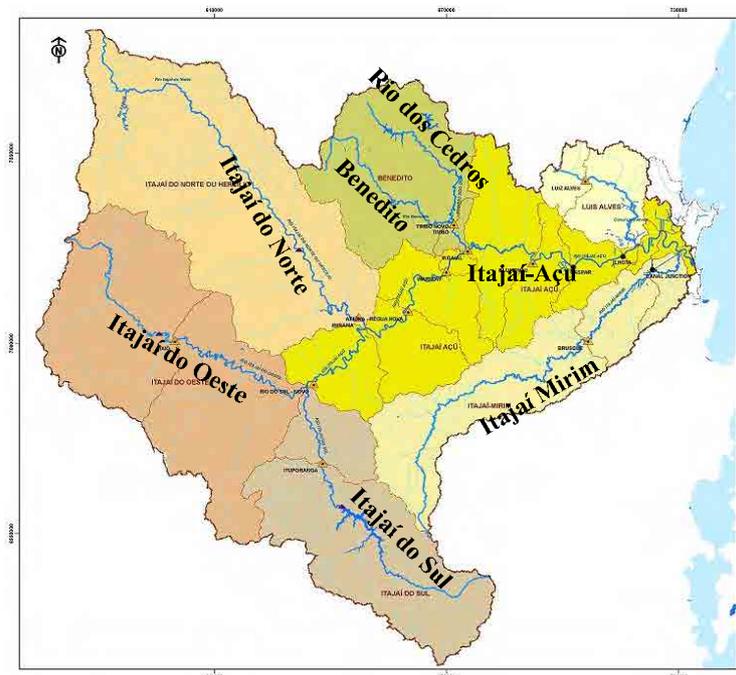


## CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS DE ENCHENTES E VAZÃO DE ENCHENTE PROVÁVEL DO RIO ITAJAÍ

### 3.1 Situação atual do Rio Itajaí e característica do canal de rio

#### (1) Síntese sobre a Bacia

O Rio Itajaí-Açu ou simplesmente Rio Itajaí, conforme ilustrado na figura abaixo, está dividido em seis principais bacias de rios afluentes e a sua própria bacia constituída pelas áreas incrementais entre esses afluentes. O Rio Itajaí do Oeste e o Rio Itajaí do Sul nascem na Serra Geral que atravessa a margem ocidental da bacia no sentido sul ao norte (altitude topográfica entre 1000 a 1800 metros) e encontra-se com o Rio Itajaí-Açu na cidade de Rio do Sul que é a maior cidade do alto vale, onde propriamente se inicia o Rio Itajaí-Açu. No médio vale o Rio Itajaí-Açu se encontra com o Rio Itajaí do Norte em Ibirama, absorve o Rio Benedito em Indaial e no baixo vale, encontra-se com o Rio Luiz Alves em Ilhota e Rio Itajaí Mirim em Itajaí, seguindo para o Oceano Atlântico.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura-3.1.1 Mapa de localização da Bacia do Rio Itajaí

#### (2) Característica do canal de rio

Será explanado na seção 3.6 mais adiante, porém, o Rio Itajaí tem a declividade do leito entre  $1/15.000 \sim 20.000$  no trecho até a cidade de Blumenau, com inclinação muito suave. A altitude do leito de rio em Blumenau é mais baixa do que o nível médio do mar. O trecho intermediário do rio a montante de Blumenau até a cidade de Lontras (entorno de 170 km) tem a declividade bem íngreme entre  $1/100 \sim 1.500$  e a declividade do trecho entre Lontras e Rio do Sul é bem plana com inclinação de  $1/3.000$ .

A largura do rio é entre 200 a 300 metros no trecho do baixo vale, entre 150 a 200 metros na proximidade de Blumenau, entre 100 a 150 metros em Rio do Sul e à medida que segue a montante vai se tornando cada vez mais estreito. Atualmente no Rio Itajaí, não existe diques ou canal retificado, com exceção de intervenção parcial tais como cais de concreto do complexo portuário e canal retificado do Rio Itajaí Mirim, portanto o seu canal, em quase toda a sua extensão se mantém na sua forma natural.

### 3.2 Instalações hidráulicas existentes

#### 3.2.1 Instalação hidráulica

##### (1) Instalações para o controle das enchentes

As instalações mais representativas para o controle de enchentes são as três barragens de contenção construídas nos afluentes de montante (vide os detalhes na tabela 3.2.2 mais adiante). Essas três barragens são exclusivas para o controle de enchentes e os reservatórios são mantidos vazios nos períodos normais.

Além das barragens de contenção de cheias acima citadas, existem obras de proteção da calha na margem direita do Rio Itajaí-Açú (ponto de colisão da água) localizadas na zona urbana de Blumenau (feito pelo bloco de concreto), e outras pequenas obras de proteção das calhas nas margens dos ribeirões (obras simples de gabião e enrocamentos), não se observa outras obras de medidas de contenção de enchentes que melhore a capacidade de escoamento do rio, tais como diques e alargamento do leito.

No Rio Itajaí Mirim foram implementadas as obras de retificação do canal a fim de escoar as enchentes com rapidez, porém, a população critica esse canal, dizendo que as enchentes têm chegado mais rápido em Itajaí e prejudicado essa cidade, portanto não se pode considerar essa medida como solução definitiva.



Proteção da calha na margem direita do Rio Itajaí-Açú, zona urbana de Blumenau



Obra de proteção em gabião na margem do Ribeirão Garcia, após enchente de 2008, em Blumenau

##### (2) Instalações para utilização da água

Em relação às instalações para utilização da água, cada município da Bacia do Rio Itajaí possui instalações próprias para o abastecimento de água potável e irrigação. Existe comporta logo a jusante da bomba que serve como estrutura contra salinização das águas a montante na estação de captação de água por bombeamento da cidade de Itajaí (foto), próximo ao cruzamento com a BR-101 do canal retificado do Rio Itajaí Mirim (cidade de Navegantes também se abastece através desta instalação). Na cidade de Timbó, logo a montante da confluência dos Rios Benedito e dos Cedros, existe a instalação de captação de água da cidade, em formato de dois arcos.



Captação de água no canal retificado do Rio Itajaí Mirim



Captação de água no Rio Benedito em Timbó

## (3) Usina hidrelétrica

No Rio Itajaí-Açú e seus afluentes encontram-se diversas barragens para geração de energia da Celesc, empresa pública do Estado de Santa Catarina. As principais instalações são conforme abaixo.

## 1) Barragem Rio Bonito e Barragem Pinhal

As Barragens Rio Bonito e Pinhal são barragens de enrocamento da Celesc, exclusivo para geração de energia, localizadas no Rio dos Cedros, afluente do Rio Benedito (um dos principais afluentes do Rio Itajaí-Açú). Basicamente essas barragens são utilizadas para geração de energia, não possuem funções de controle de enchentes e dispõe somente de instalações de descarga para geração de energia e vertedouro para a descarga de excedentes. De acordo com a informação da Celesc, a empresa reduz o nível da água do reservatório em 50 cm de acordo com a previsão de chuva da EPAGRI/CIRAM, conforme a instrução do Governo do Estado de Santa Catarina como medida de contenção das enchentes (mas como a precisão das previsões meteorológicas não são tão exatas, acontece em alguns casos a Celesc reduzir o nível da água do reservatório, e a enchente não ocorrer, e contrariamente, em caso da enchente chegar e o nível de reservatório não foi reduzido).

As características técnicas das barragens estão indicadas na tabela-3.2.1 e localização na figura -3.2.1.

**Tabela - 3.2.1 - Características das Barragens do Rio Bonito e do Pinhal**

Nome da Barragem		Barragem Rio Bonito	Barragem Pinhal
Ano de construção		1963	1949
Reservatório	Dimensão da Bacia*	A.C=119.8km <sup>2</sup>	A.C=179.9km <sup>2</sup>
	Capacidade	32 milhões de m <sup>3</sup>	18milhão de m <sup>3</sup>
Barragem	Tipo	De aterro trapezoidal	Barragem de aterro
	Elevação da crista	EL.589.5m	EL.652.0m
	Altura do barramento	19.0m	15.0m
	Comprimento da crista	118.0m	150.0m
	Cubagem da barragem	60.750m <sup>3</sup>	26.460m <sup>3</sup>
Vertedouro	Largura	20m	25m
	Vazão de projeto	150m <sup>3</sup> /s	353m <sup>3</sup> /s
Usina hidrelétrica	Nome da usina	Palmeiras	Cedros
	Quantidade de turbina	3	2
	Capacidade de geração	24.602MW	8.4MW
	Consumo máximo de água	11,1m <sup>3</sup> /s	4,1m <sup>3</sup> /s

Fonte: Resultado de levantamento através do questionário a Celesc feito pela Equipe de Estudo da JICA

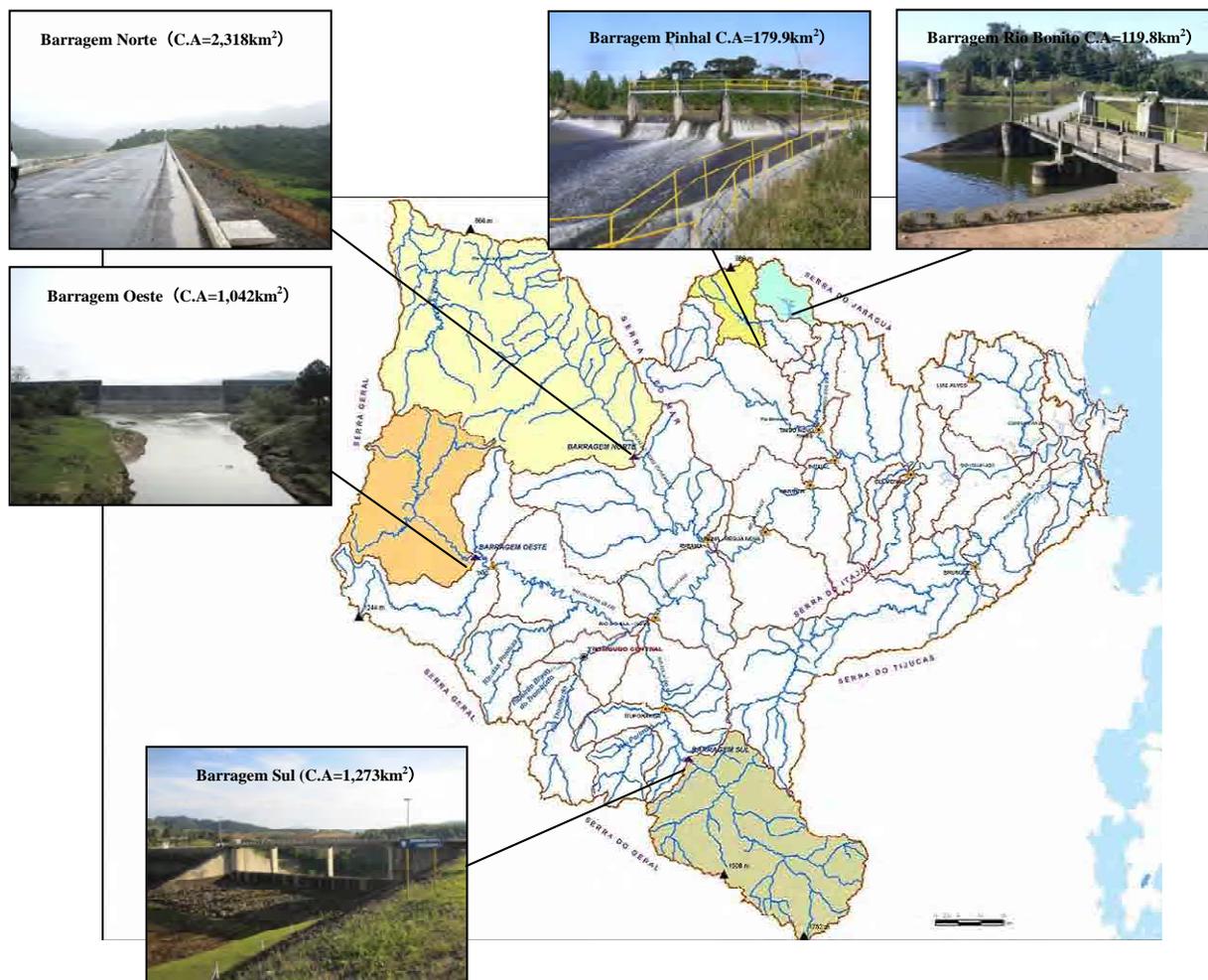
## 2) Usina hidrelétrica de Salto

A usina hidrelétrica de Salto localiza-se no Rio Itajaí-Açú a montante de Blumenau e tem a sua barragem no canal direito do rio que se separa em dois cursos de água na montante devido o grande banco de areia (ilha) e a usina está localizada logo a jusante da barragem. As características técnicas da barragem são indicadas na tabela 3.2.2.

**Tabela - 3.2.2 - Características técnicas da Usina Hidrelétrica de Salto**

Nome da Usina		Usina Hidrelétrica Salto	
Administrador da Usina		CELESC	
Ano de construção		1914	Entrou em operação com 1 turbina na fase inicial
Reservatório Característica hidrológica	Dimensão da Bacia	C.A.=11.700km <sup>2</sup>	
	Área inundada	0.03ha	
	Vazão média	220m <sup>3</sup> /s	1977 - 1990
	Vazão máxima diária	1.907m <sup>3</sup> /s	
	Vazão mínima média mensal	23.0m <sup>3</sup> /s	
	Vazão de enchente para 100 anos de retorno	4.820m <sup>3</sup> /s	
Barragem (Vertedouro)	Tipo de barragem	Concreto tipo Espigão	
	Formato descarga	Descarga livre	
	Altura barramento	Não identificado	
	Comprimento crista	800m	
Geração	Potência de saída	6.7MW (efetivo = 6.3MW)	
	Quantidade turbina	4	
	Queda máxima	10.1m	
	Utilização máxima volume da água	89m <sup>3</sup> /s	

Fonte: Resultado de levantamento efetuado na Celesc pela Equipe de Estudos da JICA.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.2.1** Mapa de localização das principais barragens da Bacia do Rio Itajaí

(4) Sistema de drenagem urbana

Não se conseguiu diagramas detalhadas de drenagem das principais cidades, porém, foram coletadas as informações de algumas cidades onde existem problemas de drenagens. Na tabela 3.2.3 estão condensadas as informações coletadas sobre os sistemas de drenagem.

**Tabela 3.2.3** Resultado de coleta de informações relacionadas com o sistema de drenagem urbana

Cidades	População	Informações relacionadas com drenagem urbana	Fonte de informação
Itajaí	172.081	Existe sistema de drenagem de redes de tubulações com $\phi 600$ , mas a capacidade não é suficiente para drenagem. Existe plano para construção de novas galerias de $1.5 \times 1.0$ m com 15 km de extensão (porém, não está previsto instalação de comporta para amenizar refluxo da maré).	Secretaria de Obras da Prefeitura de Itajaí
Navegantes	57.324	Navegantes não têm problema de drenagem urbana, pois a topografia da cidade é alta.	Prefeitura de Navegantes
Gaspar	55.489	Sem informação	
Blumenau	299.416	Existe problema de macro-drenagem no Ribeirão Velha. Não houve estruturação da drenagem urbana adequada face ao rápido desenvolvimento urbano.	Defesa Civil de Blumenau
Indaial	50.917	Não há danos com enchentes em Indaial	
Rio do Sul	59.962	A estruturação de saneamento básico está bem atrasada e a drenagem urbana não está funcionando adequadamente.	CRAVIL
Brusque	102.280	Sem informação	

Fonte: Levantamento efetuado pela Equipe de Estudos da JICA nas Prefeituras de cada município.

Em Blumenau estão sendo instaladas comportas na confluência de Ribeirão Fortaleza com o Rio Itajaí-Açú para evitar o refluxo pelo Rio Itajaí-Açú. Existe plano para instalação de bomba com capacidade de 8.000l/s para bombeamento do Ribeirão Fortaleza para Itajaí-Açú, após fechamento da comporta (atualmente não está instalada). Porém, existem opiniões da comunidade de que esta comporta está sendo obstáculo da drenagem do Ribeirão Fortaleza.

#### (5) Região da foz e o Porto

Na foz do Rio Itajaí-Açú, existe Porto do Itajaí na margem direita e Portonave na margem esquerda (vide detalhes na seção “2.1.4 Situação Socioeconômico”).

De acordo com a informação do Porto de Itajaí, existe necessidade de manter 11 metros de profundidade do calado para garantir a operação, portanto, o Porto realiza a dragagem hidrodinâmica por injeção d’água de 3 milhões de m<sup>3</sup> anualmente de sedimentos que são transportados da montante do Rio (areia fina, silte e argila). Na enchente de 2008, houve processo erosivo do leito no Porto de Itajaí e os cais do porto foram destruídos (14 metros de profundidade da superfície até a base). Conforme a informação obtida na entrevista, a velocidade de escoamento da enchente de 2008 atingiu a velocidade de 17 nós (8.7m/s). Foi construída molhe na parte da foz do Rio Itajaí-Açu para evitar a obstrução com a sedimentação. Existe também quebra-mar nesse molhe cruzando o canal que serve para aumentar a velocidade do fluxo e minimizar a sedimentação nessa região.

#### 3.2.2 Barragens de contenção de cheias

A figura-3.2.1 ilustra a localização das três barragens e as características técnicas de cada barragem estão ilustradas na Tabela - 3.2.4. O total da área de drenagem dessas três barragens soma 4.633km<sup>2</sup>, equivalente a 31% da área total da Bacia do Rio Itajaí. Calculando a chuva equivalente de cada reservatório, a chuva equivalente (= capacidade do reservatório / área de drenagem) da barragem Norte é 154 mm e é relativamente grande. Isso significa que a capacidade do reservatório da barragem Norte, comparado com a área de drenagem é bastante grande, mesmo chovendo intensamente o reservatório não ficará cheio e o risco de transbordamento pelo vertedouro é pequeno.

A capacidade de contenção de chuva das Barragens Oeste e Sul são equivalentes a 70 e 80 mm de chuvas, próximo da metade da capacidade da barragem Norte. Portanto, os reservatórios dessas duas barragens ficam facilmente cheios, principalmente o reservatório da barragem Oeste que encheu em 2001 e 2010 e houve transbordamento pelo vertedouro. A causa do transbordamento da barragem Oeste é que o volume de chuva que cai na área de drenagem é maior do que o volume que cai na área de drenagem da barragem Sul durante as enchentes, além da menor capacidade de escoamento da vazão durante a enchente.

**Tabela 3.2.4 Síntese das características das barragens de contenção da Bacia do Rio Itajaí**

		<b>Barragem Oeste</b>	<b>Barragem Sul</b>	<b>Barragem Norte</b>
Reservatório	Área da bacia	1.042km <sup>2</sup>	1.273km <sup>2</sup>	2.318km <sup>2</sup>
	Área de inundação	950ha	840ha	1.400ha
	Capacidade reservatório	83.000.000m <sup>3</sup>	93.500.000m <sup>3</sup>	357.000.000m <sup>3</sup>
	Chuva equivalente	79,7mm	73,4mm	154mm
	Nível mínimo	EL.340,0m	EL.372,9m	EL.257,0m
	Nível máximo	EL.363,0m	EL.408,0m	EL.304,25m
Barragem	Ano de operação	1973	1976	1992
	Tipo de barragem	Gravidade	Enrocamentos	Encoramento
	Altura barramento	25,0m	43,5m	58,5m
	Comprimento da crista	422m	390m	400m
	Elevação da crista	364,5m (coroamento)	410,0m	306,5m
Galeria de conduto (Regulador de enchentes)	Quantidade	7	5	2 (c/comporta) 5 (s/comporta)
	Tipo	Regulagem de comportas	Regulagem de comportas	Parte com regulagem de comportas
	Diâmetro conduto	φ1500	φ1500	B2,6 x D2,6m x 2
	Elevação (centro do conduto)	340,05m	+/- 368m	+/- 251m
	Capacidade de descarga (Nível d’água: elevação crista)	163 m <sup>3</sup> /s (NA.360m)	194 m <sup>3</sup> /s (NA.399m)	258 m <sup>3</sup> /s (NA.295m)

Vertedouro (Emergência)	Largura	+/- 100m	65m	
	Elevação da crista		360,0m	399,0m
Capacidade de descarga ( Nível d'água: nível de reservatório cheio)		Emergência 175 m <sup>3</sup> /s Normal 1.125 m <sup>3</sup> /s Total 1,300 m <sup>3</sup> /s (NA.363m)	Emergência 217 m <sup>3</sup> /s Normal 3.053 m <sup>3</sup> /s Total 3.270 m <sup>3</sup> /s (NA.407m)	

\*Sombreada verde: WebSite do DEINFRA (<http://www.deinfra.sc.gov.br/barragens/sobre-as-barragens/>)

\*Chuva equivalente = capacidade do reservatório / área de drenagem

\*Capacidade de descarga foi determinada baseada na curva H-Q estimado na seção “3.5. Análise de escoamento da enchente”.

\*Informações sem sombreado foram extraídas do desenho e verbalmente, portanto a confiabilidade é duvidosa.

### 3.3 Caraterística de Inundações do Rio Itajaí

#### 3.3.1 Registros das principais enchentes

A tabela 3.3.1, indica as enchentes ocorridas nos últimos anos na bacia do Rio Itajaí e os danos causados em cada município e a tabela 3.3.2 indica o número de vítimas e os prejuízos em cada inundação. A seguir, resumo das necessidades de adoção das medidas contra inundação para cada região, levando em consideração a frequência e as escalas dos danos.

- i. Nos últimos anos, foram registradas 5 enchentes causadoras de danos relativamente significativos: julho de 1983, agosto de 1984, maio de 1992, outubro de 2001 e novembro de 2008.
- ii. Analisando por município, os danos mais significativos causados pela inundação aconteceram no município de Blumenau, e também foram relativamente grandes nos municípios de Itajaí, Gaspar e Rio do Sul. Estes 4 municípios possuem grande número de população e indústrias e podem ser considerados como cidades prioritárias para a adoção das medidas contra as Enchentes.
- iii. Dentre os demais municípios, as reclamações são maiores sobre danos causados por enchentes em Timbó e Taió, levando a crer que sejam também municípios que requerem medidas juntamente com os 4 municípios citados acima. No município de Timbó, é preciso averiguar as interferências causadas pelas barragens das usinas hidrelétricas (barragens Rio Bonito e Pinhal) existentes a montante do rio dos Cedros e, no município de Taió, os prejuízos causados pelo transbordamento da barragem Oeste.
- iv. Os municípios de Navegantes e Ilhota também sofrem danos razoáveis, mas o grau de segurança nestas cidades aumentará automaticamente com as medidas a serem adotadas nas principais cidades como: Itajaí, Blumenau e Gaspar.
- v. Por outro lado, os municípios de Brusque e Ituporanga sofrem danos nas grandes enchentes com tempos de retorno iguais ou superiores a 50 anos, como as de 1983, 1984 e 2008 (vide tabela 3.3.3), mas em relação aos demais municípios, o leito atual do rio apresenta alta taxa de segurança, diminuindo a ordem de prioridade de medidas.
- vi. A região da bacia do Rio Itajaí a montante do município de Blumenau até a junção com o Rio Itajaí do Norte apresenta elevada capacidade de vazão (vide detalhes da capacidade de vazão no capítulo 3.6). As cidades situadas nesta região, como Indaial e outras, apresentam baixa prioridade de medidas por serem menores os danos causados pela inundação.

#### 3.3.2 Porte das principais enchentes

##### (1) Período de Retorno das principais enchentes

Os portes das principais enchentes foram avaliados com base na probabilidade de ocorrência de cada enchente. A probabilidade de ocorrência foi avaliada baseada na relação entre a média da chuva sucessiva de 4 dias na bacia e a probabilidade de ocorrência (vide detalhes no capítulo 3.5). O resultado de análise está mostrado na tabela 3.3.3 abaixo. As enchentes de 1983 e 1984 que causaram grandes danos equivalem ao

Período de Retorno de 76 e 66 anos respectivamente, seguida pela grande inundação de 1992, cujo Período de Retorno é equivalente a 33 anos. Demais enchentes são equivalentes a tempos de retorno em torno de 5 a 10 anos.

**Tabela 3.3.1 Lista de principais enchentes nos últimos anos**

Year	Month	Itajaí Acu										Itajaí Mirim		L.A.	Benedito		Itajaí Do Norte		Itajaí Do Oeste				Trombudo			Itajaí Do Sul					
		Itajaí	Navegantes	Ilhota	Gaspar	Blumenau	Pomerode	Indaial	Rodeio	Lontras	Rio Do Sul	Brusque	Guabiruma	Luiz Alves	Timbo	Benedito Novo	Rio Dos Cedros	Ibirama	Presidente Getulio	Taio	Lauren-tino	Rio Do Oeste	Rio Do Campo	Trombudo Central	Braco do Trombudo	Pouso Redondo	Itupoa-ranga	Alfredo Wagner			
1980	10					□																									
1981	10																														
1983	5					●																									
	7	●	○		○	●			○	●				○						⊙		○					○				
	12					⊙																									
1984	8	○			●	●					●									○				○			○				
1989	1				○																										
1990	1					△																									
	10					○																									
1991	11					⊙																									
1992	1					△																									
	5	●	○	⊙	○	●				△				○																	
1993	2	△								△																					
1995	1					△					△																				
1996	2																														
1997	1				⊙	△																									
	2									△																					
	10									△																					
1999	7									△																					
2000	2																														
2001	10	△			△	△			△	○				△				○		△			△		△						
2002	11																														
2005	9									□																					
2008	11	○	□	○	○	⊙	△	□	△		○		△	△	△																
2009	10									□																					
2010	4	□								□				□																	

Fonte: 1980 a 2004 ATLAS DE DESASTRES NATURAIS DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
 2005 a 2009 Dados fornecidos pelo GTC (Relatório 1 do Plano de Prevenção de Desastres Naturais para a Bacia do Rio Itajaí)  
 2008 AVADANs enviados pelos municípios à Defesa Civil de Santa Catarina, nos dias 24 e 25 de novembro de 2008 (Relatório 1 do Plano de Prevenção de Desastres Naturais para a Bacia do Rio Itajaí)  
 MAPEAMENTO DAS INUNDAÇÕES – NOVEMBRO 2008  
 DESASTRE DE 2008 NO VALE DO ITAJAÍ  
 2010 Audiência pública (Municípios, cidades e vilas locais e suas populações)

Legendas ● Mais de 10.000 pessoas perderam suas casas      □ Cidade com alta prioridade da medida  
 ⊙ 5.000 a 10.000 pessoas perderam suas casas      □ Cidade que necessita de medida  
 ○ 1.000 a 5.000 pessoas perderam suas casas      □ Cidade com baixa necessidade da medida  
 △ Menos de 1.000 pessoas perderam suas casas  
 □ Sem dados

**Tabela - 3.3.2 - Principais ocorrências de danos causadas pelas enchentes**

Ano	Mês	N. de água	Município	Vítimas	Morto	Pop	Por de Vítimas	Danos (R\$)	
1980	10		Blumenau	S/R	1	157.258	-		
1981	10		Guabiruba		2	7.362			
1983	5	12.46	Blumenau	10.000	2	170.491	5,86		
	7	15.34	Blumenau	50.000	8		29,3		
	12		Blumenau	5.000	1		2,93		
	7		Gaspar	3.981	2	28.012	14,2		
	7		Itajaí	40.000	5	94.449	42,3		
	7		Ituporanga	1.820		18.149	10		
	7		Lontra	4.000		7.390	54,1		
	7		Navegantes	3.070		15.747	19,49		
	7		Rio do Oeste	2.820		7.280	38,7		
	7		Rio do Sul	25.000	5	38.616	64,74		
	7		Taio	5.079	1	18.809	27		
	7		Timbo	1.610		19.368	8,31		
	7		Trombudo Central	2.980		7.404			
	1984	8	15.46	Blumenau	70.000		175.145	39,96	
		8		Brusque	20.000		46.558	42,95	
8			Gaspar	10.000		28.863	34,64		
8			Itajaí	1.000	2	97.273	1,02		
8			Ituporanga	1.000		18.499	5,4		
8			Taio	1.500		18.878	7,94		
			Trombudo Central	1.000		7.511			
1989	1		Gaspar	167		33.523	0,49		
1990	1		Blumenau	594			0,26		
	10		Blumenau	1.310	20	220.741	0,59		
1991	11	12.8	Blumenau	8.528	10	212.025	4,02		
	11		Guabiruba	1.038		9.905	10,47		
1992	1	10.62	Blumenau	21			0,01		
	5		Blumenau	35.000	2	216.422	16,17		
	5		Rio do Sul	800		46.827	1,7		
	5		Gaspar	2.830		36.516	7,75		
	5		Ilhota	5.580		9.548	58,44		
	5		Indaial	817		30.853	2,64		
	5		Itajaí	11.938		122.401	9,75		
	5		Navegante	4.780		24.204	19,74		
	5		Timbo	1.544		24.434	6,31		
1993	2		Itajaí	750		125.266	0,59		
	7		Alfredo Wagner	3.244		9.856			
1995	1		Blumenau	600		225.556	0,26		
	1		Brusque	520		62.328	0,83		
1996	2		Rio do Campo	196		6.576			
1997	1	9.44	Blumenau	353		231.401	0,15		
	2		Lontra	300		7.936	3,78		
	10		Rio do Sul	336		47.822	0,7		
	1		Gaspar	6.000		40.584	14,78		
1999	7		Rio do Sul	201		47.822	0,42		
2000	2		Timbo	150		26.497	0,56	1.473.000	
2001	10		Rio do Sul	2.885	1	47.822	6,03	2.071.076	
	10		Presidente Getulio	2.100		11.523	18,22	4.648.600	
	10		Gaspar	469		40.584	1,15	549.000	
	10	11.02	Blumenau	400		231.401	0,12	2.999.300	
	10		Itajaí	383		134.942	0,28	2.385.381	
	10		Timbo	350		26.497	1,32	57.000	
	10		Rodeio	175		9.623	1,81	1.252.200	
	10		Indaial	144		35.400	0,4	524.083	
	10		Lontras	144		7.936	1,81	786.300	
	10		Laurentino	120		4.532		732.490	
	10		Trombudo Central	120		5.895		244.500	
	2002	11		Taio	257		15.997	1,6	1.730.302
11			Pouso Redondo	450		11.778	3,82	1.233.946	
12			Braco do Trombudo	120		3.531	3,39	1.325.000	

Fonte : ATLAS DE DESASTRES NATURAIS DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Na enchente de 2008, caíram chuvas torrenciais sem precedentes no baixo vale, porém considerando a média de toda a bacia, o volume de chuva equivale a 5 anos de retorno.

**Tabela - 3.3.3 - Período de retorno das principais enchentes**

Data de ocorrência das enchentes	Volume de chuva de 4 dias (média de toda a bacia)	Período de retorno (Ano)	Situação de danos
31.10.1961	139 mm	6	—
26.09.1963	149 mm	8	—
25.08.1972	166 mm	13	—
19.12.1980	147 mm	7	—
06.07.1983	223 mm	76	Grandes danos entre as cidades de Itajaí e Blumenau. Grandes danos entre as cidades de Lontras e Rio do Sul. Danos de média e grande proporção nas cidades de Timbó, Taió, Rio do Oeste e Ituporanga.
05.08.1984	218 mm	66	Grandes danos nas cidades de Itajaí, Gaspar e Blumenau. Grandes danos em Brusque. Danos de média proporção nas cidades de Taió e Ituporanga.
28.05.1992	196 mm	33	Grandes danos entre as cidades de Itajaí e Blumenau. Danos relativamente pequenos na cidade de Rio do Sul. Danos de porte médio na cidade de Timbó.
31.01.1997	134 mm	5	Danos relativamente grandes na cidade de Gaspar. Pequenos danos na cidade de Blumenau.
02.07.1999	150 mm	8	Pequenos danos na cidade de Rio do Sul.
29.09.2001	147 m	7	Pequenos danos nas cidades de Itajaí, Gaspar, Blumenau, Indaial e Lontras. Danos de média proporção na cidade de Rio do Sul. Pequenos danos nas cidades de Timbó e Taió.
18.05.2005	144 mm	7	Sem danos significativos.
21.11.2008	135 mm	5	Ocorreram chuvas torrenciais sem precedentes na região a jusante, provocando grandes danos. Contudo, por se tratar de chuvas torrenciais localizadas, na media da bacia são computadas com Período de retorno menor.
23.04.2010	130 mm	4	Não há dados oficiais. Na pesquisa de campo houve relatos sobre pequenos danos nas cidades de Rio do Sul, Timbó e Taió.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## (2) Porte de enchente de 2008 em Período de retorno

A enchente de 2008 ocorreu devido às chuvas intensas localizadas, portanto, a análise do Período de retorno de enchente foi realizada comparando a chuva provável de cada região. Conforme indicado na Tabela 3.3.4, a intensidade de chuva sucessiva de 4 dias é menor do que 5 anos de retorno nas bacias do Rio Itajaí do Oeste, Rio Itajaí do Sul e do Rio Itajaí do Norte. Mas, a chuva nas bacias do Rio Benedito e do Rio Itajaí-Açu são equivalentes a 30 anos e 60 anos respectivamente. A intensidade de chuva na bacia do Rio Itajaí Mirim é equivalente a 10 anos de Período de retorno.

**Tabela 3.3.4 Comparação das intensidades das chuvas sucessivas de 4 dias (21 a 24 de novembro) de cada sub-bacia na enchente de 2008 com as intensidades das chuvas para vários tempos de retorno**

Bacia	Itajaí do Oeste	Itajaí do Sul	Itajaí do Norte	Benedito	Itajaí-acu	Itajaí Mirim	
Chuvas sucessivas de 4 dias na Enchente Nov-2008	49	36	31	214	236	160	
Chuva Provável	5 anos	153	141	140	155	144	140
	10 anos	175	161	160	179	169	161
	20 anos	196	181	179	202	194	180
	25 anos	202	186	184	208	205	185
	50 anos	224	207	204	232	230	205
	80 anos	238	220	217	248	249	218
	100 anos	244	226	223	255	258	224
	150 anos	256	237	233	268	276	235
200 anos	265	245	241	277	288	243	
Período de retorno (ano)	-	-	-	30	60	10	

Fonte: Equipe de Estudos da JICA,

Houve concentração de chuva torrencial na bacia de Itajaí-Açu (rio principal), principalmente a jusante da cidade de Indaial, e o maior volume de precipitação ocorreu na cidade de Blumenau, atingindo em 4 dias, de 21 até 24 de novembro, a marca de 575mm. As precipitações se concentraram principalmente nos dias 23 e 24 de novembro, alcançando a marca de 494mm em 2 dias, 251mm no dia 25 com maior volume pluviométrico em 1 dia.

Analisando o Período de retorno baseado na intensidade de chuvas da cidade de Blumenau, a chuva de 1 dia foi equivalente à de 470 anos, a chuva de 2 dias sucessivas foi equivalente à de 3900 anos, a de 4 dias sucessiva foi de 8400 anos, conforme a tabela-3.3.5.

