	PCH Rio do Sul	0.02
2	UHE Salto Pilão	0.47
3	CGH Tafona	0.1
4	CGH J. Grabowski	0.2
5	CGH J. Grabowski I	0.2
6	CGH Gunther Faller	0.29
12	PCH Estação Indaial	0.03
14	UHE Salto Weissbach	0.21

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

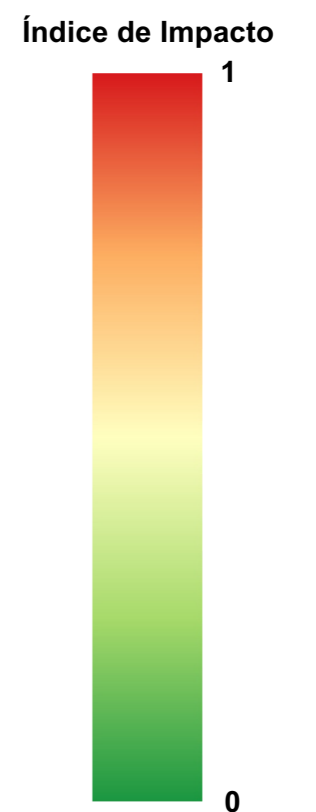
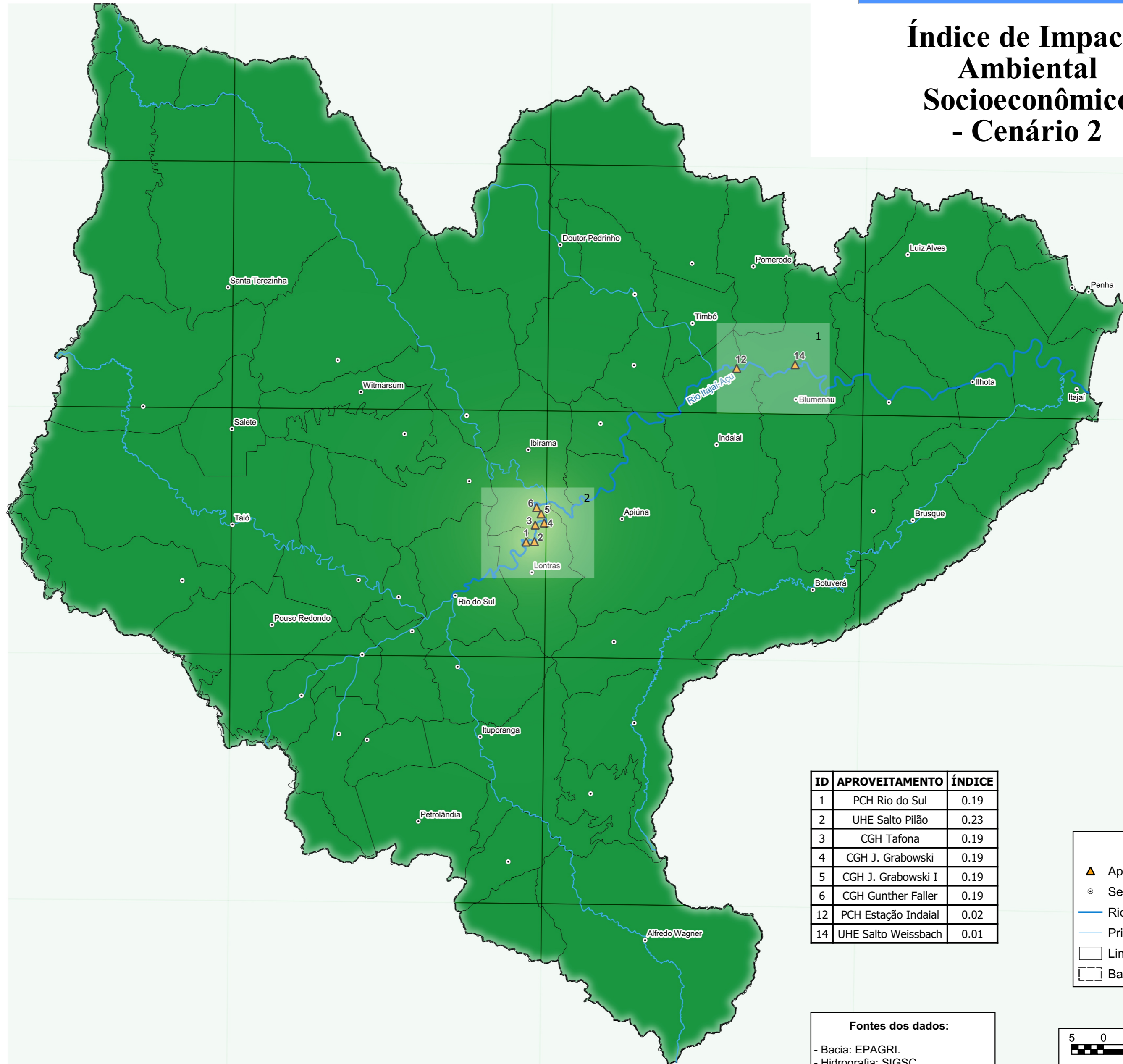
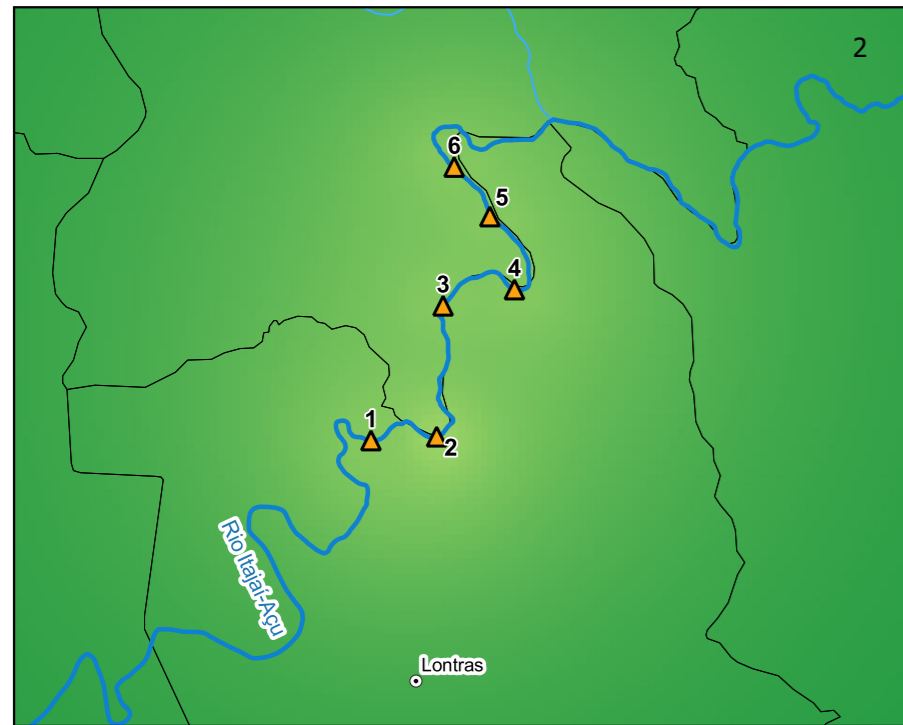
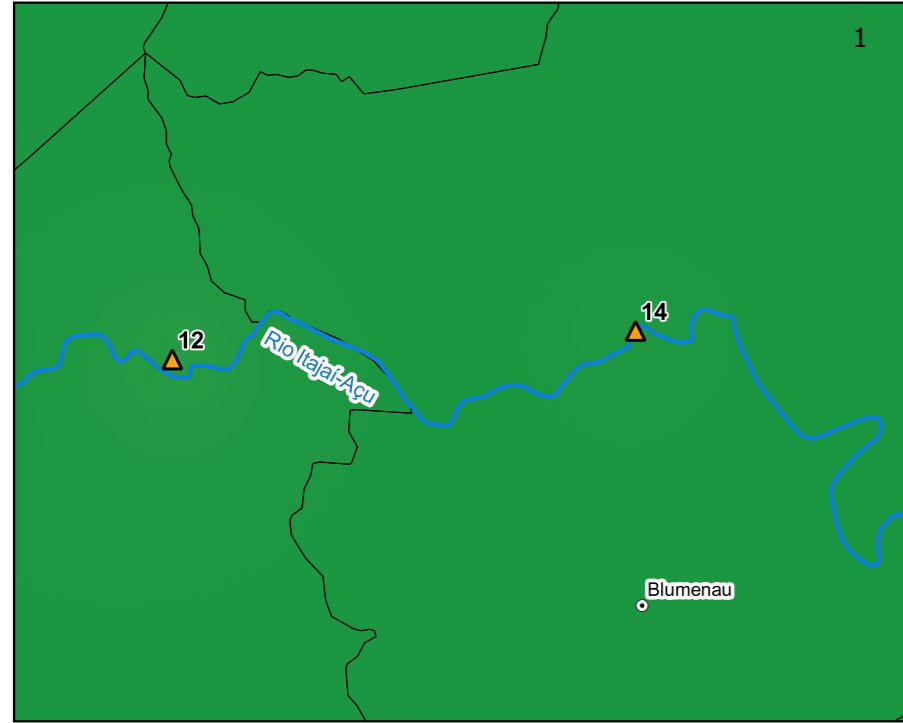
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

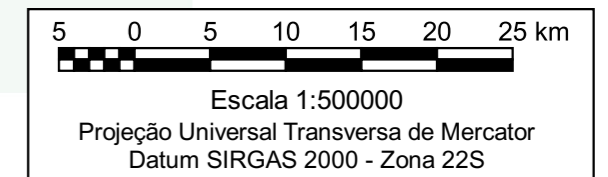
Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 2



ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
1	PCH Rio do Sul	0.19
2	UHE Salto Pilão	0.23
3	CGH Tafona	0.19
4	CGH J. Grabowski	0.19
5	CGH J. Grabowski I	0.19
6	CGH Gunther Faller	0.19
12	PCH Estação Indaial	0.02
14	UHE Salto Weissbach	0.01

Legenda	
	Aproveitamentos hidrelétricos
	Sedes municipais
	Rio Itajaí-Açu
	Principais afluentes
	Limites municipais
	Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:
 - Bacia: EPAGRI.
 - Hidrografia: SIGSC.
 - Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

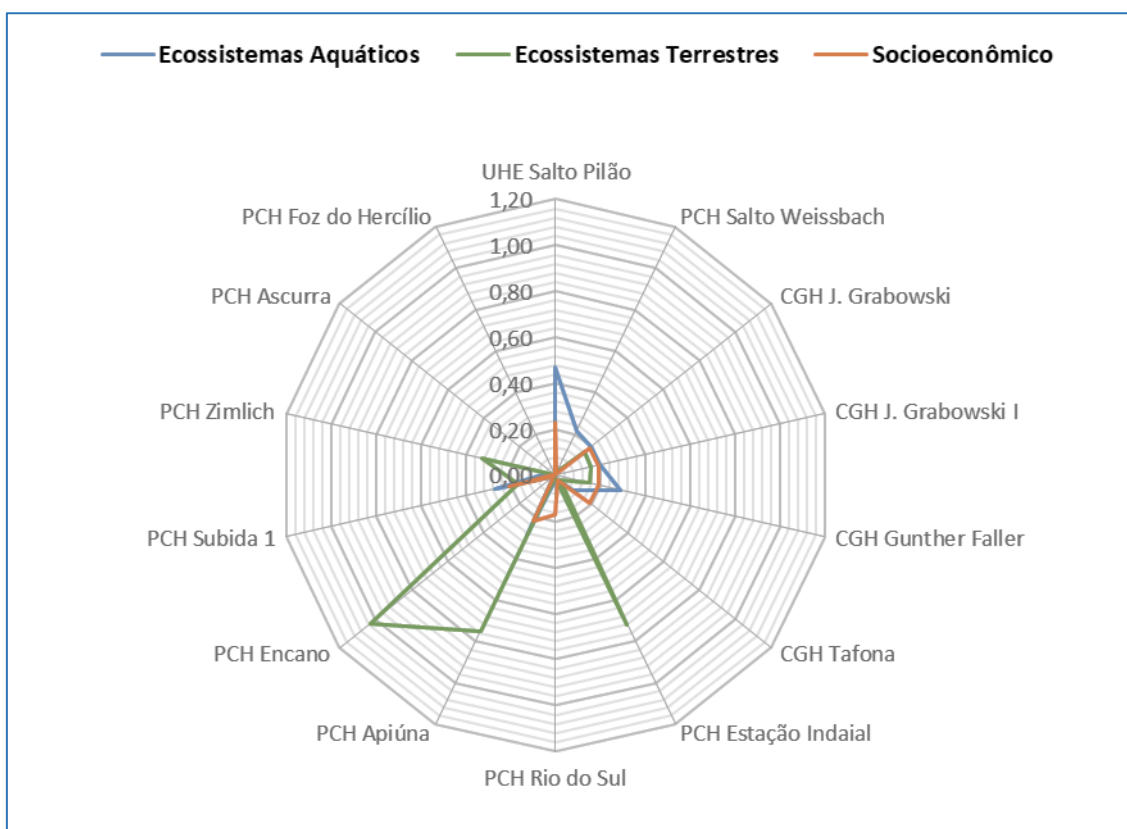
26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S



No cenário 03, na inclusão de todos os empreendimentos com interesse econômico, conforme apresentado na Figura 7-5, é possível observar que o ecossistema terrestre está sobrepondo em alguns empreendimentos como na PCH Encano, entretanto, a tendência é a esperada em função das áreas de reservatório criadas. Ressalta-se que, embora o cenário tenha a inclusão da maioria das PCHs, ainda sim não se altera o ecossistema aquático, bem como a socioeconomia não extrapola a faixa do cenário anterior.

Figura 7-5- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 03.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

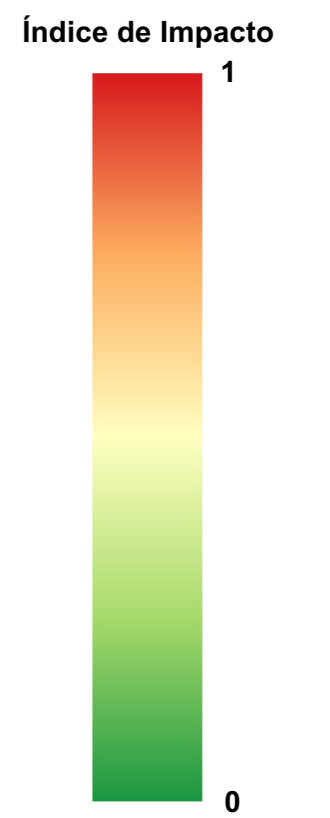
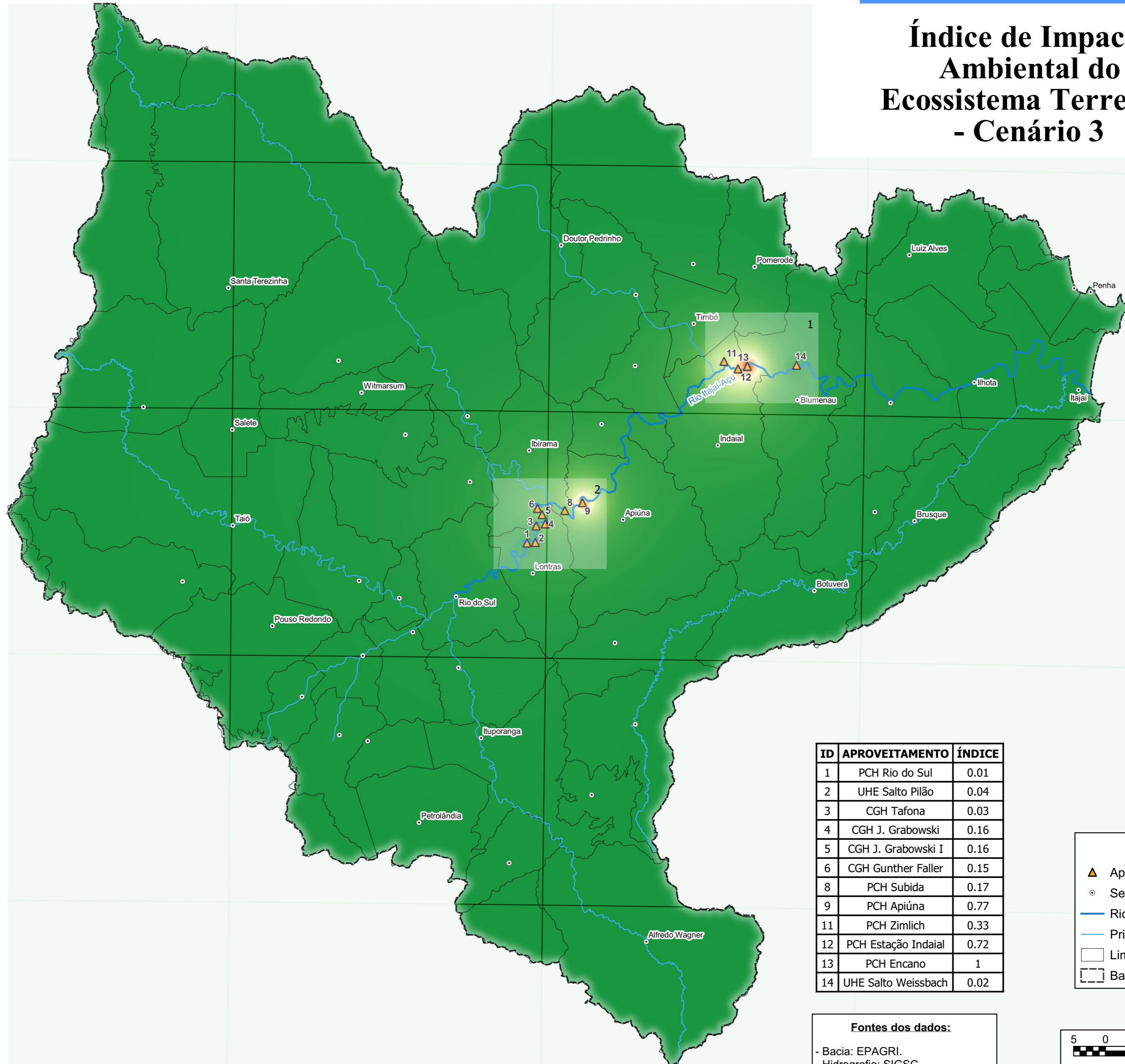
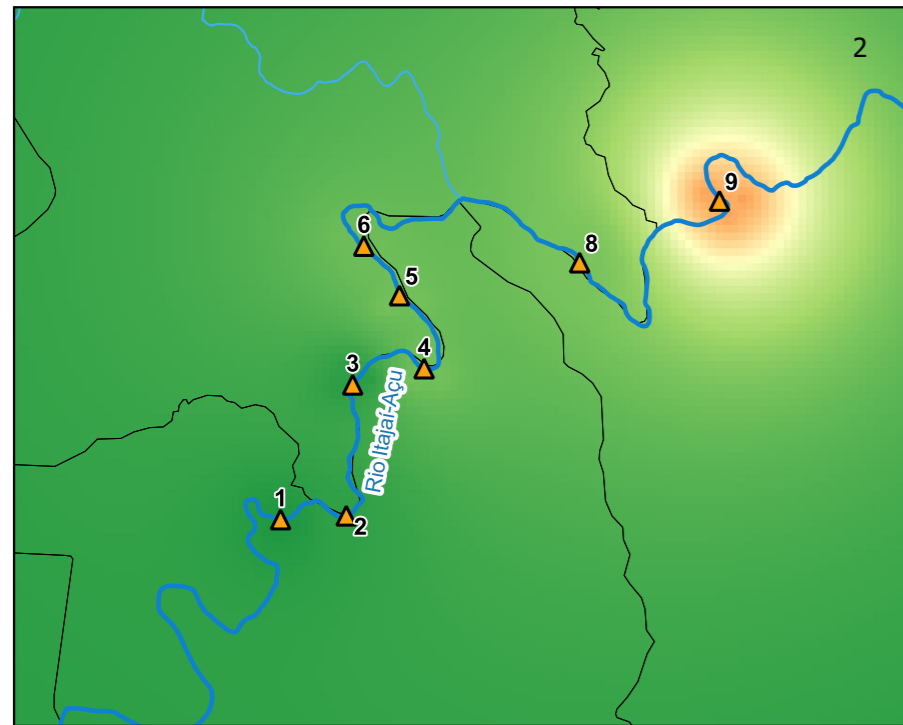
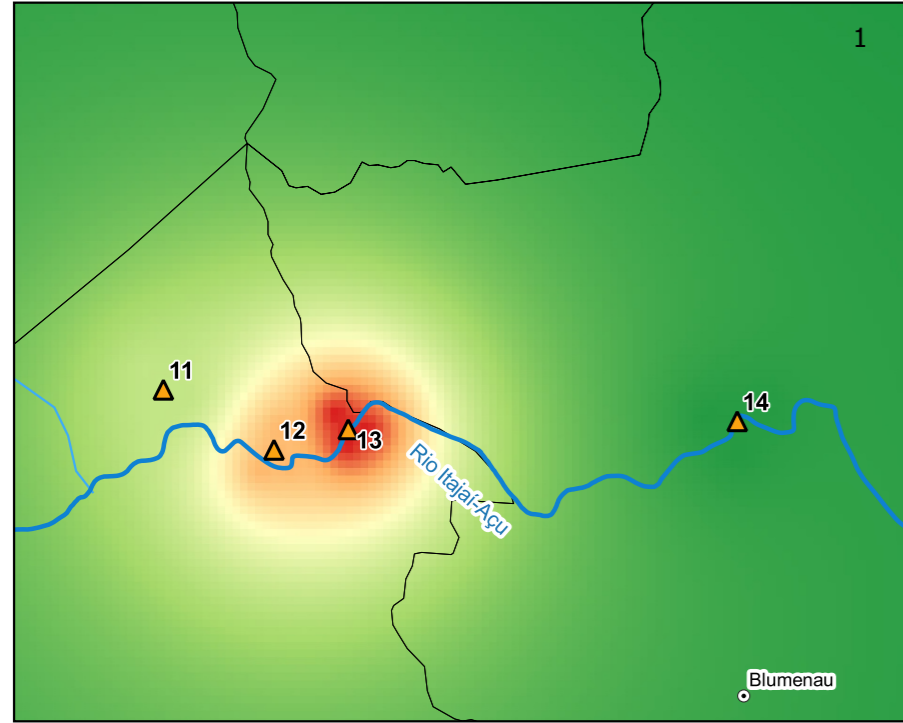
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 3