**Tabela 3.3.5 Chuva de projeto: intensidade de chuvas de 4 dias na enchente de 2008, Blumenau**

		<b>Blumenau Precipitação Diária</b>	<b>Blumenau Precipitação em 2 dias</b>	<b>Blumenau Precipitação em 4 dias</b>
Precipitação de Enchente Nov-2008		<b>251</b>	<b>494</b>	<b>575</b>
Intensidade de Precipitação Provável	5 anos	113	150	173
	10 anos	135	182	208
	20 anos	158	216	243
	25 anos	171	236	265
	50 anos	189	263	293
	80 anos	207	289	320
	100 anos	215	301	333
	150 anos	231	325	357
200 anos	242	342	375	
Período de retorno (anos)		<b>270</b>	-	-

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

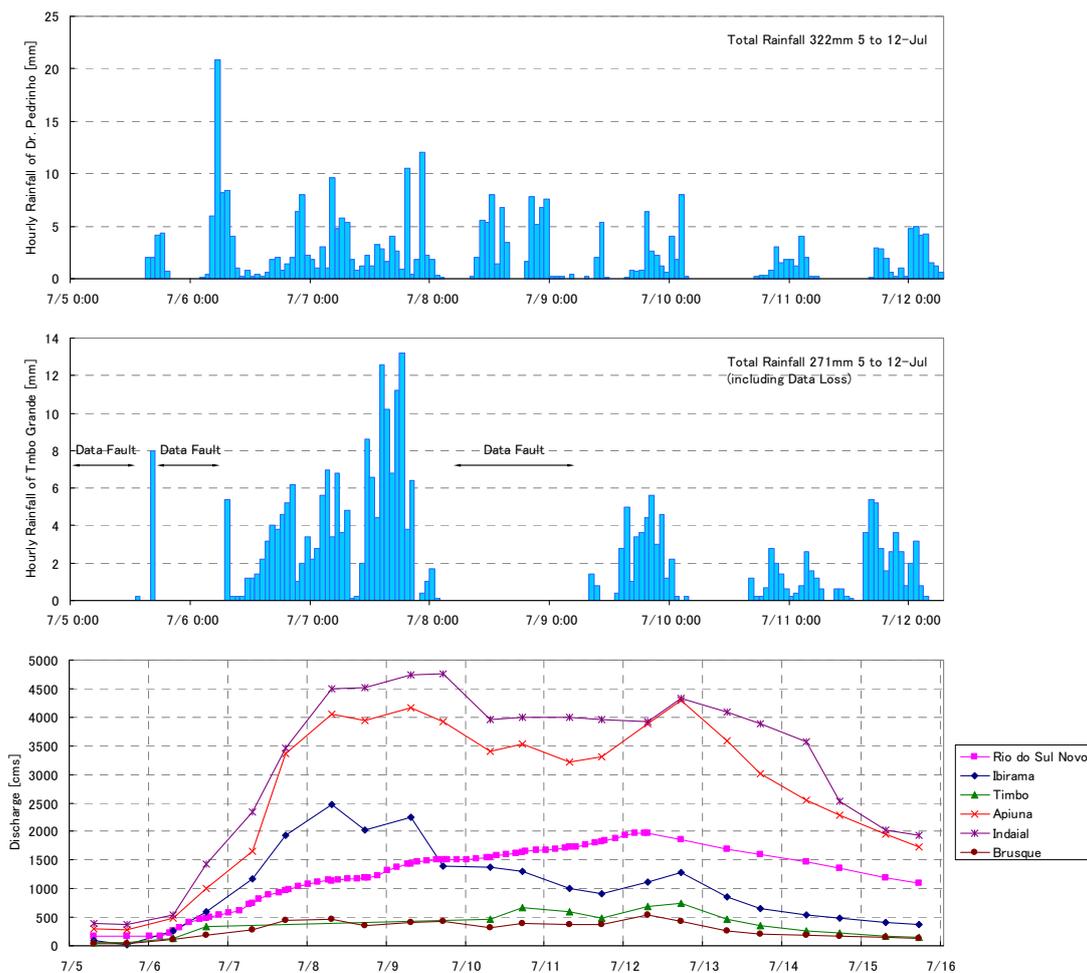
### 3.3.3 Características das principais enchentes

Dentre as principais enchentes citadas anteriormente, foram avaliadas neste capítulo as características das enchentes dos anos de 1983, 1984, 2008 e 2010, que possuem dados suficientes de chuvas e vazão.

#### (1) Enchente de 1983

A enchente de 1983 teve chuvas torrenciais durante 8 dias, entre os dias 5 e 12 de julho, com maior intensidade durante 4 dias entre os dias 6 e 9 de julho. A chuva média de 4 dias de duração em toda a bacia foi de aproximadamente 210mm e nas bacias dos rios tributários choveram em torno de 200mm. Na Tabela-3.3.1, a ilustração da chuva horária e vazão horária do período acima citado.

- As chuvas tiveram maior intensidade na primeira metade da enchente (dias 6 e 7), quando a chuva horária máxima alcançou 21mm/h em Doutor Pedrinho, demais horas em torno de 15mm/h.
- O pico da vazão ocorreu entre os dias 8 e 9 de julho, defasado em mais de 1 dia do pico de chuva. Em Rio do Sul houve uma defasagem maior e a sua causa é desconhecida devido à ausência de dados horários, mas tudo leva a crer que foi causado pelo controle na barragem.
- A vazão máxima foi de 4.760 m<sup>3</sup>/s em Indaial. Em Rio do Sul e Ibirama as vazões ficaram em torno de 2000 a 2500 m<sup>3</sup>/s e na ordem de 500 a 1000 m<sup>3</sup>/s em Timbó e Brusque.

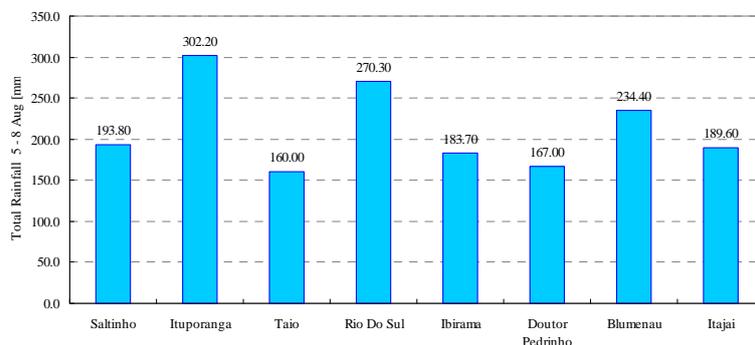


Fonte: Relatório Final do Projeto “Controle de Enchentes na Bacia do Rio Itajaí (Parte II)”, Data Book, JICA, 1988

**Figura - 3.3.1 - Curva de precipitação e vazões na enchente de julho de 1983**

(2) Enchente de 1984

Na enchente de agosto de 1984 existem registros de chuvas horárias nas 8 estações. A Figura 3.3.2 indica a chuva sucessiva de 4 dias. Na enchente de 1984 choveu durante 4 dias consecutivos, do dia 5 até o dia 8 de agosto e a distribuição da chuva registrada nos 4 dias foi na faixa aproximada de 160mm a 300mm.

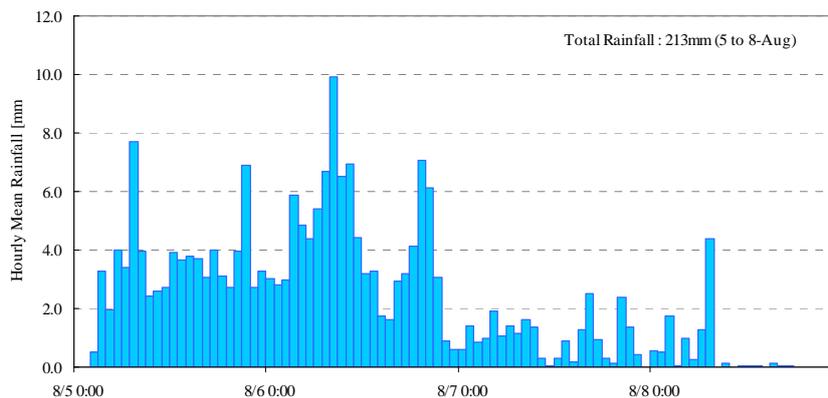


Fonte: Relatório Final do Projeto “Controle de Enchentes na Bacia do rio Itajaí (Parte II)”, Data Book, JICA, 1988, reformulado pela Equipe de Estudos da JICA (as medições faltantes foram complementadas conforme a tabela 3.3.7).

**Figura - 3.3.2 - Distribuição de chuva total na enchente 1984**

A Figura 3.3.3, ilustra a distribuição horária da precipitação média da Bacia (total de 4 dias e na média simples por estação foi de 213mm). A chuva foi concentrada nos dias 5 e 6 de agosto, e o pico registrado foi

de 10mm/h ao meio-dia no dia 6 (máximo por estação, foi de 18mm). A partir do dia 7 de agosto a chuva foi reduzindo para 1 a 2mm por hora.

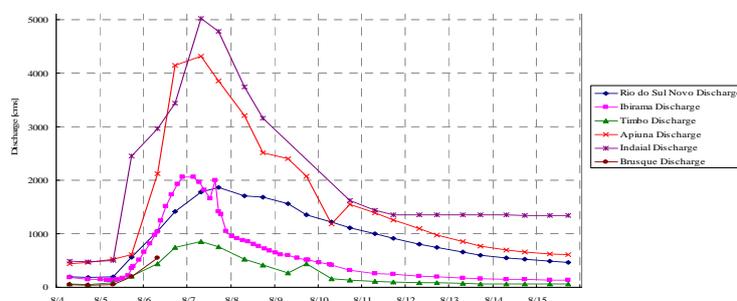


Fonte: Relatório Final do Projeto “Controle de Enchentes na Bacia do Rio Itajaí (Parte II)”, Data Book, JICA, 1988 e reformulado pela Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.3.3 Distribuição da precipitação horária na enchente de 1984 (média simples das estações)**

Na Figura 3.3.4, ilustra-se o hidrograma de vários rios (conversão de dados do nível da água).

- Os picos de vazões na enchente de 1984 (valor do pico de medição 2 vezes/dia) foram:  $5.000\text{m}^3/\text{s}$  em Indaial e  $4.300\text{m}^3/\text{s}$  em Apiúna. Assim, há defasagem de tempo aproximado de 20 horas em relação ao pico de chuva.
- Da maneira como aconteceu em 1983, houve atraso na ocorrência do pico em Rio do Sul em relação às demais estações, evidenciando a interferência da barragem.
- A vazão de pico em cada estação foi em torno de  $4.000\text{m}^3/\text{s}$  em Apiúna,  $2000\text{m}^3/\text{s}$  em Rio do Sul e Ibirama, e  $1.000\text{m}^3/\text{s}$  em Timbó.



Fonte: Relatório Final do Projeto “Controle de Enchentes na Bacia do Rio Itajaí (Parte II)”, Data Book, JICA, 1988

**Figura 3.3.4 Hidrograma da vazão de cada estação, na enchente de 1984**

### (3) Enchente de 2008

A chuva na enchente de novembro de 2008 começou mais ou menos no dia 18 de novembro, estendendo-se até o dia 27 do mesmo mês. As maiores precipitações ocorreram durante 4 dias, entre os dias 21 a 24 de novembro, a média total de 4 dias atingiu 121mm. Contudo, esta enchente concentrou-se na parte de jusante da bacia, atingindo 236mm na bacia do rio Itajaí-Açu, 214mm na bacia do rio Benedito e 160mm na bacia do rio Itajaí Mirim. Na Figura 3.3.5 a ilustração da distribuição de chuva horária.

Não existem registros de dados de nível da água e vazão da enchente de 2008, porém, há registros do nível da água em 4 estações publicados no livro Desastre de 2008 no Vale do Itajaí, editado pela Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí, conforme a ilustração da Figura-3.3.6. O maior nível da água em Blumenau foi 11,5 metros (valor observado na régua de medição) e foi registrado na madrugada do dia 24. As vazões

convertidas pela Equipe, através da equação de correlação nível d'água – vazão (Curva chave H-Q), com base nos dados da ANA, foram as seguintes:

Blumenau	H=11.5 m	Q=4200 m <sup>3</sup> /s
Timbó	H= 8.0 m	Q=710 m <sup>3</sup> /s
Indaial	H= 6.0 m	Q=3100 m <sup>3</sup> /s

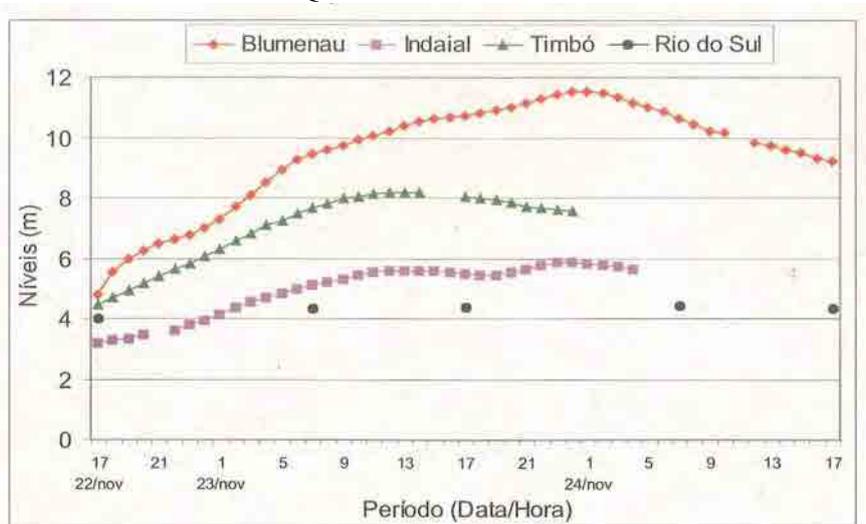


Figura 2 - Evolução temporal dos níveis em Rio do Sul, Timbó, Indaial e Blumenau entre 22 e 24/11/2008. Fonte: CEOPS/IPA/FURB.

Fonte: Desastre de 2008 no vale do Itajaí

### Figura 3.3.6 Registros de nível d'água na inundação de 2008

Na Figura 3.3.7 ilustram-se os resultados das simulações baseadas na modelagem do escoamento da enchente de 2008. As chuvas na enchente de 2008 foram concentradas em determinadas regiões, há também escassez de informações de chuvas, dificultando a representação, porém, a vazão estimada foi 4000m<sup>3</sup>/s em Blumenau, 1200m<sup>3</sup>/s em Brusque e 1000m<sup>3</sup>/s em Timbó. Em Itajaí, a vazão foi estimada em aproximadamente 6500m<sup>3</sup>/s, mas devido às ocorrências de grandes alagamentos e inundações na região de Gaspar e Ilhota, acredita-se que houve diminuição significativa do pico da vazão.

#### (4) Enchente de 2010

Na enchente de 2010 as chuvas intensas começaram no dia 21 de abril, seguindo até o dia 26. Foram obtidos dados pluviométricos desta enchente em 18 estações. Contudo, diversas instituições realizaram as medições nos mesmos locais; porém os dados observados não são confiáveis, há número elevado de medições faltantes em algumas estações. A figura 3.3.8 ilustra a distribuição de chuvas horárias da enchente de 2010.

A enchente de 2010 teve 2 picos entre os dias 21 e 23 e entre os dias 24 e 26. Na média da bacia, os volumes de chuvas da primeira metade e da segunda metade foram praticamente iguais.

O valor máximo da chuva horário na média da bacia foi em torno de 9mm/h. Na estação de Brusque foi 30mm, na Barragem Norte foi 28mm, numa faixa ente 10mm e 30mm.

A precipitação total foi elevada principalmente em José Boiteux na Bacia do Rio Itajaí do Norte (precipitação total de 400mm), em Rio do Campo e Barragem Oeste na Bacia do Rio Itajaí do Oeste, e em Barragem Rio Bonito na Bacia do Rio dos Cedros. Acredita-se que as precipitações foram maiores nas regiões norte e noroeste.

Por outro lado, as chuvas foram menos intensas na Bacia do Rio Itajaí do Sul, em Alfredo Wagner e em Ituporanga.

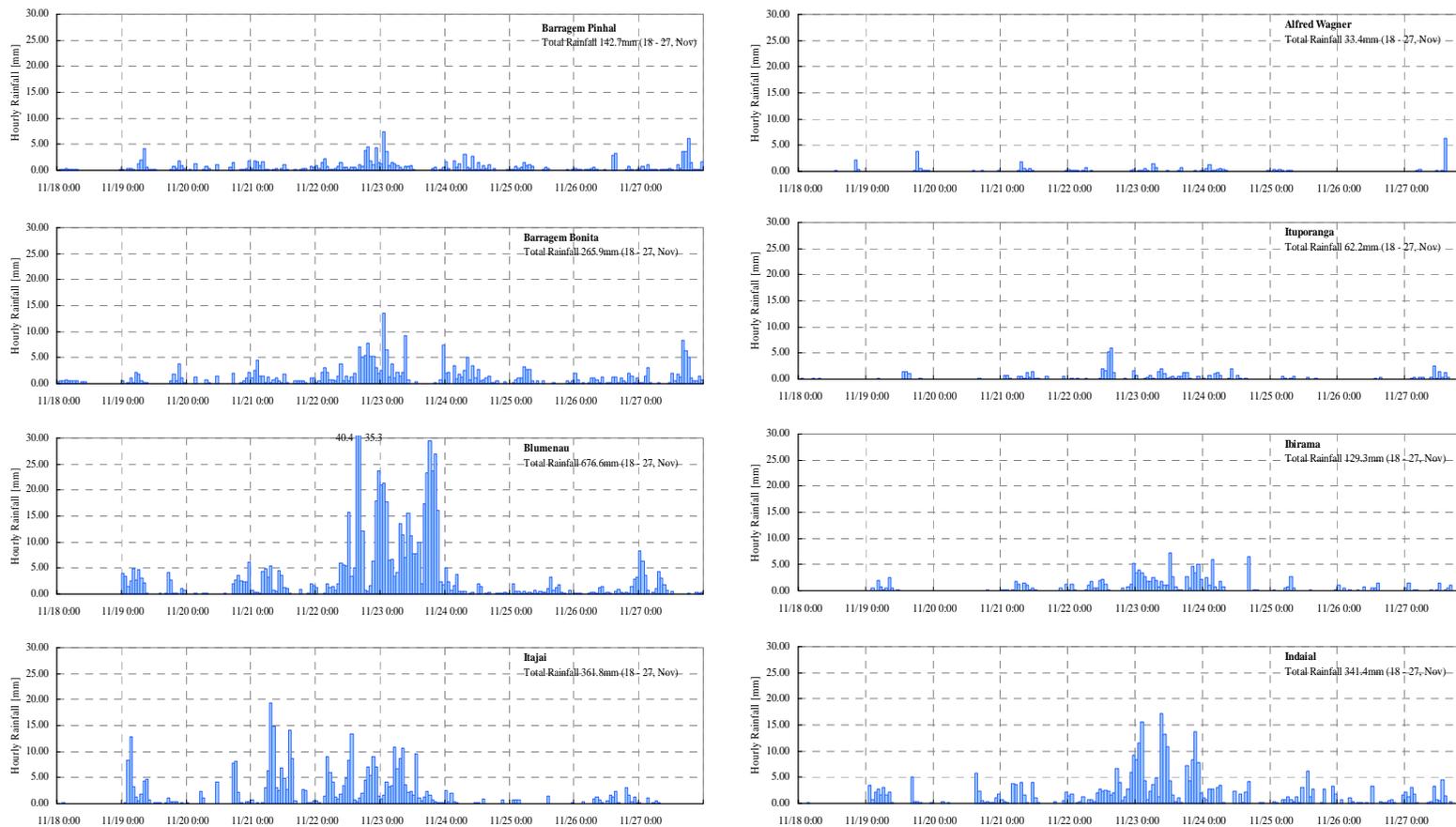
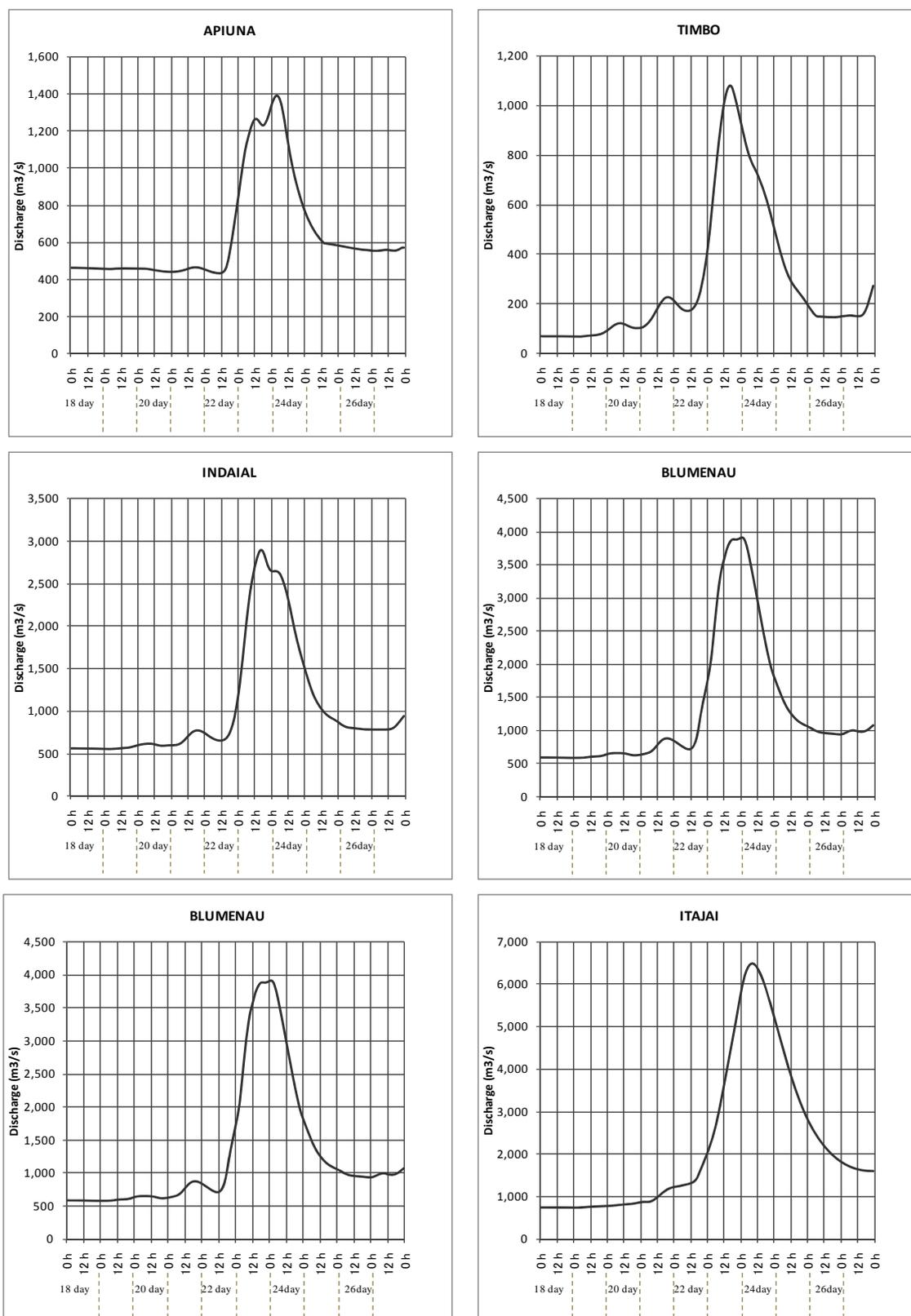


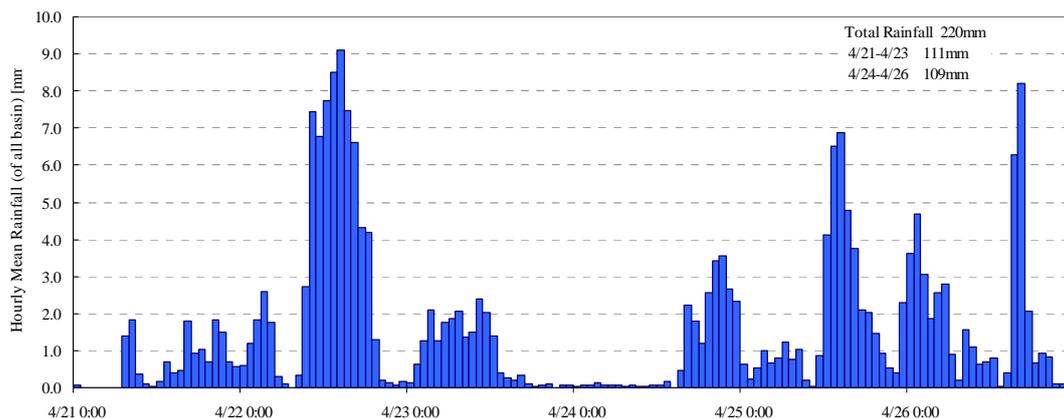
Figura 3.3.5 Distribuição de chuvas horárias de cada estação na enchente de 2008

Fonte: UFSC, INMET, CELESC, ANA, CAPSUL/IBAMA



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.3.7 Resultado de cálculo de escoamento de enchente de 2008**



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.3.8 Precipitação horária média da enchente de 2010 (Média simples da Bacia)**

Foram obtidos dados de nível da água de 7 localidades na enchente de 2010. Na Figura 3.3.9 apresenta-se os níveis d’água observados e na Figura 3.3.10 os hidrogramas (vazões) correspondentes.

O pico da vazão no Rio do Sul foi de aproximadamente 850m<sup>3</sup>/s. De acordo com as informações obtidas em Rio do Sul in loco, parte da cidade foi alagada nesta enchente.

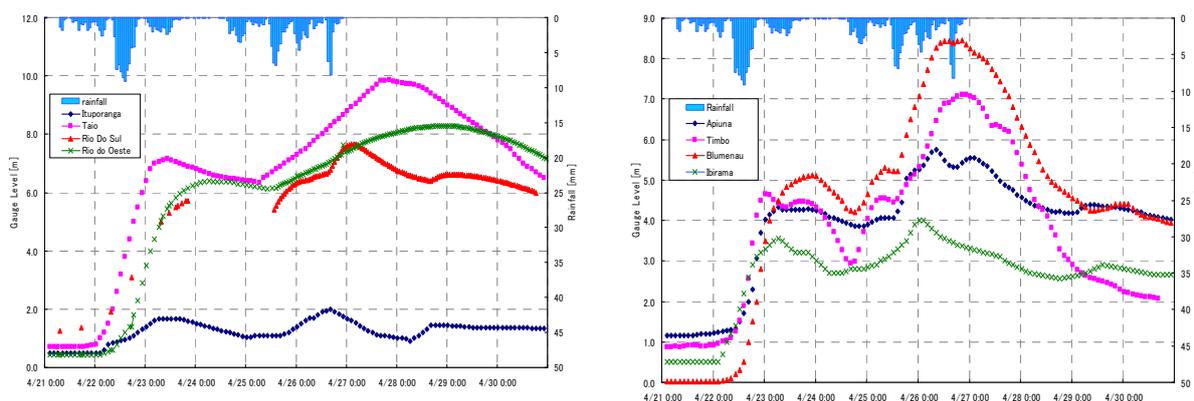
Em Taió, a ocorrência do pico foi tardia por causa da barragem. Nesta enchente, houve transbordamento do vertedouro da barragem Oeste. Na cidade de Taió ocorreu alagamento nas proximidades da prefeitura.

Em Ituporanga ocorreram variações na vazão em função da descarga pelas comportas da barragem Sul. O reservatório não encheu, cumprindo com a sua função reguladora de enchente, e não houve inundação nesta cidade.

O pico de vazão em Ibirama foi de aproximadamente 800m<sup>3</sup>/s. A barragem Norte cumpriu com a sua função reguladora, e não houve inundação nesta cidade.

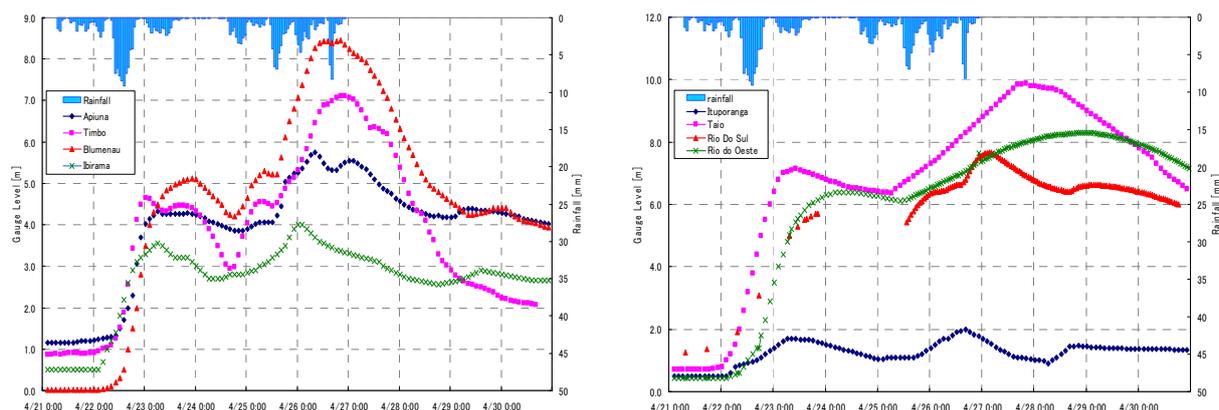
Em Timbó ocorreu pico da vazão de aproximadamente 600m<sup>3</sup>/s. Parte desta cidade ficou inundada, de acordo com a informação da população desta cidade.

O pico da vazão em Blumenau foi de aproximadamente 2.600m<sup>3</sup>/s.



Fonte: Dados de nível da água medidos pela FURB

**Figura 3.3.9 Níveis d’água da enchente de 2010**



Fonte: Dados de nível d'água medidos pela FURB e convertidos em vazão pela Equipe de Estudos da JICA.

**Figura 3.3.10 Hidrogramas (vazões) da enchente de 2010**

### 3.4 Estimativa do valor de danos decorrentes das enchentes e de escorregamento de novembro de 2008.

#### 3.4.1 Valor estimado de danos.

Após as grandes enchentes de 1983 e 1984, outras grandes enchentes, que causaram danos em toda a extensão da bacia, ocorreram nos anos de 1992, 2001 e 2008. As chuvas de novembro de 2008 concentraram-se no médio e baixo vale, diferente das anteriores, e os prejuízos causados pelas enchentes e escorregamentos foram enormes. Os prejuízos ocorridos são listados abaixo:

- i. Danos causados aos ativos fixos
- ii. Danos causados aos produtos e mercadorias
- iii. Perda de oportunidades
- iv. Perdas humanas
- v. Danos causados às casas e estabelecimentos privados
- vi. Danos causados aos estabelecimentos públicos
- vii. Custo de atividades emergenciais

O valor estimado dos prejuízos causados pelas enchentes e escorregamentos de novembro de 2008 foi dividido em três grandes categorias, conforme abaixo. O valor total de prejuízos foi estimado em 4,42 bilhões de reais (221 trilhões de ienes)

- i. Custo de atividades emergenciais: 2,72 bilhões de reais (cerca de 136 bilhões de ienes);
- ii. Perda no setor de atividades sociais: Considera-se incluída no custo de obras de recuperação dos estabelecimentos acima citados;
- iii. Danos causados ao setor de atividades econômicas: 1,7 bilhões de reais (cerca de 85 bilhões de ienes);

Seguem abaixo os detalhes do método de estimativa.

#### 3.4.2 Custo de atividades emergenciais

Os custos emergenciais foram calculados considerando separadamente o custo das medidas emergenciais e o custo de obras de recuperação dispendidos pelos órgãos ligados ao governo de Santa Catarina.

**Tabela - 3.4.1 - Custo de medidas emergenciais dos órgãos ligados ao governo do Estado de Santa Catarina**

Órgão	Orçamento (em milhões de reais)	Conteúdo das obras de recuperação
DEINFRA	254,8	Recuperação das estradas
Prefeituras	25,8	Recuperação das estradas municipais
	19,0	Limpeza dos detritos dos rios
	29,0	Recuperação das pontes
	64,0	Recuperação dos estabelecimentos públicos
COHAB/SC	8,6	Construção de residências para pessoas que perderam casas
SST	6,5	Obras de assistência
Secretaria de Estado da Saúde	70,0	Medidas sanitárias e medidas de combate à epidemia
Defesa Civil	34,8	Medidas de evacuação emergencial
Secretaria de Desenvolvimento Regional	48,2	Obras de combate aos desastres da Secretaria de Desenvolvimento Regional
Fundo de Defesa Civil	1,5	Medidas emergenciais
Secretaria de Segurança Pública do Estado (SSP)	3,0	Medidas emergenciais
Secretaria de Estado de Administração (SEA)	11,3	Recuperação das escolas
Companhia de Água e Saneamento - CASAN	2,0	Obras de recuperação de água e esgoto
CELESC	29,0	Recuperação da rede de energia elétrica
Verba do estado	49,0	Custo de medidas emergenciais aos flagelados
<b>Total</b>	<b>656,5</b>	

Fonte: Reconstrução Áreas afetadas Catástrofe Novembro/2008, Estado de Santa Catarina

**Tabela - 3.4.2 - Custo de obras de recuperação dos órgãos ligados ao governo do Estado de Santa Catarina**

Órgão	Orçamento (em milhões de reais)	Conteúdo das obras de recuperação
Porto de Itajaí	350,0	Recuperação do Porto de Itajaí
DEINFRA	1,0	Aparelhamento do sistema de monitoramento de informações da montante e jusante da barragem
EPAGRI/CIRAM	10,0	Elaboração do mapa de solo e do mapa de risco, análise meteorológica, zonas de risco de enchente, melhoria do sistema de alerta meteorológico, melhoria de GIS etc.
Defesa Civil	1,0	Treinamento
GTC	10,0	Elaboração do plano de redução de risco de desastres na Bacia do Rio Itajaí
DEINFRA	112,0	Desvios de estradas
	1,0	Reforma das estradas pavimentadas Reforma das estradas de terra
CELESC	1,5	Obras de proteção de subestações
	3,8	Rede elétrica
SDS	20,3	Construção de mapas e de sistema de monitoramento meteorológico e hidrológico da FURB e construção sistema de monitoramento meteorológico da EPAGRI
SAR	526,0	Prorrogação do pagamento de dívidas, instalação de linhas de créditos especiais
SEF	1.029,2	Medidas para prejuízos administrativos de 845 milhões de reais, perdas em produtos de 71,2 milhões de reais, danos à infraestrutura de 113 milhões de reais - Isenção de ICMS (até fevereiro de 2009) - Prorrogação do pagamento de ICMS - Dedução de ICMS relativo às mercadorias perdidas
<b>Total</b>	<b>2.065,8</b>	

Fonte: Reconstrução Áreas afetadas Catástrofe Novembro/2008, Estado de Santa Catarina

## 3.4.3 Perdas no setor de atividades sociais

Na tabela abaixo a ilustração dos registros de danos de enchentes e escorregamentos. Os danos são enormes nos municípios de Ilhota e Blumenau. Nos municípios de Blumenau, Brusque, Gaspar, Ilhota, Itajaí e Luis Alves que se localizam no médio e baixo vale, praticamente a totalidade da população sofreu danos. Os prejuízos das atividades do setor econômico compõem-se de perdas humanas, danos às moradias, danos aos estabelecimentos privados e públicos. Foi considerado que esses valores estão incluídos nos custos das atividades emergenciais da seção 3.4.2 anterior.

**Tabela 3.4.3 Registro de danos de enchentes e escorregamentos de novembro de 2008**

	População	Proporção de flagelados	Número de evacuados	Número de flagelados	Pessoas que perderam casas	Feridos	Mortos	Casas que sofreram danos	Extensão das estradas que sofreram danos (km)
Benedito Novo	9.841	31%	102	712	210		2	191	576
Blumenau	292.972	35%		25.000	5.209	2.383	24	18.000	
Brusque	94.962	100%		8.000	1.200	66	1	1.220	120
Gaspar	52.428	100%		7.100	4.300	280	16	8.700	600
Ilhota	11.552	100%	3.500	3.500	1.300	67	26	406	
Itajaí	163.218	100%	100.000	18.208	1.929	1.800	5	28.400	
Luis Alves	8.986	100%		3.232	239	41	10	220	40
Pomerode	25.261	1%		182	48		1	50	100
Rio dos Cedros	9.685	88%		595	96			283	300
Rodeios	10.773	5%		27	42		4	35	144
Timbo	33.326	2%						264	
<b>Total</b>	<b>713.004</b>		<b>103.602</b>	<b>66.556</b>	<b>14.573</b>	<b>4.637</b>	<b>89</b>	<b>57.769</b>	<b>1.880</b>

Fonte: AVADAMs enviados pelos municípios à Defesa Civil de Santa Catarina, nos dias 24 e 25 de novembro de 2008.

## 3.4.4 Perda no setor de atividades econômicas

Além dos danos apresentados no item anterior pode-se pensar no atraso da recuperação econômica decorrente do colapso da infraestrutura. Destacam-se principalmente o atraso da recuperação econômica do Porto de Itajaí e do setor agrícola, que sofreram impactos maiores. E nos setores comercial e de serviços, o atraso da recuperação do porto manifesta-se como dano indireto. As perdas do setor de atividades econômicas foram estimadas divididas em danos do setor agrícola e danos do setor de serviços e de transporte.

## (1) Danos do setor agrícola: 19,5 milhões de reais (cerca de 980 milhões de ienes)

O setor agrícola sofreu grandes danos com a enchente de novembro de 2009, com a redução de área de plantio nos municípios de Ilhota e Itajaí. Principalmente a área de plantio de arroz irrigado do município de Itajaí sofreu uma redução drástica. A tabela abaixo apresenta a variação para mais e para menos da área de plantio de arroz irrigado, milho e mandioca, que são os principais produtos dos 5 municípios situados na parte de jusante do rio.

**Tabela 3.4.4 Aumento/redução da área de plantio de principais produtos agrícolas dos 5 municípios do médio e baixo vale do Itajaí**

Unidade: ha

	Arroz irrigado			Milho			Mandioca			Outros produtos		
	2008	2009	Aumento/redução	2008	2009	Aumento/redução	2008	2009	Aumento/redução	2008	2009	Aumento/redução
Blumenau	40	40	0	500	200	-300	340	510	170	392	462	70
Brusque	180	180	0	260	260	0	50	50	0	41	38	-3
Gaspar	3,400	3,400	0	185	185	0	160	220	60	423	578	155
Ilhota	3,200	1,280	-1,920	5	2	-3	20	12	-8	541	433	-108
Itajaí	2,300	1,800	-500	50	50	0	50	70	20	145	46	-99
Subtotal	9,120	6,700	-2,420	1.000	697	-303	620	862	242	1,542	1,557	15

Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados da EPAGRI/CEPA

A tabela a seguir mostra a evolução do volume de produção de arroz nos 5 municípios do médio e baixo vale da Bacia.

**Tabela 3.4.5 Evolução do volume de produção de arroz dos 5 municípios de jusante da Bacia do Rio Itajaí**

Unidade: toneladas/ano

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2009/2008 Comparação com o ano anterior
Blumenau	740	860	240	240	280	280	100,0%
Brusque	1.025	745	453	1.260	1.260	1.260	100,0%
Gaspar	12.050	13.860	25.600	31.200	27.880	17.000	61,0%
Ilhota	7.200	7.650	14.000	19.500	20.800	9.152	44,0%
Itajaí	6.125	7.150	14.000	15.410	16.100	10.080	62,6%
Subtotal	27.140	30.265	54.293	67.610	66.320	37.772	57,0%

Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados da EPAGRI/CEPA

A redução significativa de produção do arroz ocorreu no baixo vale nos municípios de Ilhota e Itajaí. A tabela abaixo mostra a variação da produção de arroz, milho e mandioca que são principais produtos agrícolas. Utilizou-se o mesmo valor unitário de cada produto de 2008 para o ano de 2009.

**Tabela 3.4.6 Evolução do valor de produção dos principais produtos agrícolas de 5 municípios do médio e baixo vale da bacia**

Em milhares de reais

Município	Arroz			Milho			Mandioca			Subtotal dos 3 itens
	2.008	2.009	Aumento/redução	2.008	2.009	Aumento/redução	2.008	2.009	Aumento/redução	
Blumenau	140	140	0	1.732	481	(1.251)	318	223	(95)	(1.346)
Brusque	630	630	0	6.527	5.397	(1.130)	162	81	(81)	(1.211)
Gaspar	13.940	8.500	(5.440)	21	21	0	176	264	88	(5.352)
Ilhota	13.312	5.857	(7.455)	477	95	(382)	60	22	(38)	(7.875)
Itajaí	9.660	6.048	(3.612)	-	0	0	428	300	(128)	(3.740)
<b>Total</b>	<b>37.682</b>	<b>21.175</b>	<b>(16.507)</b>	<b>8.757</b>	<b>5.995</b>	<b>(2.762)</b>	<b>1.144</b>	<b>889</b>	<b>(255)</b>	<b>(19.524)</b>

Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados da EPAGRI/CEPA

Como mostra a tabela acima, estima-se que os três principais produtos agrícolas (arroz, milho, mandioca) somam prejuízos de cerca de 19,5 milhões de reais. Este valor dos prejuízos equivale a 26,5% do PIB do setor agrícola de 2007, conforme mostrado na tabela abaixo.

**Tabela 3.4.7 Redução do volume de produção agrícola de 5 municípios do médio e baixo vale.**

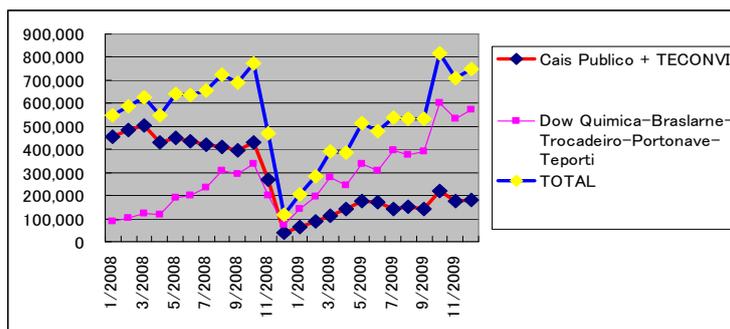
Em milhares de reais

Municípios	PIB agrícola de 2007	Redução dos 3 itens principais de 2009	Porcentagem em relação ao PIB de 2007
Blumenau	12.950	(1.346)	-10,4%
Brusque	20.948	(1.211)	-5,8%
Gaspar	11.566	(5.352)	-46,3%
Ilhota	16.333	(7.875)	-48,2%
Itajaí	11.788	(3.740)	-31,7%
<b>Total</b>	<b>73.583</b>	<b>(19.524)</b>	<b>-26,5%</b>

Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados da EPAGRI/CEPA

- (2) Prejuízos do setor de serviços e de transporte: 1,68 bilhões de reais (cerca de 84 bilhões de reais)

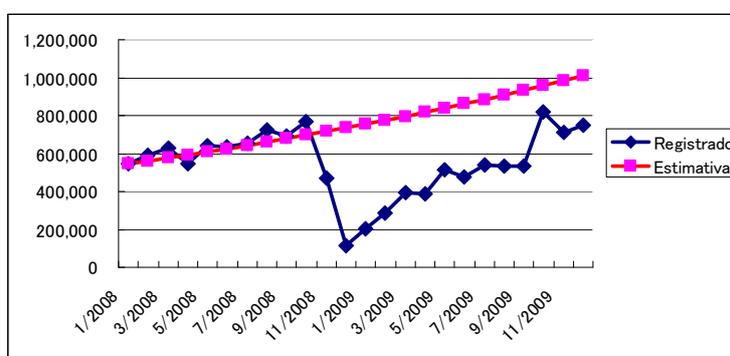
No Porto de Itajaí, cuja infraestrutura portuária sofreu grandes danos, o volume de operação caiu drasticamente, demorando cerca de um ano até a recuperação. Esta queda de volume de operação traduziu-se em diversos impactos negativos, resultando em uma redução drástica de recolhimento de impostos no município de Itajaí. A figura abaixo mostra a evolução do volume de carga mensal.



Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados de EPAGRI/CEPA

**Figura 3.4.1 Redução do volume de carga mensal operado no Porto de Itajaí após o desastre de 2008.**

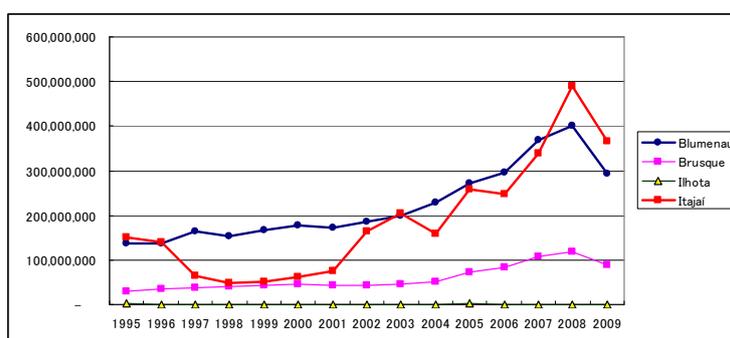
O atraso na recuperação do Porto de Itajaí representa prejuízo generalizado. Conforme a ilustração abaixo, foi estimado o volume de carga do Porto de Itajaí sem ocorrência de desastre e calculado o volume de redução da carga operada em 2009. Como resultado, foi estimado que a redução foi em torno de 5 milhões de toneladas em relação aos tempos normais.



Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados do Porto de Itajaí

**Figura 3.4.2 Estimativa de redução do volume de operação no Porto de Itajaí**

As enchentes de novembro de 2008 impactaram fortemente no aspecto de logística também, causando prejuízos econômicos. A figura abaixo mostra a evolução do ICMS de 4 municípios do médio e baixo vale da bacia a partir de 1995. De acordo com a evolução da arrecadação de ICMS, os municípios de Itajaí e Blumenau vêm se desenvolvendo bem economicamente, e principalmente o município de Itajaí tem se desenvolvido rapidamente de 2001 para cá. Entretanto, com as enchentes de novembro de 2008, a arrecadação do ICMS se reduziu drasticamente. Esta redução da receita do ICMS foi em decorrência dos danos causados pelas enchentes.



Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados de SPG

**Figura 3.4.3 Evolução do ICMS de 4 municípios do médio e baixo vale**

A tabela abaixo mostra a redução estimada do ICMS de 4 municípios do médio e baixo vale do Itajaí. Com as enchentes, o valor da arrecadação do ICMS de 2009 recuou ao nível de arrecadação de 2006.

**Tabela 3.4.8 Redução estimada do valor de ICMS nos 4 municípios do médio e baixo vale do Itajaí devido ao desastre de 2008**

Em milhares de reais					
	2005	2006	2007	2008	2009
Blumenau (real)	270.671.969	296.893.667	369.694.832	401.487.077	292.980.537
Blumenau (sem enchentes)					451.285.573
Brusque (real)	71.689.589	83.850.329	106.517.392	119.558.942	90.124.608
Brusque (sem enchentes)					140.727.915
Ilhota (real)	1.373.779	819.320	875.341	1.105.738	476.033
Ilhota (sem enchentes)					1.132.478
Itajaí (real)	258.680.077	247.152.296	339.089.648	490.576.988	366.299.023
Itajaí (sem enchentes)					575.301.583
Total de 4 municípios (real)	602.415.413	628.715.612	816.177.216	1.012.728.747	749.880.202
(sem enchentes)	-	-	-	-	1.168.447.549
<b>Diferença (prejuízo estimado)</b>					<b>(418.567.347)</b>

Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados de SPG

Como mostra a tabela acima, estima-se que a redução de ICMS nos 4 municípios do médio e baixo vale do Itajaí é de cerca de 419 milhões de reais.

### 3.4.5 Aumento do potencial de enchentes e escorregamentos

Acima foi estimado o valor dos danos causados pelas enchentes e escorregamentos de novembro de 2008, porém, imagina-se que este potencial de danos crescerá ainda mais com o desenvolvimento econômico futuro. O percentual que o valor do ICMS representa no PIB local é mostrado na tabela seguinte:

**Tabela 3.4.9 Valor de produção total de cada município em 2007**

Em mil reais								
Município	PIB Local	Agricultura	Indústria	Serviços	Imposto	ICMS		
						Valor do ICMS	ICMS/im posto	ICMS/GDP
Blumenau	6.682.445	12.950	2.287.656	3.578.843	802.996	369.742	46,0%	5,5%
Brusque	2.068.595	4.492	925.455	919.237	219.410	106.544	48,6%	5,2%
Gaspar	1.001.200	15.534	398.945	428.623	158.098	37.045	23,4%	3,7%
Ilhota	98.666	12.345	29.122	51.980	5.219	877	16,8%	0,9%
Itajaí	7.982.841	36.803	926.505	4.499.885	2.519.649	339.359	13,5%	4,3%

Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudos da JICA com base nos dados de SPG

Baseado nos danos de enchentes do passado, considerando a tendência de crescimento econômico de cada região, o potencial de danos com os desastres poderá ser conforme a seguir:

**Table 3.4.10 Estimativa de danos potenciais causados pelas enchentes e desastres de sedimentação na Bacia do Rio Itajaí**

Tendência	Resumo
Crescimento demográfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A população poderá concentrar-se na região da foz, influenciada pela intensificação das atividades econômicas, principalmente nos municípios de Itajaí, Gaspar e Navegantes.</li> <li>- É possível que a concentração demográfica daqui para frente ocorra nas áreas sujeitas à enchente.</li> <li>- Existe risco de os danos de enchentes se tornarem cada vez maiores com a concentração demográfica.</li> </ul>
Crescimento econômico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O crescimento da economia está ocorrendo principalmente na área da foz, e a importância econômica desta região aumenta a cada ano.</li> <li>- Atualmente a economia está se desenvolvendo em torno dos serviços portuários, mas se vê também a tendência de construção de bases de logística, de modo que há a possibilidade de desenvolvimento econômico rápido.</li> <li>- Em relação à representatividade do PIP local, a área da foz (SDR Itajaí) aumentou de 21% de 1997 para 34% em 2007. Prevê-se que esta tendência continue no futuro.</li> <li>- A economia do Estado de Santa Catarina depende da exportação de carnes congeladas, e o Porto de Itajaí constitui o seu principal porto exportador. O funcionamento do Porto de Itajaí tem grande influência também sobre a economia do Estado.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Com relação à arrecadação de impostos, tem crescido muito em todas as regiões, porém, o crescimento é maior na região de SDR Itajaí.</li> <li>- Tanto a arrecadação de impostos quanto o PIB da região cresceram muito, e com o aumento do valor econômico agregado, aumenta a necessidade da mitigação dos desastres.</li> </ul>
Plano de desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nesta região, está ocorrendo o desenvolvimento econômico em torno da foz.</li> <li>- Como projeto de curto prazo, existe o de reaparelhamento do porto de Itajaí (ampliação e modernização dos cais), e de médio prazo, a aparelhamento da rede de transporte (construção de estradas de ferro e alargamento da rodovia federal) etc.</li> </ul>

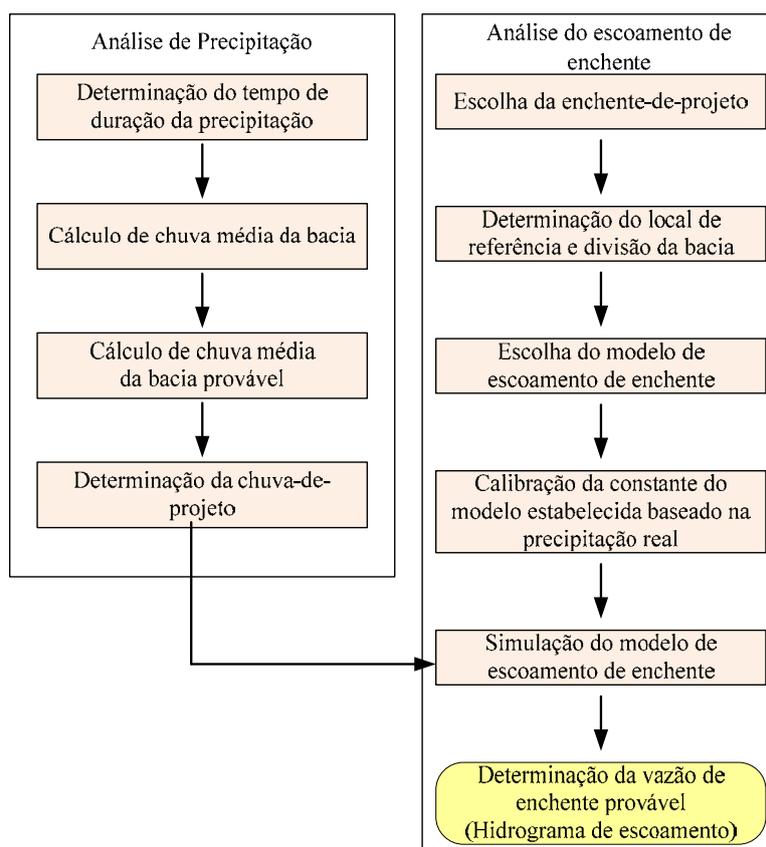
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

A importância econômica da Bacia do Rio Itajaí está aumentando a cada ano, atraindo novos investimentos. Para manter o patrimônio investido, tornam-se cada vez mais necessárias as medidas contra os desastres. As atividades econômicas no município de Itajaí, que fica na foz, quintuplicou em apenas 8 anos, de 1999 a 2007. Para promover o desenvolvimento sustentável da Bacia do Rio Itajaí daqui para frente, há necessidade de adoção das medidas de prevenção de desastres, sendo urgente principalmente a adoção de medidas de mitigação de danos de enchentes na região da foz.

### 3.5 Análise de escoamento de enchentes

#### 3.5.1 Síntese

Conforme será explicado mais adiante no capítulo 5, seção 5.3, há dificuldades para definir o grau de segurança para enchentes que serve de escala de planejamento, então serão calculadas as vazões das enchentes de projeto para 5, 10, 25 e 50 anos de retorno. A vazão da enchente de projeto será calculada através da análise de escoamento baseada na chuva de projeto; o fluxo dessa análise está ilustrado abaixo.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

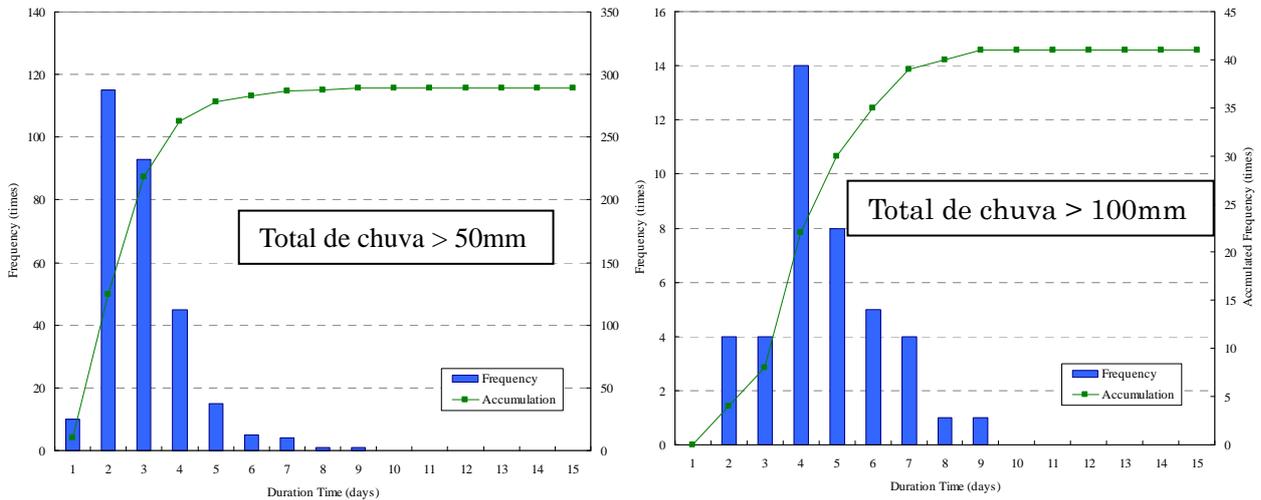
**Figura 3.5.1 Fluxograma de cálculo da vazão de enchente**

#### 3.5.2 Análise de precipitação e da Chuva provável

##### (1) Tempo de duração

Para calcular a chuva de projeto há que se levar em consideração o tamanho da bacia, a característica da precipitação e a forma de escoamento de enchente, a fim de se determinar o tempo de duração da chuva de projeto. Nas figuras abaixo a ilustração da distribuição de frequência da duração de precipitação total maiores do que 50 mm e 100 mm, respectivamente.

O tempo de duração da chuva total maior do que 50 mm é de no máximo 4 dias. O tempo de duração da chuva total maior do que 100 mm é de no máximo 5 a 6 dias, mas a maior frequência corresponde a 4 dias. Portanto, foi estabelecido o tempo da chuva de projeto como sendo 4 dias.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

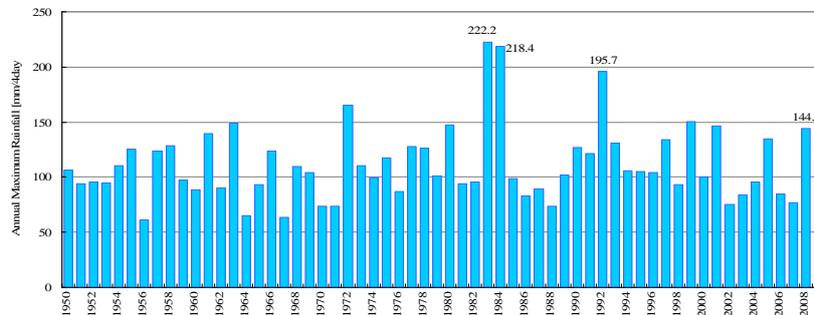
**Figura 3.5.2 Distribuição da frequência em tempo de duração de chuvas sucessivas**

(2) Cálculo de chuva provável

Baseado nos dados de chuva diária da ANA, foi calculado a chuva provável (4 dias sucessivas) para toda a Bacia do Rio Itajaí e para as principais bacias dos rios tributários.

a Chuva provável de toda a Bacia do Rio Itajaí

Conforme ilustrado na figura abaixo, foi calculada a chuva média da bacia máxima de 4 dias de duração de cada ano para o período de 1950 a 2009, utilizando o método de polígono de Thiessen. O maior índice de chuva de 4 dias é o de 1983 com 222mm, o de 1984 com 218mm e o de 1992 com 195.7mm. Na enchente de novembro de 2008 que causou danos de grandes proporções, choveu de forma concentrada no baixo vale, portanto, o índice médio de toda a bacia é 144mm e é uma chuva de médio porte.



Fonte: Equipe de estudos da JICA (Baseado nos dados da estação da ANA)

**Figura 3.5.3 Chuva média da bacia máxima de 4 dias de duração de cada ano para toda a Bacia do Rio Itajaí (1950 – 2009)**

Utilizando a chuva média da bacia máxima de 4 dias de duração de cada ano, conforme o cálculo acima, foi realizado a análise de frequência dos eventos e estabelecida a chuva média da bacia de 4 dias provável. Na tabela abaixo a ilustração do resultado do cálculo.

**Tabela 3.5.1 Resultado do cálculo da chuva de projeto para toda a Bacia do Rio Itajaí**

Toda Bacia						
Função distribuição de probabilidade	Distribuição exponencial	Distribuição de Gumbel	Distribuição naiz quadrada a exponencial	Distribuição genérica de valores extremos	Distribuição de Pearson tipo III	
Estimação de parâmetros	Método momento L	Método momento L	Máxima verossimilhança	Método momento L	Método momento L	
Abreviação	Exp	Gumbel	SqrEt	Gev	LogP3	
Valor hidrológico provável (estimação de parâmetros em todas as amostras)	1/2	100.8	106.3	104.8	105.1	105.2
	1/3	115.2	120	118.5	118.4	118.8
	1/5	133.2	135.2	134.7	133.9	134.3
	1/10	157.7	154.3	156.3	154.2	154.6
	1/20	182.2	172.7	178.5	174.6	174.8
	1/30	196.5	183.2	191.9	186.8	186.7
	1/50	214.6	196.4	209.2	202.6	202.1
	1/80	231.2	208.5	225.7	217.4	216.7
	1/100	239.1	214.2	233.7	224.7	223.8
	1/150	253.4	224.6	248.5	238	236.8
1/200	263.6	232	259.3	247.7	246.3	
Coeficiente de correlação		0.942	0.996	0.996	0.997	0.996
SLSC		0.04	0.035	0.026	0.027	0.025
Método Jackknife 1/50	Valor estimado	214.6	196.4	210.5	202.5	201.6
	Erro estimado	16.8	14.4	14.1	21.9	20.3
Método aplicado				?		

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

A chuva média de toda a Bacia do Rio Itajaí de 4 dias de duração teve boa compatibilidade com a distribuição exponencial de valor máximo. A chuva provável de cinco anos é 135mm; a de 10 anos é 156mm; a de 20 anos é 179mm e a de 50 anos é 209mm. As enchentes de 1983 e de 1984 equivalem à enchente de 50 a 80 anos; a de 1992 equivale à enchente de 30 anos. A enchente de 2008, considerando-se média de toda a bacia, equivale ao porte de enchente de 5 a 10 anos.

#### b Chuva provável de cada bacia dos rios tributários

A chuva média de 4 dias provável, para todas as sub-bacias dos tributários, foi calculada da mesma forma da determinação da chuva média da bacia de 4 dias provável acima. Na Tabela 3.5.2 apresenta-se os resultados obtidos, comparando-os com os da bacia do Rio Itajaí-Açu.

**Tabela 3.5.2 Chuva provável do Rio Itajaí-Açu e seus afluentes**

	1/5	1/10	1/20	1/25	1/50
Total da Bacia	134.7	156.3	178.5	187.7	209.2
Itajaí do Oeste	153.1	175.2	196.3	201.7	223.8
Itajaí do Sul	140.8	161.4	181.1	186.1	206.7
Itajaí do Norte	140.4	160.3	179.3	184.1	204
Benedito	154.8	179	202.3	208.1	232.4
Itajaí-açu	144.1	168.9	194.4	205.2	229.9
Itajaí Mirim	140.1	160.5	179.9	184.8	205.2

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

As chuvas prováveis relativamente grandes são da Bacia do Rio Itajaí do Oeste, Bacia do Rio Benedito e da Bacia do Rio Itajaí-Açu. Por outro lado, as chuvas prováveis relativamente pequenas são da Bacia do Rio Itajaí do Sul que se localiza na região sul, Bacia do Rio Itajaí Mirim e da Bacia do Rio Itajaí do Norte.

### 3.5.3 Modelo de análise e calibração

#### (1) Divisão da Bacia

O modelo de divisão da bacia para efeito da análise de escoamentos foi elaborado levando em consideração os principais afluentes e determinação do local necessário para o cálculo da vazão. Os trechos entre esses lugares determinados foram conectados ao modelo de canal. Na tabela 3.5.4 a ilustração da divisão da Bacia do Rio Itajaí (modelo de escoamento).

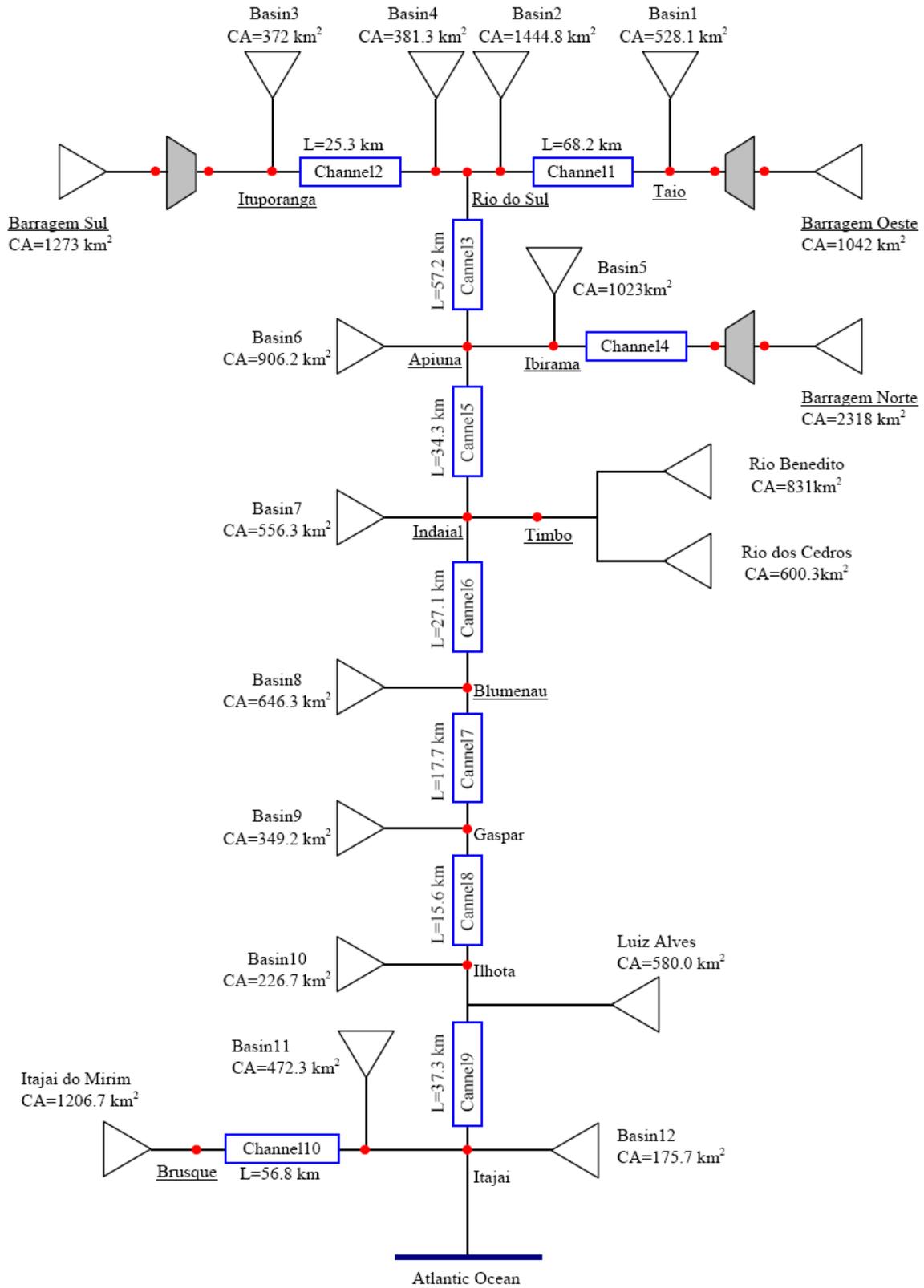
#### (2) Modelo de análise

O aplicativo utilizado para análise de escoamentos foi o HEC-HMS que é um programa de análise de

escoamento da série HEC , desenvolvido pelos engenheiros do exército americano (U.S. Army Corps of Engineers).

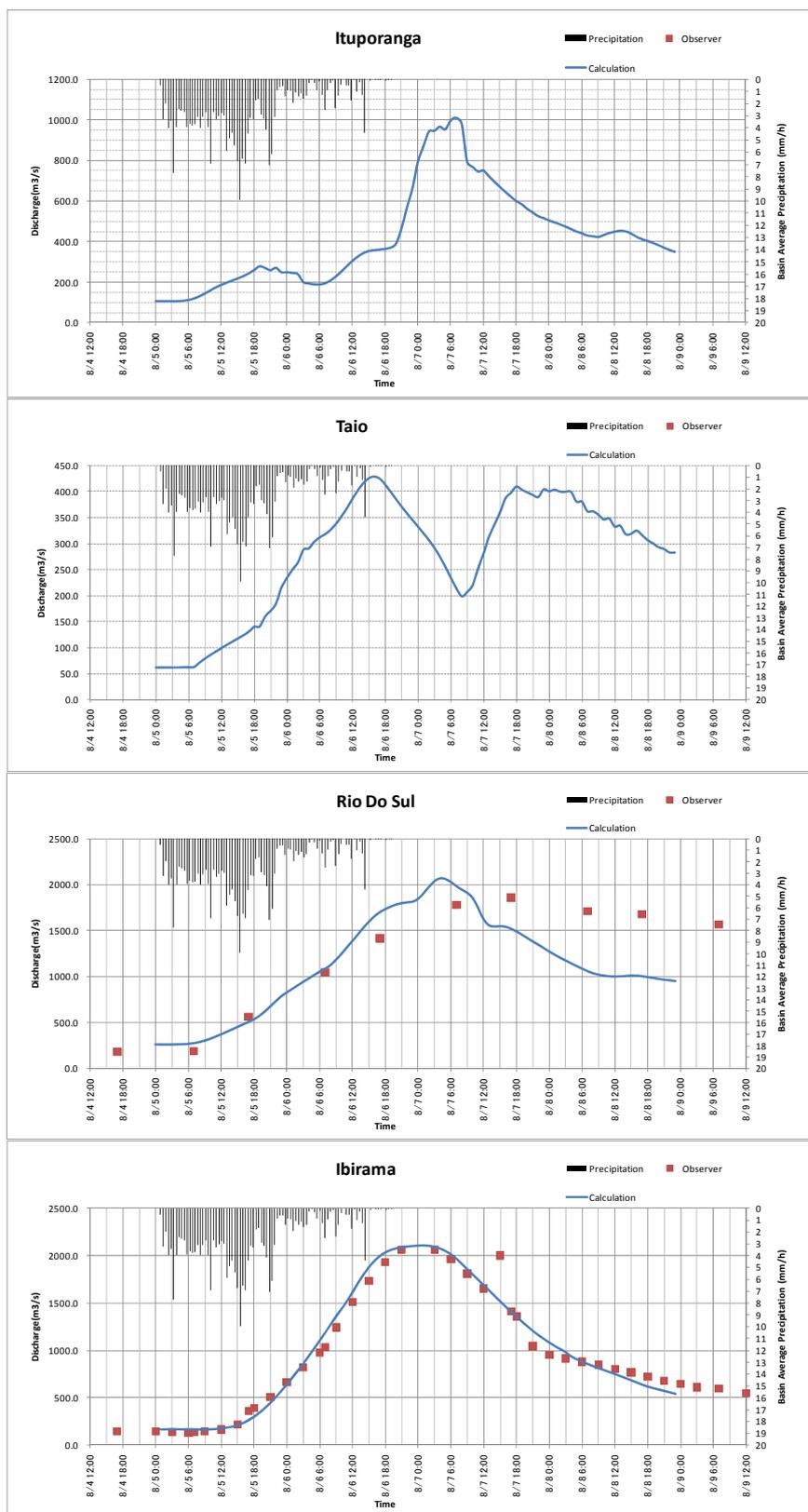
(3) Resultado de calibração dos parâmetros do modelo

A calibração dos parâmetros do modelo HMS baseou-se nas enchentes ocorridas em 1984 e 2010, procurando-se fazer com que os hidrogramas calculados, a partir das chuvas observadas na bacia, coincidam com os hidrogramas observados nessas enchentes. Na figura 3.5.5 a ilustração do resultado de calibração da enchente de 1984. Os detalhes da calibração do modelo de análise de escoamentos constam no Relatório Suplementar No 1 – Hidrologia.