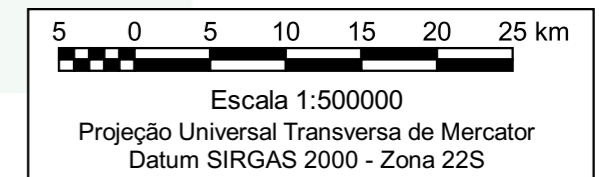
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
1	PCH Rio do Sul	0.01
2	UHE Salto Pilão	0.04
3	CGH Tafona	0.03
4	CGH J. Grabowski	0.16
5	CGH J. Grabowski I	0.16
6	CGH Gunther Faller	0.15
8	PCH Subida	0.17
9	PCH Apiúna	0.77
11	PCH Zimlich	0.33
12	PCH Estação Indaial	0.72
13	PCH Encano	1
14	UHE Salto Weissbach	0.02

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajai-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajai-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

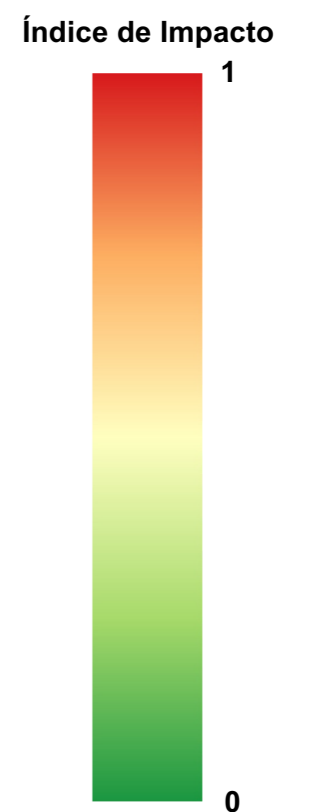
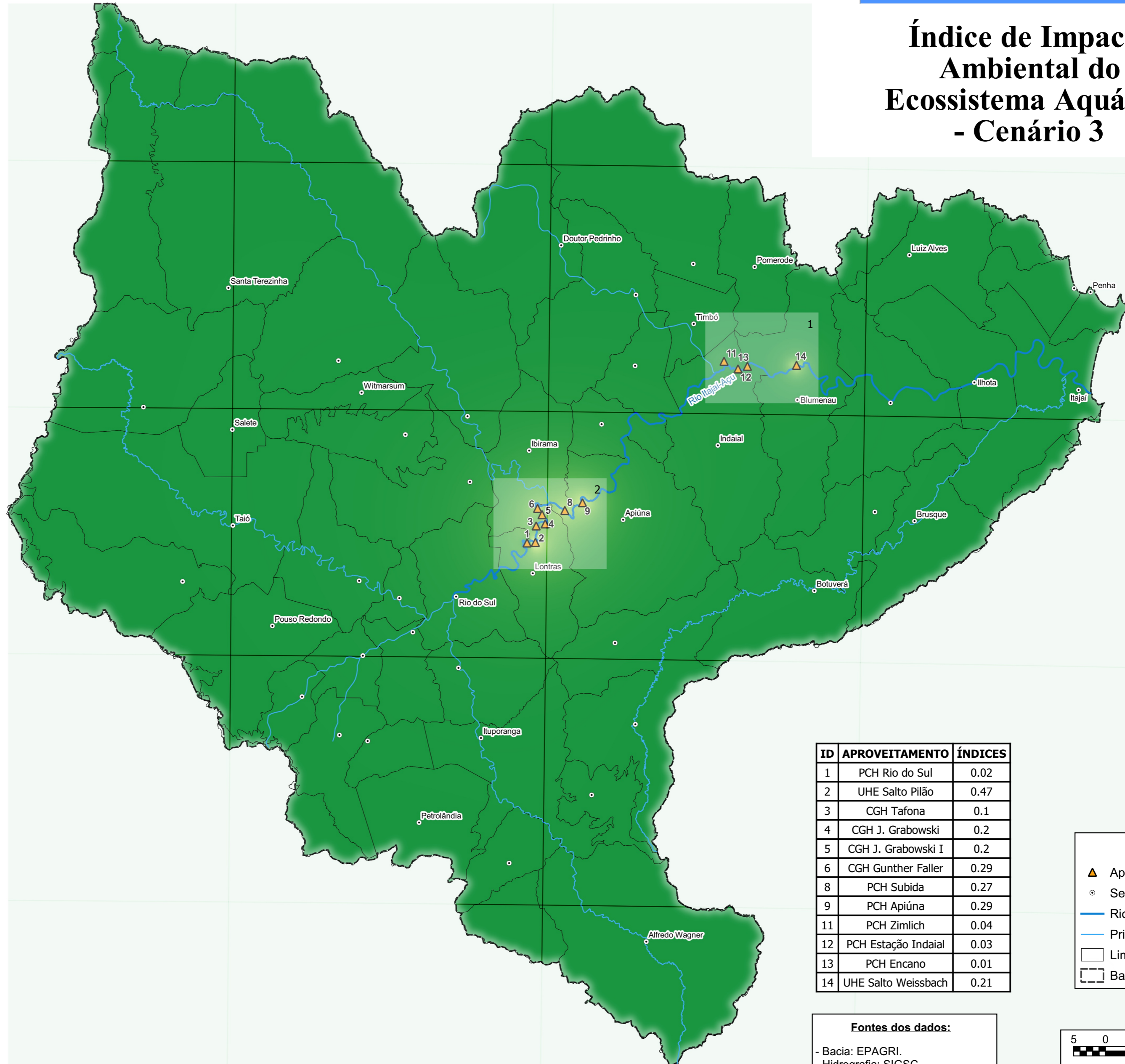
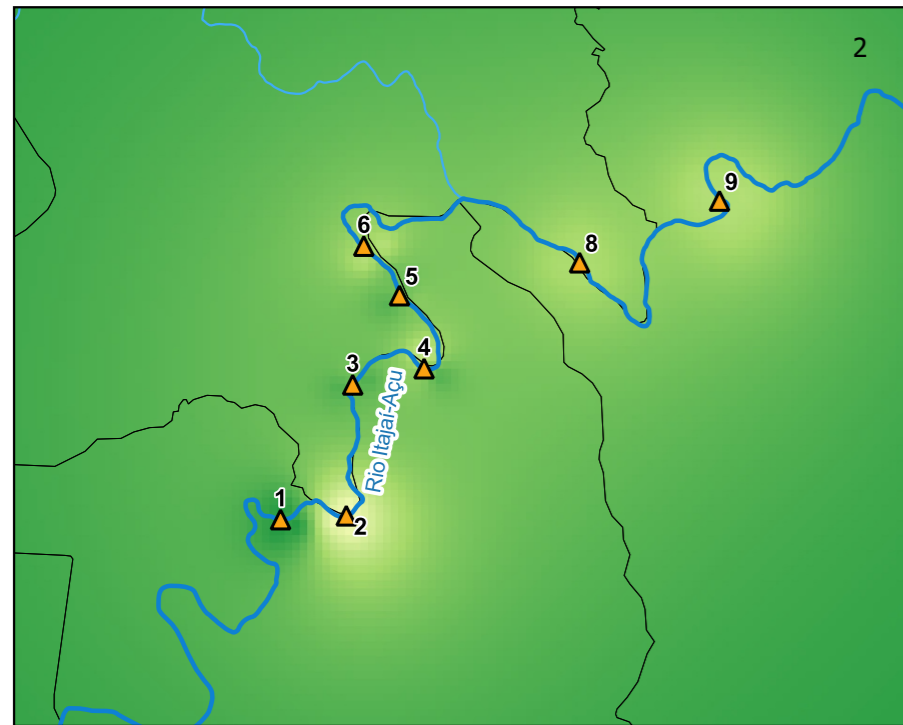
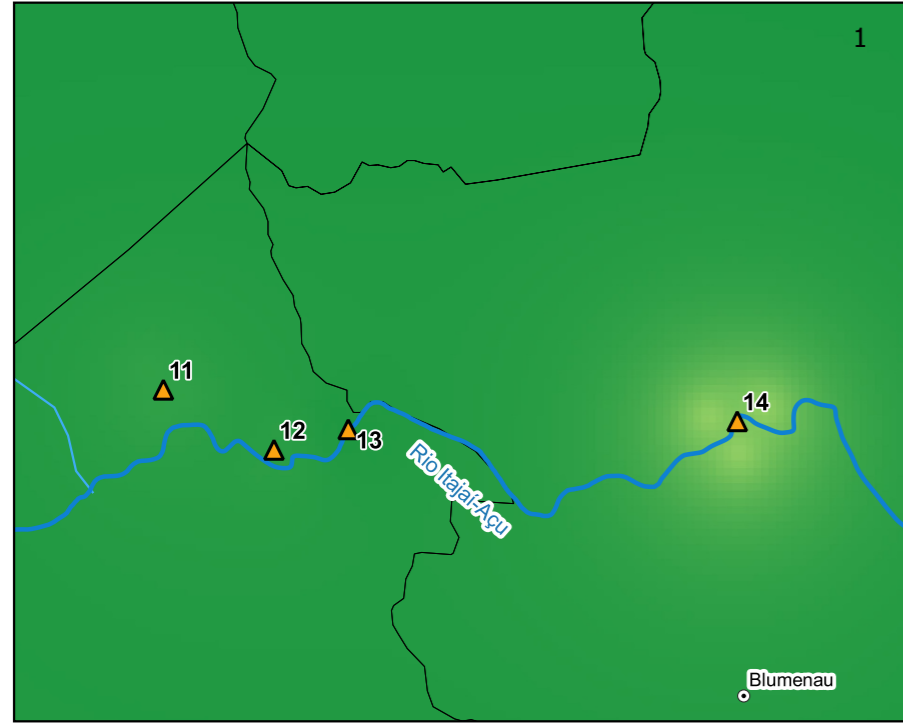
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecosistema Aquático - Cenário 3



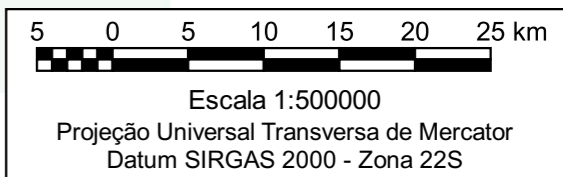
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICES
1	PCH Rio do Sul	0.02
2	UHE Salto Pilão	0.47
3	CGH Tafona	0.1
4	CGH J. Grabowski	0.2
5	CGH J. Grabowski I	0.2
6	CGH Gunther Faller	0.29
8	PCH Subida	0.27
9	PCH Apiúna	0.29
11	PCH Zimlich	0.04
12	PCH Estação Indaial	0.03
13	PCH Encano	0.01
14	UHE Salto Weissbach	0.21

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajai-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajai-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S

26°36'S

26°57'S

27°18'S

27°39'S

26°15'S

26°36'S

26°57'S

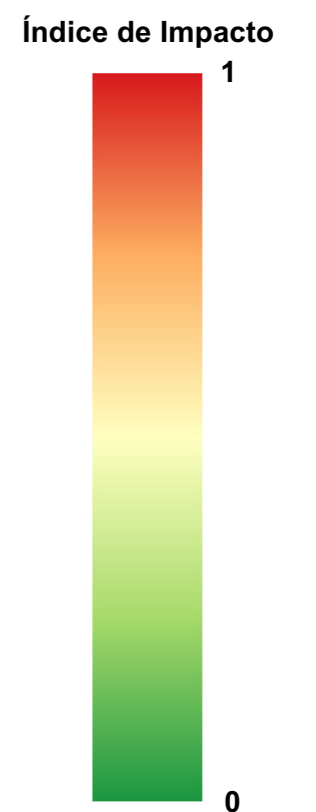
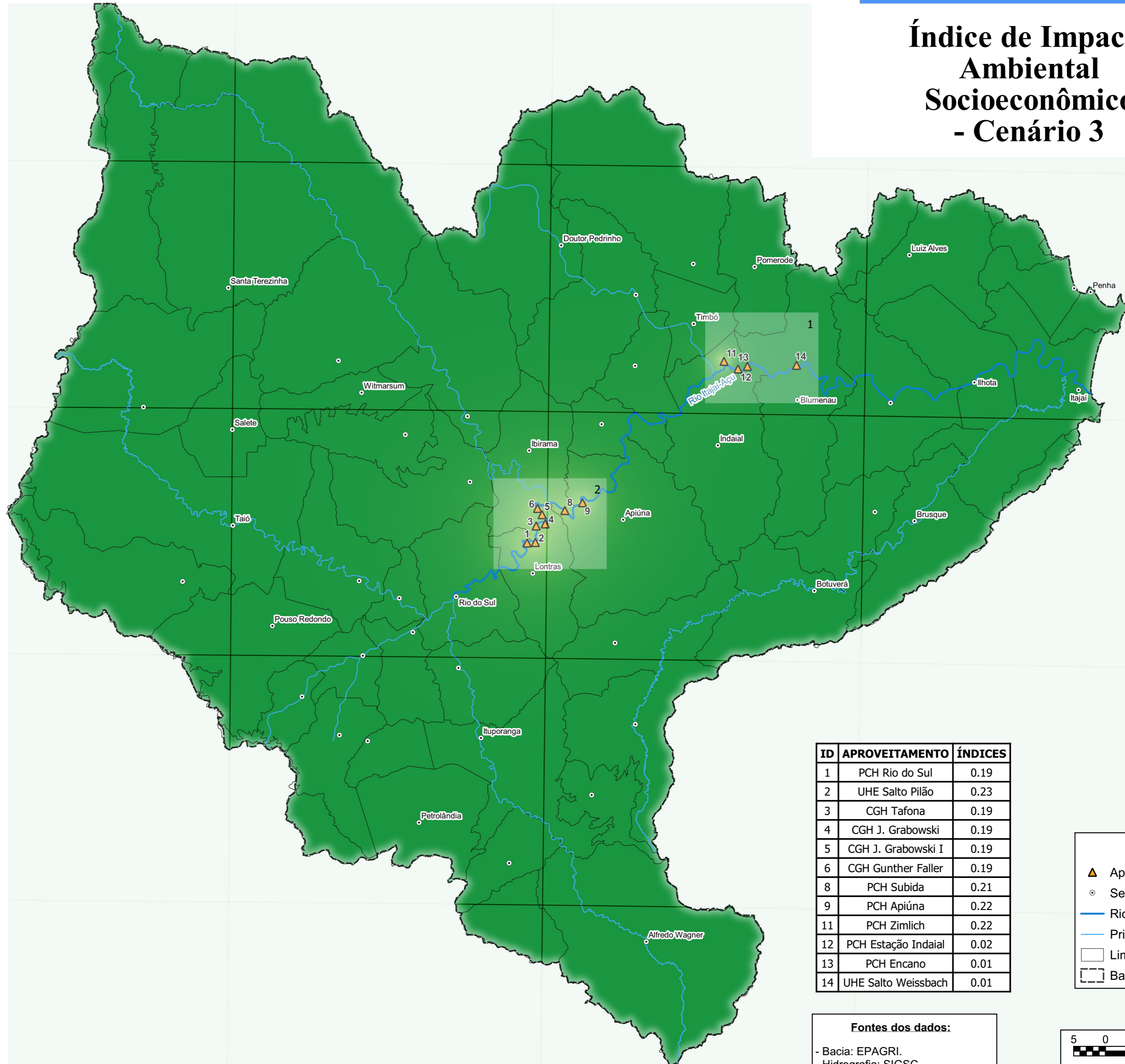
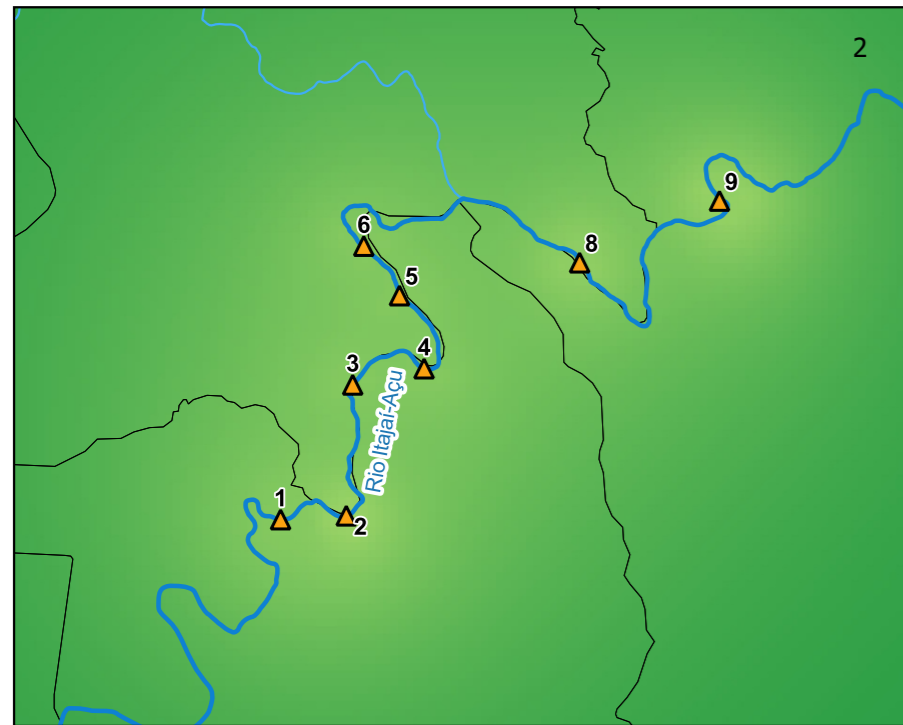
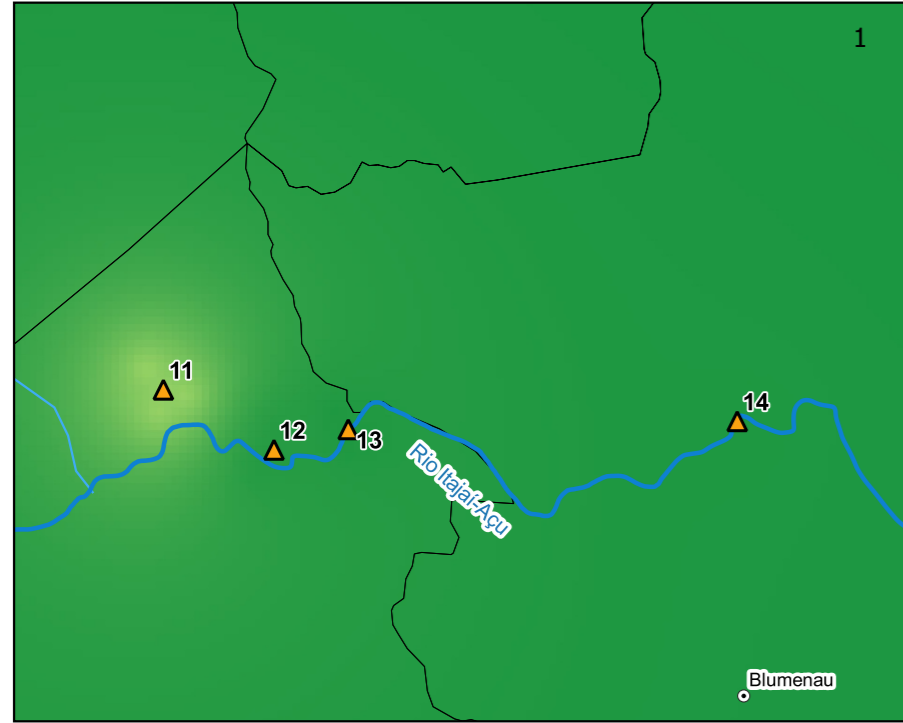
27°18'S

27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 3



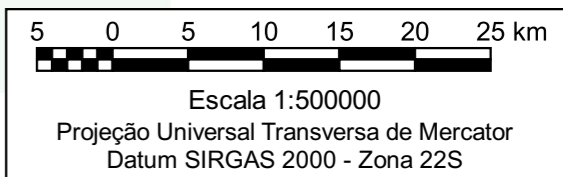
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICES
1	PCH Rio do Sul	0.19
2	UHE Salto Pilão	0.23
3	CGH Tafona	0.19
4	CGH J. Grabowski	0.19
5	CGH J. Grabowski I	0.19
6	CGH Gunther Faller	0.19
8	PCH Subida	0.21
9	PCH Apiúna	0.22
11	PCH Zimlich	0.22
12	PCH Estação Indaial	0.02
13	PCH Encano	0.01
14	UHE Salto Weissbach	0.01

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajai-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajai-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

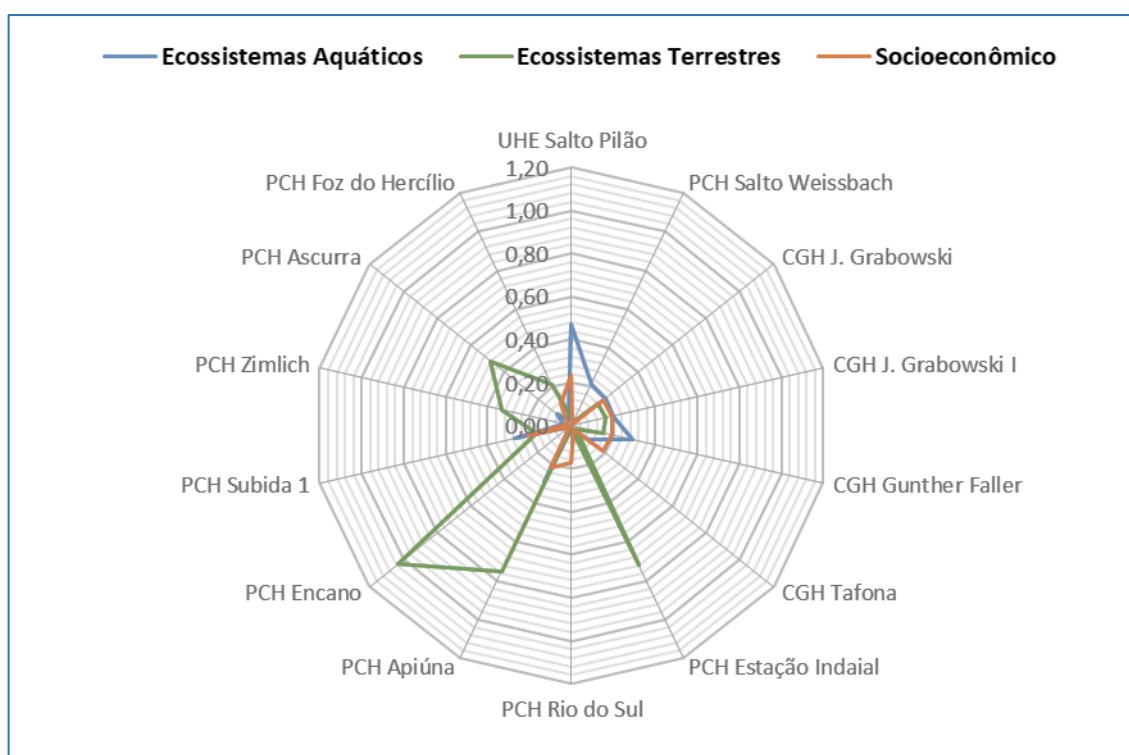
48°30'W



Por último, para o cenário 04, conforme apresentado na Figura 7-6, a cumulatividade dos empreendimentos, ou seja, o efeito “cascata” do qual se discute em estudos de avaliação integrada de bacia, não está sendo confirmado. É possível observar no último dos gráficos que os índices estão sendo mantidos em constância.

Também é possível indicar que, embora se tenha significativa sinergia entre os impactos, condição natural das análises geossistêmicas, as medidas mitigadoras ou compensatórias poderão ter grande eficácia para os empreendimentos que possuem um peso de maior influência, como é o caso da PCH Encano, que ainda está em fase de LAP, devendo apontar as medidas indicadas nessa AIBH.

Figura 7-6- Índices ambientais nos ecossistemas para o Cenário 04.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

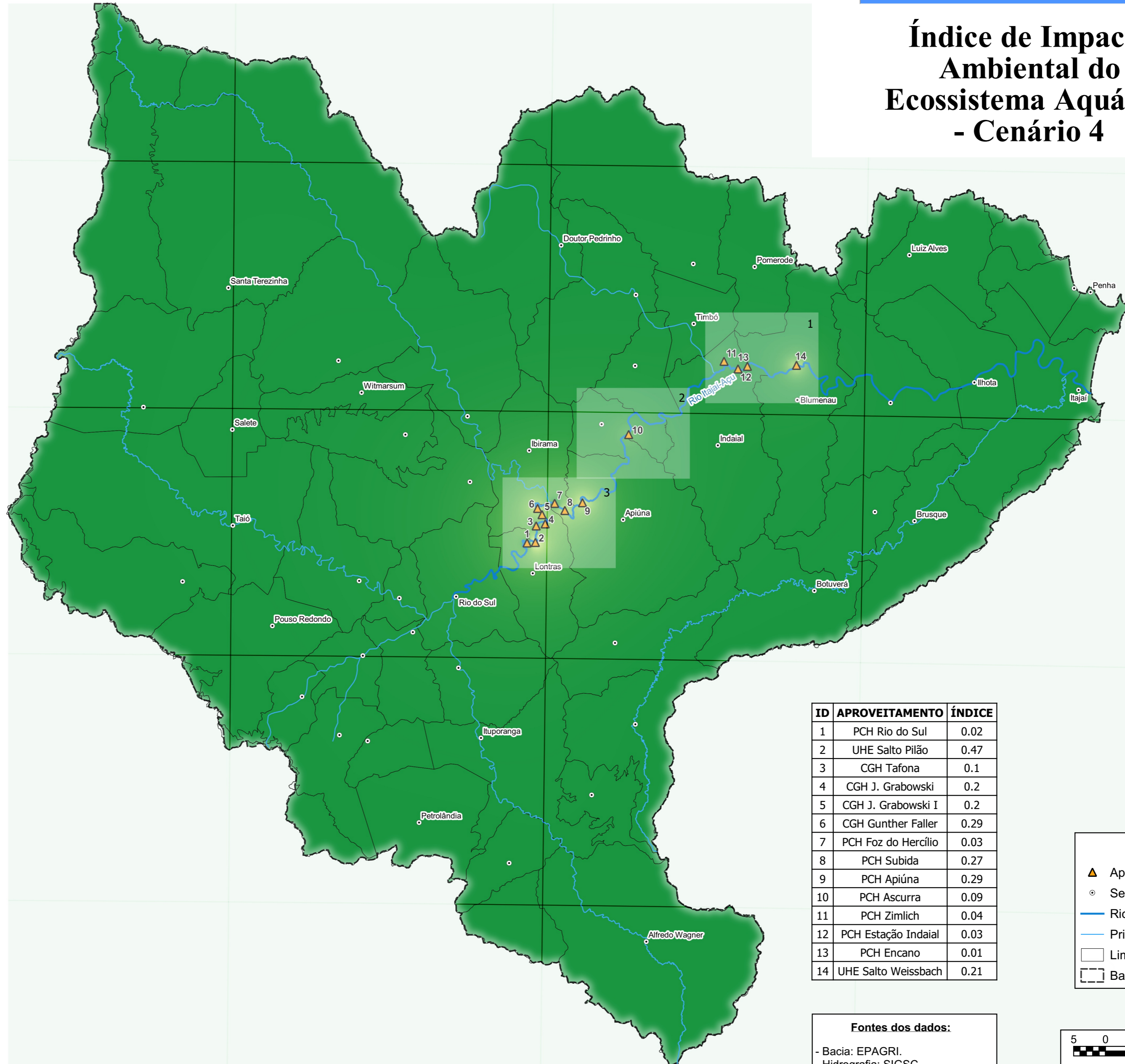
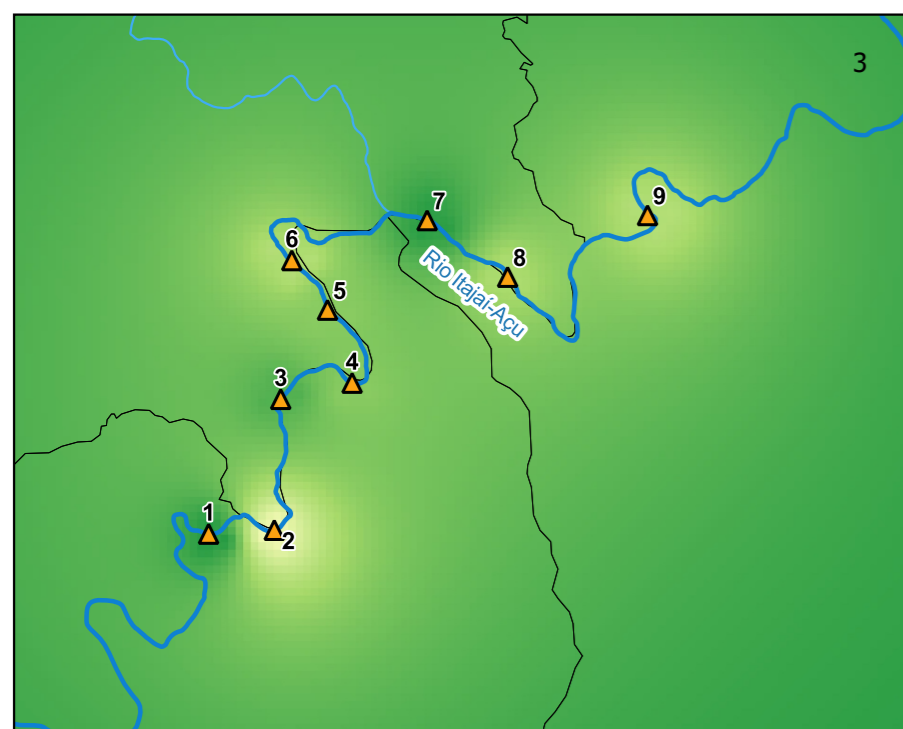
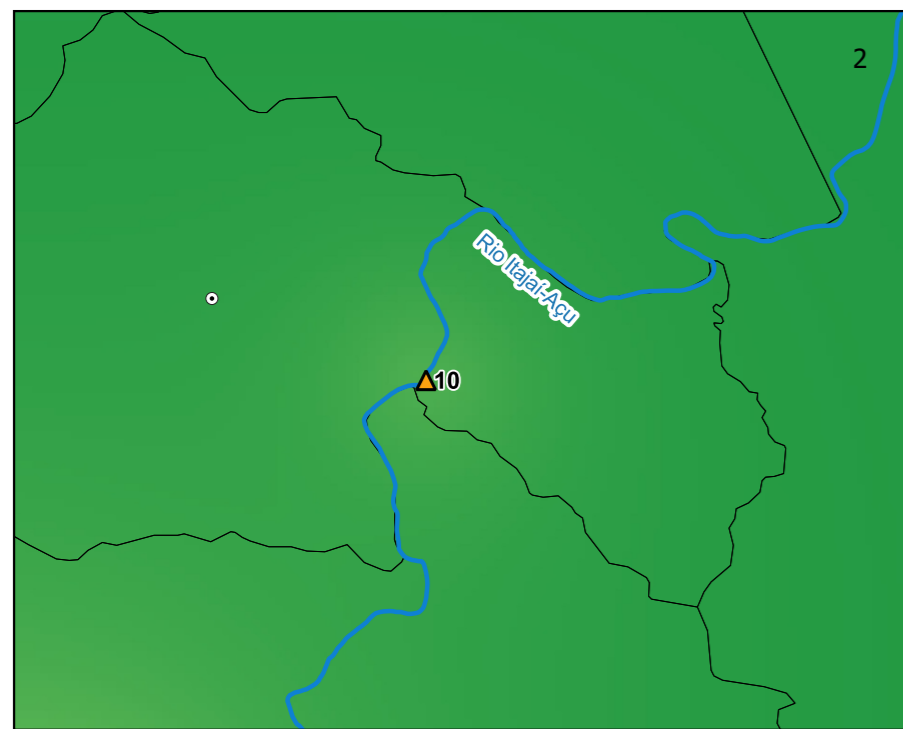
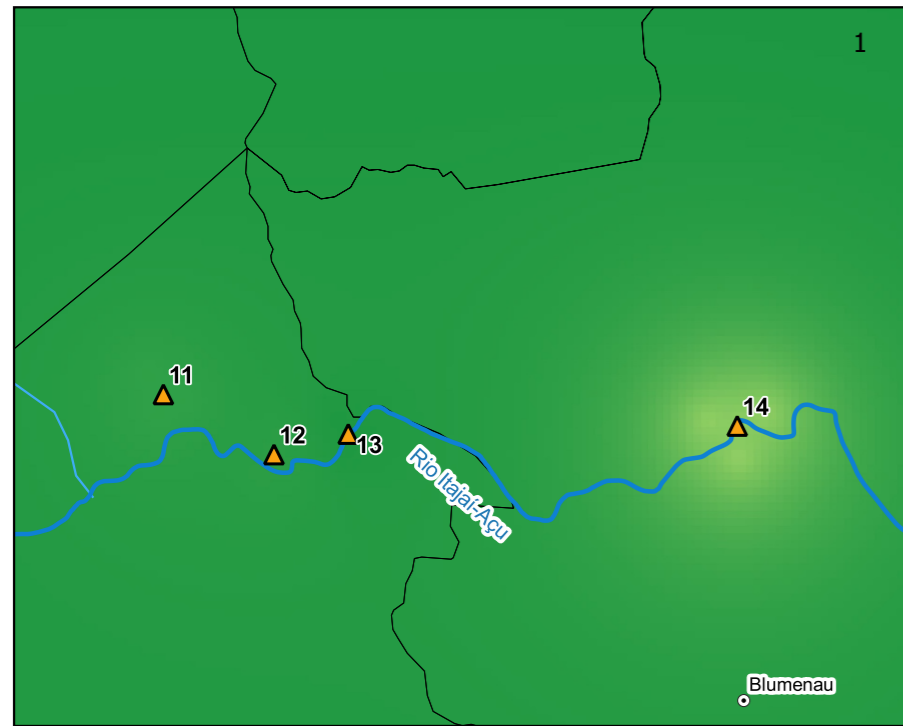
26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S

26°15'S
26°36'S
26°57'S
27°18'S
27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecosistema Aquático - Cenário 4



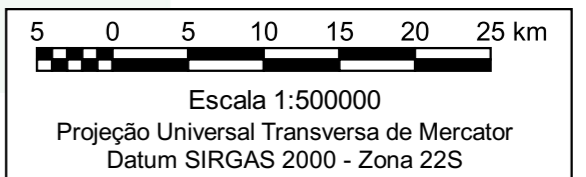
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
1	PCH Rio do Sul	0.02
2	UHE Salto Pilão	0.47
3	CGH Tafona	0.1
4	CGH J. Grabowski	0.2
5	CGH J. Grabowski I	0.2
6	CGH Gunther Faller	0.29
7	PCH Foz do Hercílio	0.03
8	PCH Subida	0.27
9	PCH Apiúna	0.29
10	PCH Ascurra	0.09
11	PCH Zimlich	0.04
12	PCH Estação Indaial	0.03
13	PCH Encano	0.01
14	UHE Salto Weissbach	0.21