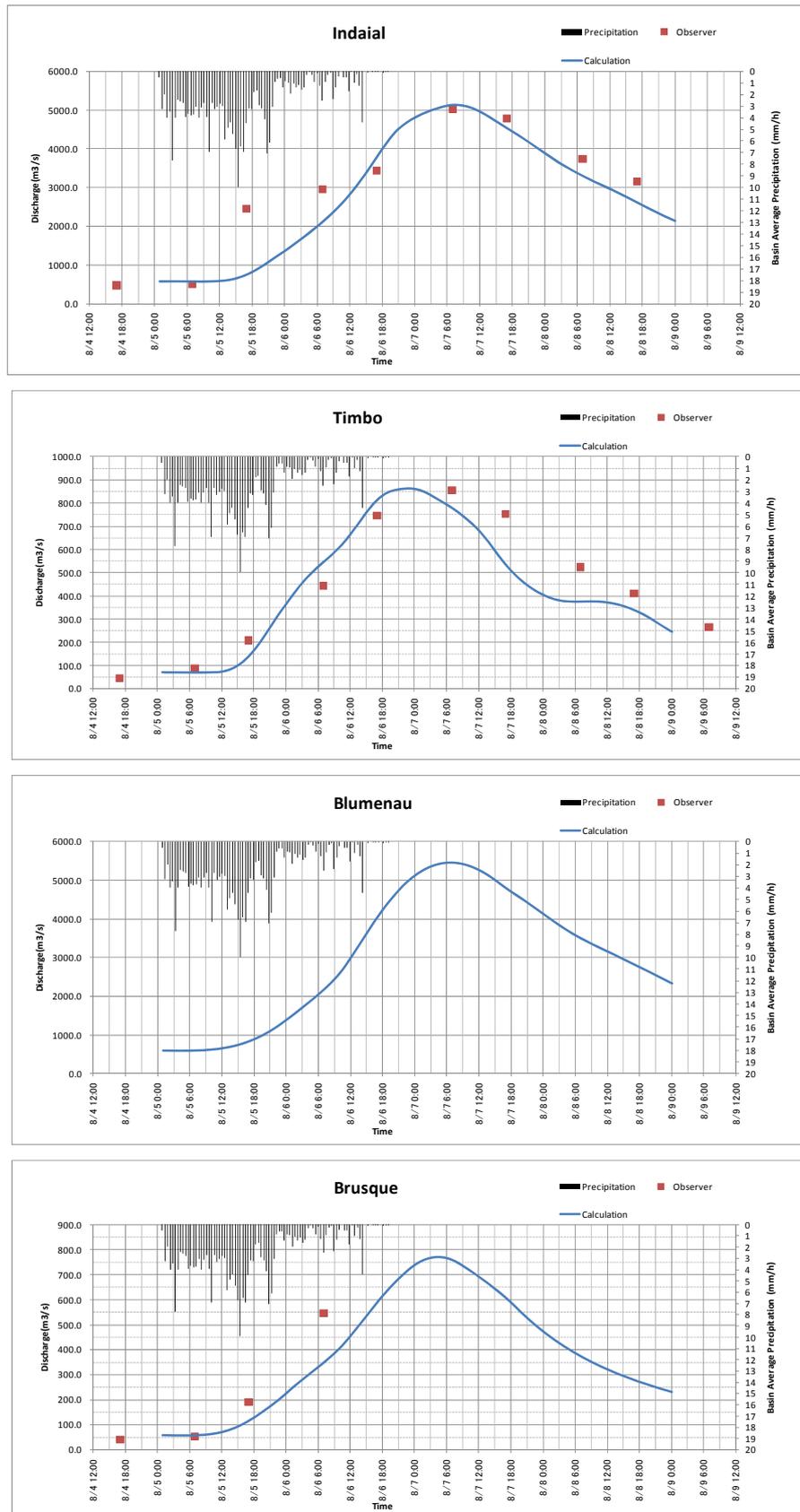
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura 3.5.4 Divisão da Bacia do Rio Itajaí (modelo de análise de escoamentos)



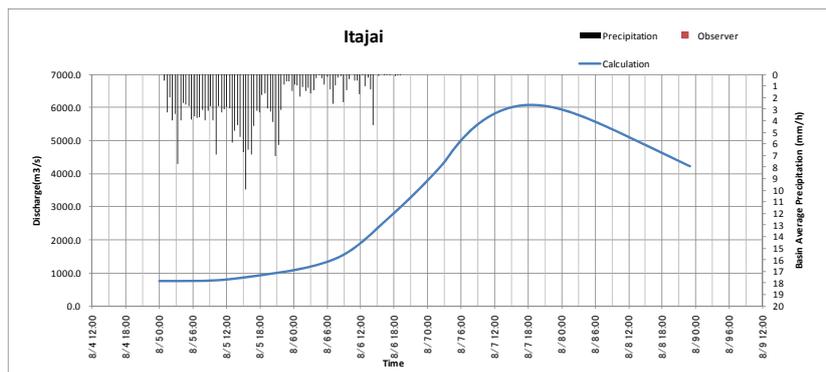
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura 3.5.5 Resultado de calibração da enchente de 1984 (1/3)



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura 3.5.5 Resultado da calibração de enchente de 1984 (2/3)

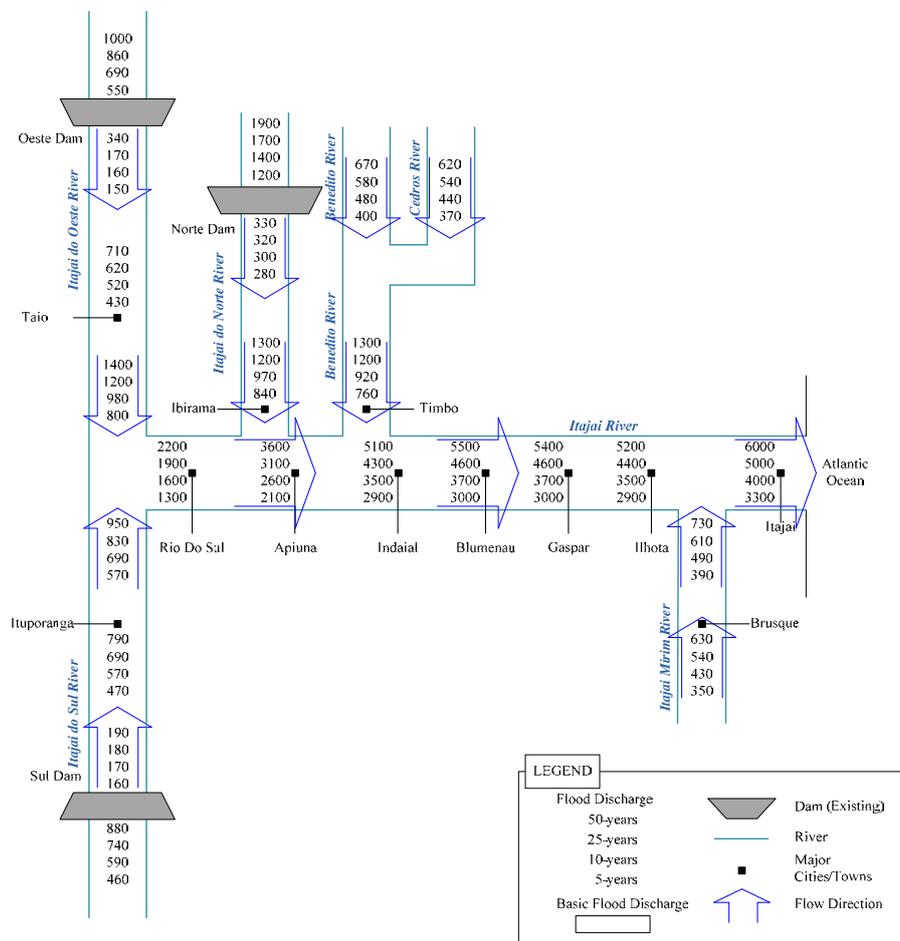


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.5.5 Resultado da calibração de enchente de 1984 (3/3)**

### 3.5.4 Determinação da vazão de enchente provável

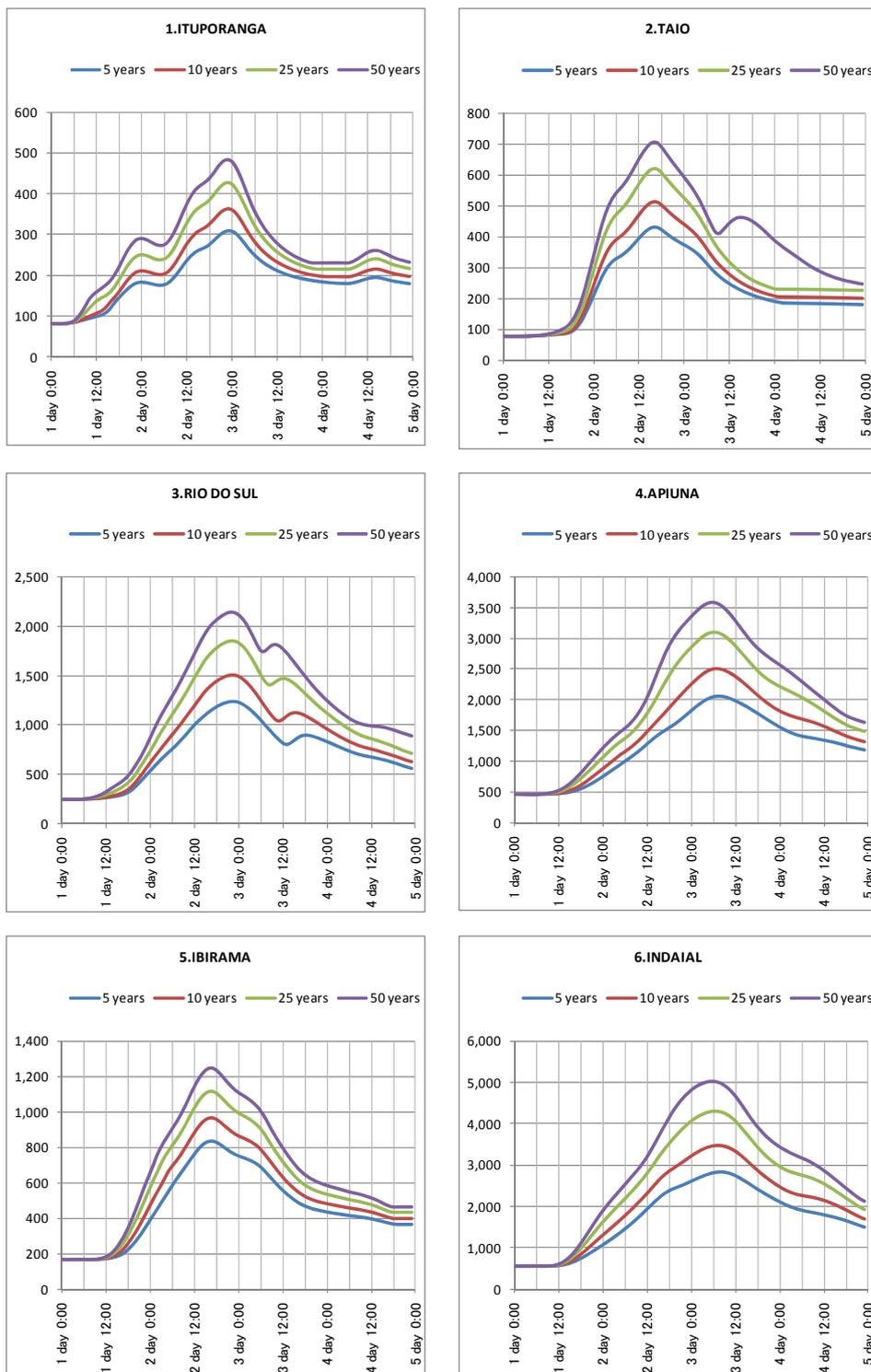
Na figura abaixo a ilustração da vazão de enchente provável de cada ponto de referência, determinado através do modelo de escoamentos. Em relação às barragens de contenção de cheias existentes, foram consideradas que as comportas do conduto de descargas permaneceram totalmente abertas. Os detalhes sobre a metodologia de cálculo constam no Relatório Suplementar no 1 – Hidrologia.



Unidade: m<sup>3</sup>/s Fonte: Equipe de Estudos da JICA

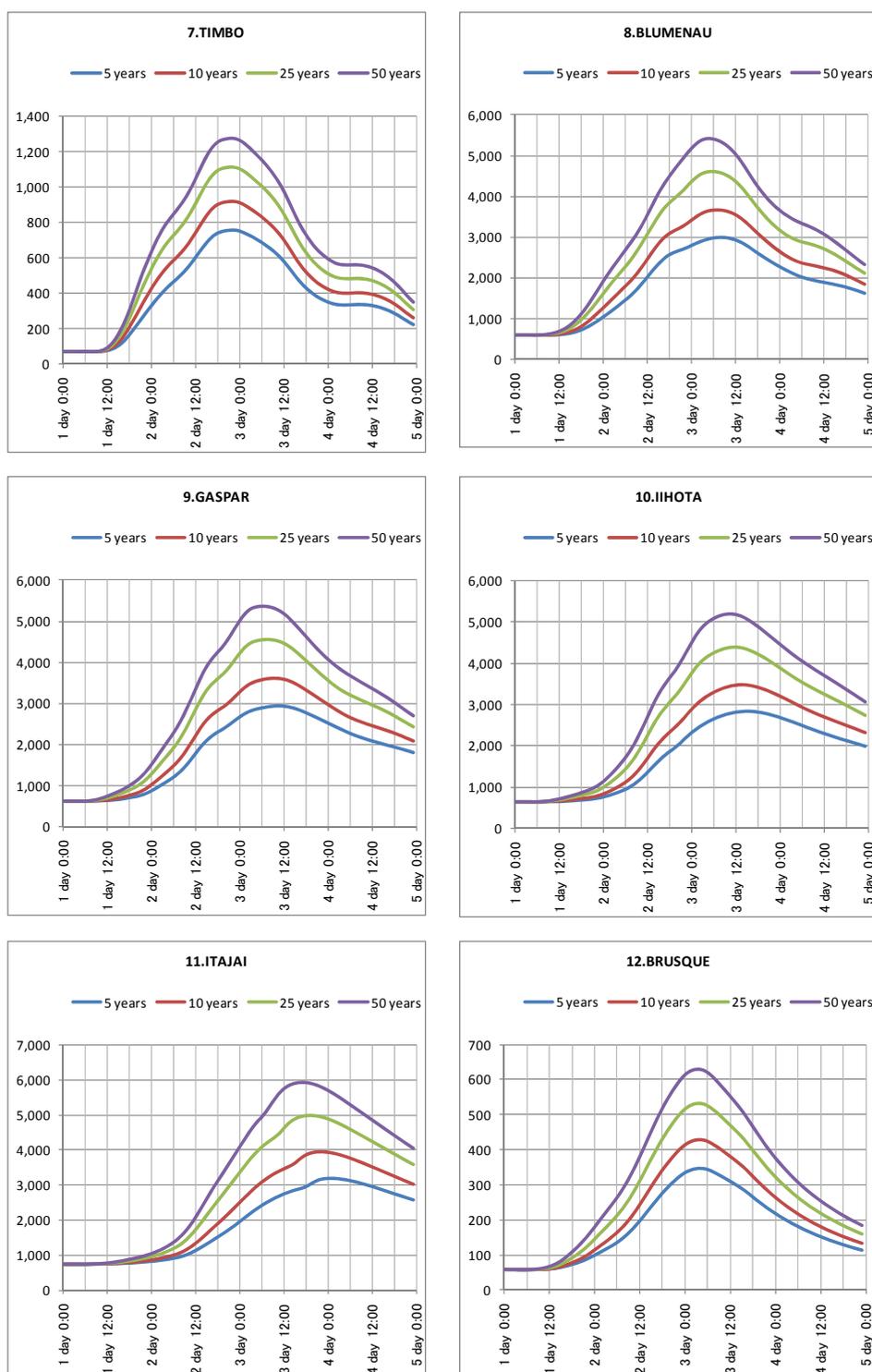
**Figura 3.5.6 Vazão de enchente de cada ponto de referência**

A diferença do tempo de pico entre as cidades de Rio do Sul e Blumenau é de 7 a 10 horas; entre as de Blumenau e Itajaí é de 14 a 17 horas. Após um dia do pico de enchente em Rio do Sul, ocorre o pico de enchente em Itajaí. Na figura abaixo a ilustração do hidrograma de enchente de projeto de cada cidade (ponto de referência).



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura 3.5.7 Hidrograma da enchente de projeto para cada ponto de referência (1/2)

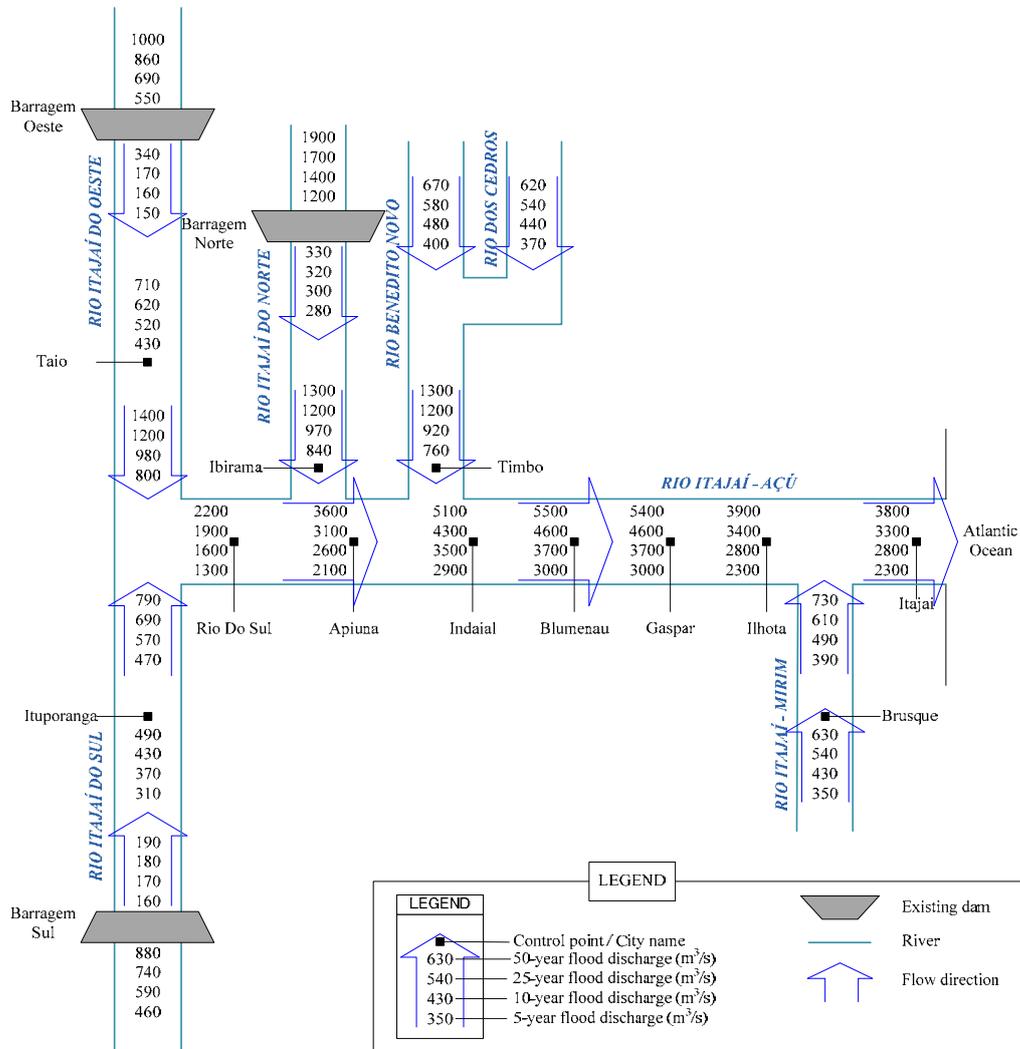


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.5.7 Hidrograma da enchente de projeto para cada lugar de referência (2/2)**

O resultado da análise de escoamentos demonstra que a vazão de enchente de 50 anos na cidade de Itajaí atinge  $6.000\text{m}^3/\text{s}$  e, comparando com a capacidade de vazão que será explicado posteriormente, é um valor muito grande. Na planície aluvial que se estende desde a montante da cidade de Itajaí, na linha da rodovia BR-101, até as cidades de Ilhota e Gaspar, ocorre inundação por causa da falta de capacidade de vazão, permanecendo alagado por um período muito longo devido ao aterro das rodovias BR-101 e BR-470. Se considerar a preservação dessa planície que exerce o efeito de armazenamento temporário, daria para reduzir a vazão de enchente de projeto para a cidade de Itajaí e reduzir os custos necessários para a implementação das medidas. Para efeito do Plano Diretor, foi determinada a vazão de projeto para o trecho a jusante de Ilhota,

considerando o efeito de inundação na planície aluvial. Na figura 3.5.8 a ilustração do resultado de cálculo da vazão provável, baseado no cálculo de escoamento não uniforme através do HEC-RAS (na análise de escoamento havia necessidade de incluir a seção transversal do canal com extensão da planície aluvial, porém, no momento a Equipe dispõe somente do mapa com escala 1:50000 e existe problema de precisão na análise, portanto, é recomendável realizar uma nova análise, após a conclusão do levantamento aerofotogramétrico da SDS).



Unidade: m<sup>3</sup>/s Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 3.5.8 Vazão provável em cada pontos de referência, após o cálculo de escoamento não uniforme.**

Na tabela abaixo foi organizado o efeito de regulação das cheias de cada barragem de contenção de cheias.

(1) Ajuste da vazão da barragem de contenção de cheias

Nas figuras 3.5.17 a 3.5.20 estão ilustrados o funcionamento de cada barragem por Período de retorno. Na tabela abaixo ordenou-se o efeito de controle de enchentes para cada barragem. O nível da água dos reservatórios das barragens Norte e Sul não se elevarão até o vertedouro, mesmo com a enchente de 50 anos. Portanto, não ocorrerá transbordamento pelo vertedouro. Por outro lado, na barragem Oeste, o reservatório ficará praticamente cheio com a enchente de 25 anos, porém, o nível da água ultrapassará 0,9 m acima do vertedouro com enchente de 50 anos.

**Tabela 3.5.3 Efeito de regulação de enchentes das barragens de contenção de cheias**Unidade : m<sup>3</sup>/s

Tempo Retorno	Barragem Norte			Barragem Oeste			Barragem Sul		
	Vazão afluente	Vazão defluente	Vazão armazenada	Vazão afluente	Vazão defluente	Vazão armazenada	Vazão afluente	Vazão defluente	Vazão armazenada
5 anos	1.200	280	920	550	150	400	460	160	300
10 anos	1.400	300	1.100	690	160	530	590	170	420
25 anos	1.700	320	1.380	860	170	690	740	180	560
50 anos	1.900	330	1.570	1.000	*340	660	880	190	690

\* : Situação de transbordamento

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 3.6 Determinação e avaliação da capacidade de escoamento das enchentes

#### 3.6.1 Perfil transversal e longitudinal do Rio Itajaí

##### (1) Síntese do levantamento de seção do rio

No período de junho a agosto de 2010 foi realizado o levantamento de seções transversais (143 seções do canal do rio) no campo e foi identificado o perfil transversal e longitudinal do Rio Itajaí. Foram realizados levantamentos de 79 seções no Rio Itajaí-Açu e 64 seções nos afluentes.

**Tabela 3.6.1 Quantidade de seções levantadas**

Nome do Rio	Quantidade de seções levantadas	Observação
Rio Itajaí-Açu	79	Rio principal
Rio Itajaí Mirim	17	Inclui cinco seções no trecho antigo do Itajaí Mirim
Ribeirão Garcia	7	Zona urbana de Blumenau
Ribeirão Velha	5	Zona urbana de Blumenau
Ribeirão Fortaleza	2	Zona urbana de Blumenau
Rio Benedito	11	Inclui 4 seções no Rio dos Cedros
Rio Itajaí do Norte	7	
Rio Itajaí do Oeste	9	
Rio Itajaí do Sul	6	

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

##### (2) Declividade do leito fluvial de Rio Itajaí

A Tabela-3.6.2 ilustra as declividades dos leitos fluviais de Rio Itajaí-Açu e dos principais afluentes, determinadas através dos levantamentos de campo.

**Tabela 3.6.2 Declividade média do leito fluvial para cada trecho do rio**

Rio	Trecho de rio	Inclinação
Rio Itajaí-Açu	Itajaí até a montante de Blumenau	1/20000
	Montante de Blumenau até a montante de Indaial	1/400
	Montante de Indaial até próximo da confluência com o Itajaí do Norte	1/1500
	Confluência com o Itajaí do Norte até a jusante de Lontras	1/85
	Jusante de Lontras até Rio do Sul	1/3000
Rio Itajaí Mirim (Canal retificado)	Da confluência com o Itajaí-Açu até a montante da bifurcação com o Itajaí Mirim Antigo	1/8000
	Montante da bifurcação do Itajaí Mirim Antigo até à montante de Brusque	1/1700
Itajaí Mirim Antigo	Da bifurcação com o Canal até a confluência com o Canal	1/15000
Ribeirão Garcia	Da confluência com o rio Itajaí-Açu até 3 km à montante	1/600
	Próximo 3 km até 14 km a montante	1/200
Ribeirão da Velha	Da confluência até 2 km à montante	1/200
	De 2 km à montante até 6 km	1/2000
Ribeirão Fortaleza	Da confluência a 2 km à montante	1/500
Rio Benedito	Confluência até Timbó	1/2000
	Timbó até Benedito Novo	1/140

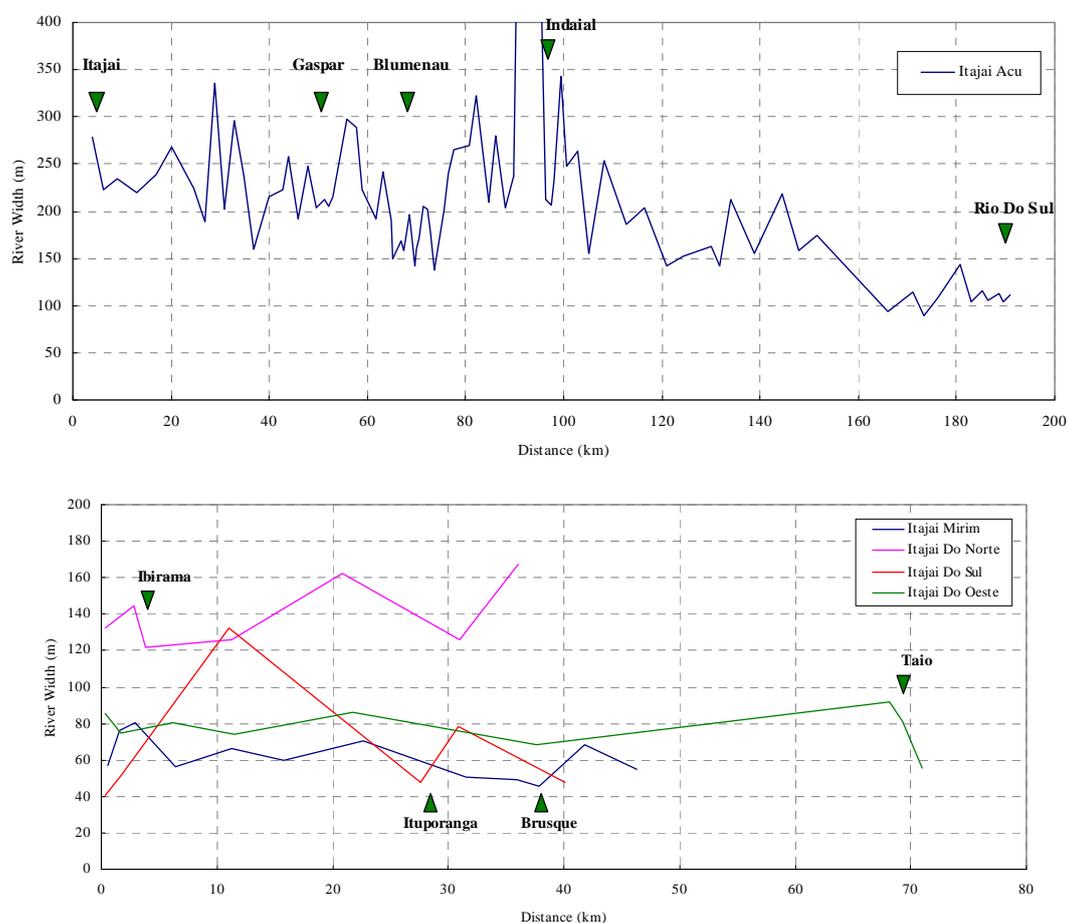
	Timbó até Rio dos Cedros	1/2000
Rio Itajaí do Norte	Confluência até Presidente Getulio	1/170
Rio Itajaí do Sul	Confluência até Ituporanga	1/800
Rio Itajaí do Oeste	Confluência até Taió	1/5000

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### (3) Seção transversal do canal do rio

Na figura-3.6.1 a ilustração da largura do canal do Rio Itajaí-Açu e principais afluentes. A largura do Rio Itajaí-Açu próximo a Indaial é entre 200 m a 300 m, depois desse trecho vai estreitando à medida que segue para montante até chegar a 150 m em Rio do Sul. Porém, a largura do canal de rio na região de Gaspar e Blumenau é entre 150 m a 200 m, leito relativamente estreito.

O Rio Itajaí Mirim que é o principal afluente tem a largura entre 50 m a 80 m; o Rio Itajaí do Oeste tem entre 70 a 90 metros; a largura do Rio Itajaí do Sul é muito variável, porém, oscila entre 50 a 80 metros. O Rio Itajaí do Norte tem a maior largura entre os afluentes e oscila entre 120 a 160 metros.

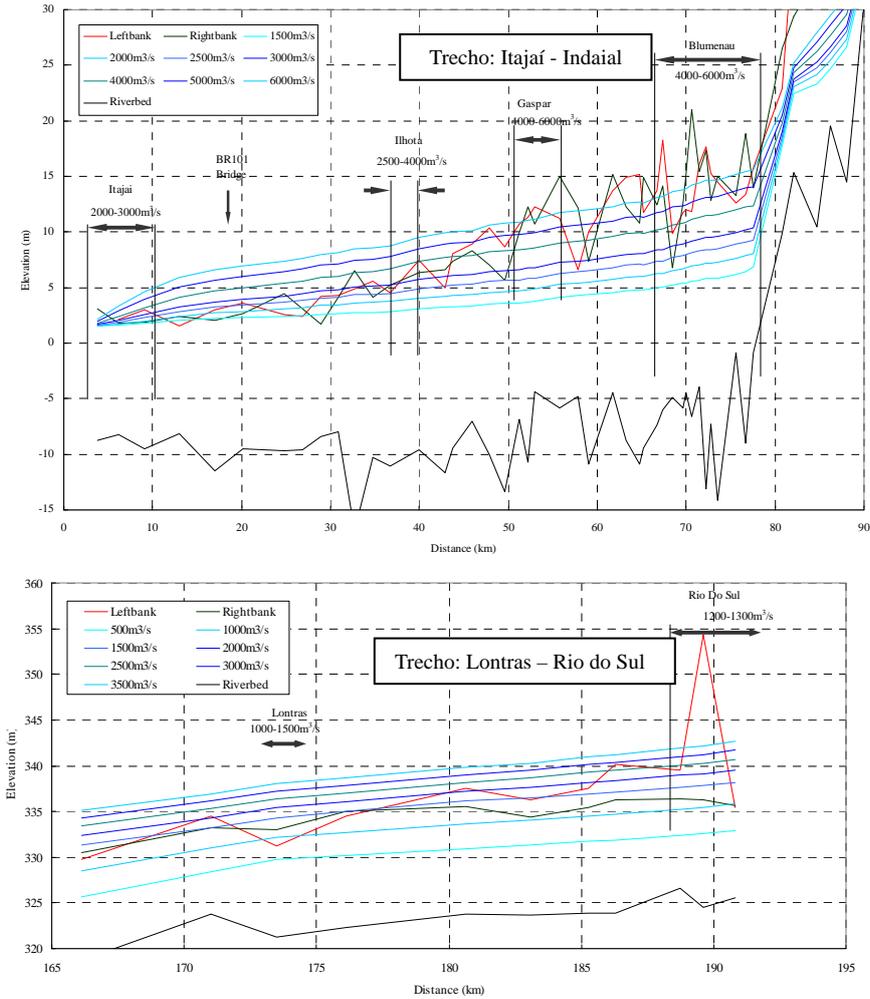


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura-3.6.1 - Largura do canal do Rio Itajaí-Açu e principais afluentes.**

### 3.6.2 Determinação e análise da capacidade de escoamento

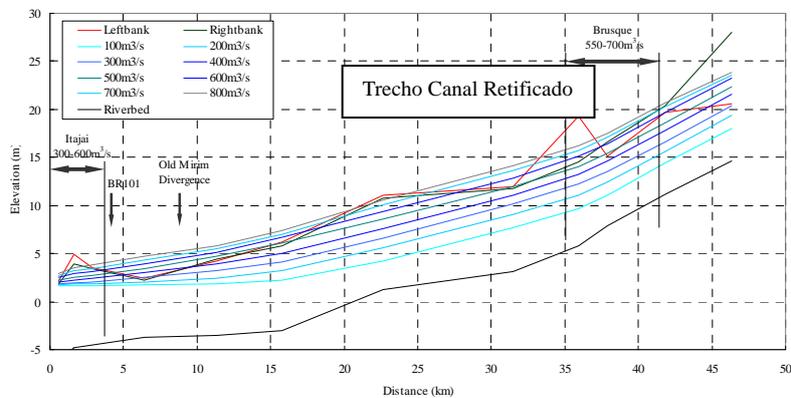
Para avaliar a capacidade de escoamento do canal do Rio Itajaí-Açu e seus afluentes foi realizado o cálculo de escoamento não-uniforme, utilizando os dados de levantamento de seção transversal do rio e foi determinado o nível da água do rio para cada vazão. Baseado na distribuição da vazão de enchente provável, ilustrado na figura 3.5.8, foi adotado a vazão em diversos pontos de referência da bacia. Os detalhes de cálculos constam no Relatório Suplementar No 1 – Hidrologia. Na figura abaixo a ilustração do resultado de cálculo de escoamento não-uniforme do Rio Itajaí-açu.

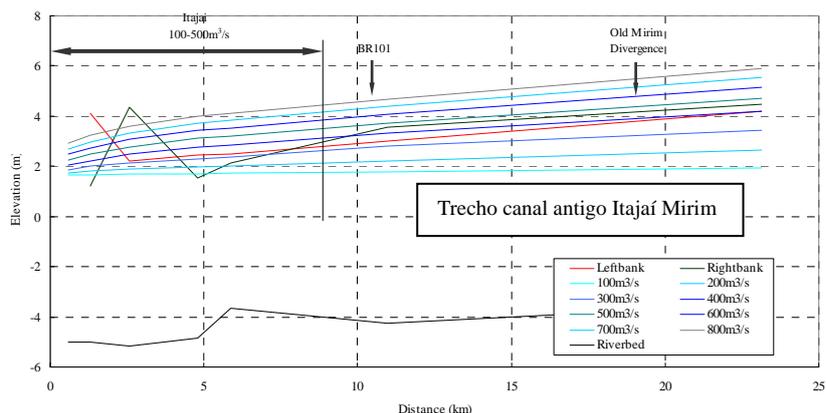


Source : JICA Survey Team

**Figura 3.6.2 Resultado de cálculo do escoamento não-uniforme de cada vazão de enchente provável do Rio Itajaí-Açu**

O Rio Itajaí Mirim à montante da cidade de Itajaí está dividido em dois braços: Canal retificado e Mirim antigo, os quais logo antes da confluência com o Rio Itajaí-Açu se confluem novamente. Para efeito de cálculo do escoamento não uniforme, foi considerado a proporção de distribuição da vazão para o canal retificado e Mirim antigo de 2:1. Na figura 3.6.3 a ilustração do resultado de cálculo do nível da água do Rio Itajaí Mirim. A vazão constante na figura mostra a vazão total do Rio Itajaí Mirim e a vazão do trecho do Canal retificado, que é 2/3 de toda a vazão e 1/3 restante passa pelo canal antigo.





**Figura 3.6.3 Resultado do cálculo do escoamento não-uniforme para cada vazão provável do Rio Itajaí-Mirim**

Baseado no cálculo de escoamento não uniforme acima foi determinado a vazão de transbordamento do canal como sendo a capacidade de escoamento da Bacia do Rio Itajaí e de seus principais afluentes. Essa capacidade de escoamento que foi determinada foi comparada com a vazão de enchente provável (vide figura 3.5.8) e foi avaliada a capacidade de escoamento e necessidade das medidas das principais localidades.

**Tabela 3.6.3 Avaliação da capacidade de escoamento do canal de rio (Rio Itajaí-Açu)**

Rio	Cidade	Capacidade de escoamento (m <sup>3</sup> /s)	Necessidade das medidas
Itajaí -açu	Itajaí Navegantes	2.000~3.000	Capacidade de escoamento: vazão provável de 5 anos (principalmente cidade de Itajaí e baixa) Registro de danos históricos e grau de gravidade: bairros da cidade de Itajaí com altitudes baixas inundam frequentemente, portanto, grau de necessidade de medidas é alta. Potencial de danos durante enchentes: densidade alta de população, cidade importante economicamente no Estado de SC, potencial de danos e alto. Necessidade de medidas: prioridade de adoção das medidas é alta.
	Ilhota	2.500~4.000	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável de 10 a 25 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem danos com grandes enchentes. Potencial de danos com grande enchente: Pouca densidade populacional e o potencial baixo de danos. Necessidade de medidas: Existe necessidade de medidas, porém o grau de prioridade é baixo
	Gaspar	5.100~6.000	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável é maior do que 25 a 50 anos. (região central da cidade é alta). Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem danos com grandes enchentes. Potencial de danos com grande enchente: população é densa e potencial alto de danos. Necessidade de medidas: média prioridade.
	Blumenau	4.200~6.000	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável de 25 a 50 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem danos com grandes enchentes. Potencial de danos com grande enchente: população é densa, cidade de grande importância social e econômica, potencial alto de danos. Necessidade de medidas: existe necessidade de medidas, porém, a prioridade é média. (No entanto, a capacidade de escoamento de Ribeirão Garcia e Velha é vazão de enchente provável de 5 a 10 anos, portanto, a prioridade para adoção das medidas é alta).
	Indaial	5.700	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável é maior do que 50 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: poucos danos com enchentes. Potencial de danos com grande enchente: população é densa. Necessidade de medidas: sem necessidade.
	Lontras	1.000~1.500	Capacidade de escoamento é para enchente provável de 5 a 10 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: danos com enchentes na zona urbana é pouca. Potencial de danos com grande enchente: baixa densidade de população. Necessidade de medidas: sem necessidade.