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

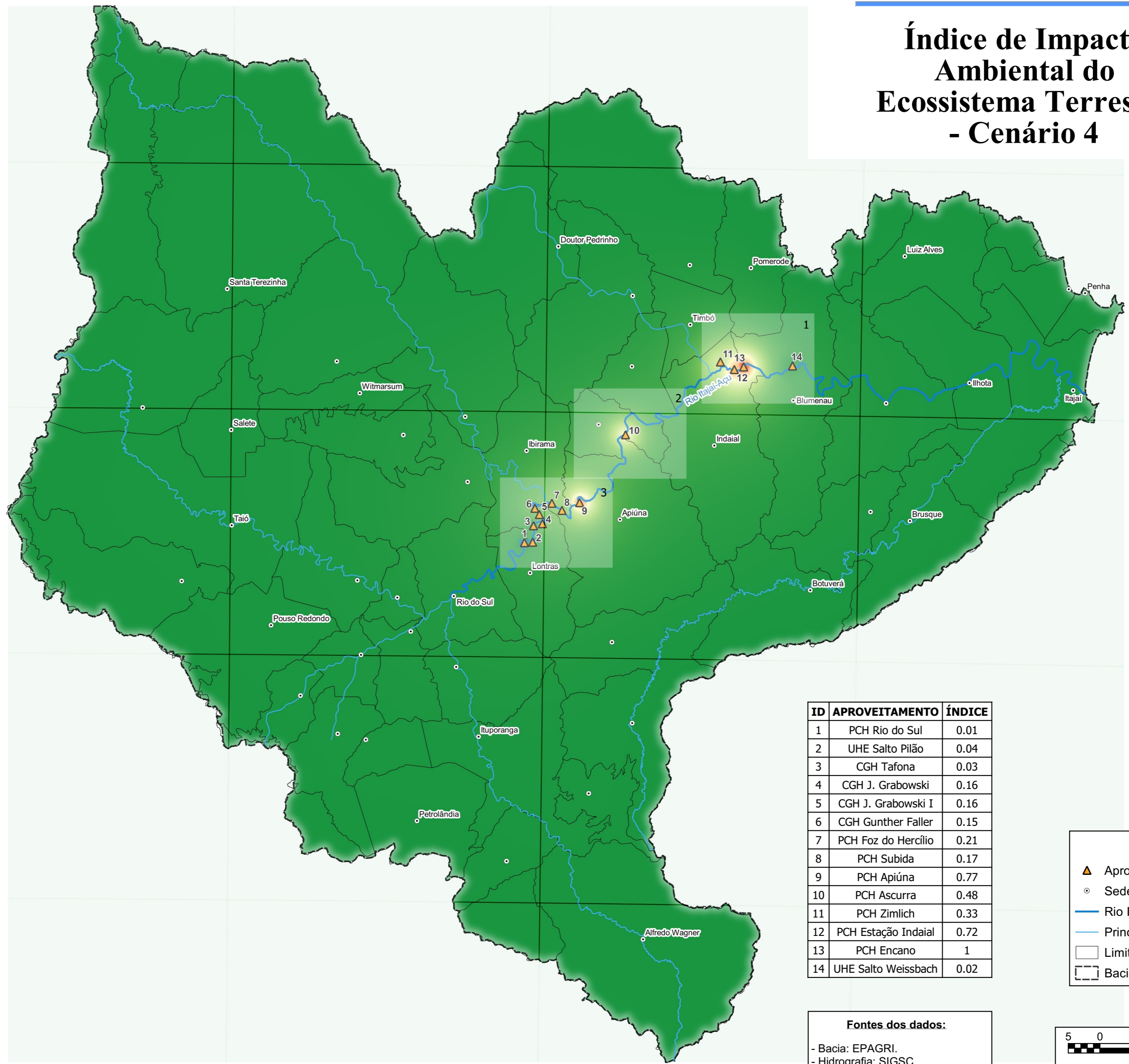
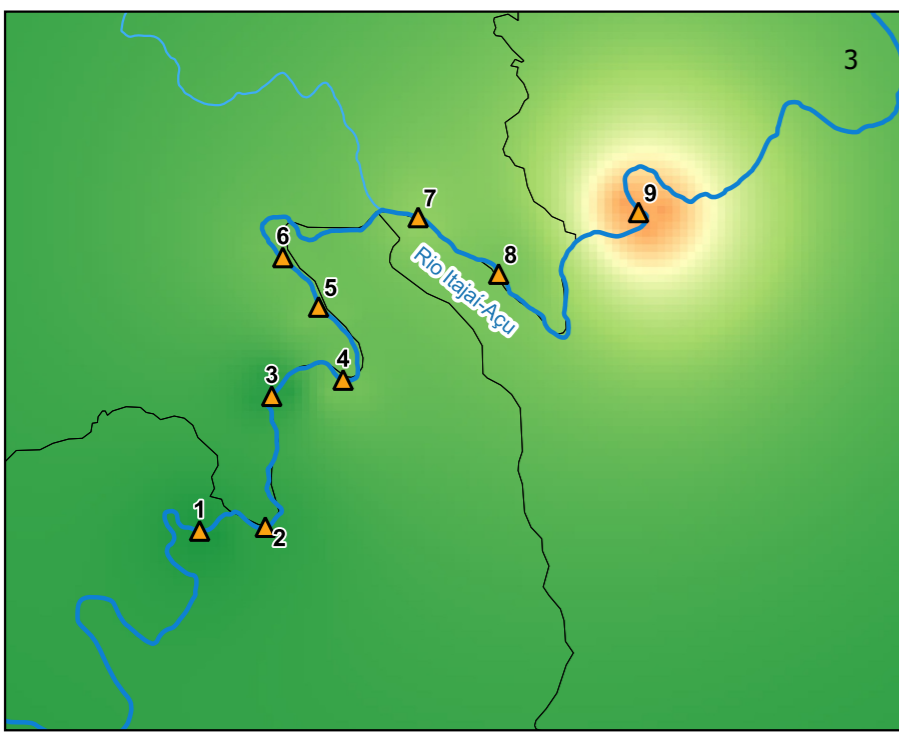
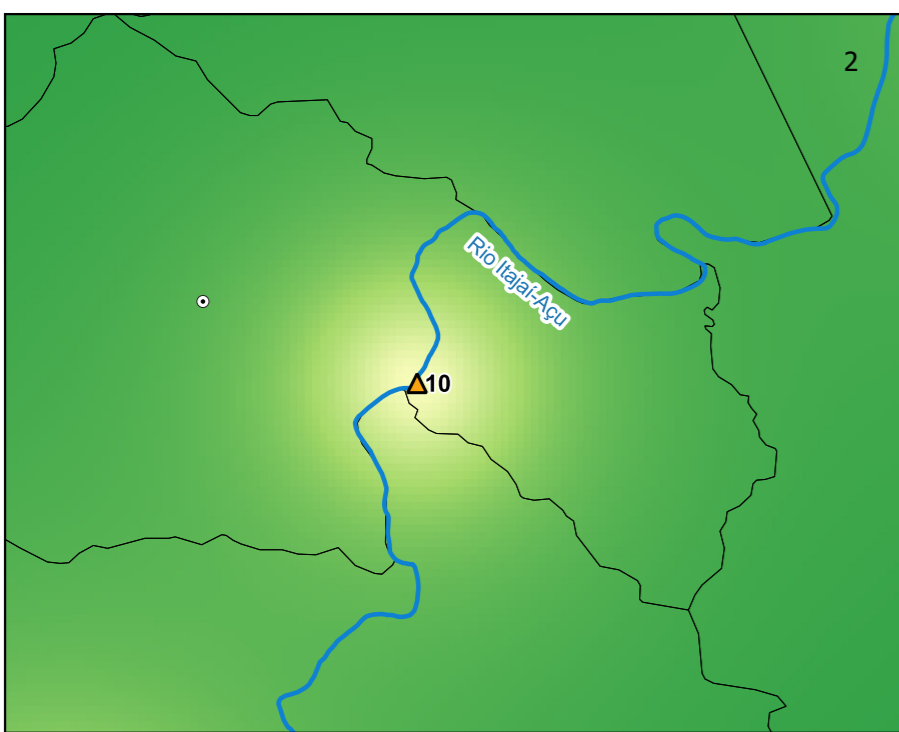
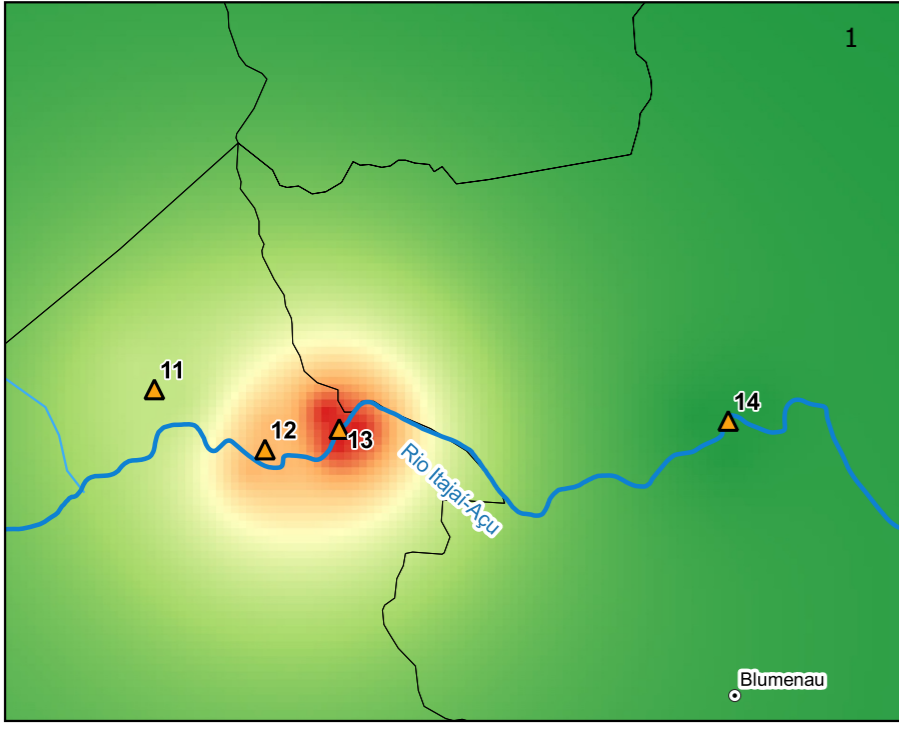
49°0'W

48°30'W



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental do Ecossistema Terrestre - Cenário 4



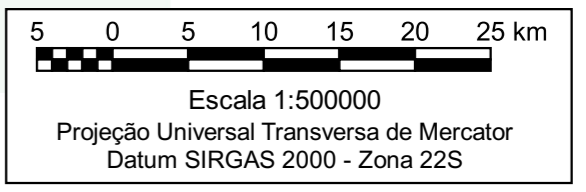
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
1	PCH Rio do Sul	0.01
2	UHE Salto Pilão	0.04
3	CGH Tafona	0.03
4	CGH J. Grabowski	0.16
5	CGH J. Grabowski I	0.16
6	CGH Gunther Faller	0.15
7	PCH Foz do Hercílio	0.21
8	PCH Subida	0.17
9	PCH Apiúna	0.77
10	PCH Ascurra	0.48
11	PCH Zimlich	0.33
12	PCH Estação Indaial	0.72
13	PCH Encano	1
14	UHE Salto Weissbach	0.02

Legenda

- ▲ Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacía do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacía: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W

26°15'S

26°36'S

26°57'S

27°18'S

27°39'S

26°15'S

26°36'S

26°57'S

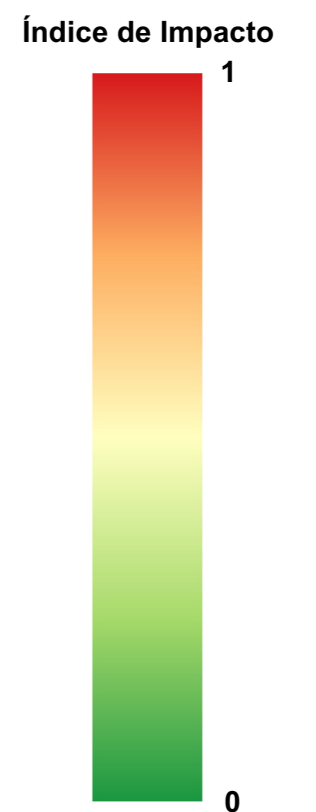
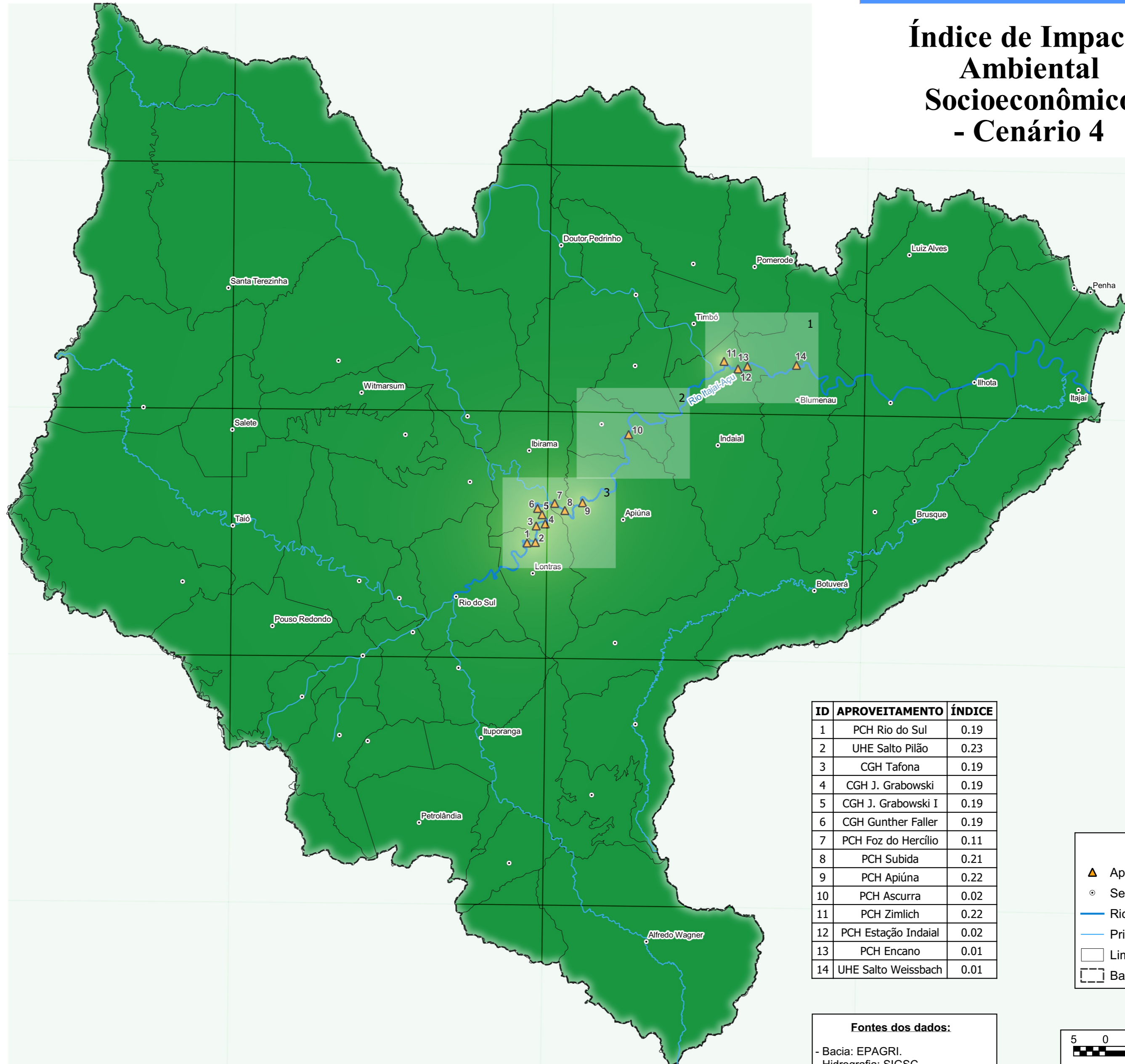
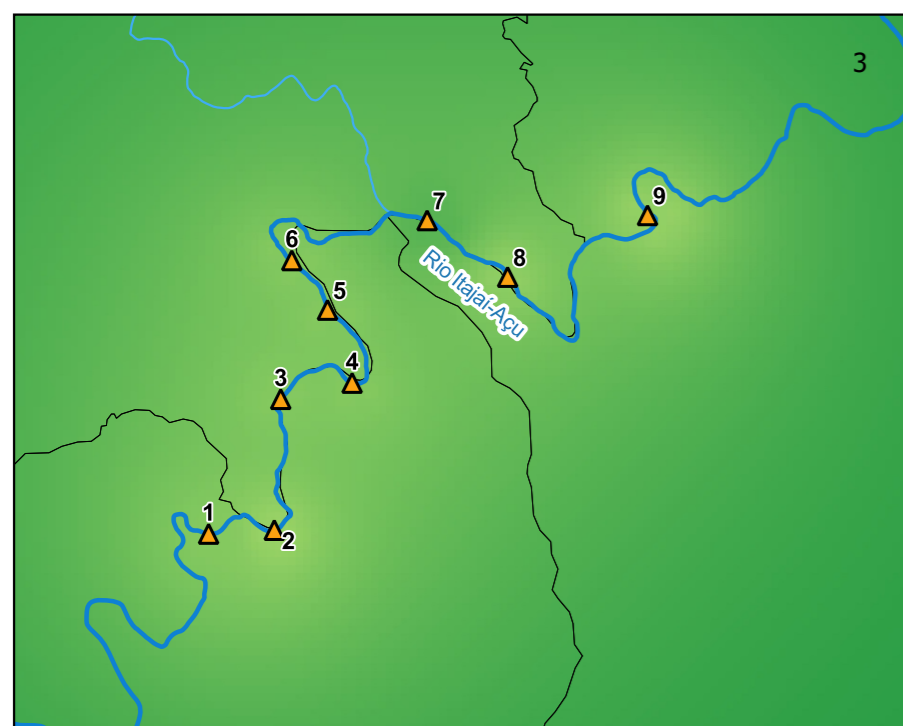
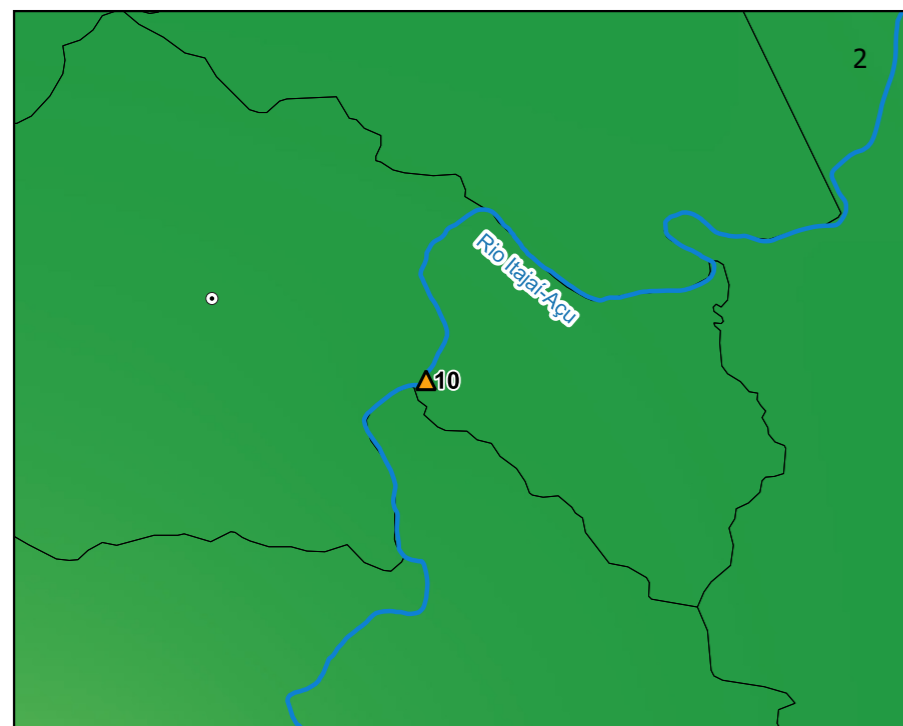
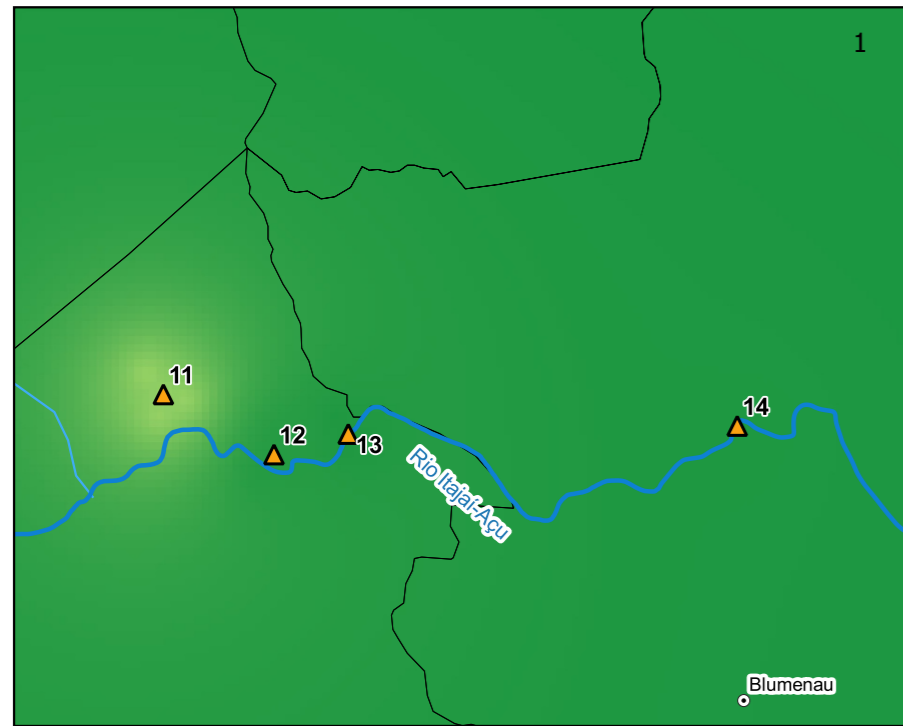
27°18'S