Rio	Cidade	Capacidade de escoamento (m <sup>3</sup> /s)	Necessidade das medidas
	Rio do Sul	1.220	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável de 5 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem inundações frequentes nos bairros com baixa altitude, a necessidade de medidas é alta. Potencial de danos com grande enchente: população é densa, centro econômico importante no alto vale, o potencial de danos é alto. Necessidade de medidas: grau de prioridade é alto.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Tabela 3.6.4 Avaliação da capacidade de escoamento do canal de rio (Afluentes)**

Rio	Cidade	Capacidade de escoamento (m <sup>3</sup> /s)	Necessidade de medidas
Itajaí Mirim	Itajaí	300 (jusante de jusante) 500~600 (Canal) 200~300 (Mirim Antigo)	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável menor do que 5 anos no Canal Antigo, vazão de enchente provável de 25 a 50 anos no Canal Retificado. Registro de danos históricos e grau de gravidade: inundação é frequente e a necessidade de medidas para enchentes é alta. Potencial de danos com grande enchente: População é densa, centro econômico do Estado de grande importância, potencial alto de danos. Necessidade de medidas: grau de prioridade é alto.
	Brusque	550~700	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável maior do que 25 a 50 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: enchente ocorre, porém inundam somente as avenidas das margens Potencial de danos com grande enchente: população é bem densa, potencial é grande para grandes enchentes. Necessidade de medidas: existe necessidade de medidas, porém, a prioridade é baixa.
Benedito	Timbó	860	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável de 5 a 10 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: existe informação de que ocorrem inundações frequentes. Potencial de danos com grande enchente: população média densidade e potencial médio de danos. Necessidade de medidas: existe necessidade de medidas, porém a prioridade é média.
Itajaí do Norte	Ibirama	> 2.000	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável é maior do que 50 anos Registro de danos históricos e grau de gravidade: não há registro de danos com enchentes. Potencial de danos com grande enchente: população relativamente densa e potencial de danos é mediana Necessidade de medidas: não há necessidade de medidas
Itajaí do Oeste	Rio do Sul	760	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável menor do que 5 anos Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem pequenas inundações frequentes nos locais de baixa altitude, a necessidade de medida é urgente. Potencial de danos com grande enchente: população é densa, centro econômico importante do alto vale, o potencial de danos é alto. Necessidade de medidas: prioridade de medidas é alta.
	Taió	440	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável de 5 a 10 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem inundações frequentemente. Potencial de danos com grande enchente: População e potencial de danos são médios. Necessidade de medidas: existe necessidade de medidas, porém o grau de prioridade é médio.
Itajaí do Sul	Rio do Sul	300~500	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável é menor do que 5 anos Registro de danos históricos e grau de gravidade: ocorrem inundações frequentes com pequenas enchentes nos locais de baixa altitude, necessidade de medida e urgente. Potencial de danos com grande enchente: população é densa, centro econômico importante do alto vale e o potencial de danos é alto. Necessidade de medidas: prioridade de medidas é alta.
	Ituporanga	450	Capacidade de escoamento: vazão de enchente provável de 30 a 40 anos. Registro de danos históricos e grau de gravidade: não há registro de enchente. Potencial de danos com grande enchente: população de média densidade, a cidade se localiza no morro e o potencial de danos é baixo. Necessidade de medidas: não há necessidade de medidas.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## CAPÍTULO 4 PREVISÃO & ALERTA DE CHEIAS EXISTENTE

### 4.1 Plano Existente para Prevenção e Mitigação de Danos e Riscos Causados por Desastres Naturais

O Plano Integrado de Prevenção e Mitigação de Desastres Naturais na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí foi concebido pelo governo do estado de Santa Catarina em setembro de 2009. Os 6 projetos propostos pelo Grupo Técnico e Científico (GTC) são classificados em 77 programas com medidas detalhadas e com suas prioridades avaliadas, sendo apresentado na Tabela 4.1.1.

**Tabela 4.1.1 Plano integrado de Prevenção e Mitigação de Desastres Naturais na Bacia do Rio Itajaí**

Programa	Medida Detalhada	Prioridade
Nº.1	<b>Desenvolvimento institucional para preparação para emergências e desastres</b>	
	<b>1a) Capacitar recursos humanos em nível básico, intermediário e avançado</b>	
	1a1) Capacitação de professores, técnicos e líderes comunitários para apoio integrado a Defesa Civil (desastres naturais, introdução a gestão de risco e legislação ambiental).	3
	1a2) Capacitação dos técnicos municipais em gestão de risco.	1
	1a3) Criação de curso de pós-graduação em gestão de risco.	3
	1a4) Capacitação de técnicos municipais em fundamentos geológicos, geotécnicos e engenharias para interpretar o mapeamento das áreas de risco e subsidiar os planos diretores, para técnicos de planejamento das associações de municípios da bacia de Itajaí e dos órgãos estaduais.	3
	1a5) Realização de seminários de integração de experiências regionais, nacionais e internacionais sobre desastres naturais.	3
	1a6) Intercâmbio entre instituições nacionais e internacionais em área de gestão de riscos.	3
	1a7) Estabelecer cooperação com instituições de educação superior para o apoio à defesa civil.	2
	<b>1b) Estruturar órgãos de defesa civil e outros órgãos correlatos</b>	
	1b1) Reestruturação e/ou implementação dos órgãos de Defesa Civil nas esferas Estadual e Regional, de acordo com a Lei em vigor.	3
	1b2) Reestruturação e/ou implementação das Coordenações Municipais de Defesa Civil – COMDECs.	1
	1b3) Reequipamento das instituições que respondem às emergências, integrantes do sistema estadual e municipal de defesa civil, incluindo aquisição de equipamentos, veículos entre outros para suporte para as ações de preparação a desastres.	3
	1b4) Desenvolvimento do(s) Plano(s) Municipal(s) de Defesa Civil.	3
	1b5) Articulação entre os planos de defesa civil e os instrumentos das políticas de saneamento, habitação, meio ambiente, recursos hídricos e ordenamento urbano, para cada município.	3
	1b6) Fortalecimento dos órgãos municipais de meio ambiente e dos conselhos municipais de meio ambiente.	1
	1b7) Elaboração de plano para emissão de alerta/alarme.	3
	1b8) Preparação de manual de procedimento para situações críticas.	3
	1b9) Simulação e simulacro periódico do plano de alerta e alarme.	3
1b10) Fortalecimento de um grupo interinstitucional de assessoramento científico local para a redução de riscos de desastres.	3	
Nº.2	<b>Monitoramento, alerta e alarme</b>	
	<b>2a) Fortalecer institucionalmente o sistema de monitoramento, alerta e alarme.</b>	
	2a1) Implementação de arranjo interinstitucional para fortalecer o Sistema de Alerta da Bacia do Itajaí (DEINFRA, SDS, Defesa Civil, Universidades, EPAGRI/CIRAM, Comitê do Itajaí/Fundação Agência de Água) e aprimorar a rede de contatos do sistema de alerta na Bacia do Rio Itajaí.	1
	<b>2b) Estruturar o sistema de alerta (equipamentos, metodologia e apoio)</b>	
	2b1) Desenvolvimento de sistema de comunicação para a rede de alerta e difusão do sistema de alarme.	3
	2b2) Manutenção e expansão da rede telemétrica hidro-meteorológica-oceanográfica da Bacia do Itajaí.	1
	2b3) Desenvolvimento de modelos para monitoramento e previsão de eventos extremos.	2
	2b4) Desenvolvimento de sistema de monitoramento de encostas.	2
2b5) Desenvolvimento da metodologia de monitoramento ambiental, inclusive por satélite (chuva/temperatura).	2	
2b6) Desenvolvimento, implementação e validação de sistema de alerta e alarme.	2	

Programa	Medida Detalhada	Prioridade
Nº.3	<b>Percepção, comunicação, motivação e mobilização para resiliência e diminuição da vulnerabilidade</b>	
	<b>3a) Diagnóstico das causas de desastres naturais (deslizamentos e inundação) na ótica dos afetados (percepção).</b>	
	3a1) Diagnóstico das causas de desastres naturais (deslizamentos e inundação) na ótica dos afetados (percepção).	2
	3a2) Produção de material didático sobre: gerenciamento de desastres naturais, situações de risco, valorização da vida humana, primeiros socorros e reanimação cardiorrespiratória, e critérios técnicos e legais para a ocupação de áreas de risco.	2
	3a3) Programa sócio-educativo de gerenciamento de desastres naturais e temas correlatos.	2
	<b>3b) Implementação de mecanismos de participação social</b>	
	3b1) Capacitação e mobilização de voluntários para auxílio integrado à Defesa Civil.	3
	3b2) Desenvolvimento e manutenção de uma rede de voluntários para apoio à Defesa Civil em situação de risco.	3
	3b3) Desenvolvimento e manutenção de um banco de especialistas voluntários para apoio em situação de risco.	2
	3b4) Proteção de populações contra risco de desastres focais.	3
	<b>3c) Estabelecer parcerias com os prestadores de serviços públicos e empresas particulares, visando às ações de redução de riscos</b>	
	3c1) Criação de selo de certificação para empresas que desenvolvam boas práticas de conservação ambiental, incluindo as da movimentação de solo e terraplenagem.	2
	<b>3d) Estabelecer mudanças de cultura e de atitudes em saúde e comunicação de estudos epidemiológicos decorrentes de desastres naturais</b>	
	3d1) Estudos das implicações dos desastres naturais.	3
	3d2) Importância da higiene pessoal e habitacional na prevenção de epidemias.	3
3d3) Formação de grupo de assistência psicológica em situação de desastres.	3	
Nº.4	<b>Avaliação de redução de riscos de desastres</b>	
	<b>4a) Desenvolvimento de mapas básicos e temáticos</b>	
	4a1) Aerolevantamento de SC (SDS - 1:10.000 – 2009/2011) com prioridade para a Bacia do Itajaí.	3
	4a2) Elaboração de cartografia básica (escala 1:10.000 para toda a Bacia e escala 1:2000 nas áreas urbanas e nas áreas de maior potencial de risco).	1
	4a3) Mapas detalhados de solos, geologia, geotecnologia, uso do solo e outros, por bacia hidrográfica, e sua aptidão de uso com foco nas áreas de risco.	2
	4a4) Mapeamento dos equipamentos sociais disponíveis – como possíveis abrigos temporários - e dos serviços públicos e privados relevantes em situações de desastres naturais, incluindo estradas vicinais/carreadores, fontes naturais e alternativas de águas potáveis.	2
	<b>4b) Desenvolver sistema integrado de informações sobre desastres.</b>	
	4b1) Implementação de um sistema integrado de informações em ambiente de Sistema Informações Geográficas, contendo a base cartográfica e cartas temáticas (incluindo geologia, geotecnia solos, precipitação, pluviométrica, ocorrência de desastres, níveis de rios em seções respectivas com curvas cota-descarga, entre outros), a partir das informações existentes em diferentes instituições, como ANA, ANEEL, SDS, CEOPS, EPAGRI/CIRAM, CPRM, IBGE, Universidades, Prefeituras, Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí, entre outras, considerando a necessidade de conversão de dados.	1
	<b>4c) Cadastrar e avaliar riscos de desastres.</b>	
	4c1) Análise de sistema meteorológico, desenvolvimento e avaliação de modelos de chuvas intensas e análise temporal e tendencial das precipitações na Bacia do Itajaí.	2
	4c2) Desenvolvimento de metodologias para identificação e avaliação de risco, para os diferentes tipos de desastres que ocorrem na bacia do Itajaí.	3
	4c3) Mapeamento das áreas de risco e ameaças múltiplas, para o desenvolvimento de sistema de cadastro de desastres naturais.	1
	4c4) Elaboração de análise geoestatística e probabilidade de ocorrência dos diferentes tipos de ameaças na região, e identificação das regiões de maior potencial de risco.	2
	4c5) Desenvolvimento de Atlas de Ameaças Naturais da Bacia do Itajaí.	3
	<b>4d) Avaliar a rede de drenagem</b>	
4d1) Inventário e cadastramento de intervenções em cursos d'água, e avaliação das atividades desenvolvidas na rede de drenagem: estudo de influência (impactos positivos e negativos) das mudanças não estruturais executadas na bacia e das medidas estruturais executadas na rede de drenagem.	2	
Nº.5	<b>Redução de riscos de desastres</b>	
	<b>5.1) Subprograma de Gestão da ocupação e uso do solo - medidas não estruturais.</b>	

Programa	Medida Detalhada	Prioridade
	<b>5.1 a) Subsidiar o desenvolvimento de legislação municipal de desenvolvimento urbano.</b>	
	5.1a1) Desenvolvimento de legislação municipal com o objetivo de restringir a impermeabilização das áreas urbanas e/ou incentivar o armazenamento de água da chuva, para combater os impactos da impermeabilização.	2
	5.1a2) Desenvolvimento de mecanismo estadual para a atualização da legislação municipal pertinente ao parcelamento de solo urbano, levando em consideração as áreas de risco e suas especificidades.	2
	5.1a3) Revisão, adequação e atualização dos Planos Diretores municipais e incorporação de aspectos de redução de riscos dos planos municipais de defesa civil.	1
	5.1a4) Desenvolvimento e aprovação de projeto de lei para regulamentação e fiscalização de atividades de terraplenagem, extração de areia e extração de seixo rolado.	1
	<b>5.1b) Implementação da fiscalização do uso e ocupação do solo</b>	
	5.1b1) Desenvolvimento e implementação de sistemas integrados municipais de fiscalização, monitoramento e avaliação da ocupação e uso do solo da Bacia do Itajaí.	2
	<b>5.1c) Estabelecer política habitacional para evitar ocupação de áreas de risco</b>	
	5.1c1) Desenvolvimento de programas habitacionais alternativos para populações de baixa renda e sem renda que vive em área de risco.	2
	5.1c2) Desenvolvimento de um cadastro habitacional em nível estadual para o controle dos beneficiários destes programas.	3
	<b>5.1d) Melhoria e expansão da cobertura florestal</b>	
	5.1d1) Estabelecimento de um zoneamento ecológico econômico com previsão de áreas para implantação de florestas comerciais.	3
	5.1d2) Desenvolvimento e implementação de planos municipais de manutenção e enriquecimento da cobertura florestal e de ampliação da cobertura vegetal na área urbana.	2
	5.1d3) Recuperação e manutenção de Áreas de Preservação Permanente.	2
	5.1d4) Estímulo à implantação de reservas legais.	3
	5.1d5) Estudos para adoção de pagamentos por serviços ambientais.	2
	5.1d6) Estudos sobre a recuperação das áreas afetadas pelo deslizamento de terra.	3
	5.1d7) Análise do estágio bem sucedido do reflorestamento para conter os deslizamentos de terra.	3
	<b>5.1e) Adequar o uso do solo nas áreas rurais.</b>	
	5.1e1) Planejar as propriedades agrícolas de acordo com a aptidão do solo e as limitações legais.	2
	5.1e2) Implementar práticas de manejo dos solos que respeitem a sua aptidão natural, bem como medidas de utilização, retenção e infiltração de águas pluviais no manejo da agricultura, de forma a suportar o armazenamento da água, assim como incentivar o aumento na cobertura florestal.	2
	<b>5.1f) Criar uma destinação apropriada para os resíduos sólidos e o entulho</b>	
	<b>5.2) Subprograma de Manejo adequado dos cursos d'água</b>	
	<b>5.2a) Manter cursos d'água na sua configuração original e revitalizar cursos d'água alterados</b>	
	5.2a1) Elaboração de critérios e de um manual orientativo para manejo de cursos d'água.	2
	5.2a2) Projeto de revitalização de diversos rios.	3
	<b>5.2b) Uso múltiplo das estruturas hidráulicas existentes.</b>	
	5.2b1) Realização de inventário das estruturas hidráulicas existentes (açudes, quadras de arroz, lagoas, tanques, etc.), incluindo verificação da observância da adoção de critérios técnicos e legais na sua construção.	1
	5.2b2) Avaliação do efeito das estruturas hidráulicas existentes no amortecimento de ondas de cheia, e estudo de otimização desse sistema.	2
	5.2b3) Modelagem do comportamento hidrológico, hidráulico e sedimentológico da rede de drenagem, com base em diagnóstico atualizado da situação hidráulico-sedimentológica, para avaliação de intervenções com medidas estruturais.	2
	5.2b4) Estudos de viabilidade de retenção e de armazenamento da água (na escala de microbacia) mediante implantação do Projeto Piloto.	1
	<b>5.2c) Gestão das águas da drenagem urbana</b>	
	5.2c1) Desenvolvimento de planos de drenagem (municipais), considerando utilização, retenção e infiltração de água.	2
	5.2c2) Adequação e manutenção dos sistemas de drenagem existentes, segundo tais planos.	2
	5.2c3) Implantação de novos sistemas de drenagem pluvial.	2
<b>Nº.6</b>	<b>Recuperação de áreas afetadas por desastres</b>	

Programa	Medida Detalhada	Prioridade
	<b>6a) Identificação de áreas afetadas</b>	
	6a1) Mapeamento das áreas e quantificação das famílias afetadas e classificação das áreas por tipologia de intervenção: com remoção e sem remoção de ocupação.	1
	<b>6b) Recuperação ambiental de áreas ocupadas, em conjunto com obras civis (mantendo integralmente a ocupação atual)</b>	
	6b1) Elaboração do(s) projeto(s) de intervenção, com definição das medidas de intervenção a serem executadas (estruturais e não estruturais).	2
	6b2) Execução dos projetos elaborados acima, seguidas de monitoramento e fiscalização futura da área.	3
	<b>6c) Recuperação ambiental de áreas ocupadas, em conjunto com obras civis (mas removendo parcial ou integralmente a ocupação atual)</b>	
	6c1) Elaboração do(s) projeto(s) de intervenção, com definição das medidas de intervenção a serem executadas (estruturais e não estruturais), mais: - Quantificação das famílias a serem removidas;- Determinação do custo aproximado para remoção das famílias; e- Definição da área para loteamento, com unidades residenciais e infraestrutura disponível.	3
	6c2) Execução do(s) projeto(s) de intervenção elaborado(s) acima, incluindo: - Conscientização e negociação com as famílias;	3
	6c3) Criação de unidades de conservação em áreas de risco, em especial em áreas de alto risco, onde a ocupação não seja permitida ou recomendável.	3

Fonte: Plano Integrado de Prevenção e Mitigação de Desastres Naturais na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí

## 4.2 Características & Problemas Existentes do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias

### 4.2.1 Estrutura Institucional Existente

As atuais atividades relacionadas com o Sistema de Previsão e Alerta de Cheias na Bacia do Rio Itajaí são desenvolvidas pelas instituições concernentes dependendo da magnitude do desastre natural. As instituições concernentes e suas responsabilidades são apresentadas na Tabela 4.2.1.

**Tabela 4.2.1 Instituições Concernentes e Atividades no Sistema de Previsão e Alerta de Cheias**

Organização	Atividade
ANA	Agência Nacional de Águas
	Responsável pela formulação e execução da política de recursos hídricos do Brasil. Para isso, instala o pluviômetros e medidores de nível de água em todo o Brasil e envia os dados a todos os órgãos relacionados. Mas, como o controle e a manutenção não são completos, em alguns locais tais equipamentos não são muito confiáveis. Na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí também está instalado estão instaladas 14 estações de monitoramento de quantidade de chuva pluviométrico.
EPAGRI/ CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
	Através do Centro de Informações pertencentes à da EPAGRI envia são enviados por meio da internet os dados meteorológicos ligados aos trabalhos agropecuários. São fornecidos a previsão do tempo e dados meteorológicos em tempo real pelos sites da WEB. Em situação emergencial, informa os órgãos relacionados do Estado envolvidos com o alerta e prevenção de enchentes.
FURB CEOPS	Centro de controle do sistema de informações na Universidade de Blumenau
	Prepara a previsão de enchentes do Rio Itajaí-Açu em Blumenau no centro de operações do sistema de alerta de enchentes na Universidade Regional de Blumenau, independente de ANA /CIRAM e utilizando o pluviômetro e o medidor de nível de água da SDS.
UNIVALI	Universidade de Itajaí
	Universidade localizada na cidade de Itajaí e presta suporte técnico e é responsável pelo sistema de prevenção contra desastres de enchentes na cidade de Itajaí. Tem planos de fortalecimento do sistema de monitoramento durante as enchentes.
UNIFEBE	Universidade de Brusque
	Atua como conselheira técnica e planeja a construção da barragem de contenção de cheias na no trecho de montante do Rio Itajaí Mirim
AMAVI	Associação dos Municípios do Alto Vale do Itajaí
	Associação dos Municípios do Alto Vale da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí que reúne vários municípios do alto vale, coleta as informações sobre o Rio Itajaí e comunica a seus associados. É membro do Comitê do Itajaí.
AMMVI	Associação dos Municípios do Médio Vale do Itajaí
	Associação dos Municípios do Médio Vale da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí e reúne diversos municípios da região do médio vale, coleta informações sobre o Rio Itajaí e comunica a seus associados. É membro do Comitê do Itajaí.
AMFRI	Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí
	Associação dos Municípios do Baixo Vale da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí e reúnem diversos (municípios da região da foz), coleta informações sobre o Rio Itajaí e comunica a

Organização		Atividade
		seus associados. É membro do Comitê do Itajaí.
PNDC	Política Nacional de Defesa Civil	Defesa Civil Nacional, responsável pela formulação e execução da Política Nacional de Defesa Civil e atua na ocasião dos desastres de grande escala, com a decretação de calamidade pública.
SIEDEC	Sistema Estadual de Defesa Civil	Defesa Civil do Estado de SC, responsável pela formulação e execução da política de prevenção do Estado, atua nos casos de desastres de média escala que os municípios não conseguem solucionar com recursos próprios. Realiza treinamentos para fortalecimento e capacitação da Defesa Civil de cada município.
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil	Defesa Civil Municipal realiza orientações para evacuação nos casos de desastres de pequena escala. Normalmente realiza o patrulhamento local, além de educação e treinamento de prevenção contra desastres, e após os desastres, verificando a situação dos danos, apresenta o relatório ao CONDEC.
CONDEC	Conselho Municipal de Defesa Civil	O Prefeito da cidade é o Presidente do Conselho e a Defesa Civil ocupa a vice-presidência. Dá ordem de alerta de enchente e orienta para que a operação de refúgio seja realizada harmoniosamente. Em casos de desastres de grande escala, solicita medidas de apoio da Defesa Civil do Estado.
GRAC	Grupo Integrado de prevenção de cheias do município	O Prefeito da cidade exerce o cargo de Presidente e, na ocasião dos desastres, é o grupo de prevenção contra inundação composto de Bombeiro, Polícia, Prefeitura, voluntários, etc., e, durante os desastres, realiza orientações para refúgio.
SDS	Secretaria de Desenvolvimento Econômico	Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Estado de SC. Executa a política e gestão dos recursos hídricos, é responsável pela outorga de uso dos recursos hídricos tais como geração de energia, abastecimento, irrigação. Existe plano para desenvolver o sistema de alerta de enchentes, baseado no modelo hidrológico (modelo de Texas, dos Estados Unidos) e modelo meteorológico, utilizando o radar Doppler de Urubici, concedido pela Aeronáutica.

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

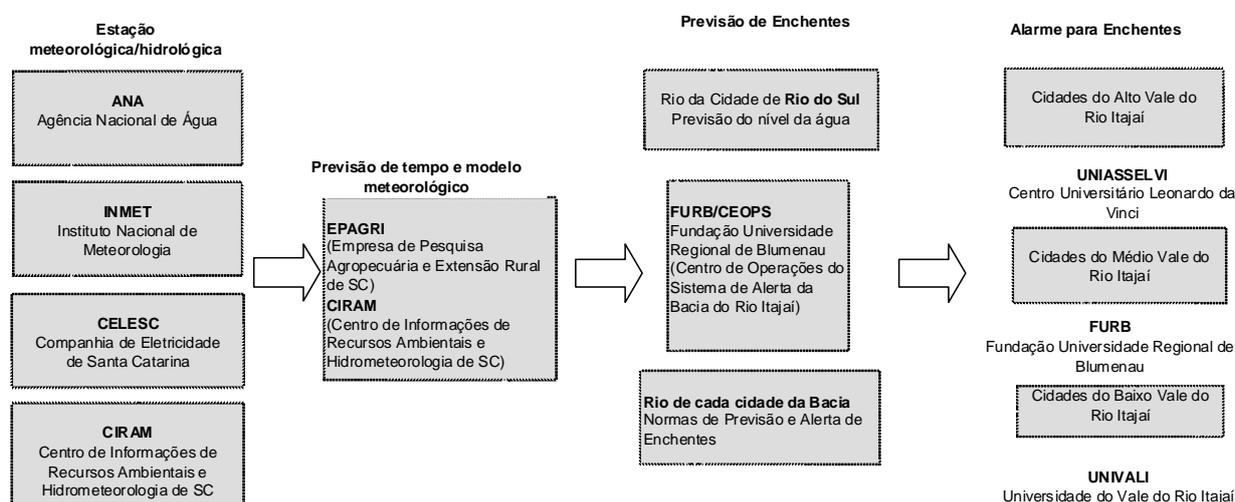
#### 4.2.2 Organização Institucional nas Atividades do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias

Atualmente, a FURB/CEOPS foi encarregada pelas atividades do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias para a Bacia do Rio Itajaí pela SDS. Embora a FURB/CEOPS seja responsável pela previsão das cheias, ela não opera adequadamente devido às seguintes razões.

- i. A FURB/CEOPS utiliza dados de apenas 14 estações meteorológicas (estação de medição conjunta da precipitação e níveis de água do rio) que são operadas individualmente. Atualmente, embora o CIRAM que é o departamento de meteorologia do Governo de Santa Catarina colete dados meteorológicos e hidrológicos observados em 38 estações de várias outras organizações, nenhum destes dados é transmitido pelo CIRAM para a FURB/CEOPS.
- ii. As 14 estações meteorológicas operadas pela FURB/CEOPS têm problemas devido à falta de recursos financeiros: (1) os equipamentos não operam adequadamente uma vez que a manutenção não é boa o suficiente, e (2) os dados não são registrados adequadamente uma vez que os moradores encarregados (que vivem próximo às estações e foram encarregados de observar e registrar os níveis de água através da observação das réguas) não fazem o registro contínuo devido ao atraso do seu pagamento. Consequentemente, os dados não são apropriados para uso prático.
- iii. Entretanto, atualmente a FURB/CEOPS realiza a previsão de cheias apenas para a cidade de Blumenau. Os resultados previstos são apenas transmitidos para a Defesa Civil de Blumenau. Isto quer dizer que as atividades existentes do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias não são sistematicamente planejadas e conduzidas pelas instituições concernentes em toda a Bacia do Rio Itajaí.
- iv. A atual previsão de cheias realizada pelo FURB/CEOPS utiliza os dados de nível da água apenas de três estações em Blumenau, Apiuna e Timbó; os dados das 11 estações restantes não são atualmente utilizados para previsão.

- v. Por outro lado, a Defesa Civil da cidade de Rio do Sul tenta realizar a previsão de cheias; entretanto, a previsão atual não é adequada para uso prático. Uma das razões é que o DEINFRA, o operador das barragens Oeste e Sul que estão localizadas à montante de Rio do Sul, não registra e informa as vazões de saída das barragens para os rios à jusante.

O diagrama esquemático das instituições existentes relacionadas com as atividades do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias em Santa Catarina é apresentado na Figura 4.2.1.



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

**Figura 4.2.1 Organização Institucional Atual no Estado de Santa Catarina para o Sistema de Previsão e Alerta de Cheias**

#### 4.2.3 Observação Meteorológica e do Nível de Água do Rio

Na Bacia do Rio Itajaí, a precipitação e o nível de água do rio são observados por várias instituições como a FURB/CEOPS, ANA, INMET e CELESC, como mostrado na Figura 4.2.1. Entretanto, a observação dos dados, a manutenção dos equipamentos e a gestão dos dados não tem sido administradas consistentemente. O número de estações meteorológicas na Bacia do Rio Itajaí é apresentado na Tabela 4.2.2.

**Tabela 4.2.2 Estações Meteorológicas Existentes na Bacia do Rio Itajaí**

Tipos de Medição	FURB/CEOPS	ANA
Estações de medição da precipitação	16	43
Estações de medição do nível de água do rio	14	23
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>66</b>

Fonte: EPAGRI/CIRAM

Além disso, existem outras estações meteorológicas operadas por instituições diferentes além daquelas listadas na Tabela 4.2.2.

- Cidade de Itajaí: possui 9 estações pluviométricas e 8 estações de medição do nível de água do rio.
- CELESC: possui algumas estações meteorológicas próximas a suas barragens e hidrelétricas.
- INMET e algumas universidades localizadas nas principais cidades: possuem algumas estações meteorológicas.

A FURB/CEOPS estabeleceu 14 estações meteorológicas em toda a Bacia do Rio Itajaí por determinação da SDS em 1985. As estações foram implantadas para uso no Sistema de Previsão e Alerta de Cheias para toda a bacia. No entanto, o sistema não é operado adequadamente devido aos seguintes problemas.

- As 14 estações meteorológicas não têm manutenção suficiente e, portanto, os equipamentos de observação e transmissão de dados não operam adequadamente no momento.
- As 14 estações meteorológicas existentes não correspondem às localizações onde os níveis de alerta

existentes estão definidos (ver Tabela 4.2.4).

- Não existe estação ao longo do Rio Luis Alves que é um dos principais tributários.

**Tabela 4.2.3 Situação das 14 Estações Meteorológicas Existentes operadas pela FURB/CEOPS**

Estação Existente			Situação
1	Taió	Precipitação/Nível de Água	O sistema de transmissão precisa ser melhorado.
2	Rio do Oeste	Precipitação/Nível de Água	O equipamento de monitoramento não funciona, o GSM tem defeito e não existe pessoa responsável pela manutenção.
3	Saltinho	Precipitação/Nível de Água	O equipamento de monitoramento não funciona, o GSM tem defeito e não existe pessoa responsável pela manutenção.
4	Ituporanga	Precipitação/Nível de Água	O sistema de transmissão precisa ser melhorado.
5	Rio do Sul	Precipitação/Nível de Água	Em operação
6	Barra do Prata	Precipitação/Nível de Água	O monitoramento não é executado em tempo devido à falha no equipamento de monitoramento e à falta de pessoas encarregadas pela manutenção.
7	Ibirama	Precipitação/Nível de Água	O sistema de transmissão precisa ser melhorado.
8	Apiuna	Precipitação/Nível de Água	Embora os moradores próximos à estação observem o nível de água devido à falha do sensor e da telemetria, eles pararam de fazê-lo devido ao atraso do seu pagamento pela CEOPS.
9	Timbó	Precipitação/Nível de Água	Em operação
10	Indaial	Precipitação/Nível de Água	O equipamento de monitoramento não funciona, o GSM tem defeito e não existe pessoa responsável pela manutenção.
11	Blumenau	Precipitação/Nível de Água	Em operação
12	Salseiro	Precipitação/Nível de Água	O sistema de transmissão GSM está com defeito.
13	Botuverá	Precipitação/Nível de Água	O sistema de transmissão GSM está com defeito.
14	Brusque	Precipitação/Nível de Água	O sensor de medição do nível de água não funciona por causa da sedimentação.

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Atualmente, alguns moradores que vivem próximo aos rios foram encarregados pelo FURB/CEOPS de observar e registrar os níveis de água através da observação das réguas e de informar os registros para o FURB/CEOPS. Entretanto, este método envolve três problemas principais: (1) existe um alto grau de perigo para os observadores; (2) muitos dos observadores são idosos e a observação e comunicação não são realizadas no momento apropriado; (3) o número de observadores que continua a fazer a observação foi reduzido devido ao atraso no pagamento de seus serviços. Consequentemente, os dados não são apropriados para uso prático.

#### 4.2.4 Previsão Meteorológica realizada pelo CIRAM

O Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - CIRAM – está conectado ao Radar Doppler (SIMEPAR) que está instalado na região norte do Paraná e aos Meso-dados (Escala 1.200 m, 5.000 m e 12.000 m) que estão instalados no Aeroporto de Florianópolis através da Internet.

Além destes dados de observação, a base de dados (INMet, IDD e NCEp) chamada GEMPA e a base de dados de simulação meteorológica chamada M9 (modelo ETA40/20km e modelo GPS 100km km) são asseguradas através da cooperação com redes meteorológicas internacionais. Com base no programa WRF (15km), são feitas as previsões do tempo a cada 1 hora, 3 horas, 6 horas e 12 horas.

A previsão do tempo é anunciada à população do estado de Santa Catarina através da TV, Rádio e da Internet. Em uma emergência, a informação é transmitida para a defesa civil de Santa Catarina, CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), Cooperativa Pesqueira, Cooperativa Agrícola e para o FURB/CEOPS que está localizado em Blumenau.

O CIRAM está planejando modernizar a previsão meteorológica através da adoção de dados de satélite do INPE. Espera-se que isto melhore a precisão da previsão.

#### 4.2.5 Sistema de Previsão e Alerta de Cheias

Atualmente, na Bacia do Rio Itajaí, os dados hidráulicos (precipitação e nível de água do rio) são observados por várias instituições para vários fins tais como FURB/CEOPS para controle de cheias, ANA para gestão de recursos hídricos/fluviais, EPAGRI para agricultura e CELESC para geração de energia hidrelétrica (ver Figura 4.2.1). Então, o CIRAM (divisão de meteorologia do Estado de Santa Catarina) coleta todos os dados e realiza a previsão do tempo utilizando os modelos ETA (Brasil) e WRF (EUA). Entretanto, os dados não estão organizados em uma base de dados para uso prático e, portanto, este sistema não é usado na prática no Sistema de Previsão e Alerta de Cheias.

O sistema existente não é sistematicamente planejado e realizado em toda a Bacia do Rio Itajaí. A previsão de cheias é realizada apenas nas cidades de Blumenau e Rio do Sul. Em Rio do Sul, a Defesa Civil tem um método de previsão de cheias que utiliza as precipitações nas barragens Oeste e Sul, mas isto não é utilizado na prática. Isto se deve ao fato de que o método existente não reflete a operação das barragens realizada pelo DEINFRA e as vazões de saída das duas barragens, tornando o resultado não confiável. Portanto, atualmente, a previsão de cheias com base na observação de dados é apenas realizada em Blumenau.

Outras 16 cidades, incluindo Itajaí, têm “níveis de alerta” como diretriz (baseados no nível de água do rio) para aviso de alerta (Tabela 4.2.4). Estes níveis de alerta são definidos com base no nível de água de cheias passadas. Quando o nível de água do rio começa a subir, a defesa civil de cada cidade faz uma patrulha e relata a condição do rio para o Conselho Municipal de Defesa Civil imediatamente. No entanto, algumas cidades não têm estações de medição do nível de água ou há falta destas estações à montante das cidades. É o caso, por exemplo, de duas cidades (Águas Claras e Guabiruba), que se localizam ao longo do rio tributário de Brusque, e de três cidades na região montanhosa (Salete, Mirim Doce e Pouso Redondo) que têm sofrido danos por causa das cheias como resultado do recente desenvolvimento das terras.

**Tabela 4.2.4 Normas de Alerta Baseadas no Nível de Água do Rio**

Bacia do Rio Itajaí (cada cidade)	Elevação EL+m	Área de Captação (km <sup>2</sup> )	Nível Normal (m)	Nível de Espera (m)	Nível de Alerta (m)	Nível de Emergência (m)
Taió	360	1.575	4,0 m	6,0 m	6,5 m	acima de 7,5 m
Rio do Oeste	-	-	4,0 m	6,0 m	9,0 m	acima de 9,0 m
Trombudo	350	248	3,0 m	4,0 m	7,5 m	acima de 7,5 m
Ituporanga	370	1.670	2,0 m	3,0 m	4,0 m	acima de 4,0 m
Vidal Ramos	-	-	3,0 m	4,0 m	6,0 m	acima de 5,0 m
Rio do Sul	350	5.100	4,0 m	5,0 m	6,5 m	acima de 6,5 m
Ibirama	151	3.314	2,0 m	3,0 m	4,5 m	acima de 4,5 m
Apiúna	93	9.241	3,0 m	6,0 m	8,5 m	acima de 8,5 m
Benedito Novo	90	692	1,5 m	2,5 m	3,5 m	acima de 3,5 m
Rio dos Cedros	80	510	1,5 m	2,5 m	3,5 m	acima de 3,5 m
Timbó	73	1.342	2,0 m	4,0 m	6,0 m	acima de 6,0 m
Indaial	60	11.151	3,0 m	4,0 m	5,5 m	acima de 5,5 m
Blumenau	12	11.803	4,0 m	6,0 m	8,5 m	acima de 8,5 m
Gaspar	11	12.141	4,0 m	6,0 m	8,5 m	acima de 8,5 m
Ilhota	-	12.357	6,0 m	8,0 m	10,5m	acima de 10,5 m
Itajaí	-	15.221				

Fonte: FURB/CEOPS

#### 4.2.6 Atividades de Evacuação e Prevenção de Cheias

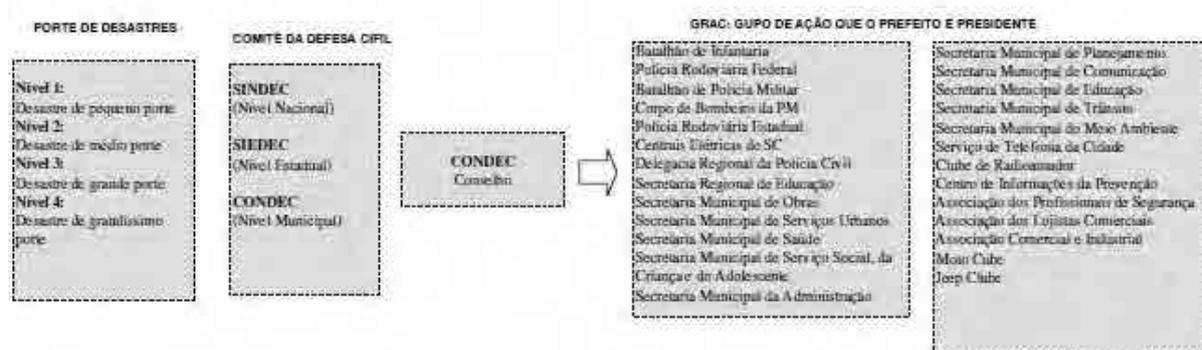
Na Bacia do Rio Itajaí, cada cidade possui seu próprio manual de evacuação que foi desenvolvido com base em experiências de cheias passadas. Estes manuais incluem basicamente a organização institucional e as

instruções para as atividades de evacuação durante a cheia, mas não compreendem atividades detalhadas de prevenção de cheias. (note-se que manuais de evacuação oficiais aprovados apenas existem nas cidades de Rio do Sul e Blumenau. As outras 13 cidades estão atualmente desenvolvendo seus manuais de evacuação a serem aprovados seguindo as duas cidades anteriores).