27°39'S



AVALIAÇÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAI-AÇU

Índice de Impacto Ambiental Socioeconômico - Cenário 4



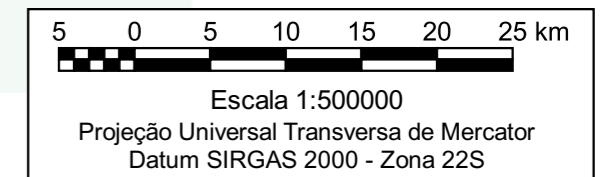
ID	APROVEITAMENTO	ÍNDICE
1	PCH Rio do Sul	0.19
2	UHE Salto Pilão	0.23
3	CGH Tafona	0.19
4	CGH J. Grabowski	0.19
5	CGH J. Grabowski I	0.19
6	CGH Gunther Faller	0.19
7	PCH Foz do Hercílio	0.11
8	PCH Subida	0.21
9	PCH Apiúna	0.22
10	PCH Ascurra	0.02
11	PCH Zimlich	0.22
12	PCH Estação Indaial	0.02
13	PCH Encano	0.01
14	UHE Salto Weissbach	0.01

Legenda

- Aproveitamentos hidrelétricos
- Sedes municipais
- Rio Itajaí-Açu
- Principais afluentes
- Limites municipais
- Bacia do rio Itajaí-Açu

Fontes dos dados:

- Bacia: EPAGRI.
- Hidrografia: SIGSC.
- Limites Municipais: SIGSC.



51°0'W

50°30'W

50°0'W

49°30'W

49°0'W

48°30'W



Ainda na Avaliação Ambiental Integrada foi realizada uma média entre todos os ecossistemas e cenários para gerar um índice único individual dos aproveitamentos, do qual é apresentado a seguir.

Tabela 7-41 – Média geral dos empreendimentos.

Usinas	Ecossistemas			Média
	Aquático	Terrestre	Socioeconômico	
PCH Rio do Sul				0,07
UHE Salto Pilão	0,47	0,04	0,23	0,25
CGH Tafona	0,10	0,03	0,19	0,11
CGH J. Grabowski	0,20	0,16	0,19	0,18
CGH J. Grabowski I	0,20	0,16	0,19	0,18
CGH Gunther Faller	0,29	0,15	0,19	0,21
PCH Foz do Hercílio	0,03	0,21	0,11	0,12
PCH Subida 1	0,27	0,17	0,21	0,22
PCH Apiúna	0,29	0,75	0,22	0,42
PCH Acurra	0,09	0,48	0,03	0,20
PCH Zimlich	0,04	0,33	0,02	0,13
PCH Estação Indaial	0,03	0,72	0,02	0,25
PCH Encano	0,01	1,03	0,01	0,35
PCH Salto Weissbach	0,21	0,02	0,01	0,08

7.4 IMPACTOS POSITIVOS

7.4.1 Recuperação de Vegetação de Área de APP

Assim como a implantação de usinas hidrelétricas provocam a supressão de vegetação e, conseqüentemente, um impacto negativo, a recomposição da Área de Preservação Permanente, prevista como instrumento legal, provoca um impacto positivo, se considerar a pressão que o uso antrópico exerce sobre a vegetação ripária e a formação de conectividade entre os fragmentos florestais.

Como indicador dessa avaliação, foi projetado o Índice de Recomposição, ou seja, o quanto se perde de vegetação na supressão e o quanto se ganha em área de APP nos empreendimentos.

7.4.1.1 Índice de Recomposição (Supressão x Revegetação)

O índice da recomposição se dá pela divisão da revegetação sobre a supressão. Valores maiores que 1 representam um índice positivo, ou seja, a área de revegetação é maior que a supressão, e valores abaixo de 1 significam um índice negativo, onde haverá maior supressão que revegetação.



Para a composição deste índice foi considerado a área de supressão dos reservatórios, decorrente de alagamento, e a área de supressão foi tida pelo futuro alagamento de vegetação nativa, não considerando as outras classes de uso do solo.

O código florestal, lei nº 12651 de 2012, determina em seu Artigo 5º que para a implantação de reservatório artificial destinado a geração de energia, as Áreas de Preservação Permanente serão definidas no licenciamento ambiental, seguindo uma largura entre 30 a 100 metros na zona rural e entre 15 a 30 metros na zona urbana.

Logo, foram considerados dois (2) cenários extremos, o primeiro com APP de 30m, e o segundo com APP de 100m, para analisar o índice de recomposição da vegetação.

As CGHs José Grabowski, José Grabowski I e Tafona não irão possuir reservatório que extravase a calha do rio, logo não irão ter supressão de vegetação por alagamento, e por isso não estão listadas abaixo.

Para a APP de 30 metros, a maioria das usinas apresentou um índice positivo, indicando maior revegetação, somente em duas (2) usinas, a PCH Encano e a PCH Zimlich, em que o índice foi negativo, onde a área de supressão será maior.

Para APP com 100 metros, todas as usinas apresentaram índice positivo, sendo que em algumas, com valor bem acima de 1, como é o caso da PCH Rio do Sul, com índice no valor de doze (12). O menor valor do índice, neste cenário foi de 1,71 na PCH Encano.

O resultado do índice por usina pode ser observado abaixo, na Tabela 7-42.

Tabela 7-42 – Índice de recomposição calculados para uma faixa de 30 m entorno do futuro reservatório e supressão geral.

Usinas	Supressão - Reservatório	Revegetação - APP 30m	Revegetação - APP 100m	Índice de recomposição (revegetação/supressão)	
	Hectare	Hectare	Hectare	APP 30m	APP 100m
CGH Grabowski	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CGH Grabowski I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CGH Gunther Faller	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CGH Tafona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PCH Estação Indaial	7,22	8,22	36,22	1,14	5,02
PCH Rio do Sul	1,15	3,26	13,95	2,83	12,13
PCH Apiúna	5,83	7,87	26,98	1,35	4,63
PCH Encano	3,03	0,74	5,18	0,24	1,71
PCH Subida 1	3,46	5,9	14,48	1,71	4,18



Usinas	Supressão - Reservatório	Revegetação - APP 30m	Revegetação - APP 100m	Índice de recomposição (revegetação/supressão)	
	Hectare	Hectare	Hectare	APP 30m	APP 100m
PCH Zimlich	11,52	11,13	48,22	0,97	4,19
PCH Ascurra	24,25	52,72	167,53	2,17	6,91
PCH Foz do Hercílio	3,97	4,95	15,36	1,25	3,87
Total	60,43	94,79	327,92	1,57	5,43

Conforme pode ser observado nos resultados apresentados na tabela acima, no cenário atual do rio Itajaí-Açu, onde a maior parte das margens se apresentam degradadas, a implantação dos empreendimentos trará ganho ambiental, pois o saudo de áreas a serem revegetadas é maior do que o de áreas a serem desmatadas, neste contexto, após a implantação dos empreendimentos, haverá maior quantidade de área com vegetação nativa nas margens do que no momento atual.

- **Da Compensação Ambiental**

A instalação de um empreendimento hidrelétrico em geral causa a inundação de áreas com presença de florestas nativas, estas por sua vez devem ser suprimidas para que haja à formação do reservatório, um impacto ambiental significativo, em especial quando leva à inundação de extensas áreas.

O processo de supressão de vegetação nativa para instalação do empreendimento vai acarretar na direta redução na cobertura vegetal local, e também desencadeará outros impactos, principalmente sobre a fauna.

Segundo o Art. 17 da Lei 11.428/06, quando se fala em supressão de vegetação, nos estágios médio e avançado de regeneração fica condicionado à compensação ambiental na forma da destinação de área equivalente a extensão da área desmatada, com mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, de preferência no mesmo município.

Art. 17. O corte ou a supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração do Bioma Mata Atlântica, autorizados por esta Lei, ficam condicionados à compensação ambiental, na forma da destinação de área equivalente à extensão da área desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica, e, nos casos previstos nos arts. 30 e 31, ambos desta Lei, em áreas localizadas no mesmo Município ou região metropolitana.



Isso vem de encontro ao apresentado no Art. 26 da Lei 6.660/2008, que para fins de cumprimento do disposto nos arts. 17 e 32, inciso II, da Lei nº 11.428, de 2006, o empreendedor deverá:

I - Destinar área equivalente à extensão da área desmatada, para conservação, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica e, nos casos previstos nos Arts. 30 e 31 da Lei nº 11.428, de 2006, em áreas localizadas no mesmo Município ou região metropolitana; ou

II - Destinar, mediante doação ao Poder Público, área equivalente no interior de unidade de conservação de domínio público, pendente de regularização fundiária, localizada na mesma bacia hidrográfica, no mesmo Estado e, sempre que possível, na mesma microbacia hidrográfica.

A compensação ambiental, portanto, é um mecanismo que visa contrabalançar os impactos ambientais previstos na implantação de empreendimento, principalmente nos casos onde ocorre a supressão de vegetação. Desta forma a compensação é uma medida legal imposta ao empreendedor devido aos impactos ocasionados pelo processo de supressão de vegetação nativa para instalação do empreendimento.

Alternativamente podem-se propor priorizar a compensação ambiental por meio do plantio de mudas de árvores nativas de forma que haja recuperação de áreas degradadas dentro da área de estudo (Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu). A recuperação destas áreas degradadas ajuda na conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes, servindo de corredor ecológico para as diferentes espécies da fauna e auxiliando na interação com a biodiversidade.

Esta prática de recuperação gera um ganho ambiental, e por consequência se transforma em um impacto positivo a ser levado em consideração no presente estudo.

7.4.2 Alteração da biota de macroinvertebrados

A relação, entre os parâmetros ambientais e a riqueza de macroinvertebrados bentônicos, está relacionada principalmente aos efeitos fisiológicos, destes parâmetros nos organismos citados. Portanto, ao se elencar os possíveis efeitos negativos ou positivos sobre as comunidades de organismos bentônicos, deve-se observar quais parâmetros irão evidenciar alterações fisiológicas nestes seres. E assim identificar os grupos que pulularão ou escassearão, neste possível novo quadro ambiental após a instalação e/ou operação de empreendimento hidroenergéticos.



Portanto, às alterações dos parâmetros físico químicos, dentro do âmbito da qualidade ambiental, assim como da disponibilidade de recurso, pode influenciar na riqueza dos grupos presentes. Da mesma forma, que pode evidenciar a exclusão de alguns organismos, por estes serem mais sensíveis a tais modificações. Entretanto, é possível inferir que locais já bastante antropizados, com suas feições ambientais descaracterizadas, sofrem menores impactos frente à implantação de empreendimentos hidroenergéticos. Assim como, podem ocorrer alterações positivas, neste citado quadro, em relação à qualidade ambiental. Haja visto que por vezes os impactos antrópicos são dirimidos pela execução das Condicionantes Ambientais destes empreendimentos, tal como regeneração de Áreas de Preservação Permanentes e outros.

Por fim, para melhor elucidar estas constatações, avaliou-se o índice BMWP, que infere sobre a qualidade ambiental, e deduziu-se sobre os impactos gerados pelos empreendimentos hidroenergéticos nestes locais. Tendo em vista uma conversão com fator de correção de 1,5 (comparando as escalas BMWP e Critérios de Classificação), derivando em uma tabela de mensuração de possíveis impactos sobre a biota aquática. Resultou em uma avaliação integrada que apontou em média 25% de chance de haver impactos consideráveis à biota aquática como um todo, pois os locais elencados, já estão bastante alterados, podendo sofrer impactos positivos pela instalação de tais empreendimentos.

Critérios de classificação:

Baixa: 0 – 0,20 (Qualidade Ambiental 0,86 – 1,00; BMWP 19 a 0)

Moderadamente Baixa: 0,21 – 0,40 (Qualidade Ambiental 0,61 a 0,87; BMWP 59 a 20)

Média: 0,41 – 0,60 (Qualidade Ambiental 0,34 a 0,60; BMWP 99 a 60)

Moderadamente Alta: 0,61 – 0,80 (Qualidade ambiental 0,01 a 0,33; BMWP 149 a 100)

Alta: 0,80 – 1,00 (Qualidade Ambiental 0,00; BMWP >150)

Tabela 7.43 – Qualidade ambiental da biota aquática

Alteração da biota de macroinvertebrados	Qualidade Ambiental	Classificação	
		Classe	Peso
UHE Salto Pilão	0,74	Moderadamente baixa	0,26
CGH J. Grabowski	0,74	Moderadamente baixa	0,26
CGH J. Grabowski I	0,74	Moderadamente baixa	0,26



Alteração da biota de macroinvertebrados	Qualidade Ambiental	Classificação	
		Classe	Peso
CGH Gunther Faller	0,74	Moderadamete baixa	0,26
CGH Tafona	0,74	Moderadamete baixa	0,26
PCH Estação Indaial	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Rio do Sul	0,74	Moderadamete baixa	0,26
PCH Apiúna	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Encano	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Subida I	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Zimlich	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Ascurra	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Foz do Hercílio	0,72	Moderadamete baixa	0,28
PCH Salto Weissbach	0,81	Baixa	0,14

7.4.3 Regularização Fundiária

O histórico de ocupação da bacia do rio Itajaí-Açu, como já explanado anteriormente, acarretou na ocupação das áreas lindeiras próximas ao rio. As consequências disso, além do conflito gerado pelos eventos extremos é a ocorrência de uma ocupação histórica, porém, irregular, às margens do rio. Nestas regiões, a implantação dos reservatórios pode acarretar um impacto positivo, pois a APP de reservatório pode ser inferior à de 100 metros – para rios de grande largura –, o que pode causar uma regularização fundiária. Essa regularização fundiária ocorre, ainda por cima, sem investimento público, somente de privado.

As figuras a seguir mostram para os reservatórios das PCHs Apiúna, Ascurra, Estação Indaial, Foz do Hercílio, Rio do Sul, Subida I e Zimlich, como isso pode ocorrer. Importante ressaltar que este impacto existe e é positivo pois estes reservatórios são pequenos, não transbordando muito fora da calha do rio. Este impacto não existe em barramentos a fio d'água, que não possuem reservatório, mas em compensação, não ocorrem também os impactos negativos associados a criação de reservatórios.