De acordo com estes manuais de evacuação, o Conselho Municipal de Defesa Civil é composto da defesa civil do município, tendo o prefeito como seu presidente. A defesa civil do município patrulha e relata a condição do rio (incluindo os níveis de água) para o conselho. Então, o conselho é responsável pelo anúncio do alerta de cheia de acordo com o nível de alerta apresentado na Tabela 4.2.4.

Além disso, o GRAC, o grupo de prevenção de cheias, é também formado pelas instituições listadas na Figura 4.2.2 (no caso de Blumenau, por exemplo). O GRAC é responsável por dar apoio e garantir atividades de evacuação seguras; entretanto, a situação atual é que ele atua como coordenador de comunicação entre as instituições concernentes.

Quando ocorre uma cheia de grande ou média magnitude, o Conselho Municipal de Defesa Civil relata a situação para a defesa civil do estado (SDC) e para a defesa civil nacional (SINDEC) para solicitar seu apoio (ver Figura 4.2.2).



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

**Figura 4.2.2 Atual Organização Institucional para as Atividades de Evacuação e Prevenção de Cheias no Estado de Santa Catarina**

## **CAPÍTULO 5 DEMANDAS RELACIONADAS COM A MITIGAÇÃO DE DESASTRES DE ENCHENTES E DIRETRIZES BÁSICAS PARA FORMULAÇÃO DO PLANO DIRETOR.**

### **5.1 Demandas relacionadas com a mitigação de desastres de enchentes**

#### **5.1.1 Entrevistas com as instituições do Governo e Universidades**

Neste No Estudo participaram diversas instituições, tais como Governo do Estado, Universidades, Prefeituras Municipais, Comitê do Itajaí e é importante a cooperação e compreensão de todas essas instituições. Além disso, no processo de elaboração desse Plano Diretor de Prevenção de Desastres, adotou-se o modelo participativo. Foram realizadas diversas entrevistas e visitas a diversas instituições com o objetivo de identificar as necessidades de medidas contra as enchentes e escorregamentos. No total, realizou-se mais ou menos 70 entrevistas. Neste capítulo, explana-se sobre as demandas relacionadas com as medidas de proteção contra enchentes e as diretrizes básicas para formulação do Plano Diretor. As demandas das medidas de escorregamentos serão explanadas no próximo capítulo.

#### **5.1.2 Expectativa do Comitê do Itajaí em relação às medidas contra desastres de enchentes**

Após troca de opiniões com o Comitê da Bacia do Itajaí, as expectativas quanto às medidas contra as enchentes são descritas abaixo.

- i. O Rio Itajaí é um rio natural, portanto o plano diretor deverá considerar o aspecto ambiental, incluindo a preservação da mata ciliar.
- ii. A expectativa é introduzir a Gestão de Enchentes com medidas que retardam o escoamento da enchente e minimizam os danos causados, ao invés da adoção de medidas estruturais como diques. O plano de prevenção para as enchentes do Rio Reno, que a delegação enviada pelo Estado tomou conhecimento, também visa redução de danos com as inundações e restauração da natureza. Estruturas de grande porte não são necessárias e ninguém deseja essas medidas. O que realmente se necessita são informações sobre as enchentes e a mitigação dos danos causados por elas.
- iii. Há 50 anos o problema de enchentes existia somente em Blumenau, mas atualmente esses problemas têm sido agravados também nos municípios de Itajaí e Gaspar.
- iv. Recentemente têm ocorrido enchentes de pequeno porte na região do Alto Vale do Itajaí. As comunidades adquiriram os conhecimentos sobre as enchentes e não as consideram como grande problema. O desejo da comunidade é resolver os problemas da falta de água na época de estiagem, armazenando temporariamente as cheias de pequeno porte (principalmente nos Rios Itajaí Oeste e Sul, onde recentemente observa-se maior desenvolvimento da agricultura). Além disso, o problema é a sedimentação (erosão do solo) que ocorre durante as pequenas enchentes. Existe necessidade de construir lagos de pequeno porte para armazenamento das águas das cheias (para uso da água no período de estiagem), ou aumentar a capacidade de contenção das cheias nas arroyos.
- v. No Rio Itajaí-Açu, desde a enchente de 1984, não têm ocorrido enchentes que inundam a cidade de Blumenau, porém tornaram-se mais evidentes os danos causados pelas inundações bruscas nos afluentes, com transbordamento muito rápido em áreas relativamente estreitas. As inundações bruscas nos afluentes ocorrem na zona urbana de Blumenau devido ao desenvolvimento residencial nas áreas de encostas das montanhas.
- vi. As causas das enchentes na cidade de Itajaí são: retificação do Rio Itajaí Mirim realizada em Brusque e aterramento das áreas inundáveis entre Brusque e Itajaí. É favorável ao aproveitamento dos efeitos de retardamento à jusante de Brusque, como medida contra a

enchente da cidade de Itajaí.

- vii. O programa de recuperação de matas ciliares, plano de prevenção e mitigação de desastres naturais e programa de reservação de águas que foram propostas no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Itajaí, elaborado em março de 2010 pelo Comitê do Itajaí, estão relacionados considerados no com o Plano Diretor de medidas para prevenção de enchentes, formulado no presente estudo (vide seção 2.7.3).
- viii. Em adicional ao item anterior, o “Programa de Recuperação de Matas Ciliares”, “Plano de Prevenção e Mitigação de Desastres Naturais” e o “Programa de Contenção de Água a Montante” que constam no Plano Diretor do Comitê da Bacia do Itajaí, estão também relacionados com os considerados no Plano Diretor deste Estudo.

### 5.1.3 Problemas de desastres de enchentes e demanda de medidas contra enchentes

Na seção 3.3.1, foram explanadas as demandas das medidas com base nos registros das principais enchentes ocorridas no Rio Itajaí e as características dos grandes desastres ocorridos em cada município foram organizadas na tabela 5.1.1, baseado nas entrevistas e visitas de campo.

**Tabela 5.1.1 Característica de enchente de cada município da Bacia do Itajaí**

Nome do Rio	Cidade	População	Resultado de entrevistas e Visita de campo	Fonte de informações
Itajaí-açu	Itajaí	172.081	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Após 1980, sofreu 7 vezes danos de enchentes.</li> <li>• População mais densa, maior população afetada.</li> </ul>	Relatórios
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na zona urbana, enchente do Itajaí Mirim é mais grave do que Itajaí-açu.</li> <li>• Elevação do nível d'água devido à maré e enchente do Itajaí-açu prejudica a drenagem do Itajaí Mirim.</li> <li>• Instalação de drenagem da cidade é vulnerável e não tem sistema de bombeamento.</li> <li>• Ponte sobre o rio Itajaí Mirim prejudica o escoamento de enchente.</li> <li>• Existe sistema de alarme, mas não está bem estruturado como o de Blumenau.</li> <li>• Existe plano de APP ao longo do canal antigo do Itajaí Mirim (cinturão verde).</li> </ul>	Secretarias de Planejamento e Obras Municipais, UNIVALI e visita de campo.
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande volume de sedimentos do montante necessita de enorme volume de dragagem todo ano.</li> <li>• Necessidade de medidas para produção de sedimentos dentro da bacia.</li> </ul>	Porto Itajaí e visita de campo
	Navegantes	57.324	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca frequência de enchentes (3 vezes após 1980).</li> <li>• Como a altitude é mais elevada, ocorrem poucos danos de enchentes.</li> <li>• Sedimentação causada pela enchente na parte do Porto é problema mais relevante.</li> </ul>	Relatórios, Secretarias da Fazenda/Planejamento Municipal e visita de campo.
	Ilhota	12.149	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca frequência de enchentes (2 vezes após 1980, conforme relatório, porém 5 vezes de acordo com a informação do pessoal da Prefeitura).</li> <li>• Locais baixos próximos a SC-470 inundam durante enchentes, devido ao problema de refluxo.</li> <li>• Existe plano para construção de ponte sobre o rio Itajaí-açu.</li> </ul>	Relatórios, Secretaria de Planejamento Municipal e visita de campo.
	Gaspar	55.489	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Após 1980, sofreu danos de enchentes 7 vezes, a população afetada é grande.</li> <li>• Rio A calha do rio na zona urbana é estreita e existe grande possibilidade de obstrução do leito do rio pela ponte.</li> </ul>	Relatórios e visita de campo

Nome do Rio	Cidade	População	Resultado de entrevistas e Visita de campo	Fonte de informações
	Blumenau	299.416	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocorrência de 14 vezes danos de enchentes após 1980, população afetada é grande.</li> <li>Nas enchentes de 1983 e 1984, ocorreram inundações graduais com elevação lenta do nível da água do rio Itajaí-açu.</li> <li>Enchente de 2008 não houve transbordamento do Rio Itajaí, porém houve danos com elevação rápida (inundações bruscas) de nível d'água dos afluentes (Garcia, Velha, Fortaleza).</li> </ul>	Relatório e visita de campo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento residencial nas encostas das montanhas são causas das inundações bruscas e escorregamentos, existem problemas de residências irregulares na beira do rio.</li> <li>Existem planos de proteção dos taludes das margens dos afluentes (Fortaleza, Garcia, Velha e Itoupava), pontes, drenagem urbana, instalação de comportas e bombas.</li> <li>O futuro desenvolvimento urbano seguirá para o lado norte (beira do rio Itoupava).</li> <li>No momento, não existe problema de enchentes no rio Itoupava.</li> <li>Alarme de enchentes é baseado nas informações do Ciram e Furb e divulgado via rádio e internet, a previsão de enchente na Furb é calculada com 6 horas de antecedência.</li> </ul>	Secretarias de Planejamento e de Obras Municipal
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Residências irregulares às margens do rio proporcionam a ocorrência de desastres de enchentes.</li> <li>A inexistência das matas ciliares nas margens do rio facilita a ocorrência de desmoronamento dos taludes e destruição das casas.</li> <li>Plano de formação de cobertura vegetal, assegurando a área de APP de 30 m de largura. Controle da mata ciliar é importante também como medida de controle das enchentes</li> <li>Instalação de comporta existente na foz do ribeirão Fortaleza é problema</li> <li>Projeto de contenção da margem esquerda que a Prefeitura está planejando implementar não tem efeito como medida de controle das enchentes, haverá perdas valiosas de matas ciliares.</li> </ul>	Comitê da Bacia do Itajaí, FURB e visita de campo.
	Indaial	50.917	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouca frequência de enchentes (3 vezes danos de enchentes de pequeno porte, após 1980).</li> <li>Capacidade de escoamento do Rio Itajaí-açu é grande.</li> </ul>	Relatórios e visita de campo
	Ascurra	10.996	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não há danos de enchentes.</li> </ul>	Relatórios e visita de campo
	Apiúna	6.945	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não há danos de enchentes.</li> </ul>	Relatório e visita de campo
Lontras	9.660	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouca frequência de enchentes (3 vezes danos de enchentes de pequeno porte, após 1980).</li> </ul>	Relatório e visita de campo	
Rio do Sul	59.962	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouca população afetada, porém os danos de enchentes são grandes (8 vezes após 1980).</li> </ul>	Relatório e visita de campo	

Nome do Rio	Cidade	População	Resultado de entrevistas e Visita de campo	Fonte de informações
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Danos de enchentes de pequeno porte são muitos (2 a 3 vezes por ano)</li> <li>Residências irregulares e uso de solos são problemas enormes.</li> <li>Existem problemas de operação das barragens que existem na a montante (Oeste e Sul)</li> <li>Informações das barragens (nível da água, vazão, etc.) são insuficientes (administrador da barragem desconhece a vazão de descarga).</li> <li>Dificuldade para implementar obras de alargamento de leito do rio na zona urbana</li> <li>Manual de evacuação está sendo elaborado</li> </ul>	Secretaria de Planejamento Municipal, Defesa Civil e visita de campo.
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidas de contenção da água de chuva nas arrozeiras e instalação para irrigação estão sendo avaliadas.</li> <li>Canalizar as águas dos afluentes, conter nas pequenas barragens e utilizar na irrigação das arrozeiras.</li> </ul>	CRAVIL e visita de campo
Itajaí Mirim	Brusque	102.280	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouca frequência de enchentes (3 vezes danos de enchentes após 1980).</li> <li>Problemas de enchentes são poucos, recentemente executou a obra de melhoramento fluvial no leito de rio.</li> <li>Quando ocorre enchente, a avenida da beira do rio inunda, mas não inunda a cidade (inundação da cidade ocorreu somente em 1984).</li> <li>Na parte sinuosa do rio, a erosão da beira das margens do rio poderá causar problemas para as residências.</li> </ul>	Relatórios, Secretaria de Planejamento municipal e visita de campo.
Benedito	Timbó	35.303	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocorreram 6 vezes danos de enchentes após 1980, mas população afetada é menor.</li> <li>Em função da descarga brusca das 2 usinas hidrelétricas no a montante do Rio dos Cedros, frequentemente ocorrem inundações.</li> <li>Em 06/2010, a população enviou pedido ao Governador do Estado de Santa Catarina com 1200 assinaturas, solicitando redução do nível da água da barragem de acumulação, como medidas contra as enchentes.</li> <li>Sofre com as inundações dos Rios Benedito e dos Cedros.</li> </ul>	DEINFRA, FURB/CEOPS, Câmara dos Vereadores e visita de campo.
	Benedito Novo	10.335	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não há danos de enchentes</li> </ul>	Relatórios
	Rio dos Cedros	10.170	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocorrência frequente de inundação devido à descarga brusca das 2 barragens existentes a montante, da forma como ocorre em Timbó. Em 06/2010, a população enviou pedido ao Governador do Estado de Santa Catarina com 1200 assinaturas, solicitando redução do nível da água da barragem de acumulação, como medidas contra as enchentes.</li> <li>Quando o nível d'água do Rio dos Cedros atingir 6 metros começa a inundar a zona urbana. O mapa de inundação da cidade foi elaborado pela Prefeitura.</li> </ul>	FURB/CEOPS, Prefeito da cidade, Câmara dos Vereadores e visita de campo.
Itajaí do Norte	Ibirama	17.469	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não há danos de enchentes.</li> </ul>	Relatórios e visita de campo
Itajaí do Oeste	Laurentino	5.757	<ul style="list-style-type: none"> <li>Praticamente não há danos de enchentes.</li> </ul>	Relatórios
	Rio do Oeste	7.033	<ul style="list-style-type: none"> <li>Praticamente não há danos de enchentes.</li> </ul>	Relatórios e visita de campo

Nome do Rio	Cidade	População	Resultado de entrevistas e Visita de campo	Fonte de informações
	Taio	17.522	<ul style="list-style-type: none"> <li>Houve 6 vezes danos de enchentes após 1980, população afetada é menor.</li> <li>Inunda facilmente devido ao transbordamento da Barragem Oeste</li> <li>Em abril de 2010, houve inundação de 1,5m nas imediações da Prefeitura. Há opiniões de que houve fechamento precipitado das comportas da barragem Oeste.</li> <li>Capacidade de escoamento do canal é 1.000 m<sup>3</sup>/s, porém, a capacidade de descarga dos condutos com todas as comportas abertas da barragem Oeste é +- 160 m<sup>3</sup>/s.</li> </ul>	Relatórios, DEINFRA e visita de campo.
	Trombudo Central	6.520	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frequência de enchentes é menor (após 1980, 3 vezes danos de enchentes pequeno porte).</li> </ul>	Relatórios e visita de campo
Itajaí do Sul	Ituporanga	21.496	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouca frequência de enchentes (2 vezes danos de enchentes de pequeno porte, após 1980).</li> </ul>	Relatórios e visita de campo

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## 5.2 Princípios básicos que serão aplicados neste Estudo

Conforme a ata da reunião de entendimento (M/M) realizada em 5 de novembro de 2009, os princípios básicos desse Estudo para elaboração de plano diretor de prevenção e mitigação dos desastres naturais foram estabelecidos, conforme abaixo.

- i. Na medida do possível, evitar a destruição da biodiversidade e reassentamento dos moradores que causarão impactos negativos de ordem ambiental e social.
- ii. Evitar medidas que causarão impactos negativos, tais como aumento de velocidade do fluxo da água ou vazão de enchentes à jusante do rio.
- iii. Elevar a capacidade de contenção em cada afluente, proporcionando o retardamento de do escoamento da água da enchente ao Rio Itajaí-açu.
- iv. Promover o uso múltiplo das instalações e espaços da bacia hidrográfica.

## 5.3 Diretrizes básicas para a formulação do Plano Diretor de mitigação dos desastres de enchentes

A diretriz básica para a formulação do Plano Diretor de medidas para contra as enchentes foram estabelecidas levando em consideração as informações coletadas através das entrevistas com as instituições governamentais, universidades e troca de opiniões com o Comitê da Bacia do Itajaí e baseado nos princípios básicos acima citados.

- i. No momento, há dificuldade de estabelecer qual será o grau de segurança para as enchentes que deve ser utilizado como escala de planejamento, portanto, serão selecionados os municípios para a proteção e as propostas de medidas para enchentes de 5 anos, 10 anos, 25 anos e 50 anos serão apresentadas. Será discutido com o Comitê da Bacia do Itajaí e as instituições do Governo de Estado (Governador e Secretários de Estado) e selecionado o grau de segurança para as enchentes<sup>1</sup>.
- ii. Além disso, a seleção dos municípios de proteção, as propostas alternativas em combinação com os respectivos graus de segurança e avaliação dos resultados de controle das enchentes serão discutidos e analisados conjuntamente com o Comitê da Bacia do Itajaí (CT de Prevenção)<sup>2</sup>.
- iii. O Plano Diretor será elaborado, baseado no ponto de vista de controle integrado das enchentes

<sup>1</sup> Solicitação de contrapartes na 1ª reunião realizada em 19 de maio de 2010

<sup>2</sup> Solicitação do Comitê da Bacia do Itajaí na reunião realizada em 7 de maio e 28 de julho de 2010

aplicados no Japão. Serão analisadas as medidas de retardamento do escoamento das enchentes na bacia, permitindo a inundação na bacia. Serão analisadas “Medidas de dispersão das cheias”, visando à minimização dos danos de enchentes.

- iv. As propostas de retenção temporária da água de chuva nas arrozeiras e construção de pequeno lagos de contenção (em combinação com uso para irrigação no período de estiagem) que constam no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itajaí serão consideradas no estudo, pois, possibilitam o retardamento da vazão de enchentes. De acordo com a informação da CRAVIL (Cooperativa Regional Agropecuária Vale do Itajaí), as áreas de arrozeiras, objeto do presente estudo, abrangem a área total de 22.000 hectares, de região do Alto Vale acima do município de Rio do Sul até as imediações do município de Itajaí.
- v. Existem três barragens de contenção, há possibilidade de retardar o volume da vazão de enchentes, aumentando a altura dos vertedouros e conseqüentemente a capacidade dos reservatórios das barragens Oeste e Sul (medidas para enchentes favoráveis nas cidades de Taió e Rio do Sul que se situam a jusante).
- vi. As bacias naturais de retardamento, localizadas a jusante do Gaspar no rio Itajaí-Açu, estão sendo utilizadas para plantação de arroz e criação de gados. Estas bacias são eficientes para reduzir a vazão de enchentes à jusante, portanto deverá manter o estado atual.
- vii. Rio do Sul, Blumenau e Itajaí são cidades com prioridade alta para proteção contra enchentes. Além de adotar medidas na bacia que visam retardar ao máximo o escoamento de enchentes, serão avaliadas possíveis medidas alternativas, considerando as características de enchentes e plano de urbanização (plano de utilização de solos) de cada cidade.
- viii. Além de enchentes do próprio Rio Itajaí-açu, as causas das inundações na cidade de Itajaí são refluxos da água do Rio Itajaí-açu para o Rio Itajaí Mirim (inclui efeito da preamar), insuficiência da capacidade de drenagem das águas de chuvas na zona urbana e escoamento da enchente de montante do rio Itajaí Mirim.
- ix. Para solucionar os problemas de inundações bruscas haverá necessidade de ajustamento do plano de urbanização (regularização do uso de solo e zoneamento), devido à ocupação irregular dos moradores dentro da calha secundária do rio.
- x. Se o grau de segurança for muito alto para controlar a enchente de 50 anos, haverá limitações na adoção de medidas baseadas nos efeitos de retardamentos. Haverá necessidade de alargamento da calha do rio, construindo o leito de inundação. Em relação ao leito de inundação, haverá necessidade de implementar o programa de recuperação da mata ciliar do Plano Diretor de Recursos Hídricos do Comitê. Além disso, existe grande possibilidade de implementação do canal extravasor para diminuir o tempo de inundação e a profundidade de inundação nas áreas de enchentes a jusante de Gaspar e na cidade de Itajaí.
- xi. A proteção que o Plano Diretor pretende atingir vai depender do grau de segurança adotado, ou seja, do tempo de recorrência da enchente. Entretanto o Plano Diretor de Recursos Hídricos do Comitê definiu o ano de 2030 para atingir os objetivos de longo prazo. Deste modo o presente Plano Diretor de proteção contra cheias deverá estar implementado até 2030, de modo a estar em consonância com os objetivos do Comitê.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos do Comitê pretende atingir o objetivo de longo prazo em 2030, irá depender do grau de segurança que será adotado como meta, no entanto, a meta do Plano Diretor de medidas para enchentes será atingir o objetivo até no máximo 2030.

#### **5.4 Diretrizes básicas para o fortalecimento do Sistema de Alerta de Enchentes**

Considerando os problemas do sistema de alerta existente, o plano de fortalecimento do sistema de alerta de

enchentes será formulado com base nas diretrizes básicas abaixo.

- i. Fortalecimento da rede de estações hidrológicas com o aumento do número de estações de medição.
- ii. melhoria dos dados de medição, maior consistência na observação dos dados e maior precisão na transmissão desses dados através da inovação do instrumento de medição e do método de transmissão de dados.

Os pontos abaixo serão considerados na formulação do plano de fortalecimento do sistema de alerta de enchentes.

#### 5.4.1 Ponto de vista das características de rios

- i. Devido ao aumento do volume de escoamento em função do desenvolvimento residencial e desmatamentos nas imediações da cidade de Rio do Sul, haverá necessidade de monitorar as intensidades de chuvas nos rios afluentes das montanhas. O tempo de chegada de enchentes no Rio do Sul é curto, e, portanto, haverá dificuldade de efetuar a previsão de enchentes somente com os dados de descarga das barragens Sul e Oeste.
- ii. As inundações têm ocorrido com frequência nas cidades de Rio dos Cedros e em Timbó devido à descarga repentina das 2 barragens hidrelétricas de acumulação existentes na montante, portanto, haverá necessidade de monitorar o volume de descarga dessas 2 barragens existentes na montante de Rio dos Cedros.
- iii. Nas cidades de Ilhota, Gaspar e Itajaí, localizadas a jusante de Blumenau, haverá necessidade de monitorar a variação do nível da água que ocorre em função do escoamento de enchentes e preamar, instalando as estações nas margens do Rio Itajaí-açu.
- iv. No rio Itajaí Mirim também houve aumento do volume de escoamento das enchentes, devido ao aumento de ocupação de terra nas imediações de Brusque, haverá, portanto, necessidade de monitorar a intensidade de chuva e o nível da água dos rios afluentes.

#### 5.4.2 Ponto de vista da inovação Aspectos dos instrumentos de medição e do método de transmissão

Os instrumentos das estações de medição existentes são antigos e não tem sido feito a manutenção adequadamente, os pluviômetros e medidor do nível de água existente deverão ser substituídos, além de inovar os sistemas de transmissão de dados por sistemas de maior precisão e transmissão segura de dados dos mesmos. Nos últimos anos houve melhoria nos instrumentos de medição e os instrumentos atuais são de fácil manutenção, portanto, é necessário levar em consideração os seguintes pontos:

- i. Os medidores de nível de água existentes são instalados no leito do rio e medem o nível através da pressão. O processo erosivo e sedimentação que ocorre em cada enchente causam grandes dispêndios de custos de manutenção. Por outro lado, o medidor de nível de água do sistema de radar pode ser instalado na ponte, é leve e possui alta precisão, é mais difícil de receber a influência da temperatura e do vento e, além disso, apresenta baixo consumo de energia e baixo preço.
- ii. Em relação ao sistema de transmissão de dados, substituindo a linha da radiocomunicação para a linha de telefonia celular e adaptando a medição de dados para comutação de dados em pacote, os dados das medições realizadas poderão ser enviados diretamente ao CEOPS, por e-mail a cada 10 minutos. Além disso, poderá garantir a fonte de energia elétrica com o painel solar. Não haverá necessidade de repetidores nos pontos de retransmissão, é e será possível instalar o pluviômetro, o medidor do nível de água dos rios, o painel solar, a bateria, e o registrador de dados num único poste numa única plataforma.

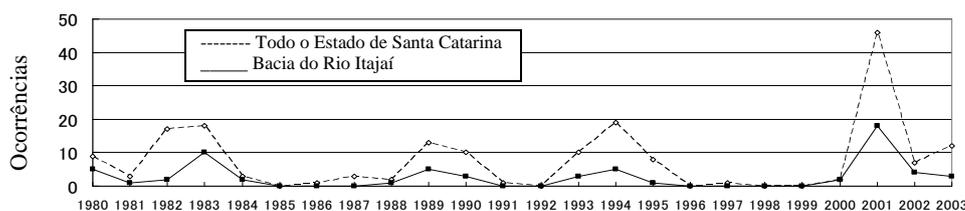
- iii. Substituindo o sistema digital GSM (Group Special Mobile) de 2G (Sistema de Telefonia Móvel de Segunda Geração) para o sistema GPRS (General Packet) de 2,5G, será possível estabelecer a comunicação mais estável e eficiência eficiente com o do uso da banda larga, possibilitando aumento da comunicação de dados.
- iv. Com a difusão da câmera de circuito fechado no mercado tornou-se possível adquirir câmera CFTV (Circuito Fechado TV) de alta precisão e leve por preço baixo. Por isso, nas cidades de Rio do Sul, Blumenau e Itajaí serão instaladas câmeras de CFTV para identificar a situação de das enchentes em tempo real.
- v. Estabelecer a previsão de enchentes, coletando os dados de cada estação de medição e centralizando esses dados no banco de dados da Estação Central da FURB/CEOPS. Além disso, serão instalados os Centros de Monitoramento em Rio do Sul e Itajaí com o instrumento que possibilita cada Defesa Civil realizar o monitoramento do seu próprio escritório através da internet. Também será instalado o Centro de Monitoramento em Florianópolis.

## CAPÍTULO 6 DEMANDAS RELACIONADAS COM A MITIGAÇÃO DE ESCORREGAMENTOS E DIRETRIZES BÁSICAS PARA O PLANO DIRETOR

### 6.1 Situação dos desastres de escorregamentos e projetos de reconstrução

#### 6.1.1 Histórico dos desastres de escorregamento ao longo dos anos.

Na Figura 6.1.1 ilustra o número de ocorrências de escorregamento da Bacia do Rio Itajaí de acordo com os dados da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina. Durante 23 anos, entre 1980 e 2003, dentro de 185 desastres de escorregamento ocorridos em todo o Estado de Santa Catarina, na Bacia do Rio Itajaí houve 65 casos, correspondendo a 35% do total, um alto índice de ocorrências de desastres.



Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudo da JICA baseado nos dados da Defesa Civil de Santa Catarina

**Figura 6.1.1 Evolução do número de escorregamentos no Estado de Santa Catarina e na Bacia do Rio Itajaí ao longo dos anos (1980-2003)**

A área da Bacia do Rio Itajaí representa 16% da área do Estado de Santa Catarina. O número de ocorrências de escorregamento anual em todo o Estado numa área de 1.000 km<sup>2</sup> é de 0,08 casos/1.000 km<sup>2</sup>, enquanto que na Bacia do Rio Itajaí é de 0,19 casos/1.000 km<sup>2</sup>/ano, sendo 2,2 vezes maior e nível relativamente alto. Também em termos de número de ocorrências anuais de escorregamentos por habitantes, indica que no Estado de Santa Catarina ocorrem 1,6 ocorrências/milhão de habitantes/ano, enquanto que a Bacia do Rio Itajaí ocorrem 2,8 ocorrências/milhão de habitantes/ano, ou seja, 1,7 vezes maior. A Bacia do Rio Itajaí tem densidade demográfica relativamente alta, 68,4 habitantes/ km<sup>2</sup> contra 51,2 habitantes/km<sup>2</sup> do Estado de Santa Catarina. Não se observa nenhuma correlação entre as ocorrências de desastres de escorregamentos e as precipitações anuais ou as precipitações máximas mensais.

#### 6.1.2 Características e desastres dos escorregamentos causados com chuvas intensas de 2008.

Foram relatados os desastres decorrentes da intensificação do escorregamento e inundação ocorridos com as chuvas intensas de novembro de 2008, apresentados na tabela 6.1.1. Os 89 mortos representam 0,09% dos 103.602 refugiados, 0,13% dos 66.556 afetados, e 0,61% dos 14.573 desabrigados. Nas informações oficiais, não estão especificadas as causas da ocorrência dos desastres de enchentes e de escorregamentos. Segundo as informações da Defesa Civil de Santa Catarina, 97% das mortes se devem aos escorregamentos. Com relação à enchente, as pessoas são evacuadas pelo sistema de alerta, evitando a morte, mas com relação ao escorregamento, devido à falta de sistema de alerta, não houve praticamente nenhuma evacuação, e provavelmente isso aumentou o número de casos que resultaram em mortes.

#### 6.1.3 Obras de reconstrução de desastres de escorregamento em novembro de 2008

No relatório “Reconstrução Áreas afetadas Catástrofe Novembro/2008”, publicado em novembro de 2009, menciona o valor aplicado de R\$520 milhões para os custos de medidas emergenciais e obras de recuperação. Além destas obras de reconstrução realizadas pelo Estado, existem as obras de recuperação da estrada BR 470 e as obras dos escorregamentos. Na cidade de Blumenau, ocorreram as interdições de estradas pelos escorregamentos e caída de pedras grandes com 5 m de diâmetro. Na cidade de Gaspar, teve explosões de gás pelos deslizamentos da terra. Cabe ressaltar que estes desastres foram sanados no dia 12 de dezembro do mesmo ano.

**Tabela 6.1.1 Registro de desastres causados pela inundação e escorregamento novembro de 2008**

	População	Proporção afetada	Número de evacuados	Número de afetados	Pessoas que perderam casas	Feridos	Mortos	Casas que sofreram danos	Extensão das estradas que sofreram danos (km)
Benedito Novo	9.841	31%	102	712	210		2	191	576
Blumenau	292.972	35%		25.000	5.209	2.383	24	18.000	
Brusque	94.962	100%		8.000	1.200	66	1	1.220	120
Gaspar	52.428	100%		7.100	4.300	280	16	8.700	600
Ilhota	11.552	100%	3.500	3.500	1.300	67	26	406	
Itajaí	163.218	100%	100.000	18.208	1.929	1.800	5	28.400	
Luiz Alves	8.986	100%		3.232	239	41	10	220	40
Pomerode	25.261	1%		182	48		1	50	100
Rio dos Cedros	9.685	88%		595	96			283	300
Rodeios	10.773	5%		27	42		4	35	144
Timbó	33.326	2%						264	
<b>Total</b>	<b>713.004</b>		<b>103.602</b>	<b>66.556</b>	<b>14.573</b>	<b>4.637</b>	<b>89</b>	<b>57.769</b>	<b>1.880</b>

Fonte: AVADAMs enviados pelos municípios à Defesa Civil de Santa Catarina, nos dias 24 e 25 de novembro de 2008.

## 6.2 Classificação de escorregamento de terra conforme a forma e suas características.

### 6.2.1 Dados gerais

No Brasil, os termos “escorregamento e deslizamento” são utilizados no mesmo sentido, porém, nesta será utilizado o termo escorregamento, seguindo o exemplo do livro “Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina de 2004” (explicação ilustrada de catástrofes).

A classificação de escorregamento conhecida no mundo é de Varnes 1978 que classifica 5 tipos de escorregamento conforme a forma de movimentação: “Fall (queda)”, “Topleft (tombamento)”, “Slide (escorregamento)”, “Spread (espalhamento)” e “Flow (escoamento)”. Neste estudo foram unificados os termos “Fall (queda)” e “Topleft (tombamento)” em “Collapse (colapso)”, e “Slide (escorregamento)” e “Spread (espalhamento)” em “Slide (escorregamento)”, tendo em vista que os pontos que requerem cuidado do ponto de vista das características de forma de movimentação no controle de medidas contra escorregamento são iguais. O termo escorregamento será utilizado como escorregamento de terra (no sentido lato) e também como escorregamento (no sentido estrito).

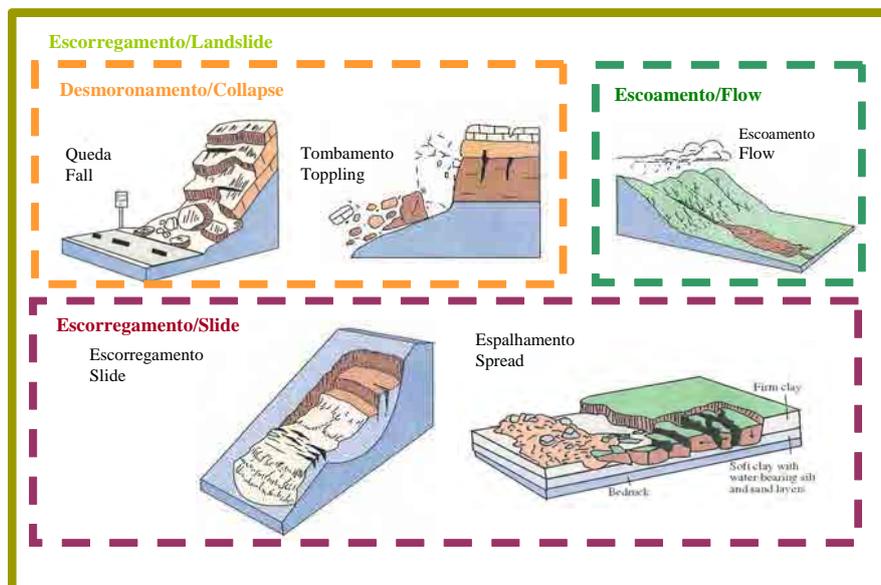
Na tabela 6.2.1, a ilustração da classificação de escorregamento de terra conforme tipo de movimentação do talude e tipo de terreno. As características de ocorrência do escorregamento e as medidas apropriadas variam conforme o tipo de escorregamento. Neste estudo, foram determinados os tipos de escorregamento para ser utilizado como elemento de estudo para o controle de escorregamento. Estes tipos não são claramente definidos, havendo os tipos intermediários, e tipo de movimento e os materiais deslocados podem mudar durante o processo de deslocamento após o início, o que não é diferente na área ora pesquisada. Por exemplo, há casos em que, mesmo que no início de ocorrência fosse desmoronamento, após deslocar-se para a correnteza, transformou-se em escoamento, e casos em que a extremidade dos sedimentos gerados pelo escoamento é predominantemente áspera, mas passa para predominantemente fino a partir da extremidade à distância.

### 6.2.2 Características do desmoronamento

Neste estudo, a queda significa o fenômeno em que a terra e as rochas que compõem o talude vêm desmoronando em tempo relativamente curto, devido à tempestade ou abalo sísmico. Distingue-se do “desmoronamento” em que blocos de terra ou de rocha vêm deslizando devagar, ou do “fluxo” em que a terra que se sedimentou ou caiu na correnteza na ocasião das chuvas intensas vem fluindo de uma vez junto com grande volume de água, pois as características de desastres e as técnicas apropriadas de controle são diferentes.

É fenômeno mais comum na Bacia do Rio Itajaí, e tem possibilidade de causar desastres e atingindo os

seres humanos por ter movimento veloz da forma como ocorre com o “escoamento”. A modalidade mais comum é a do desmoronamento de terra fina formada em consequência da formação do solo residual por intemperismo no estrato superficial, devido à fragilização decorrente da tempestade.