Figura 7-7 - Possível Regularização Fundiária PCH Apiúna

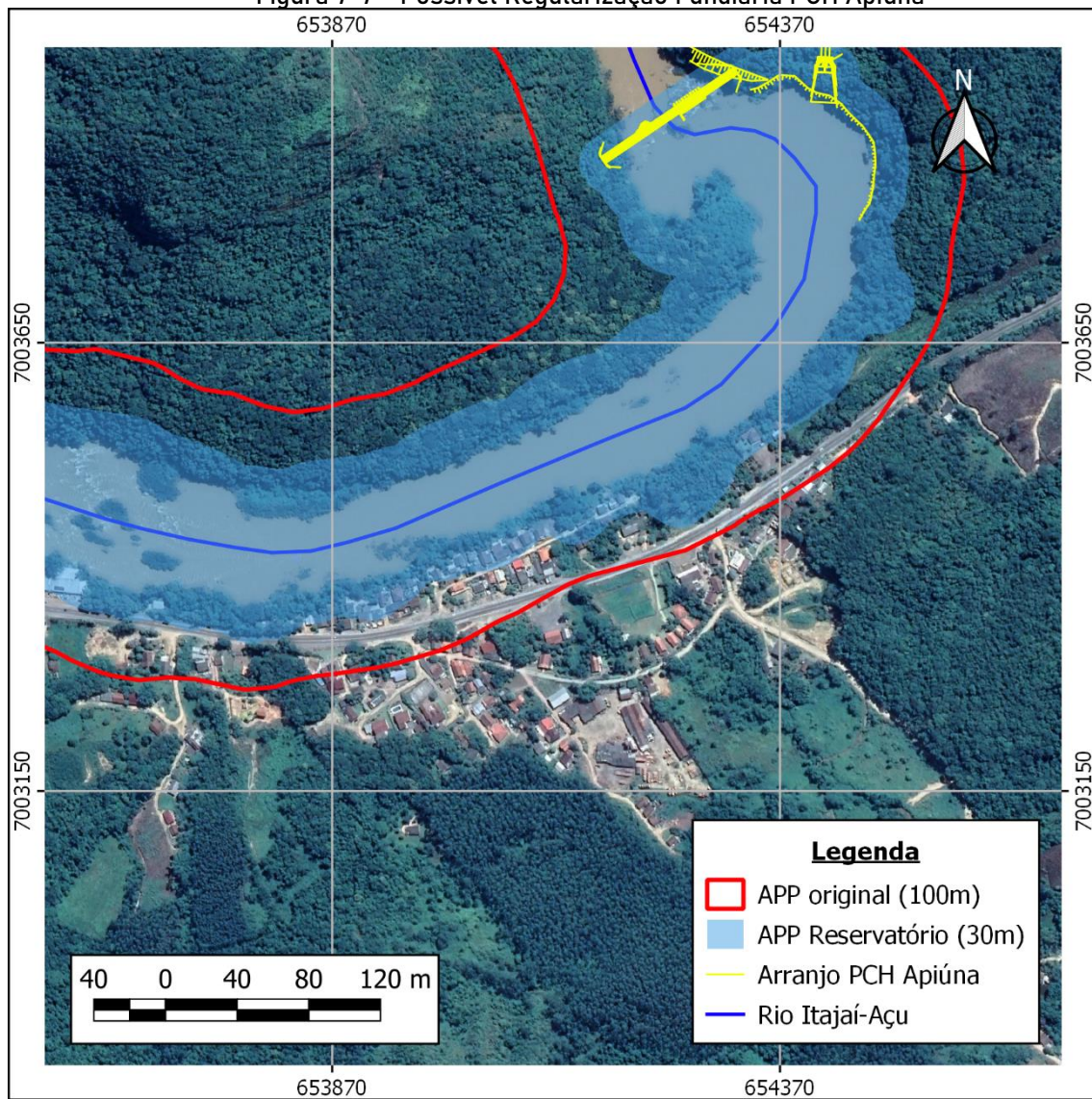


Figura 7-8 - Possível Regularização Fundiária PCH Apiúna

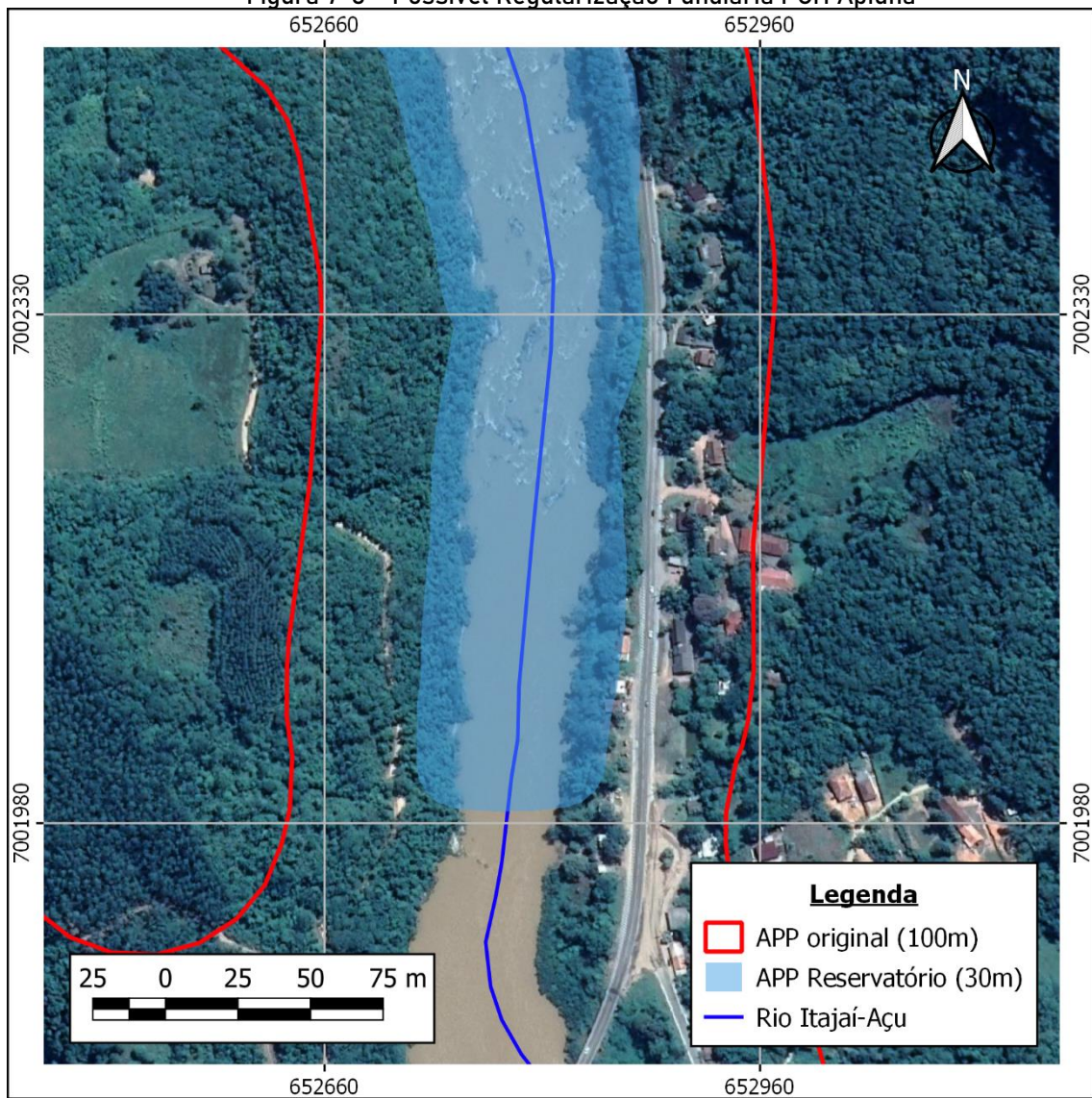


Figura 7-9 - Possível Regularização Fundiária PCH Ascurra

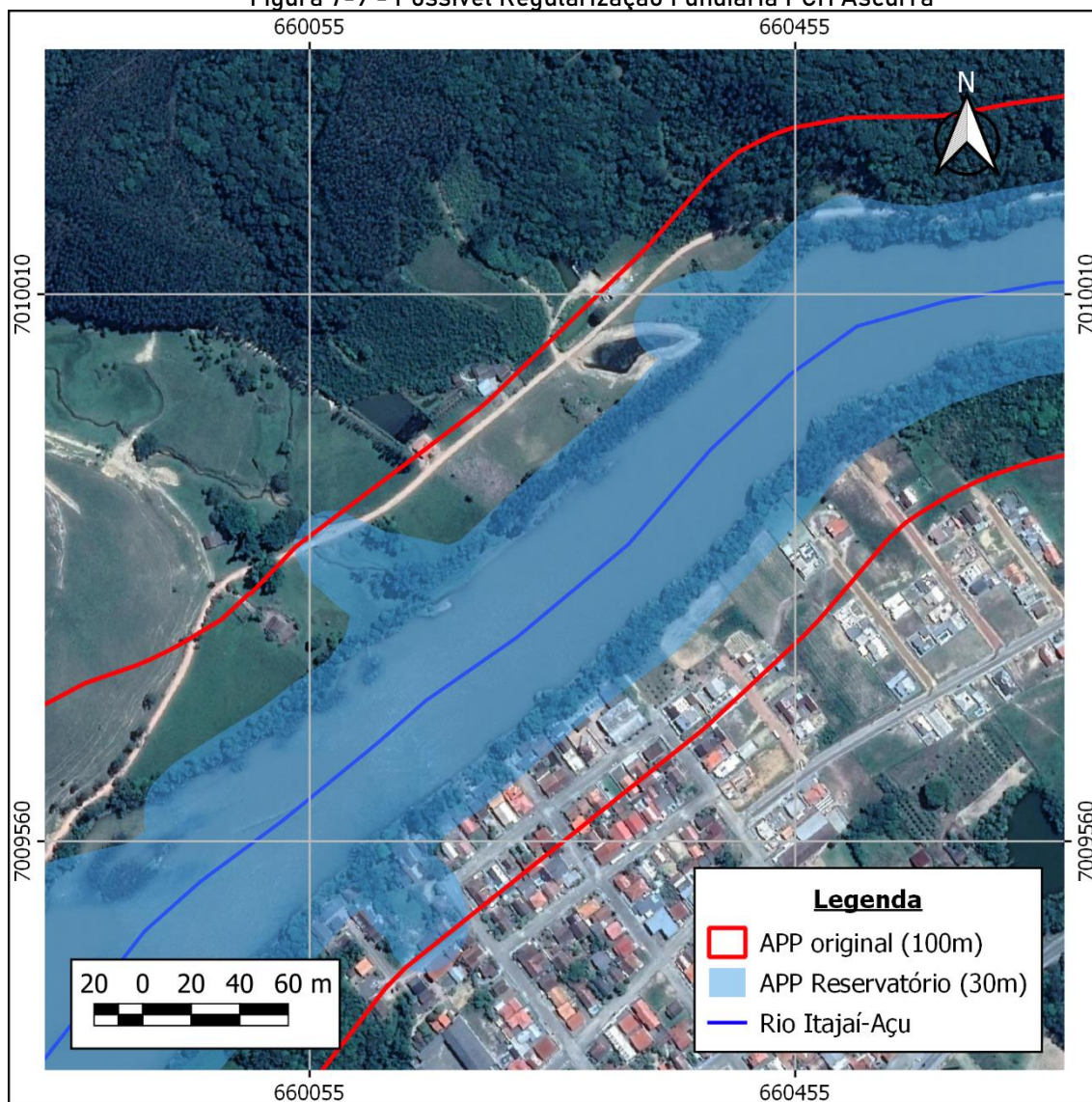


Figura 7-10 - Possível Regularização Fundiária PCH Ascurra

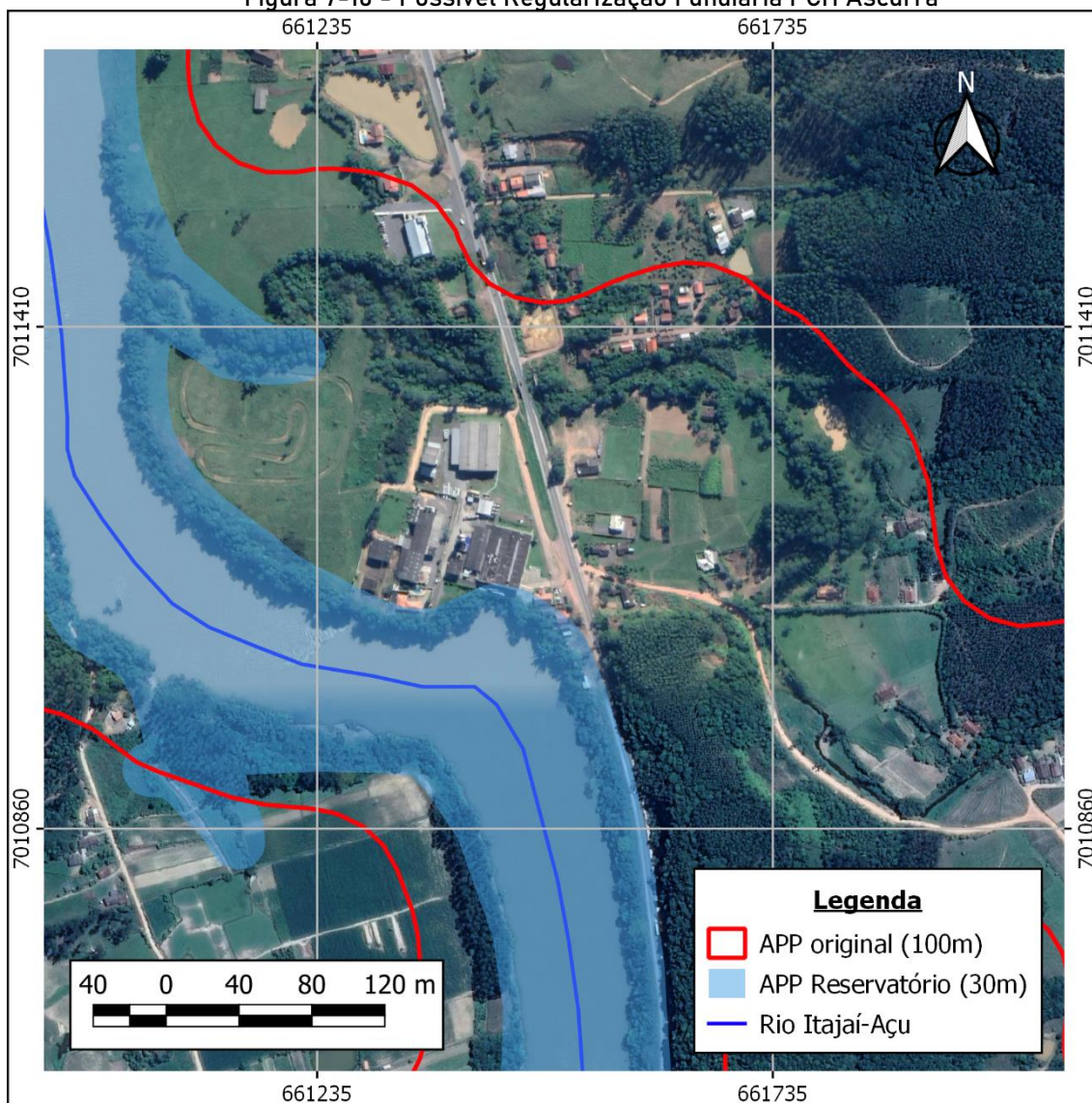


Figura 7-11 - Possível Regularização Fundiária PCH Estação Indaial



Figura 7-12 - Possível Regularização Fundiária PCH Foz do Hercílio

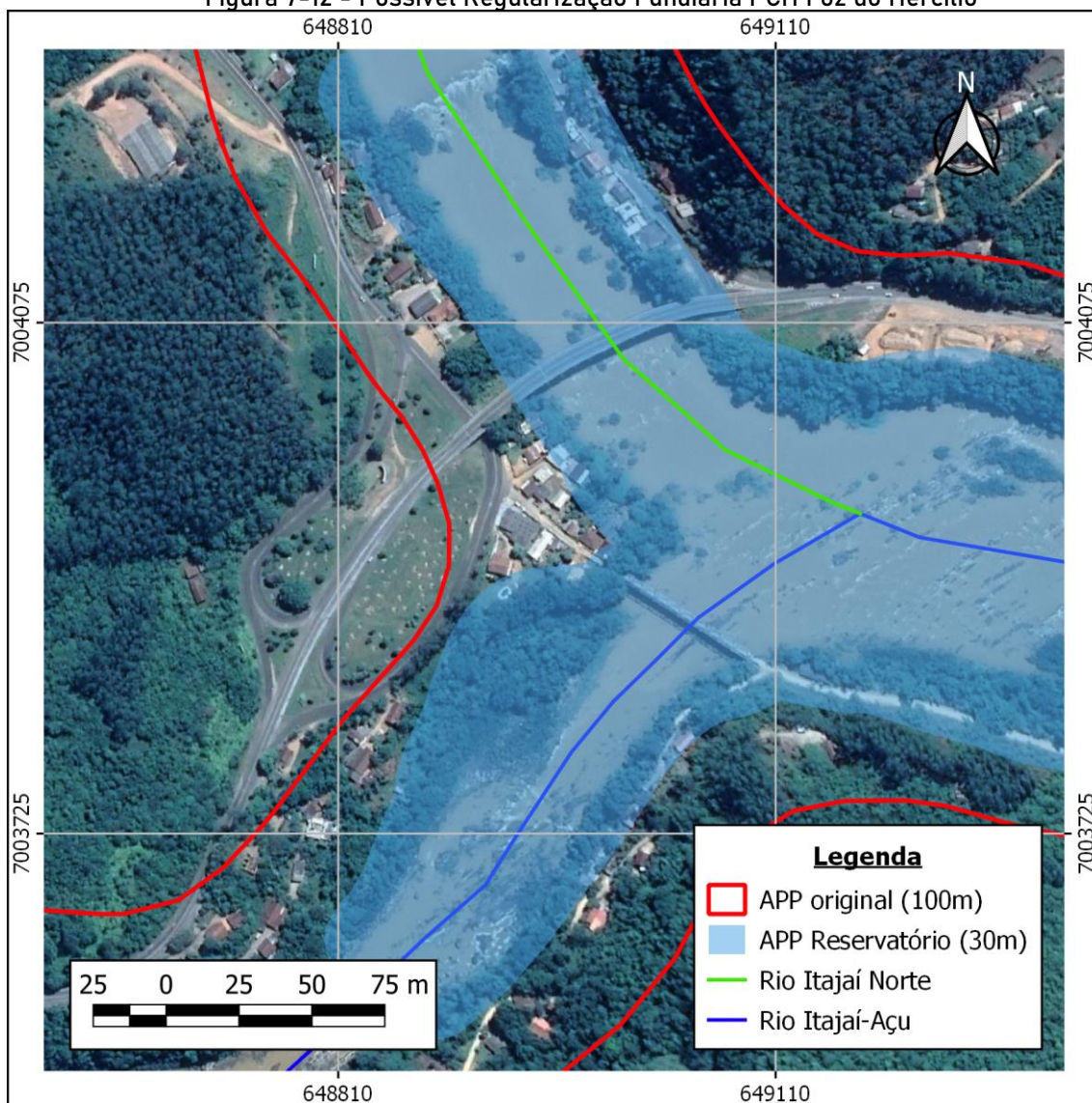


Figura 7-13 - Possível Regularização Fundiária PCH Rio do Sul

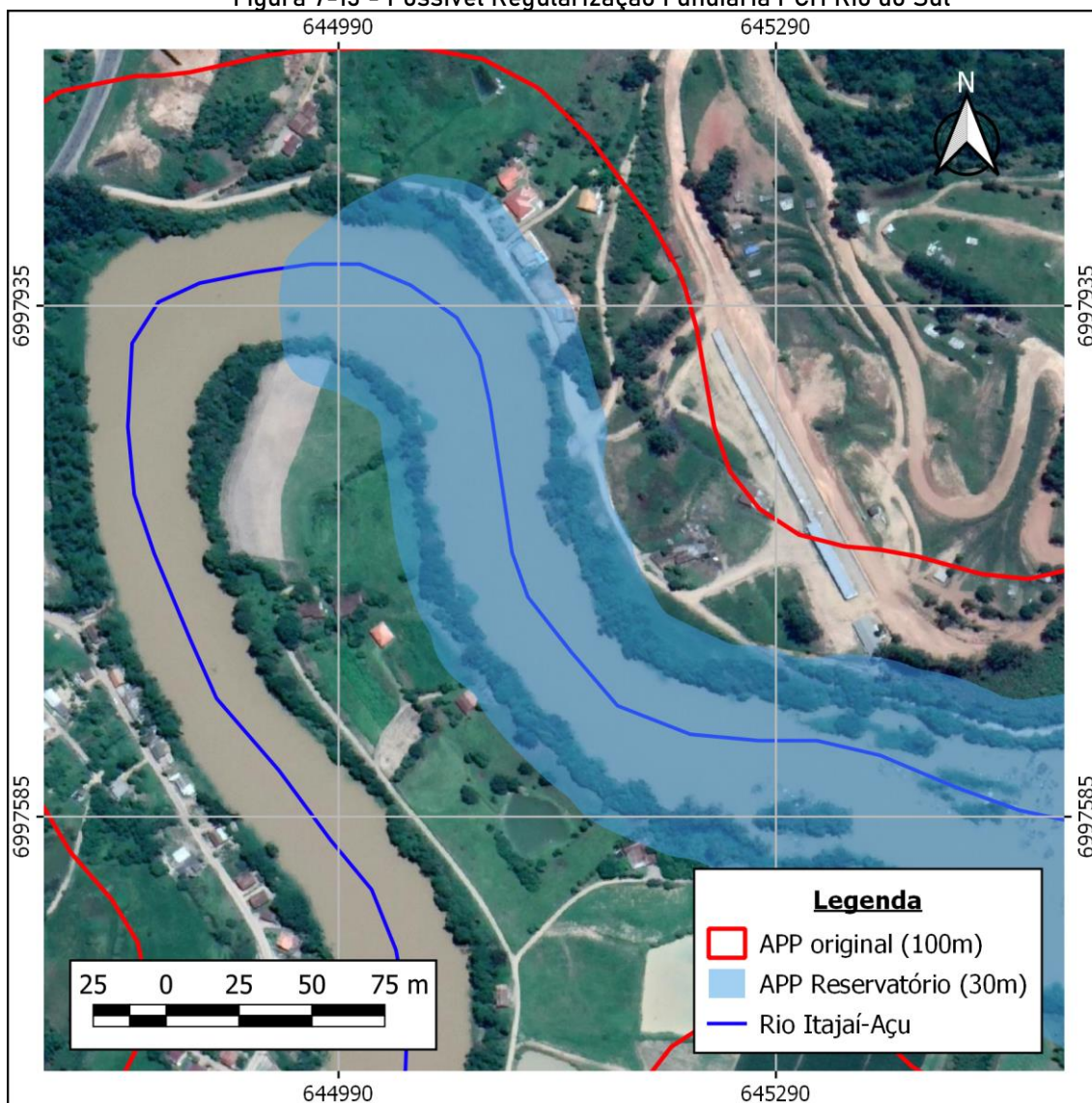


Figura 7-14 - Possível Regularização Fundiária PCH Subida I

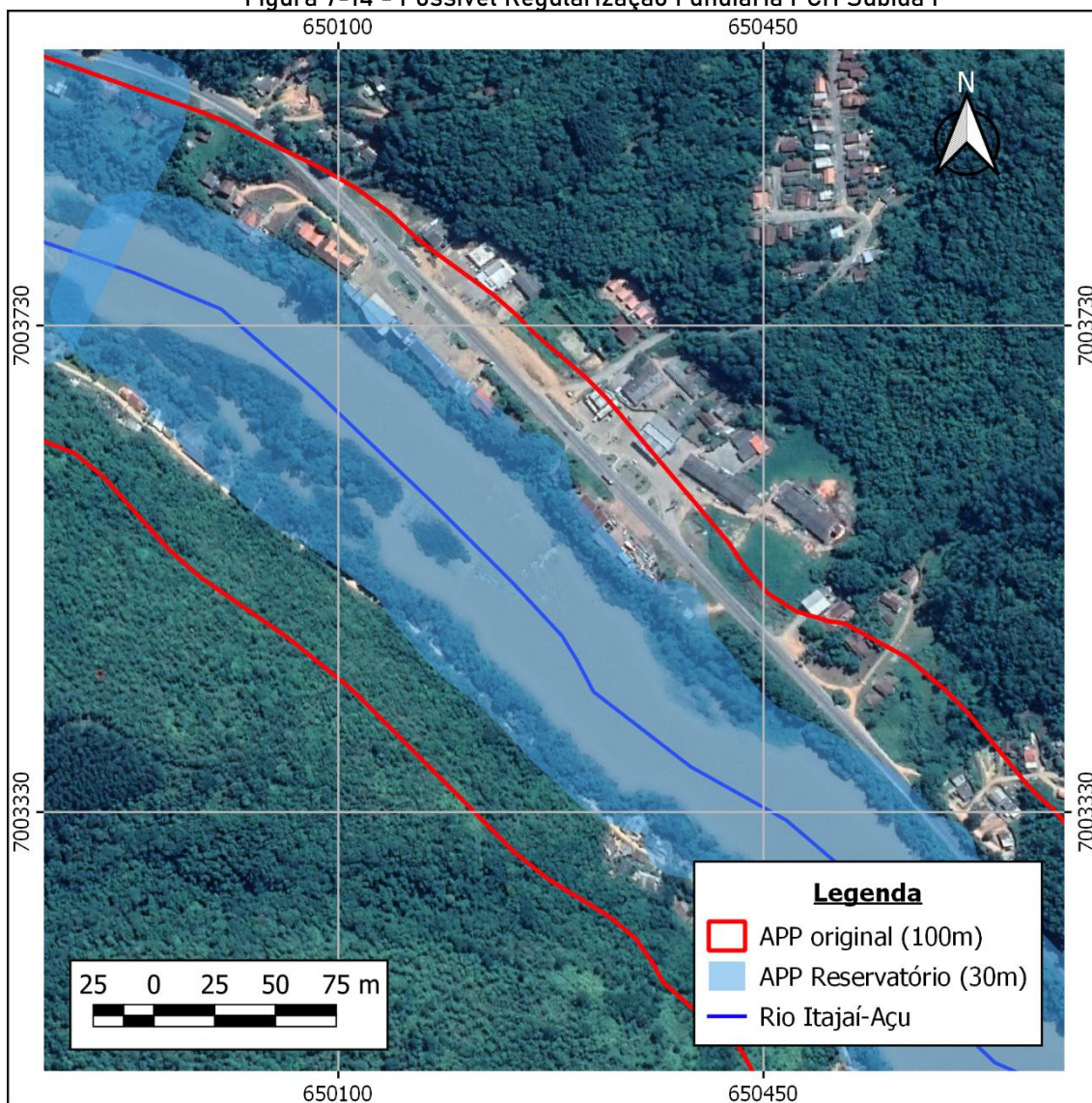
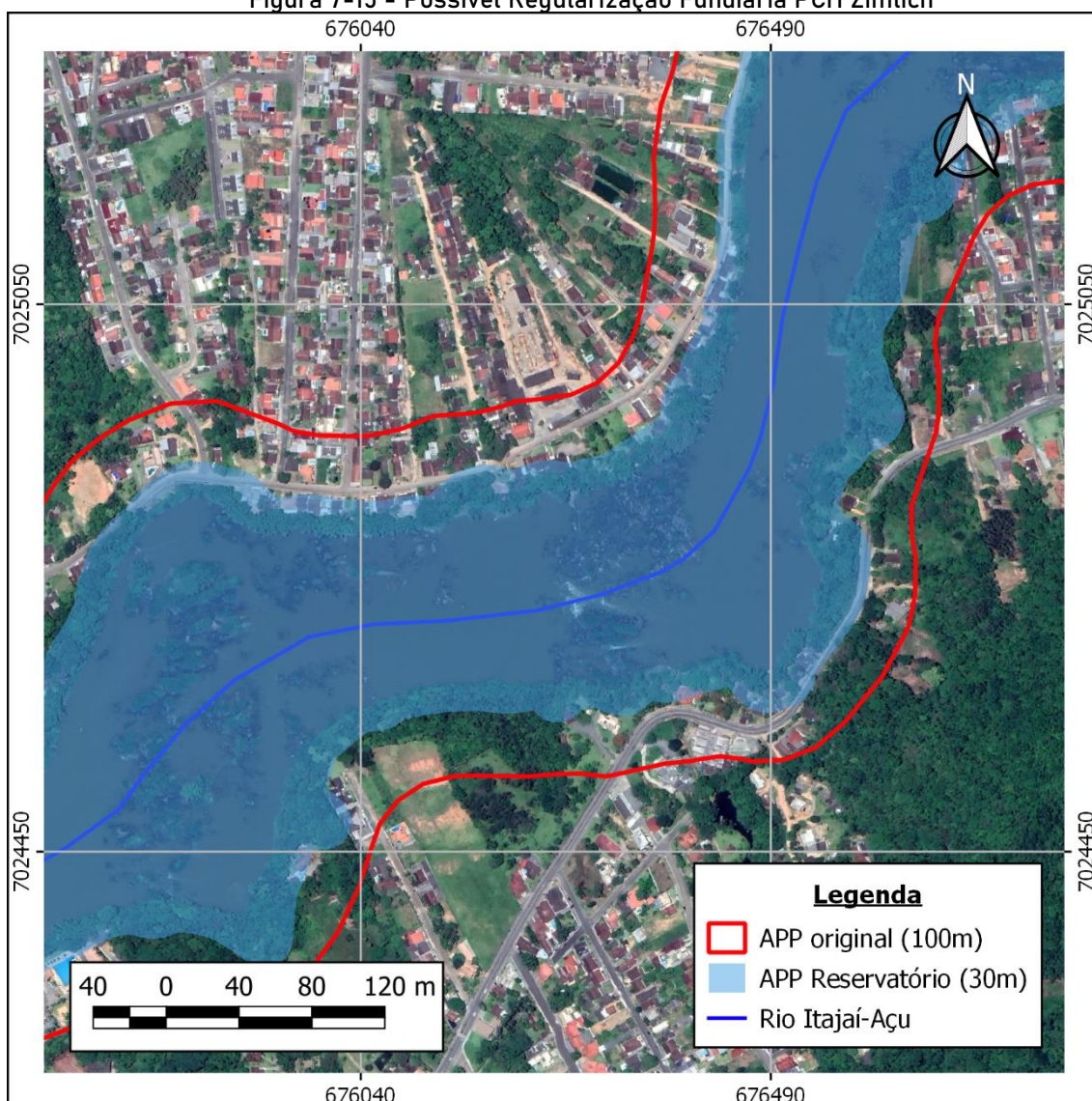


Figura 7-15 - Possível Regularização Fundiária PCH Zimlich



7.4.4 Geração Energética

Energia limpa é um dos temas de maior relevância na atualidade brasileira. A necessidade em gerar energia através de fontes renováveis se tornou imprescindível para o suprimento das demandas energéticas. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) as fontes renováveis contribuem para a diversificação da matriz elétrica, além de estarem usualmente relacionadas a projetos menos impactantes do ponto de vista ambiental. Grande parte das fontes renováveis é obtida sem a emissão de gases de efeito estufa, o que contribui com a estratégia brasileira para atingir as metas de redução de emissões desses gases, conforme a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).



De acordo com a ANEEL (BIG, 2019), em abril de 2019, aproveitamentos hidrelétricos representavam aproximadamente 66,2% da capacidade instalada no país, sendo 3,6% de PCHs (5,9 GW de capacidade instalada, distribuída em 1.124 empreendimentos). Corroborando com a matriz energética apresentada até o ano de 2019, o Ministério de Minas e Energia espera que a matriz elétrica brasileira conte com 8,9 GW de capacidade de PCHs e CGHs até o final de 2027, conforme apresentado no Plano Decenal de Expansão de Energia 2027.

As PCHs representam geração de energia limpa a um custo ambiental pequeno, ao contrário de uma usina hidrelétrica de grande porte, as PCHs não necessitam de grandes reservatórios para armazenagem de volumes de água. Com o atual cenário de ampliação do consumo de energia elétrica aliada a uma grande estiagem em várias regiões do país, as PCHs se tornaram uma alternativa à geração de energia.

Outra vantagem da geração de energia através das PCHs é que, quanto maior for incremento de energia através das fontes renováveis, menor será a necessidade de implantação de usinas termelétricas, considerados como energias não-renováveis e causadoras de maiores impactos ambientais.

Nesse contexto, outro impacto positivo que pode advir da implantação destes empreendimentos é a geração de energia limpa e renovável. A maior parte da geração energética brasileira é hídrica, porém, muitos estados brasileiros estão passando por cenários de crise hídrica e uma menor disponibilidade de vazão, o que pode acarretar no futuro em crise energética no país. A utilização dos recursos na bacia do rio Itajaí, bacia com bastante disponibilidade hídrica pode vir a compensar o deficit possível futuro.

De forma a complementar a análise de impacto já realizada, foi feita uma relação entre a geração energética e o índice de impacto, de forma a balancear o impacto socioeconômico positivo e o principal objetivo da construção destes empreendimentos com seu impacto negativo.

A análise de impacto por si só pode não ser suficiente para a tomada de decisão, visto que dois empreendimentos podem ter o mesmo impacto negativo ambiental, mas se um possui uma geração energética maior, então o impacto por MW é menor.

Portanto, fez-se a relação entre o índice de impacto e a geração energética em MW, de forma a calcular o impacto de cada usina por MW. De acordo com esta relação, quanto menor a razão obtida, menos impactante é um empreendimento em relação a sua geração.



Tabela 7.44 - Relação Impacto x Potência Instalada

Empreendimento	Potência Instalada (MW)	Índice de Impacto	Coefficiente
PCH Rio do Sul	10	0,07	0,007
PCH Estação Indaial	26	0,25	0,010
PCH Foz do Hercílio	9,16	0,11	0,013
PCH Apiúna	27	0,43	0,016
PCH Acurra	11,5	0,20	0,017
PCH Zimlich	12,0	0,20	0,020
PCH Subida 1	9,8	0,22	0,022
PCH Encano	12	0,35	0,029
CGH Tafona	1,5	0,11	0,071
CGH J. Grabowski I	2	0,18	0,091
CGH J. Grabowski	1,4	0,18	0,129
CGH Gunther Faller	1,35	0,21	0,157

As duas menores razões pertencem à PCH Rio do Sul e à PCH Estação Indaial. A PCH Rio do Sul possui uma produção de energia intermediária, no entanto, possui o menor impacto dos empreendimentos analisados da bacia. A PCH Estação Indaial possui coeficiente de impacto intermediário, no entanto, possui uma das maiores produções energéticas destes empreendimentos. Considera-se então que são os dois empreendimentos de melhor otimização energética. Estas também são as duas usinas que possuem LAP das estudadas.