Fonte: Editada pela Equipe de Estudo da JICA com base em Varnes 1982

**Figura 6.2.1 Classificação por tipo de movimento do escorregamento de terra**

**Tabela 6.2.1 Classificação de escorregamento de terra conforme o tipo de movimento do talude e o tipo de terreno**

Tipo de Movimento	Tipo de Material		
	Leito de Rocha	Solos de Engenharia	
		Predominantemente Áspero	Predominantemente Fino
Desmoronamento (Queda, Tombamento).	Desmoronamento de Rocha	Desmoronamento de Detritos	Desmoronamento de Terra
Escorregamento (escorregamento, espalhamento).	Escorregamento de Rocha	Escorregamento de Detritos	Escorregamento de Terra
Escoamento	-	Escoamento de Detritos	Escoamento de Terra

Nota: A informação entre parênteses é a classificação de Dr. Varnes, 1978. Fonte: Elaborado pela Equipe de Estudo

O tipo de solo em que este desmoronamento acontece com frequência é terra amarelo avermelhado. Esse solo amarelo avermelhado é formado na parte profunda devido à erosão eólica, podendo chegar à profundidade superior a 10 m do estrato superficial. É dividida em terra vermelha (estrato superior) e terra amarela (estrato inferior). Essa camada vermelha está na fase avançada de intemperismo, com acentuada perda de resistência devido à absorção de água, e a terra desmoronada deixa o rio turvo, na cor marrom avermelhado, e as partículas finas não se precipitam com facilidade, sendo levadas até o mar (os sedimentos das margens do Rio Itajaí, na cidade de Blumenau, são areias finas pardacentas, sendo verificada apenas uma camada fina, de menos de 1 mm, de areia fina marrom avermelhada na camada superficial). A camada amarela está com intemperismo relativamente pequena, tendo resistência.

Na maioria dos locais onde houve queda, somente a parte da terra vermelha tinha desmoronado, na espessura inferior a 1m. Na região onde o Rio Itajaí-açu corta a Serra do Mar, verifica-se a queda de rochas do talude rochoso. Não é clara a relação entre a chuva e a ocorrência de queda das rochas.



Danos causados pelas chuvas intensas de novembro de 2008

BR 470, Km 44, no município de Blumenau.

O desmoronamento de terra amarelo avermelhada obstruiu completamente a estrada.

Foto: fornecida pelo escritório de DENIT Rio do Sul



Danos causados pelas chuvas intensas de novembro de 2008

BR470, Km 41, no município de Gaspar.

A estrada, composta pela terra vermelha, desmoronou subitamente, provocando a queda de veículos que lá transitavam.

Foto: fornecida pelo escritório de DENIT Rio do Sul



Danos causados pela tempestade de novembro de 2008  
BR470, no município de Blumenau.

Uma rocha de 5 m de comprimento que estava contida na terra amarela avermelhada soltou-se devido à fragilização do solo em volta em consequência da absorção de água, caindo na estrada.

Foto: fornecida pelo DNIT-Rio do Sul



Danos causados pela tempestade de novembro de 2008

Uma camada fina de litossolo que estava cobrindo a rocha de embasamento na zona urbana do município de Gaspar, na rodovia estadual SC470, desmoronou a partir do limite com a rocha de embasamento. A terra desmoronada cobriu toda a largura da estrada, chegando até o terreno do posto de gasolina que ficava do outro lado da estrada.

Foto: fornecida pela Defesa Civil – Gaspar



Local de obra de prevenção de desastre na estrada municipal de Blumenau, executada pelo DEINFRA. Desmoronamento da camada fina do solo vermelho e amarelo que cobre a rocha de embasamento.

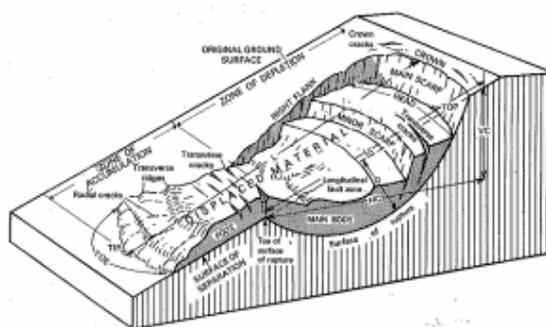
Foto: Equipe de Estudo da JICA, maio de 2010.



Ocorrência de erosão na camada amarela avermelhada no terreno onde houve corte de encosta no município de Pomerode. Fragiliza-se facilmente com a água infiltrada e fica sujeita a erosão. Foto: Equipe de Estudo da JICA, maio de 2010.

### 6.2.3 Características do escorregamento

O escorregamento é um fenômeno de tensão de cisalhamento ou deslocamento de cisalhamento que ocorre dentro de uma ou várias faces ou camadas finas claramente definidas, e a sua ocorrência é progressiva e destrutiva. O escorregamento é o fenômeno em que um bloco de terra da posição superior se desloca devagar tendo estas faces de escorregamento, em grande escala, com pouca perturbação do bloco de terra em deslocamento, sendo que a maior parte do bloco de terra permanece dentro da área de ocorrência, e no escorregamento típico, que tem a face de escorregamento rotativo, observam-se as características topográficas apresentadas na figura seguinte.



Fonte: Dr. Varnes 1978

**Figura 6.2.2 Perfil do escorregamento rotativo**

Nas pesquisas de casos deste país, a profundidade de desmoronamento é de 2 m no máximo, mas o comprimento médio e a profundidade média do escorregamento chegam a cerca de 300 m e cerca de 18 m, respectivamente, e enquanto a queda ocorre com maior frequência nos morros com mais de 30 graus de inclinação, o escorregamento ocorre nos morros de 15 a 30 graus de inclinação.

Como o escorregamento é uma alteração que ocorre num ponto profundo, se comparado com o desmoronamento, é um fenômeno de cisalhamento com pouca influência da chuva, ou com efeito retardado da chuva. O escorregamento do município de Pomerode da Bacia do Rio Itajaí que se tornou ativo no final de agosto de 2010, ocorreu independentemente das chuvas. O escorregamento no município de Benedito Novo que causou deslizamento de encosta em torno de 5 m de altura em dezembro de 2008, provocado um mês após, pelas chuvas intensas de novembro de 2008. As condições geológicas que favorecem a ocorrência de escorregamento na Bacia do Rio Itajaí são as seguintes:

- i. Ser uma área de distribuição de solos de grande espessura, principalmente solo amarelo avermelhado. O solo fica sujeito à perda de resistência com a absorção da água, facilitando a formação das faces para o deslizamento (encosta das montanhas às margens do Rio Itajaí-açu e dos afluentes, com inclinação inferior a 30 graus).
- ii. Ser uma área em que se distribuem rocha mole sedimentar argiloso da era mesozoica, especialmente na região onde tem acima dela as rochas vulcânicas tais como basalto da formação Serra Geral. Além da rocha mole sedimentar argilosa estar deteriorada devido à fina lâmina de lava e água quente que penetrou acompanhando a face de estratificação, concentra-se nela a água proveniente da água infiltrada pela fissura e represada no basalto, favorecendo o surgimento de face de escorregamento. (Bacias dos rios Itajaí do Norte, Itajaí do Oeste, Itajaí do Sul)



O escorregamento da área de distribuição de solo amarelo avermelhado da região sudoeste de Pomerode foi ativado no final de agosto de 2010 e destruiu 2 casas próximas à encosta. As adjacências das duas casas no primeiro plano da foto eram pântano até 25 anos atrás, e há distribuição de terras moles. A ativação se deu na seca, mas acredita-se que a fissura da face de escorregamento dentro do solo amarelo avermelhado avançou ao longo dos anos, ativando-se por inércia....

Foto: feita pela Equipe de Estudo da JICA em 14 de setembro de 2010



Escorregamento da área de distribuição de rochas sedimentares argiloso da era mesozoica na rodovia estadual SC302, no a montante da represa do rio Itajaí do Oeste, no município de Taió. A estrada corresponde à cabeceira do escorregamento, e no lado esquerdo na foto há o rio, e no morro ao lado direito denota-se distribuição de filito com mina de água.

Foto: feita pela Equipe de Estudo da JICA  
Fotografada em 09 de maio de 2010



Escorregamento da área da prefeitura de Benedito Novo.

Altura de 5 m de deslizamento da parte da cabeceira ocorrido com o solo amarelo avermelhado. Ocorreu em dezembro cerca de um mês após as chuvas intensas de novembro de 2008.

Foto: fornecida pela Defesa Civil - Benedito Novo Fotografada em dezembro de 2008.



Trecho entre Luiz Alves - Massaranduba da rodovia estadual SC413 no município de Luiz Alves. Há face de escorregamento dentro da terra amarelo avermelhada. Na ocasião das chuvas intensas de novembro de 2008, ele obstruiu totalmente a estrada. A face de escorregamento situa-se um pouco acima da superfície da estrada, e mesmo agora, o trecho de 60 m de comprimento ao longo da entrada está avançando para a estrada. O comprimento total, incluindo a parte não ativada, é de 240 m.

Foto: feita pela Equipe de Estudo da JICA – fotografada em 24 de maio de 2010.

#### 6.2.4 Características de enxurrada

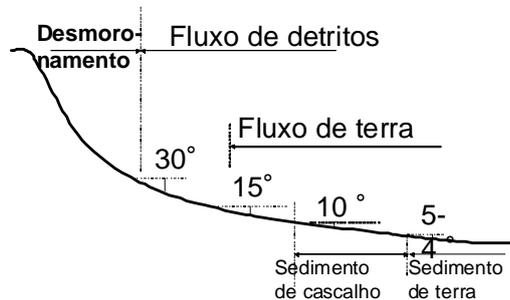
A enxurrada, assim como desmoronamento, caracteriza-se pelo fato de causar grandes danos às vidas humanas, destruir casas e prédios, e demanda longo tempo e recursos financeiros para a restauração.

As características dos desastres causados pelo escoamento se devem às seguintes características:

- i. Grande velocidade. De modo geral, o escoamento de detritos (que contém grande quantidade de detritos) desce cerca de 5 a 10 m/segundo, e o escoamento de terra (com poucos detritos, com menor proporção de terra, desce 10 a 20 m/segundo).
- ii. Contêm rochas enormes e troncos de árvores. Principalmente na ponta do escoamento estão contidas rochas grandes de alguns metros de diâmetro e troncos de árvores, de modo que é gerada uma grande força de impacto, destruindo casas.
- iii. Ocorre subitamente. A ocorrência de fluxo é súbita, os prenúncios não sendo visíveis. .

A figura 6.2.3 mostra a relação entre a ocorrência de escoamento devido ao desmoronamento, sua descida e sedimentação, e a inclinação.

Da mesma forma, segundo o relatório do Instituto de Engenharia Civil no. 157 de 1982, a parte de sedimentação do escoamento (inclinação antes da sedimentação) é superior a 2 graus, sendo inferior a 10 graus em cerca de 70% dos casos. No campo a ser inundado na saída da correnteza em que se prevê a ocorrência de escoamento, é preciso considerar que, se a inclinação for superior a 2 graus, há o risco de ser atingido pelo fluxo.



Fonte: Eto, Ito e outros: elaborada pela equipe de Estudo da JICA com base na coleção de palestras e tese da reunião de apresentação de resultados de pesquisa sobre técnicas de prevenção de erosão e escorregamento.

**Figura 6.2.3 Inclinação da correnteza e do campo sujeito à inundação e o tipo de deslocamento de terra**

Segundo estudos de casos no Japão, conforme ilustrado na tabela 6.2.3, o fluxo acontece com relativa facilidade nas regiões com distribuição de granito (sul dos municípios Gaspar, Blumenau e Indaial, sul do Rio Itajaí Mirim nos municípios de Brusque e Botuverá) e de rochas metamórficas (norte de Luiz Alves, Pomerode e Gaspar, parte ao norte do Rio Itajaí de Blumenau, parte ao norte do Rio Itajaí, região das sub-bacias do Rio Benedito e Rio dos Cedros, centro de Ibirama etc.).



Foco de escoamento



Distribuem-se rocha gnaisse metamórfica na correnteza abaixo do escoamento.



Parte de sedimentação do escoamento

Área castigada pelo escoamento causado pelas chuvas intensas de novembro de 2008 na bacia da nascente de Ribeirão Velha, em Blumenau. Cinco pessoas morreram vítimas por ele. Foto: feita pela Equipe de Estudo da JICA em 27 de maio de 2010



Área de risco em potencial que pode ser atingida pelo escoamento na bacia do Ribeirão Garcia, em Blumenau. Há concentração de residências na parte da correnteza.

Foto: feita pela Equipe de Estudo da JICA em 27 de maio de 2010



Escoamento de terra de novembro de 2008 da região de Ribeirão Pinheiro no município de Benedito Novo; areia.

Foto: fornecida pela Defesa Civil - Benedito Novo



Escoamento de terra ocorrido em novembro de 2008 em Benedito Novo; há fluxo de terra amarelo avermelhada, mas contém também detritos de gnaisses. Interceptou o rio Cunha e formou temporariamente uma represa natural. No fundo da foto, abaixo da represa, é o município de Rio dos Cedros.

Foto: fornecida pela Defesa Civil - Benedito Novo



Escoamento causado pelas chuvas intensas de novembro de 2008, na encosta do Morro do Baú no município de Ilhota; tem como base terra amarela avermelhada, e contém grande quantidade de pedras de 10-30 cm de diâmetro. A encosta do Morro do Baú foi o local mais castigado pelo escorregamento de terra, com 27 mortes, número recorde de Ilhota. Foto: Equipe de Estudo da JICA em 2010

## 6.2.5 Características dos riscos de escorregamento de terra de cada município

O resumo das características dos municípios listados nesta tabela que registraram 3 ou mais casos de escorregamento em 23 anos, de 1980 a 2003, segundo dados da Defesa Civil de Santa Catarina, tiveram decretado o estado de emergência/calamidade nas chuvas intensas de novembro de 2008, e que possuem trecho de estradas sujeito a escorregamento, segundo DEINFRA, após pesquisa documental e visita técnica de campo.

**Tabela 6.2.2 Características dos municípios com alto risco de escorregamento de terra**

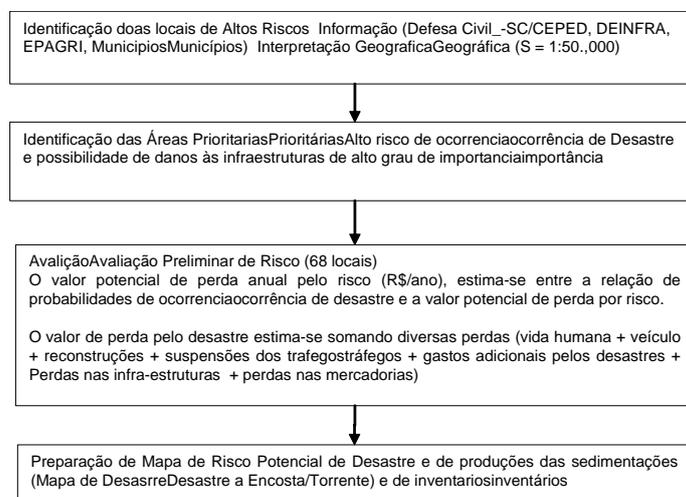
SDR	Município	Características de risco de escorregamento de terra
SDR-Taió	Rio do Campo	Há intrusão de basalto nas rochas sedimentares argiloso da era mesozoica, deteriorando a face de estratificação e formando a face de escorregamento em potencial, facilitando o desenvolvimento de escorregamento.
	Salete	
	Taió	Idem. Com a alteração do nível de água causada pela barragem Oeste, são verificados intermitentemente na rodovia estadual SC301 os escorregamentos de pequena escala.
SDR-Ibirama	Pres. Getúlio	Como é formada terra amarelo avermelhada como resultado da erosão eólica de rochas sedimentares argilosos, o solo é frágil e favorece a ocorrência de escorregamento. Não há grandes problemas na rodovia estadual SC421.
	Witmarsum	
SDR-Rio do Sul	Rio do Sul	Há intrusão de basalto nas rochas sedimentares argilosas da era paleozoica, havendo a possibilidade de ter deteriorado a face de estratificação e estar formada a face de escorregamento em potencial. Há escorregamento de terra que fornece fluxo à área de concentração de residências. Há problemas de escorregamento de terra nos empreendimentos de cerca de cem residências.
SDR-Timbó	Benedito Novo	Há local de escorregamento de terra de grande escala ao lado do prédio da Prefeitura. Distribuem-se granitos e rochas metamórficas e é relativamente grande o risco de fluxo. No limite de Benedito Novo e Rio dos Cedros, o Rio Cunha foi obstruído pelo fluxo nas chuvas intensas de novembro de 2008. Na Rodovia Estadual SC416 há pontos com risco de desmoronamento da pista.
	Rio dos Cedros	É uma área de distribuição de rochas metamórficas regionais tais como gnaisse e de granito, havendo risco de fluxo. Como não têm sido relatados escorregamentos de terra sérios antes das chuvas intensas de novembro de 2008, acredita-se que aumenta o risco de ocorrência de catástrofe se houver chuvas intensas de 20 anos de recorrência.
SDR-Blumenau	Blumenau	É a área com maior incidência de escorregamento de terra de Santa Catarina. A maior causa é a construção de casas nos morros e na região da correnteza. O problema é a construção de casas nos locais próximos às correntezas perigosas e nos morros de inclinação acentuada. Mesmo nos morros de inclinação suave há riscos de escorregamento. Na rodovia estadual SC474, que segue para a região norte, de tráfego intenso, há alteração decorrente do desmoronamento e escorregamento.
	Gaspar	Há muitas áreas com risco de desmoronamento de morro na rodovia estadual SC486 e na Estrada municipal, e de desmoronamento nas áreas residenciais. Há alterações decorrentes do escorregamento em novos empreendimentos habitacionais situados em morros. Na estrada Gaspar-Luiz Alves, na estrada municipal Gaspar-Blumenau e no atalho de BR470 na margem direita do rio Itajaí, há o plano de pavimentação, mas se não tomar medidas com relação ao morro, poderá ocorrer obstrução das estradas e danificação da pavimentação, tornando-se assim desperdício de dinheiro e de esforço.
	Ilhota	Com as chuvas de novembro de 2008, ocorreram desabamentos de terra (escorregamento/obstrução de rios, escoamentos) sérios nas adjacências do Morro do Baú. Nos locais afetados, a recuperação da vegetação está demorando, aumentando a possibilidade de mais escorregamentos, de modo que é necessário promover a recuperação da vegetação.
	Luiz Alves	É maior o risco de desmoronamento e de escorregamento na Estrada Gaspar-Luiz Alves e na rodovia estadual SC413, mais na região norte do que na área urbana. É possível que tornem necessárias as medidas contra escorregamento na construção de conjunto residencial de grande porte atualmente em execução pelo governo estadual, receando-se que afete negativamente no aspecto de inundação e de escorregamento de terra pelo fato de aumentar a corrente de água da chuva.
	Pomerode	Há desmoronamento e escorregamento de terra (escorregamento da pista) na rodovia estadual SC418, que segue para o norte. Há escorregamento ativado em agosto de 2010, que está afetando as residências e a gráfica.
SDR-Brusque	Brusque	A superfície do corte da encosta da rodovia estadual SC486 e da Estrada municipal é íngreme e não tem vegetação, havendo grande risco de desmoronamento e possibilidade de descida de terra para o Rio Itajaí Mirim. Há também muitas áreas de risco de escorregamento que podem afetar residências. Estão ocorrendo escorregamentos em empreendimentos habitacionais novos situados em morros.
	Botuverá	A superfície do morro da rodovia estadual SC486 é íngreme e não tem vegetação, sendo grande o risco de desmoronamento e havendo possibilidade de produzir terra solta, que poderá descer para o Rio Itajaí Mirim.
SDR-Itajaí	Itajaí	Há morro íngreme desmoronado nas bordas da planície. O solo do morro é composto principalmente de terra amarelo avermelhada e é fácil de desmoronar.

Fonte: elaborada pela Equipe de Estudo da JICA

### 6.3 Zoneamentos de Risco e Avaliação dos Escorregamentos e do Mecanismo de Erosões

#### 6.3.1 Avaliação de Risco e Fluxograma de Mapeamento de Risco

A avaliação e mapeamentos dos riscos realizam-se da seguinte forma:



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 6.3.1 Procedimento das avaliações dos riscos de produção de sedimentos e mapeamento de risco**  
Em continuação, são descritas as metodologias de elaboração do mapa de risco. Os detalhes podem ser observados nos Anexos.

#### 6.3.2 Identificação dos locais de Alto Risco de Escorregamento

As identificações dos locais possíveis de risco de escorregamentos foram realizadas através das informações indicadas na Tabela 6.3.1 “Fonte de Informações das locais de desastres ocorridos no ano 2008”. Na identificação dos locais de riscos de desastres dos escorregamentos, foram realizadas através das visitas técnicas de campo, interpretação dos mapas topográficos em escala de 1/50.000 e de 1/25.000, elaborados com o levantamento aerofotogramétrico (1978 1979). Os números identificados dos desastres foram de 949 locais.

**Tabela 6.3.1 Fonte de informações dos registros de desastres existentes**

Fonte	Informe	Locais de Risco (encontram-se os locais duplamente contabilizados devido as diferentes fontes de informação)
Defesa Civil- CEPED	Resposta ao desastre em Santa Catarina no ano de 2008: avaliações durante o desastre/Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Florianópolis: CEPED.	932 locais
Defesa Civil- CEPED	Áreas de Desastre 2010	1.465 locais
EPAGRI/CIRAM	COMPLEXO DO MORRO DO BAÚ Levantamento aéreo dos pontos de deslizamento	62 locais
DEINFRA/DIOT	Áreas de desastre de Nov. 2008	34 locais

Fonte Informe Locais de Risco: 949 locais

#### 6.3.3 Seleção dos locais de alto risco de desastre

Os locais com alto risco de desastre onde existem potencialidades de desastres maiores do que R\$ 1 milhão foi selecionado como áreas prioritárias. As dimensões de desastres maiores do que R\$1 milhão são aqueles que provocam tombamento de mais de 10 casas ou aquelas estradas onde ocorre interdição diária do tráfego de 200 veículos. Foram selecionados 68 locais, sendo 32 locais nas estradas estaduais e 35 nas estradas municipais e um no Porto de Itajaí.

Os locais prioritários identificados onde necessitam de medidas são 68, sendo 32 localizados nas Estradas Estaduais, 35 locais localizados nas estradas municipais e do Porto de Itajaí.

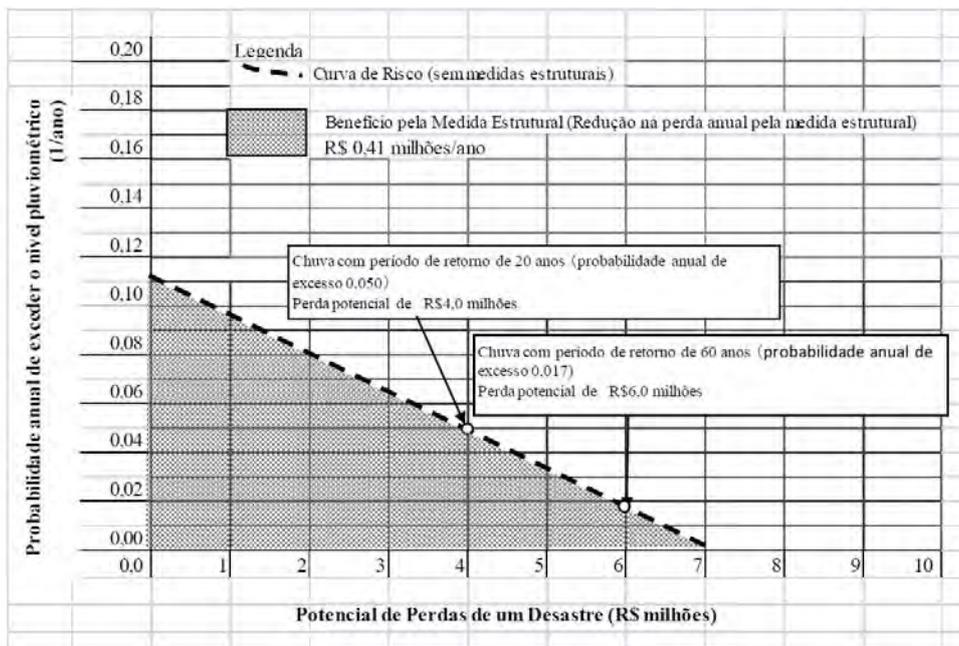
#### 6.3.4 Estimativa do Valor de Prejuízo Potencial

Foram avaliados 68 locais de alto risco de desastre. O Grau de risco foi avaliado em valor de prejuízo potencial anual. Foram avaliados os valores de prejuízo potencial anual (R\$/ano) para 68 locais de alto risco de desastre. As dimensões dos desastres de escorregamentos (valor do prejuízo) variam de acordo com o fator que provoca o desastre tais como chuva (probabilidade anual baseado no indicador de chuva) no mesmo lugar de ocorrência.

Conforme ilustrado na Figura 6.3.2, o valor de prejuízo potencial anual (R\$/ano) é o valor integral obtido no intervalo do eixo de gráfico da curva de riscos, cujo cálculo é efetuado com o cruzamento da probabilidade de excedente anual de ocorrência do desastre expressa na linha vertical e valor de prejuízo potencial em linha horizontal.

No caso de rodovias, o valor do prejuízo potencial anual foi determinado, calculando a probabilidade excedente anual e o valor de prejuízo potencial, baseado na dimensão do prejuízo com interdição da rodovia de 2 modalidades: interdição total do tráfego e interdição parcial de um dos sentidos da estrada.

A probabilidade excedente anual (número inverso da probabilidade anual) para ocorrência dos desastres com a interdição total do tráfego da rodovia e interdição parcial de um dos sentidos do tráfego foi avaliada com base na probabilidade anual das dimensões de desastres similar ao escorregamento de taludes nas chuvas intensas de 11/2008 e índice de umidade do solo (vide Capítulo 9) medido na estação mais próxima do local (na análise estatística efetuada no Japão, houve conclusão de que este índice tem correlação muito boa com a ocorrência do desastre de escorregamentos). Os itens de cálculo do valor de prejuízo com o desastre de escorregamentos nas rodovias e o método de cálculo, os dados numéricos utilizados no cálculo, além do método de cálculo do valor do prejuízo anual do Porto de Itajaí constam no Relatório Anexo.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 6.3.2 Curva de risco de prejuízo potencial anual com desastre de escorregamento**

Os locais prioritários de medidas para escorregamentos são os seguintes:

**Tabela 6.3.2 Resultado da seleção dos locais prioritários através do cálculo do valor de prejuízo potencial anual**

Priori.	Localização	Latitude			Longitude			SDR	Municipalidade	Prejuízo potencial Médio Anual R\$/ano
		G	M	S	G	M	S			
0	Porto de Itajaí	26	53	56	48	40	7	Itajaí	Itajaí	6.760
1	SC 302 Taió-Passo Manso-5	27	1	45	50	8	18	Taió	Taió	1.255
2	SC470 Gaspar River Bank	26	55	2	48	58	37	Blumenau	Gaspar	1.095
3	Blumenau –Av. Pres. Castelo Branco.	26	55	7	49	3	58	Blumenau	Blumenau	1.021
4	SC418 Blumenau – Pomerode	26	51	32	49	9	18	Blumenau	Pomerode	989
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	26	44	18	49	4	18	Blumenau	Blumenau	907
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	26	47	38	49	0	16	Blumenau	Gaspar	774
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	26	44	26	48	57	52	Blumenau	Luiz Alves	700
8	SC470 Gaspar	26	55	56	48	57	21	Blumenau	Gaspar	689
9	SC477 Benedito Novo – Doutor Pedrinho 1	26	46	50	49	25	6	Timbó	Benedito Novo	680
10	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	26	40	29	49	8	35	Blumenau	Pomerode	651
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	26	46	38	48	59	31	Blumenau	Luiz Alves	629
12	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	26	44	51	49	4	10	Blumenau	Blumenau	601
13	SC 302 Taió-Passo Manso 4	27	6	26	50	4	7	Taió	Taió	526
14	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 11	26	43	53	48	56	6	Blumenau	Luiz Alves	497
15	SC486 Brusque - Botuverá 13	27	10	41	49	2	5	Brusque	Botuverá	473
16	SC416 Timbó – Pomerode	26	45	32	49	13	52	Timbó	Timbó	443
17	SC486 Brusque - Botuverá 1	27	7	44	48	56	23	Brusque	Brusque	430
18	Alameda Rio Branco, Blumenau.	26	54	54	49	5	6	Blumenau	Blumenau	398
19	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 2	26	48	59	49	1	11	Blumenau	Gaspar	384
20	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 7	26	44	13	48	57	22	Blumenau	Luiz Alves	380
21	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 1	26	49	5	49	1	9	Blumenau	Gaspar	379
22	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 3	26	46	54	48	59	41	Blumenau	Luiz Alves	372
23	Ponte Aldo P. de Andrade margem direita	26	54	45	49	4	10	Blumenau	Blumenau	366
24	SC486 Brusque - Botuverá 3	27	9	5	48	58	50	Brusque	Brusque	344
25	SC486 Brusque - Botuverá 2	27	9	2	48	58	47	Brusque	Brusque	342
26	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 8	26	47	40	49	0	18	Blumenau	Gaspar	326
27	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 4	26	48	6	49	0	36	Blumenau	Gaspar	323
28	SC486 Brusque - Botuverá 9	27	9	31	48	59	24	Brusque	Botuverá	301
29	SC486 Brusque - Botuverá 7	27	9	20	48	59	10	Brusque	Brusque	298
30	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 2	26	46	57	48	59	42	Blumenau	Luiz Alves	278
31	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 7	26	47	48	49	0	20	Blumenau	Gaspar	276
32	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 1	26	47	10	48	59	47	Blumenau	Luiz Alves	271
33	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 5	26	45	3	48	58	34	Blumenau	Luiz Alves	271
34	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 8	26	44	4	48	56	56	Blumenau	Luiz Alves	270
35	SC486 Brusque - Botuverá 11	27	10	2	49	0	5	Brusque	Botuverá	260
36	SC486 Brusque - Botuverá 10	27	9	40	48	59	36	Brusque	Botuverá	260
37	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 10	26	44	1	48	56	30	Blumenau	Luiz Alves	227
38	SC486 Brusque - Botuverá 12	27	10	25	49	0	33	Brusque	Botuverá	221
39	SC486 Brusque - Botuverá 4	27	9	7	48	58	51	Brusque	Brusque	220
40	SC486 Brusque - Botuverá 6	27	9	18	48	59	7	Brusque	Brusque	220
41	SC486 Brusque - Botuverá 14	27	10	47	49	2	32	Brusque	Botuverá	220
42	SC486 Brusque - Botuverá 5	27	9	19	48	59	5	Brusque	Brusque	220
43	SC 302 Taió-Passo Manso 2	27	6	51	50	4	14	Taió	Taió	202
44	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 6	26	47	55	49	0	28	Blumenau	Gaspar	184
45	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 10	26	47	38	49	0	11	Blumenau	Gaspar	184
46	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 2	26	39	38	49	8	39	Blumenau	Pomerode	184
47	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 12	26	43	45	48	55	58	Blumenau	Luiz Alves	184
48	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 3	26	48	42	49	1	5	Blumenau	Gaspar	184
49	SC413 Luiz Alves -Massaranduba 1	26	43	12	48	56	31	Blumenau	Luiz Alves	172
50	Gaspar - Blumenau 3	26	53	34	49	0	43	Blumenau	Gaspar	169
51	SC486 Brusque - Botuverá 8	27	9	25	48	59	16	Brusque	Botuverá	151
52	SC 302 Taió-Passo Manso 1	27	6	53	50	4	14	Taió	Taió	149
53	SC 302 Taió-Passo Manso 3	27	6	50	50	4	14	Taió	Taió	149
54	SC477 Benedito Novo – Doutor Pedrinho 2	26	46	3	49	26	13	Timbó	Benedito Novo	144
55	Rua Bruno Hering, Blumenau.	26	55	17	49	3	46	Blumenau	Blumenau	119
56	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 9	26	44	1	48	56	44	Blumenau	Luiz Alves	111
57	SC477 Benedito Novo –Doutor Pedrinho 3	26	47	3	49	21	54	Timbó	Benedito Novo	108

Priori.	Localização	Latitude			Longitude			SDR	Municipalidade	Prejuízo potencial Médio Anual R\$/ano
		G	M	S	G	M	S			
58	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 5	26	48	1	49	0	33	Blumenau	Gaspar	106
59	Baú	26	47	22	48	56	41	Blumenau	Ilhota	101
60	SC486 Brusque - Botuverá 15	27	9	46	48	59	45	Brusque	Brusque	78
61	Luiz Alves Municipalidade Road 1	26	43	33	48	57	31	Blumenau	Luiz Alves	67
62	SC413 Luiz Alves -Massaranduba 2	26	42	54	48	56	55	Blumenau	Luiz Alves	62
63	Luiz Alves Municipalidade Road 2	26	45	48	48	59	2	Blumenau	Luiz Alves	59
64	Brusque Municipalidade Road 1	27	7	43	48	53	53	Brusque	Brusque	56
65	Gaspar - Blumenau 2	26	53	48	49	2	19	Blumenau	Blumenau	55
66	Gaspar - Blumenau 1	26	53	42	49	2	20	Blumenau	Blumenau	55
67	Brusque Municipalidade Road 2	27	7	16	48	52	7	Brusque	Brusque	51

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 6.3.5 Inventário dos locais de risco e mapeamento de risco de desastre de escorregamento e sedimentação

No Figura 6.3.3, ilustra os locais potenciais de risco de escorregamentos. No Figura 6.3.4 ilustra um dos exemplos do mapa de risco de escorregamento. Os mapas estão compostos de 420 folhas e podem ser observados no tamanho A4. Os dados encontram-se em GIS, contendo informações abaixo:

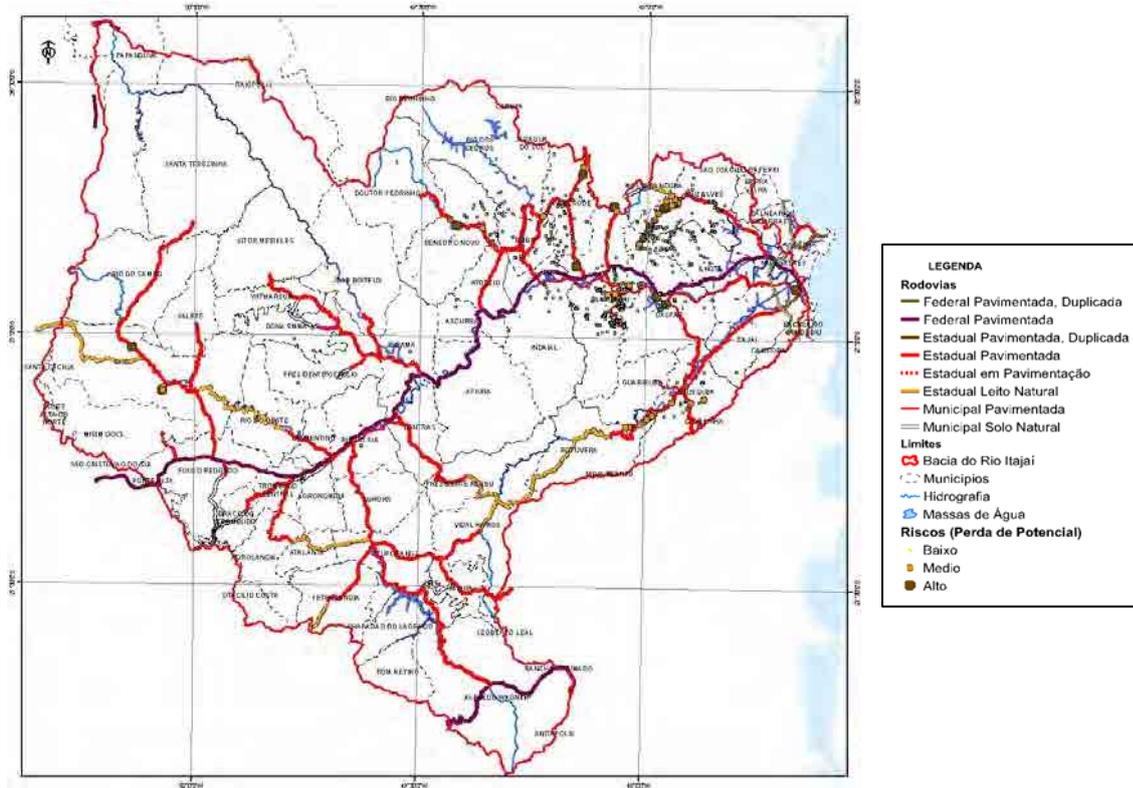
**Tabela 6.3.3 Inventário dos desastres de risco de escorregamento**

Numero de Risco (Codificação de Mapa, etc.),
Localização (longitude, latitude, Municípios, etc.),
SDR/Município,
Tipo de movimento do solo,
Área de Risco (Queda, Colapso, Movimento, Escoamento de lama, etc.),
Tipo de Geologia, Solo e Vegetação,
Classificação de Altitude, Declividade.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

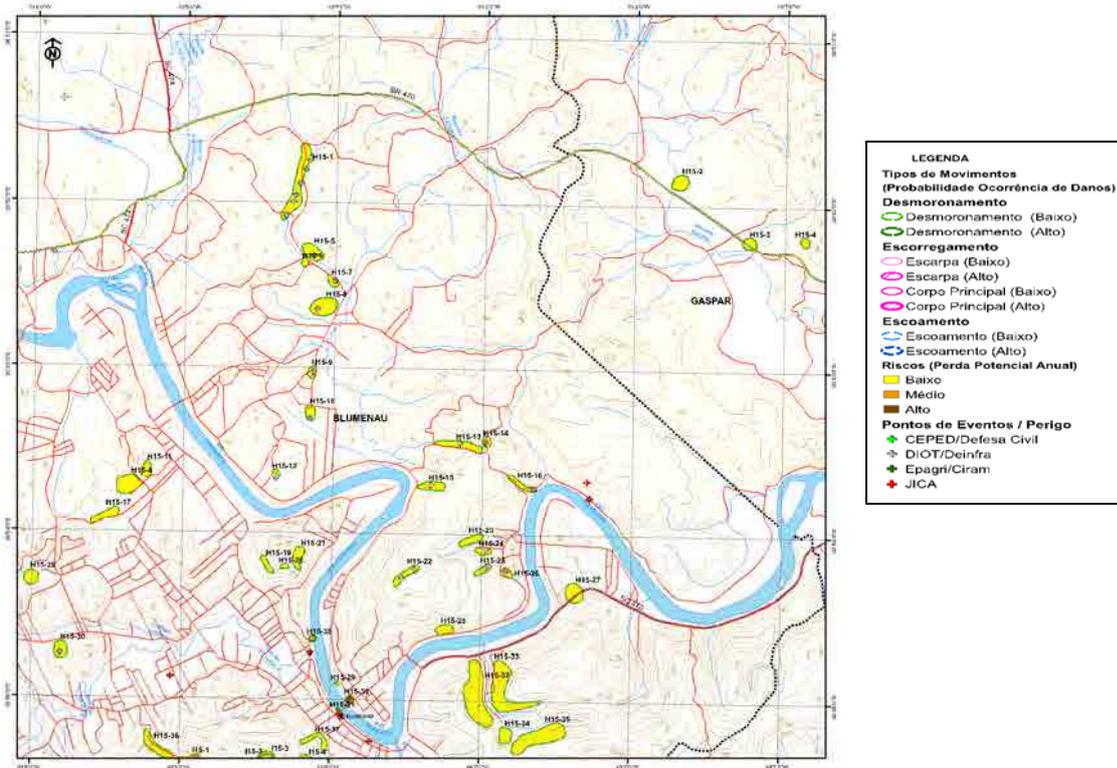
### 6.4 Demandas relativas à mitigação de escorregamento.