Adicionalmente, vale destacar, que entre as demais usinas de maior porte, a PCH Apiúna mostrou um coeficiente atrativo em se tratando das variáveis consideradas no estabelecimento sinérgico dos índices de impacto ambiental.



7.4.5 Criação de novos empregos

A obra para implantação de PCH cria uma série de novos empregos, principalmente na etapa de implantação, podendo ser realizada a contratação de mão de obra direto da região. Também geram empregos em longo prazo, dentre eles: atendentes, operadores, pessoal de manutenção, contratação de serviços de técnicos especializados, entre outros.

7.4.6 Aumento da arrecadação tributária municipal

O aumento da arrecadação tributária decorrerá do aquecimento da economia da região durante a construção das PCHs implicando no aumento da arrecadação fiscal dos municípios da AID e All, por meio do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN) e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS). Relacionado a oportunidades de empregos, tem-se as novas oportunidades para a economia, pois para além da fase de construção, quando em funcionamento as PCHs geram energia fomentando também o mercado de trabalho. Com a implantação dos empreendimentos, os municípios aumentarão suas arrecadações tributárias.

7.4.7 Melhoria na Infraestrutura Viária

O potencial impacto positivo na rede viária provém da necessidade de melhoria e criação de estradas e acessos aos empreendimentos a fim de atender as demandas decorrentes da necessidade de transporte de insumos e produtos, assim como, para o deslocamento da mão de obra e funcionários, tanto na fase de obras quanto, posteriormente, dos funcionários na fase de operação desses empreendimentos.

7.4.8 Melhora na Qualidade da água

Um dos impactos positivos observados e importante de ser destacado é a melhora da qualidade da água como um todo com a implementação dos empreendimentos em cascata.

A diminuição da velocidade acarretada pelo barramento transforma os reservatórios em reatores, onde ocorrem as reações bioquímicas de depuração de constituintes. Esta situação acaba acarretando a diminuição dos constituintes como um todo. Além disso, há um



aumento da sedimentação, em que as partículas pesadas acabam sedimentando para o fundo do canal, melhorando a sua qualidade como um todo.

Os resultados da modelagem de qualidade da água apontaram para um comportamento já observado em outros reservatórios: a diminuição da velocidade e a criação de um lago artificial, aumentando o tempo de detenção acarreta uma queda dos principais parâmetros de qualidade da água, como Fósforo, DBO e Nitrogênio. As bactérias que degradam estes componentes acabam consumindo o oxigênio dissolvido e, portanto, junto com a diminuição destes poluentes, acontece a diminuição do oxigênio dissolvido na água, resultado observado também no modelo. A redução do oxigênio, no entanto, não é drástica, visto que se trata de um rio com concentrações baixas de poluentes e reservatórios de baixo tempo de detenção. A quantidade de quedas observadas também acarreta a reareação do curso d'água.

Portanto, conclui-se que reservatórios pequenos, de baixo tempo de detenção, são positivos para a qualidade da água, visto que aceleram a depuração de constituintes, não consumindo oxigênio de forma que aconteça algum impacto para a fauna aquática e com pouco risco de eutrofização.

7.5 EFEITOS CUMULATIVOS E SINÉRGICOS

Para entender os efeitos cumulativos e sinérgicos é preciso ponderar que as alterações antrópicas causadas ao meio ambiente podem ser combinadas com outras ações do passado, presente, ou futuro, e que a combinação de tais ações pode potencializar os efeitos ambientais sobre uma determinada região. Quando os efeitos são resultantes da simples soma de impactos causados ao meio, mas podem ser consideravelmente mais significativos sob uma perspectiva integrada e coletiva perante uma escala temporal, estes são denominados de efeitos cumulativos. Já quando os efeitos gerados são mais significativos que a soma dos impactos prévios isolados, estes são chamados de efeitos sinérgicos (CASTRO, 2013; ESCANDIAN, 2014).

Com a implantação dos aproveitamentos hidrelétricos na Bacia do rio Itajaí-Açu, surgirão alterações das condições atuais. Desse modo, é previsível que ocorram diferenciadas pressões sobre os ecossistemas terrestres e aquáticos, além das interações sobre a socioeconomia.



Para a análise de cumulatividade e sinergia dos empreendimentos, após a avaliação do impactos individuais para cada usina, utilizou-se como base os cruzamentos realizados entre a Sensibilidade Ambiental e os resultados dos Indicadores de Impacto Ambiental (MME, 2007).

O Quadro 7-1 e o Quadro 7-2 apresentam a sinergia e cumulatividade entre os impactos registrados. Enquanto o conteúdo apresentado entre os itens 7.5.1 e 7.5.14 detalha tais impactos e resume suas causas e sinergias com demais impactos.

Quadro 7-1 - Efeitos Sinérgicos

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos			Meio Físico e Ecossistemas Terrestres							Socioeconômico				
		Bloqueio das espécies migratórias	Modificação da comunidade da ictiofauna	Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida	Perda de Cobertura Florestal Nativa	Perda de Mata Ciliar	Supressão de margem Classe 1	Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido	Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos	Diversidade genética Raulinoa echinata	Diversidade genética Dyckia brevifolia	Inviabilização de trechos de rafting e canoagem	Interferências em infraestruturas	Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos	Diminuição da disponibilidade hídrica	
Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos	Bloqueio das espécies migratórias			x		x										x
	Modificação da comunidade da ictiofauna			x		x		x								x
	Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida					x		x								x
Meio Físico e Ecossistemas Terrestres	Perda de Cobertura Florestal Nativa					x		x	x	x	x					
	Perda de Mata Ciliar							x	x	x	x					
	Supressão de margem Classe 1								x	x	x					
	Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido									x	x				x	x
	Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos										x	x			x	x
	Diversidade genética Raulinoa echinata														x	x
	Diversidade genética Dyckia brevifolia														x	x
Socioeconômico	Inviabilização de trechos de rafting e canoagem															x
	Interferências em infraestruturas														x	
	Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos															
	Diminuição da disponibilidade hídrica															



Quadro 7-2- Efeitos Cumulativos

Indicador de Impacto	Cumulatividade	Causa
Bloqueio das espécies migratórias	Sim	Alteração do Regime Hídrico, Supressão e Construção Civil
Modificação da comunidade da ictiofauna	Sim	Construção Civil
Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida	Sim	Construção Civil
Perda de Cobertura Florestal Nativa	Sim	Supressão e Construção Civil
Perda de Mata Ciliar	Sim	Alteração do Regime Hídrico, Supressão e Construção Civil
Supressão de margem Classe 1	Sim	Supressão e Construção Civil
Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido	Sim	Supressão e Construção Civil
Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos	Sim	Alteração do Regime Hídrico, Supressão e Construção Civil
Diversidade genética <i>Raulinoa echinata</i>	Sim	Alteração do Regime Hídrico, Supressão e Construção Civil
Diversidade genética <i>Dyckia brevifolia</i>	Sim	Alteração do Regime Hídrico, Supressão e Construção Civil
Interferência em trechos de rafting e canoagem	Sim	Alteração do Regime Hídrico
Interferência em infraestrutura	Sim	Alteração do Regime Hídrico e Construção Civil
Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos	Sim	Alteração do Regime Hídrico
Disponibilidade hídrica	Sim	Alteração do Regime Hídrico

7.5.1 Bloqueio das espécies migratórias

A grande maioria das espécies ícticas de valor para o consumo humano são espécies migratórias (espécies de piracema). Elas realizam migrações no período da primavera e verão, épocas com grandes precipitações, o que ocasiona inundações e aumento da vazão, ainda, são estações com maiores fotoperíodos, o qual aquece mais a água dos rios em relação ao outono e inverno. Tais fatores são indicativos para o início das migrações. Ao longo do trajeto rio as gônadas são desenvolvidas até a espécie estar apta para a desova. Após a postura, os ovos e larvas são carregados passivamente para as áreas alagadas, onde se desenvolverão em alevinos e após tornarem adultos iniciarão o ciclo reprodutivo.

Dessa forma, a construção de barreiras físicas é um impacto que se acumula com outros, como a alteração da disponibilidade hídrica, que ocasionará a modificação da comunidade da ictiofauna a jusante do barramento e a alteração de nutriente proveniente da vegetação, visto que a calha no rio do TVR será modificado pela diminuição de água. Com isto,



limitará o fluxo das espécies, o qual poderá promover o isolamento e/ou a diminuição das populações que anteriormente ocupavam ambientes comuns realizando o fluxo gênico.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico;
- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica.

7.5.2 Modificação da comunidade da ictiofauna

A modificação da comunidade da ictiofauna é uma das influências mais contundentes que ocorre, atuando sinergicamente a partir da alteração do regime hídrico, tanto a jusante como a montante, podendo afetar a função das corredeiras através da formação do reservatório além de outros ambientes associados, como por exemplo áreas de várzeas, além de limitar o transito de espécies reófitas.

Atrelado a alteração do regime hídrico, associa-se a alteração da qualidade da água, ocasionado geralmente pela eutrofização e outros constituintes químicos fora do padrão, além do que, acabam sendo influenciados através da retirada da floresta nativa das áreas de APP, podendo ocasionar processos de erosão e forçando com isso a assembleia da fauna aquática a se adaptar ao novo ambiente formado.

Causa:

- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;



- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica.

7.5.3 Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante

Os rios são ecossistemas abertos por estarem em íntima relação com o ambiente terrestre e heterotrófico, em razão dos “*inputs*” de matéria e energia. A manutenção do ambiente aquático depende diretamente da disponibilização de recursos dos ambientes adjacentes. Com os “*inputs*”, proporcionados pelos ecossistemas adjacentes, há um aporte de matéria e energia para a manutenção do ambiente aquático. Desta forma existe uma intrínseca relação entre o ambiente aquático e seu entorno. Cada ambiente aquático é gerido e caracterizado de acordo com a composição do ambiente de entorno, gerando uma fauna e flora específica (SAVIATO, 2007).

Nos trechos a jusante dos reservatórios as vazões residuais de baixa magnitude podem alterar a qualidade da água e a disponibilidade de habitats para crescimento e forrageamento da biota sendo responsáveis pela redução das comunidades aquáticas.

A alteração do regime hídrico no trecho de vazão reduzida, pode se relacionar com diversos efeitos sinérgicos, tal como alteração da qualidade da água, limitação do trânsito de espécies migratórias, além de poder interferir na ecologia de espécies da flora reófitas, espécies que estão confinadas aos leitos e margens de rios, sob condições torrenciais de rápido fluxo de água (inclusive cascatas) (KLEIN, 1979).

Causa:

- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Bloqueio das espécies migratórias;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica.

7.5.4 Perda de Cobertura Florestal Nativa

Em aproveitamentos hidrelétricos, assim como em diversos outros empreendimentos, é inevitável a supressão de vegetação. Conforme já mencionado ao longo do estudo, toda a área da bacia encontra-se inserida no domínio da Floresta Atlântica, o de menor proporção de cobertura natural remanescente do país. Neste contexto, os fragmentos



florestais existentes possuem grande importância para a manutenção da biota, resguardando a biodiversidade na forma de metapopulações.

Com a implantação de vários empreendimentos que envolvam supressão de vegetação florestal nativa, também há o acúmulo de áreas desflorestadas, o que por sua vez, favorece a ocorrência de efeitos negativos para as comunidades naturais já bastante reduzidas por razões antrópicas diversas.

Entre os principais efeitos negativos induzidos pela perda da cobertura florestal, lista-se: o aumento do efeito de borda; a perda de indivíduos ameaçados de extinção; perda de diversidade genética local; diminuição ou perda de corredores ecológicos; perda de habitat da fauna e flora nativa, incluindo aqui para a fauna terrestre áreas de forrageamento, abrigo, deslocamento e reprodução; facilitação dos processos erosivos, alteração do microclima local e alteração da paisagem.

Causas:

- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Supressão de margem Classe 1;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
- ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*;
- ❖ Bloqueio das espécies migratórias;
- ❖ Modificação da comunidade da ictiofauna;
- ❖ Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida.

7.5.5 Perda de Mata Ciliar

O Vale do Itajaí, é uma das regiões de maior densidade populacional do Estado, sendo grande parte desta população condensada nos municípios distribuídos às margens do rio



Itajaí-Açu. Durante a implantação e a expansão destes municípios, boa parte da vegetação ciliar foi suprimida, principalmente nas regiões de menor declividade, resultando na perda de grande parte das matas ciliares da bacia.

Neste sentido, as áreas que remanescem com vegetação ciliar florestal são de grande importância para a biodiversidade regional como todo, especialmente para espécies da fauna e da flora dependentes especificamente deste ambiente, notadamente mamíferos de médio e grande porte de hábito semi-aquático, como Lontras (*Lontra longicaudis*) e Capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*), marsupiais de hábito semi-aquático como a Cuíca-de-quatro-olhos (*Philander frenatus*) e a Cuíca-d'água (*Chironectes minimus*), anfíbios que utilizam os remansos nas margens e a vegetação ciliar para sua reprodução, o cágado *Phrynops hilarii* que além de áreas para assoalhar também nidifica nas margens em meio a mata ciliar e nas ilhas fluviais, além de diversas espécies de aves.

Outro grupo intimamente associado às matas ciliares são as espécies reófitas. Durante os trabalhos de levantamento de dados para o presente estudo, foi verificado que estas espécies estão em melhores condições de conservação em locais onde a mata ciliar encontra-se presente e representativa.

Portanto, com o acúmulo de perda de mata ciliar, também há a perda de habitat para as espécies da fauna apresentadas acima, e a diminuição da qualidade ambiental para as espécies reófitas.

Outros efeitos deletérios ainda são dignos de nota, tais como a diminuição dos dos fragmentos e o conseqüente aumento na susceptibilidade ao efeito de borda, a diminuição da conectividade entre os fragmentos ciliares, a facilitação dos processos erosivos e a alteração da paisagem.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico;
- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Supressão de margem Classe 1;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;



- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
- ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*;
- ❖ Bloqueio das espécies migratórias;
- ❖ Modificação da comunidade da ictiofauna;
- ❖ Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida;
- ❖ Perda de Cobertura Florestal Nativa.

7.5.6 Supressão de Margem Classe I

Praticamente toda a vegetação florestal do estado de Santa Catarina, passou por algum tipo de intervenção antrópica, sendo esta de maior ou menor intensidade ao longo do tempo e do espaço. Por conta deste motivo, praticamente todos os fragmentos florestais que remanescem na paisagem são de caráter secundário ou se primários, sofreram algum tipo de intervenção, como o corte seletivo de espécies madeireiras ou a extração de produtos não madeireiros (Erva-mate, Palmito etc.).

De maneira geral, os fragmentos secundários são os mais expressivos em termos de área no estado e também na região do Vale do Itajaí, sendo a classe 1 – secundário avançado, a forma vegetacional de menor representatividade da avaliação. Esta classe, é a forma mais preservada da vegetação ao longo do trecho de estudo, abrigando grande parte da riqueza de espécies registradas, que se traduz na forma de diversas sinúcias ou mesmo, na forma de feições vegetacionais associadas à paredões rochosos.

Por ser a forma de vegetação de menor representatividade ao longo do trecho de estudo e também a mais rica e importante, o acúmulo de desflorestamento destas margens implica diretamente na perda de habitats íntegros e de alta representatividade florística. Nestes trechos, também é onde se concentram diversas espécies ameaçadas de extinção, como a Canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*), Bicuíba (*Virola bicuhyba*), Canela-preta (*Ocotea catharinensis*) e outras espécies florestais. Por serem margens preservadas, nestes locais foram observadas as maiores populações de espécies reófitas, estas populações também se mostraram como sendo as mais sadias e livres de competição com táxons ruderais ou espécies invasoras.



Causas:

- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Perda de Cobertura Florestal Nativa;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
- ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*.

7.5.7 Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido

Para a implantação dos empreendimentos hidroelétricos, é necessário que alguns indivíduos das espécies reófitas sejam suprimidos para dar lugar a estruturas como barramento, casa de força, circuito adutor, área de alague e outras. Desta maneira, com o acúmulo de empreendimentos hidroelétricos ao longo da bacia, também aumenta o montante geral das populações das espécies reófitas a serem suprimidas.

Tal supressão, caso não seja mitigada e controlada conforme apresentado em item específico neste estudo, pode acarretar em perda considerável das populações gerais das espécies.

Importante salientar que, em trechos do rio com elevada ocupação antrópica, a presença de determinados empreendimentos hidroelétricos, podem trazer mais vantagens do que desvantagens para as espécies reófitas, pois, a presença destas usinas, inibem o acesso ou invasão das margens para a construção de habitações, portanto, um aspecto sinérgico positivo.

Causas:

- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.



Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
- ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*;
- ❖ Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos;
- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica;
- ❖ Modificação da comunidade da ictiofauna;
- ❖ Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida;
- ❖ Perda de Cobertura Florestal Nativa;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Supressão de margem Classe 1.

7.5.8 *Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos*

Conforme descrito acima, para a implantação dos empreendimentos hidroelétricos, é necessário que alguns indivíduos das espécies reófitas sejam suprimidos para dar lugar a estruturas como barramento, casa de força, circuito adutor, área de alague e outras. Tais indivíduos, estão dispostos ao longo da bacia na forma de populações, que concentram cargas genéticas e densidade populacional diferenciadas entre si.

Dependendo do empreendimento e respectivo porte, as populações das espécies reófitas serão afetadas com supressão variando de insignificante a total.

Com o acúmulo de empreendimentos hidroelétricos ao longo da bacia, diversas populações serão afetadas, podendo ocasionar a perda ou diminuição na conectividade entre as populações e trocas gênicas, caso para estas supressões não sejam seguidas as recomendações propostas.

Importante salientar que, em trechos do rio com elevada ocupação antrópica, a presença de determinados empreendimentos hidroelétricos, podem trazer mais vantagens do que desvantagens para as espécies reófitas, pois, a presença destas usinas, inibem o acesso ou invasão das margens para a construção de habitações, portanto, um aspecto sinérgico positivo.



Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico;
- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
- ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*;
- ❖ Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos;
- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica;
- ❖ Perda de Cobertura Florestal Nativa;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Supressão de margem Classe 1.

7.5.9 Diversidade genética *Raulinoa echinata*

As populações de *Raulinoa echinata*, se distribuem ao longo do rio Itajaí-Açu na forma de diferentes sub-populações, as quais exibem diferentes cargas de diversidade genética, sendo as populações localizadas na região mais a montante e jusante as menos diversas e aquelas localizadas ao centro mais diversas. Quanto maior a diversidade genética da população, maior será a sua relevância. Outro ponto a ser levado em consideração, é que não basta manter determinadas populações diversas isoladas e sim manter a capacidade de fluxo gênico entre as mesmas.

Desta maneira, com o acúmulo de aproveitamentos hidroelétricos, também haverá o acúmulo de indivíduos e populações a serem suprimidas, caso não sejam adotadas as recomendações apresentadas no presente estudo, poderá ocorrer perda da diversidade genética da espécie contida nestas populações a serem suprimidas. Com a perda de populações ao longo do trecho de ocorrência, também poderá diminuir a capacidade de fluxo gênico da espécie entre as futuras populações remanescentes.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico;
- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.



Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos;
- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica;
- ❖ Perda de Cobertura Florestal Nativa;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Supressão de margem Classe 1.

7.5.10 Diversidade genética *Dyckia brevifolia*

As populações de *Dyckia brevifolia*, se distribuem ao longo do rio Itajaí-Açu na forma de diferentes sub-populações, as quais exibem diferentes cargas de diversidade genética, sendo as populações à montante menos diversas e as populações localizadas mais a jusante de maior diversidade genética. Quanto maior a diversidade genética da população, maior será a sua relevância. Outro ponto a ser levado em consideração, é que não basta manter determinadas populações diversas isoladas e sim manter a capacidade de fluxo gênico entre as mesmas.

Desta maneira, com o acúmulo de aproveitamentos hidroelétricos, também haverá o acúmulo de indivíduos e populações a serem suprimidas, caso não sejam adotadas as recomendações apresentadas no presente estudo, poderá ocorrer perda da diversidade genética da espécie contida nestas populações a serem suprimidas. Com a perda de populações ao longo do trecho de ocorrência, também poderá diminuir a capacidade de fluxo gênico da espécie entre as futuras populações remanescentes.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico;
- ❖ Supressão;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos;
- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica;



- ❖ Perda de Cobertura Florestal Nativa;
- ❖ Perda de Mata Ciliar;
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Supressão de margem Classe 1.

7.5.11 Interferência em trechos de rafting e canoagem

O impacto nas atividades de rafting e canoagem se deve a formação de remansos, afogamento de corredeiras e diminuição de velocidade ao longo do rio. Dessa forma, a interferência na prática de tais atividades estão relacionadas com diminuição da disponibilidade hídrica. Havendo uma maior porcentagem de trechos de baixa disponibilidade hídrica, maior será a interferência.

Dessa forma, o efeito cumulativo visto no impacto aos trechos de rafting e canoagem se dá pela combinação de empreendimentos, que acarreta em um aumento de trechos afetados. Como exemplo, pode ser citada a combinação da PCH Apiúna e PCH Subida I, que causa interferência em todo um trecho do rio. No entanto, cabe destacar que foram apresentadas alternativas para tal impacto no diagnóstico, visando a manutenção das atividades de rafting e canoagem durante as cheias.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Diminuição da disponibilidade hídrica.

7.5.12 Interferência em infraestruturas

O impacto na infraestruturas se trata da sobreposição e interferência dos reservatórios e das obras civis sobre estruturas como rodovias, linhas de transmissão, pontes e captações de água. Este impacto é cumulativo pois quanto mais empreendimentos, maior é o número de infraestruturas afetadas na bacia.

O impacto causado na interferência em infraestruturas não interfere em outros impactos levantados neste estudo.



Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico;
- ❖ Construção Civil.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos.

7.5.13 Aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos

A inserção de um barramento em um trecho de rio acarreta na criação de um reservatório e conseqüente aumento de nível de água naquele local. Este aumento, dependendo do tamanho do barramento, ocorre somente para as vazões mais baixas, mas quanto maior a altura da estrutura, maior é o aumento causado para vazões de cheia, que acarreta na chegada da água em locais que naturalmente não ocorriam, podendo acarretar em prejuízos socioeconômicos.

Os barramentos não interferem um no outro, porém, o acúmulo de estruturas inseridas em um rio acaba aumentando o número potencial de pessoas que são impactadas por essa interferência nos eventos extremos.

O aumento no nível em eventos extremos causados pelos barramentos pode acarretar em prejuízos socioeconômicos com a invasão de casas e infraestruturas como também um prejuízo ambiental quando a água chega a vegetações que não tinham este aporte anteriormente. Portanto este impacto é sinérgico com a interferência em infraestruturas e com a perda de cobertura florestal nativa.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
- ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
- ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
- ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*;



- ❖ Interferências em infraestruturas.

7.5.14 Disponibilidade Hídrica

O impacto na disponibilidade hídrica é causado pelo desvio de vazão que passará nas turbinas da casa de força para a geração de energia. Quando a casa de força é acoplada ao barramento, não há um trecho de vazão reduzida e portanto este impacto é nulo, porém a somatória de vários trechos de vazão reduzida acabam aumentando o impacto de forma geral no rio, havendo uma maior porcentagem de trechos de baixa disponibilidade hídrica com potencial de interferir com os meios físico, biótico e socioeconômico.

Este impacto pode acarretar em problemas para os meios físico, biótico e socioeconômico, portanto apresenta sinergia com alguns impactos:

- Interferência em trechos de rafting e canoagem;
- Bloqueio das espécies migratórias;
- Modificação da comunidade da ictiofauna;
- Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante / Trecho de Vazão Reduzida.

A diminuição de vazão e velocidade é um dos fatores que acarreta na interferência dos trechos de rafting e canoagem, que necessitam de vazão e velocidade mínimas para estas atividades. Se apresentou proposta para o manutenção dessas atividades através do aumento da vazão remanescente durante a passagem dos envolvidos.

Uma menor vazão também acaba potencialmente acarretando em um desequilíbrio ecológico, acarretando em modificação da comunidade da ictiofauna e da fauna aquática como um todo. Além disso, uma menor vazão tem potencial de dificultar o movimento de espécies migratórias, acarretando em seu bloqueio.

Causas:

- ❖ Alteração do Regime Hídrico.

Sinergia/cumulatividade com:

- ❖ Bloqueio das espécies migratórias;
- ❖ Modificação da comunidade da ictiofauna;
- ❖ Alterações no Regime Hídrico para Fauna Aquática no trecho de Jusante/Trecho de Vazão Reduzida;



-
- ❖ Número de indivíduos de espécies reófitas ameaçadas de extinção a ser suprimido;
 - ❖ Número de populações de espécies reófitas raras, ameaçadas ou endêmicas a ser suprimida em parte ou totalmente para a implantação dos empreendimentos;
 - ❖ Diversidade genética *Raulinoa echinata*;
 - ❖ Diversidade genética *Dyckia brevifolia*;
 - ❖ Inviabilização de trechos de rafting e canoagem.