Na tabela 6.4.1, foram relacionadas opiniões dos órgãos ligados sobre as medidas contra escorregamento. Há indícios de que as zonas residenciais estão avançando para os morros com objetivo de fugir das inundações ou devido ao aumento populacional, aumentando com isso os desabamentos. Nos locais castigados pelo desabamento, há influência de fatores humanos, tais como construção de residências de forma irregular (corte de encosta íngreme, morar em planície de inundação, mau drenagem de água, etc.). As Defesas Cíveis dos municípios estão solicitando apoio técnico e treinamento sobre a forma de controle do escorregamento. A Defesa Civil Estadual e outros órgãos também têm opiniões semelhantes. O DEINFRA entende que é necessário a implementação das medidas estruturais tais como projetos de manutenção preventiva de escorregamento em estradas estaduais e municipais.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura 6.3.3 Mapas de risco de desastres de escorregamento/produção de sedimentação



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura 6.3.4 Exemplo de mapa de risco de desastre de escorregamento

**Tabela 6.4.1 Opiniões e necessidades dos órgãos ligados aos desastres de escorregamentos**

<b>Órgãos de controle</b>	<b>Resumo das opiniões</b>
(DNIT) Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Com relação à rodovia federal BR-470, acha que não há necessidade de manutenção preventiva de escorregamento (escritório de administração em Rio do Sul).</li> <li>Com relação à Rodovia BR282, administrada pelo governo federal, acha que não há necessidade de manutenção preventiva de escorregamento. A BR-101, que passa pelo litoral, no trecho da Bacia do Rio Itajaí, é privatizada (escritório em Santa Catarina).</li> </ul>
DEINFRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dá suporte à reconstrução de estradas estaduais e municipais afetadas pelo escorregamento.</li> <li>Há muitas vias e pontos que necessitam de manutenção preventiva de escorregamento.</li> <li>Nunca executou projeto de manutenção preventiva de escorregamento das estradas, e não sabe como planejar.</li> <li>Gostaria de participar do estudo preparatório da JICA como contraparte, para aprender planejar e elaborar o projeto de manutenção preventiva de escorregamento nas estradas.</li> <li>Como na ocasião da recuperação do desastre de 2008 o governo do Estado de Santa Catarina decidiu atender às estradas municipais também como obra do governo, e é possível que o projeto de auxílio da JICA se torne obra do governo estadual (a cargo de DEINFRA), mesmo que seja obra de manutenção preventiva dos municípios.</li> </ul>
Defesa Civil- SC	<ul style="list-style-type: none"> <li>O problema é a falta de especialistas em geologia. Em termos de treinamento técnico, será necessário também na área de informação e saúde pública.</li> <li>A construção habitacional irregular em área de risco, e os desencontros de disposições sobre utilização de terras entre as leis federais, estaduais e municipais, estão aumentando os desastres. Atualmente o alerta sobre escorregamento é dado quando atinge 200 mm/dia tendo como base a previsão de CIRAM.</li> <li>Não utiliza informações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.</li> <li>Seria ideal instalar estações pluviométricas automáticas em cada município para emitir alerta sobre escorregamento, mas acredita ser necessário oferecer treinamento às Defesas Civas dos municípios.</li> <li>A instalação de estação pluviométrica automática nos municípios será feita com a verba de IDB, Programa 5 (melhoramento de estradas) e deverá contemplar 293 municípios em todo o Estado de Santa Catarina.</li> <li>É desejável que as medidas estruturais sejam baratas.</li> </ul>
UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) CEPED	<ul style="list-style-type: none"> <li>A pedido da Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina tem enviando especialistas em geologia e em engenharia civil aos locais afetados para pesquisa.</li> <li>Fornecerá o máximo de informações disponíveis para o estudo da JICA.</li> <li>Propôs ao governo de Santa Catarina estudar a terceirização de planejamento de prevenção de desastres urbanos, mas não foi aceita.</li> </ul>
CIRAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seria ideal que as obras estruturais sejam baratas, tendo em vista a situação atual do Brasil (diretor)</li> <li>Está fazendo um estudo para verificar o risco de inundação e de escorregamento tendo como indicador o volume de chuvas cada três dias.</li> </ul>
FRUB CEOPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não está dando previsão ou alerta de escorregamento.</li> <li>Há estação pluviométrica automática em 16 pontos da Bacia, os quais são da propriedade da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, são controlados pela FRUB, e armazenam o registro de volume de chuva a cada 15 minutos.</li> <li>Acha necessário implementar o sistema de previsão e alerta de escorregamento.</li> <li>As Secretarias de Defesa Civas dos municípios exceto Blumenau são pouco organizadas, e mesmo que se instalem estação pluviométrica automática em cada município, não se sabe se conseguirão mantê-los e utilizá-los.</li> <li>Já fez o estudo de relação entre o escorregamento e o volume de chuva, tendo como indicador o volume diário e o volume de sete dias. A correlação não foi boa.</li> <li>Gostaria de desenvolver um projeto-modelo para as medidas estruturais contra escorregamento do morro íngreme ao lado da galeria New Market, na zona urbana de Blumenau. Gostaria de incluir desde pesquisa e análise até projeto e execução de obras estruturais. Solicita a cooperação do Japão.</li> </ul>

<b>Órgãos de controle</b>	<b>Resumo das opiniões</b>
CPRM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Será necessário atualizar o mapa de desastres feito pelos municípios.</li> <li>Será necessário também aprofundar os estudos geológicos e de solo.</li> </ul>
FATMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Em 2002, foi definido conceito que a APP (Área de Proteção Permanente) é morro de inclinação superior a 45°, e cume das montanhas (1/3 superior). Não há desencontro entre as leis federais e estaduais.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basicamente, não é permitido fazer construções nas áreas de APP, mas se for obra pública como a de prevenção de desastres, será permitida.</li> </ul>
Secretaria Estadual de Planejamento Departamento de Desenvolvimento Urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A autorização de empreendimentos residenciais é dada pelo município, sejam de obra do Estado, do município ou de iniciativa privada, mas o controle de preservação ambiental é feito pela FATMA.</li> <li>• Compreende que é necessário ter cuidado para não causar novos problemas nos morros com a criação de novas áreas residenciais, e que o aumento do volume de água da chuva que escoar aumente a inundação, sendo necessário criar regras para instalar meios de contenção de enxurrada na Bacia do Rio Itajaí, onde há problemas de enchente.</li> <li>• No momento, não há plano de novos empreendimentos no âmbito estadual.</li> <li>• A Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR) prioriza o desenvolvimento, mas o seu ponto fraco é a falta de preocupação no aspecto de desastres naturais. No zoneamento do desenvolvimento regional, de modo geral, a Secretaria de Desenvolvimento Regional e os municípios, que são desenvolvimentistas, e o Estado, que é preservacionista, têm opiniões divergentes, havendo a necessidade de entrar em comum acordo para solucionar a questão.</li> </ul>
COHAB/SC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De modo geral, os novos empreendimentos habitacionais são realizados como obras da prefeitura nos municípios que possuem engenheiros, tais como Brusque e Rio do Sul, e como obras do Estado, em outros municípios.</li> <li>• A autorização do projeto das obras estaduais, no aspecto técnico, é dada pela COHAB (no caso do projeto do município, pelo chefe do setor encarregado de projeto do município).</li> <li>• A autorização final para execução da obra é dada pelo prefeito local.</li> <li>• A avaliação ambiental é feita pela FATMA.</li> <li>• Acredita que a necessidade de novos empreendimentos habitacionais na Bacia do Rio Itajaí é maior no município de Blumenau.</li> <li>• No caso de executar as obras com o empréstimo do Japão, a execução da obra poderá ser feita pelo município de Blumenau, que tem nível técnico elevado.</li> </ul>
CREA	As Prefeituras não dispõem de recursos para adoção de medidas estruturais de escorregamentos nas residências particulares, portanto, não foram feitas quase nada sobre as ocorrências de escorregamentos de tempestade de 2008. Com as parcerias entre a Prefeitura, CPRM e CREA, estão sendo executadas obras de recuperação das áreas de escorregamentos nas residências particulares, otimizando os fundos de empresas privadas de mineração.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Na tabela 6.4.2, foram relacionadas opiniões e as necessidades de cada município em relação ao escorregamento. O município de Blumenau está elaborando o mapa de desastres de escorregamento. Em outros municípios também está sendo realizada a investigação geotécnica de engenharia em cada um dos locais afetados pelos escorregamentos ativos etc., pelos órgãos das universidades tais como CEPED, enviados pela Defesa Civil/SC.

No local onde ocorreu o escorregamento ativo, em agosto de 2010, no município de Pomerode, o proprietário da terra estava tomando providência fazendo drenos e obras civis utilizando máquinas pesadas. No município de Itajaí, houve caso de corte de encostas e construção de dreno realizada como medida de prevenção de escorregamento nas áreas residenciais, por iniciativa do município. No município de Benedito Novo, está realizando a prevenção de erosão com o capim petibá, sob a orientação de DEINFRA. Ambos são coisas relativamente simples, e o efeito também é limitado.

Os municípios reivindicam a implementação das medidas de escorregamento em estradas de acesso ao reservatório de água e de medidas estruturais de desabamento relativas às áreas residenciais.

**Tabela 6.4.2 Opiniões e necessidades de cada município com relação ao escorregamento**

<b>Órgãos de controle</b>	<b>Resumo das opiniões</b>
Defesa Civil de todos os municípios	Não existe sistema de previsão e alerta de escorregamento. Quanto às medidas estruturais, gostaria muito se puderem ser feitas como obra do Estado.
Blumenau	Elaborou o manual de enfrentamento de escorregamento, unificado com o de inundação. O mapa de risco de escorregamento pode ser feito na página de web. Está em curso a pesquisa detalhada (análise das imagens de satélite + exploração). Deposita esperança no auxílio técnico do Japão. Na área de risco de escorregamento há muitas habitações irregulares. Mesmo que orientem no sentido de mudar-se dali, outras pessoas chegam para morar no mesmo lugar.
Gaspar	Possui mapa de locais afetados pelas chuvas de novembro de 2008. Não sabe como enfrentar escorregamento.
Ilhota	Todos os casos de morte decorrentes das chuvas de novembro de 2008 se devem ao escorregamento da região do morro do Baú. Após o desastre de 2008, estão dando aconselhamento psicológico aos flagelados. Por sugestão do psicólogo, foi eleito um líder de prevenção de desastres da comunidade e formatada a rede de informação.
Luiz Alves	A estrada Gaspar/Blumenau ou a estrada que liga a Massaranduba são frágeis, sendo necessário tomar medidas contra escorregamento nestes trechos. Receia-se o desmoronamento de pista da Estrada que leva ao reservatório de água encanada do município.
Brusque	Há problemas de escorregamento nos empreendimentos habitacionais novos também, e em alguns lugares a obra foi suspensa.
Rio do Sul	Não tem o <i>know-how</i> de enfrentamento de escorregamento. Gostaria de fazer o curso para aprender com equipe do Japão.
Benedito Novo	Está tentando prevenir a erosão com o capim petibá (orientação de DEINFRA) Não sabe como lidar com o escorregamento atrás do prédio da prefeitura, que possui face de escorregamento profunda.
Timbó	Falta comunicação entre Defesa Cívica dos municípios.
Itajaí	No município há muitas áreas de risco de escorregamento. Algumas têm fissura desenvolvida e apresentam alto grau de risco. Algumas das medidas existentes (切土) estão alteradas, talvez por falta de dreno.
Rio dos Cedros	Em novembro de 2008, o rio foi bloqueado pelo escorregamento, criando-se uma represa natural temporariamente. Se isso voltar a acontecer, poderá ocorrer inundação em decorrência do rompimento da represa natural.
Pomerode	Há um escorregamento que surgiu com as chuvas de 2008 e foi reativado no final de agosto de 2010. O proprietário do terreno construiu dreno superficial de argamassa, dreno tradicional feito de bambu entrelaçado e escavação com máquinas pesadas para mudar a direção do escorregamento. Foi auxiliado pela pesquisa do CEPED.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## 6.5 Princípios básicos das medidas para a mitigação de escorregamentos e sedimentação

O Plano Diretor de mitigação de escorregamento e sedimentação será formulado de acordo com os três seguintes pontos:

### (1) Introdução das Medidas Estruturais e Medidas não estruturais.

Elaborar o Plano Diretor de mitigação de escorregamento e de sedimentação, conjugando as medidas estruturais e não estruturais.

### (2) Medidas considerando o gênero e as pessoas vulneráveis

Considerar os benefícios iguais a todos entre as sociedades diferenciadas na formulação de Plano Diretor de desastre.

### (3) Medidas integradas de escorregamento considerando o fator ambiental

Formular um Plano Diretor de escorregamento, considerando a minimização das disparidades de benefícios e de prejuízos que existem dentro da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, tendo como objetivo a melhoria de benefícios em toda a Bacia de forma equitativa, observando os seguintes pontos:

- Minimizar a disparidade de distribuição dos benefícios e dos prejuízos dentro da Bacia,
- Maximizar os benefícios em toda a Bacia do Rio Itajaí,
- Dar a devida importância aos fatores naturais, ambientais e sociais.

## 6.6 Diretrizes básicas para a elaboração do Plano Diretor de mitigação de escorregamentos

### 6.6.1 Síntese

O desastre de novembro 2008 foi concentrado na Foz do Rio Itajaí. Este ocorreu em função das chuvas sucessivas concentradas na Foz do Rio Itajaí. Existe necessidade de evitar que as medidas sejam realizadas, somente na região da foz onde ocorreram os desastres.

Serão maximizados os benefícios dando prioridades nas áreas onde existem necessidades de implementar as obras, especial atenção aos locais onde esse desastre afeta a maior dimensão econômica. Considerado isso, foram estabelecidas as seguintes diretrizes básicas:

- i. Instalar o sistema de alarme/alerta de escorregamento e enxurrada abrangente para todo o Estado de Santa Catarina como as medidas não estruturais.
- ii. As obras serão implementadas a partir dos locais onde o valor do prejuízo potencial anual decorrentes dos desastres é maior.
- iii. No processo de implementação das medidas estruturais e não estruturais, o Governo do Estado de Santa Catarina deverá executar programas de fortalecimento técnico das instituições e educação sobre a prevenção dos desastres para as instituições relacionadas e populações.

### 6.6.2 Medidas não Estruturais

Com o objetivo de evitar perdas de vidas humanas e feridos pelos desastres serão introduzidos o sistema de alarme/alerta dos escorregamentos e enxurradas.

#### (1) Âmbito de aplicação do sistema de previsão e alerta de escorregamento e enxurrada:

Existe plano para estruturar o sistema de alarme/alerta pela Defesa Civil-SC e EPAGRI-CIRAM. Considerando que o mapeamento das áreas de riscos é extensivo para toda a região do Estado e os limites dos municípios não coincide com a divisão geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, além da existência de tráfegos de pessoas entre as bacias, é recomendável ampliar o sistema para todo o Estado de Santa Catarina.

#### (2) Âmbito de aplicação do sistema de previsão e alerta de escorregamento:

Instalar as estações pluviométricas automáticas nas 293 municipalidades. Os funcionários da Defesa Civil municipal irão monitor as estações pluviométricas automáticas e irão informar o prefeito quando atingir o índice pluviométrico pré-estabelecido. O Instituto de informações meteorológicas do Estado será responsável pelo armazenamento dos dados pluviométricos, determinação/atualização dos índices de referência da chuva para o disparo do alarme/alerta dos escorregamentos. Quando o índice de referência da chuva atingir o limite pré-estabelecido, O Instituto Meteorológico deverá notificar a Defesa Civil Municipal, Prefeito, além da mídia. O prefeito será responsável pelo anúncio do estado de alerta de escorregamento a população. A Defesa Civil-SC transmitirá as informações de alerta para o escorregamento por meio de rádio e TV e painéis eletrônicos rodoviários que o DEINFRA irá instalar nas rodovias estaduais. Os cidadãos e os turistas deverão suspender a ida para a escola ou para o trabalho, ou a viagem, tendo em vista o alerta de escorregamento, e refugiar-se pelas vias de escape pré-estabelecidas aos locais determinados (escolas, igrejas etc.) para se protegerem.

#### (3) Pontos do sistema de previsão e alerta de escorregamento que requerem atenção:

Basicamente o sistema deverá transmitir as informações via internet comum, e deverá ter baixo custo de instalação e facilidade de manutenção e controle. Este sistema deverá estar unificado com o sistema de alerta para enchentes e fazer parte do plano de contingência para enchentes em caso de evacuação. Os painéis eletrônicos rodoviários que o DEINFRA irá instalar nas rodovias estaduais deverão ser utilizados nos dias normais para outras finalidades.

### 6.6.3 Medidas estruturais

#### (1) Seleção dos locais prioritários para implementação de medidas estruturais

Os locais prioritários para implementação de medidas estruturais serão escolhidos dentre diversas áreas de riscos de escorregamento, pelo critério de maior risco e de equidade de benefícios proporcionados.

#### (2) Projeto de medidas estruturais relativas à infraestrutura principal:

As medidas de dragagem nos canais do Porto Itajaí foram avaliadas como sendo medidas prioritárias devidas seu alto valor de prejuízo potencial anual. A dragagem que está sendo executada atualmente no canal do Porto pode ser considerada eficiente e eficaz. O custo do serviço de remoção dos sedimentos de barragem de contenção dos sedimentos para o reservatório das areias/pedras removidas na montante do Porto de Itajaí é equivalente ao custo de dragagem que está sendo executada atualmente. A produção de sedimentos pode estar ocorrendo nos locais onde pretende construir as barragens de contenção dos sedimentos, pois, os sedimentos estão sendo transportados também do Oceano. As medidas para a mitigação dos desastres de escorregamentos proporcionam também os efeitos de redução da produção dos sedimentos, portanto, a diretriz será a cobertura vegetal dos taludes no processo de estabilização.

Na rodovia federal BR470 e BR282 já foram executadas obras de manutenção preventiva de escorregamento, apresentando risco baixo. O DNIT também considera desnecessário executar novas obras de manutenção preventiva de escorregamento. Nas rodovias estaduais, as obras de manutenção preventivas de escorregamento ainda são insuficientes, havendo ainda muitos locais com risco de escorregamento. O DEINFRA também tem sugerido a adoção das medidas estruturais para os locais com risco de escorregamento. Com relação às estradas municipais, há necessidade de implementar medidas estruturais nos municípios de Gaspar, Luiz Alves e Brusque. As rodovias com tráfego maior do que 200 veículos por dia e o valor de prejuízo potencial anual maior do que R\$50 mil reais nos locais de risco com escorregamentos constam na Tabela 6.3.2 acima e estão relacionadas na ordem de prioridade de 2º ao 68º. As obras de recuperação das rodovias municipais foram executadas pelo Governo de Estado, após o desastre de 11/2008, portanto, existe precedente, há possibilidade de executar como projeto do Governo Estadual, desde que a Assembleia Legislativa aprove o projeto.

#### (3) Projeto de medidas estruturais relativas às zonas urbanas

Nos municípios de Rio do Sul, Benedito Novo e Blumenau há escorregamento ativo ocorrendo na zona residencial urbana. A implementação das obras de drenagem subterrânea seria eficiente. Porém, o valor de prejuízo potencial anual desses locais de riscos nas áreas residenciais urbanas é menor do que R\$50 mil, portanto, a ordem de prioridade desses locais é baixa.

#### (4) Projeto de medidas estruturais contra desastres relativos aos novos empreendimentos habitacionais

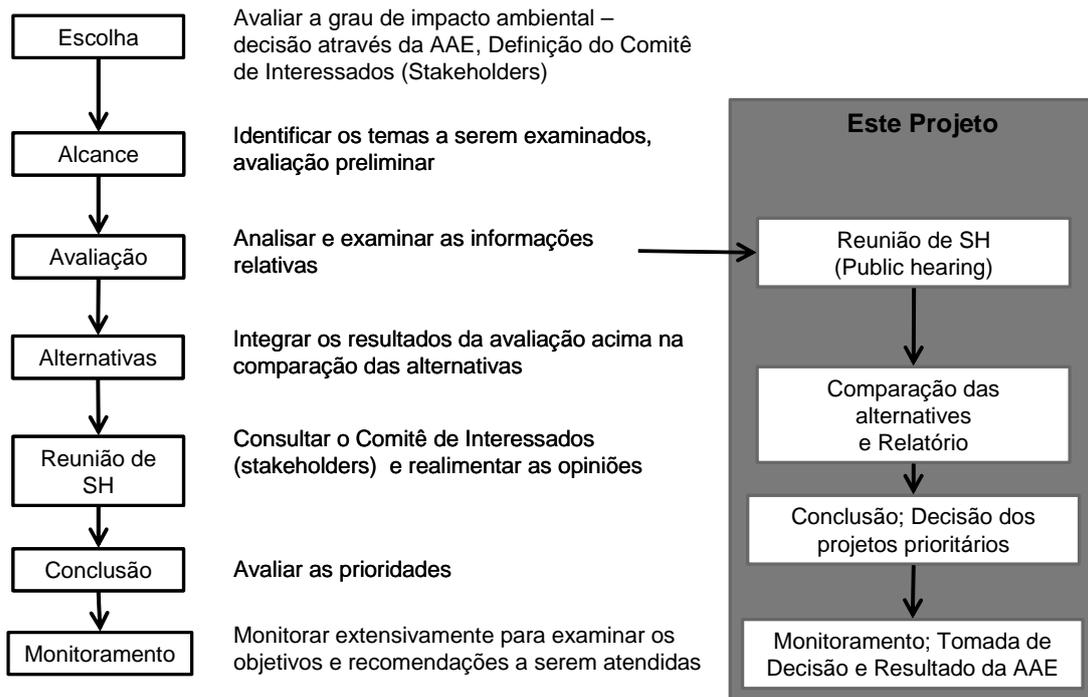
Há casos de empreendimentos habitacionais e industriais que estão gerando novos problemas de escorregamento. É preciso aprimorar as normas técnicas de terraplenagem de terrenos inclinados e, ao executar a obra, utilizar drenos abertos ou fechados e meio de regulagem de fluxo de água, para conter a enxurrada e contribuir também para combater a inundação. Propõe-se eleger como projeto-modelo as áreas de maior risco entre os empreendimentos em curso ou futuros empreendimentos, incluindo na cooperação técnica por conta do financiamento. O auxílio técnico deverá contemplar a pesquisa, a avaliação da adequação do terreno para o empreendimento, planejamento de medidas estruturais, o projeto e o controle de execução de obras.

## CAPÍTULO 7 AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA (AAE)

### 7.1 AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA (AAE)

#### 7.1.1 Sumário e método de Avaliação Ambiental Estratégica

Na formulação do plano diretor de prevenção e mitigação de desastres de enchentes e de escorregamentos, tomou-se como base o conceito básico da AAE, que consiste em “avaliar o impacto ambiental durante a tomada de decisão que transcende os itens individuais”. Na Figura seguinte, ilustra os procedimentos da AAE.



Fonte: JICA “Strategic Environmental Assessment (SEA) – its theory and practices

**Figura - 7.1.1 - Procedimento da Avaliação Ambiental Estratégica**

O estudo do plano diretor consiste num programa que objetiva minimizar os desastres provocados por enchentes e escorregamentos em toda a bacia do rio Itajaí composta por 53 prefeituras. Nesta bacia há inúmeras organizações governamentais e civis, tais como: governo estadual, comitê do Itajaí e associações municipais, universidades e num país como o Brasil, onde a participação popular é mais avançada, o estabelecimento do plano integrado à população e o ajuste junto aos depositários tornaram-se itens vitais para a execução do plano.

Por conta disso, desde o início do estudo de plano diretor realizou-se reuniões e audiências públicas frequentes junto às diversas organizações envolvidas e universidades, e elaborados os relatos intermediários (Etapa de escolha. Vide tabela-16.1). Os temas discutidos nas reuniões e nas audiências públicas foram registrados e considerados para as formulações do Plano Diretor.

No Plano Diretor, as medidas estruturais para as enchentes no grau de segurança expresso em tempo de retorno (5, 10, 25 e 50 anos) foram apresentadas como as combinações das várias medidas que permitem resolver os problemas de enchentes com menores custos. Como indicado na seção 5.3, o grau de segurança deveria estar definido antes do início do Estudo, para poder definir as medidas adequadas para esse tipo de enchente. Porém, devido à inexistência deste tipo de conceito, e com a solicitação do Governo de Santa Catarina, foi definido para propor as medidas adequadas para cada tempo de retorno e selecionar as medidas de acordo com o Tempo de Retorno escolhido. No entanto as

medidas de alerta para o escorregamento foram propostas alternativas únicas, sem considerar o Tempo de Retorno.

Na etapa de alcance e avaliação preliminar foram realizadas avaliações preliminares sobre possíveis impactos que as medidas estruturais propostas para cada plano irão causar, enfatizando os temas relacionados ao meio ambiente, poluição e sociedade, com potencial para influenciar na medida contra as enchentes e escorregamentos (Vide Tabela 10.4.4).

As audiências públicas foram realizadas de acordo com a regulamentação Estadual de Santa Catarina, mostrando os conteúdos das medidas propostas para enchentes através de folders e explicações técnicas das alternativas propostas. As opiniões manifestadas nas audiências públicas foram consideradas na formulação do Plano Diretor.

Considerando os resultados de audiências públicas e as justificativas técnicas, econômicas e sociais, foram realizadas a avaliação preliminar das respectivas alternativas propostas e escolhidas as medidas no âmbito de Estudo de Viabilidade.

Na Fase 2 deste Estudo, durante o período do Estudo de Viabilidade, serão realizados os monitoramentos sobre as temas que foram opinados e propostos pela sociedade, em respectivos projetos a serem propostas.

#### 7.1.2 Análise dos Interessados

A análise dos interessados, que tem o objetivo de identificar os interessados que podem ser afetados pelo plano diretor e de avaliar os possíveis impactos ambientais e sociais sobre os mesmos, foi realizada como uma fase de triagem da AAE.

A área objeto de estudo, a Bacia do Itajaí, se estende por 50 cidades e 9 SDRs. Os órgãos públicos responsáveis pelas tomadas de decisão são os órgãos públicos do estado de Santa Catarina, órgãos públicos municipais e associações de municípios, Comitê do Itajaí e universidades. Antes do início do estudo do plano diretor, foram ouvidas as opiniões de órgãos públicos estaduais, de 3 associações de municípios e de órgãos públicos municipais dos principais municípios objeto deste estudo: Taió, Ituporanga, Rio do Sul, Timbó, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Itajaí e Brusque, além do Comitê do Itajaí.

O Comitê do Itajaí é formado por 20 organizações usuárias de água (tais como CASAN, CELESC, CRAVIL), 20 organizações comunitárias (incluindo as associações de municípios, Fundação do Meio Ambiente, prefeituras, associação de engenheiros, grupos indígenas) e 10 representantes dos órgãos públicos (incluindo o banco federal, SDS, DEINFRA, SDR, FUNAI). Estas organizações e órgãos são os principais grupos envolvidos neste estudo, sendo que o Comitê do Itajaí pode ser considerado a organização representativa dos grupos envolvidos. O próprio Comitê também se considera como representante, segundo a opinião coletada.

#### 7.1.3 Consultas/Discussões com os Interessados no Estudo do Plano Diretor

Foram relacionadas na tabela-1.6.1 do capítulo 1 as reuniões e audiências realizadas durante a pesquisa para a formulação do plano diretor na fase 1 deste estudo.

## 7.2 Legislação e Instituições Federais, Estaduais e Municipais

### 7.2.1 Principais Leis ambientais e de Recursos Hídricos

Esta seção apresenta uma compilação dos principais instrumentos legais, tais como leis, decretos, resoluções e normas que regulamentam o licenciamento ambiental para o presente projeto, incluindo também aqueles relacionados ao uso dos recursos hídricos e aquisição de bens e relocação / reassentamento de famílias e empresas.

### Legislação Federal:

#### Leis Federais:

- Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e a constituição do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).
- Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 - Dispõe sobre o Novo Código Florestal Brasileiro
- Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 - Dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental.
- Lei No.9985/2000 – Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- Lei 10.257, de 10 de junho de 2001 – Estatuto da Cidade – Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição da República, abrangendo uma série de princípios e instrumentos na busca de uma nova forma de construção das cidades.
- Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989 - Dispõe sobre a Política Nacional para utilização de rios e nascente e corpos d'água.
- LEI Nº 11.516, DE 28 DE AGOSTO DE 2007 – Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes.
- Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989 - Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios.
- Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade.
- Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988 - Dispõe sobre o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.
- LEI Nº 4.132, DE 10 DE SETEMBRO DE 1962 – Define os casos de desapropriação por interesse social e dispõe sobre sua aplicação.

#### Decretos Federais:

- Decreto nº.99.274 de 06/06/1990 – Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
- Decreto nº 6.848, de 14 de Maio de 2009 - Altera e acrescenta dispositivos ao Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, para regulamentar a compensação ambiental;
- Decreto Nº 4.340, de 22 de agosto de 2002 - Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências;
- Decreto Nº 4.613/2003 - Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- Decreto No.3365/1941 – Dispõe sobre desapropriações por utilidade pública.
- Decreto-lei nº 1.075, de 22 de janeiro de 1970 – Regula a imissão de posse, initio litis, em imóveis residenciais urbanos. Citado por 393

### Resoluções Federais:

- Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986 - 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.
- Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997 – Dispõe sobre os Procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental.
- Resolução nº 357/2005 – CONAMA – Dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002 – Dispõe sobre os parâmetros da área de preservação permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno;
- Resolução No 371, DE 5 DE ABRIL DE 2006 – Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental, conforme a Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC.
- Resolução nº 2/1994, Política Nacional de Defesa Civil.
- Resolução nº 5/2000 – CNRH – Estabelece diretrizes para a formação e o funcionamento de comitês de bacia hidrográfica.
- Resolução nº 12/2000 – CNRH – Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos d’água em classes segundo os usos preponderantes.
- Resolução nº 16/2001 – CNRH – Estabelece critérios gerais para outorga de direito de uso de recursos hídricos.
- Resolução nº 14/2001 – CNRH – Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas.
- Resolução nº 32/2003 – CNRH – Institui a divisão hidrográfica nacional.
- Resolução nº 48/2005 – CNRH – Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos.
- Resolução nº 65/2006 – CNRH – Estabelece diretrizes de articulação dos procedimentos para a obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos com os procedimentos de licenciamento ambiental.
- Resolução SMA 34, de 27 de agosto de 2003 – Dispõe sobre as medidas necessárias à proteção do patrimônio arqueológico e pré-histórico quando do licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades potencialmente causadores de significativo impacto ambiental, sujeitos à apresentação de EIA/RIMA.

### Outros regulamentos e leis ambientais federais relevantes

- Portaria IPHAN Nº 07/1988 – Regulamenta os pedidos de permissão e autorização e comunicação prévia para o desenvolvimento de pesquisas de campo e escavações arqueológicas no país com a finalidade de proteção dos objetos de valor científico e cultural localizados nessas pesquisas.
- Portaria IPHAN Nº 230/2002 – Torna os estudos arqueológicos preventivos compatíveis com as fases de licenciamento ambiental de projetos que podem potencialmente afetar o patrimônio arqueológico, bem como define os procedimentos a adotar em cada uma das fases do licenciamento ambiental.

### Legislação Estadual:

#### Leis Estaduais:

- Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009 – Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina.
- Lei nº 6.739/1985 – Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH).
- Lei nº 9.022/1993 – Institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- Lei nº 9.748/1994 – Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos.
- Lei 10.949/1998 – Dispõe sobre a caracterização do Estado em regiões hidrográficas
- Lei 11.508/2000 – Dá nova redação ao art. 2º da Lei 6.739.

#### Decretos Estaduais:

- Decreto 14.250/81 – Regulamenta a Lei na Política Estadual de Meio Ambiente
- Decreto 1.003/91 – Aprova o Regimento Interno do Conselho Estadual de Recursos Hídricos
- Decreto 2.648/1998 – Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHICRO
- Decreto 4.778/2006 – Regulamenta a Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos
- Decreto 4.871/2006 – Aprova a Tabela de Emolumentos para análise e expedição da Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos

#### Resoluções Estaduais:

- Resolução CONSEMA N°001/2006 e CONSEMA N.º 003/2008 - Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento.
- Resolução 03/1997 - CERFI - Aprova, as Normas Gerais para composição, organização, competência e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas, de acordo com o disposto nos artigos 20 e 25 da Lei nº 9.748
- Resolução 01/2002 - CERH - Estabelece as diretrizes para a criação dos Comitês de Bacias no Estado de SC
- Resolução 08/2004 - CERH - Institui procedimentos para a Criação de Câmaras Técnicas junto ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos
- Resolução 01/2005 - CERH - Cria a Comissão Técnica do Plano Estadual de Recursos Hídricos
- Resolução 01/2007 - CERH - Cria a Comissão Técnica de Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos
- Resolução 02/2007 - CERH - Cria a Comissão Técnica de Assuntos Legais e Institucionais
- Resolução 01/2008 - CERH - Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água no Estado de Santa Catarina

#### Portarias Estaduais:

- Portaria 2/2006 - SDS - Institui o Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos
- Portaria 35/2006 - SDS - Dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa a serem observados nos exames de pedidos de outorga
- Portaria 35/2007 - SDS - Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para a emissão da declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga para uso de potencial de energia hidráulica para aproveitamentos hidrelétricos em rios de domínio do Estado.

- Portaria 36/2008 - SDS - Estabelece os critérios de natureza técnica para outorga de direito de uso de recursos hídricos para captação de água superficial, em rios de domínio do Estado de Santa Catarina.

#### Legislação Municipal:

- Lei Complementar de Blumenau-SC, nº 615 de 15/12/2006 – Dispõe sobre o Plano Diretor de Blumenau.
- Lei Complementar de Blumenau-SC, Nº 751, de 23 de março de 2010 - dispõe sobre o código de zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Blumenau.
- Lei Complementar de Blumenau-SC, Nº 747, de 23 de março de 2010 – institui o código do meio ambiente do município de Blumenau.
- Lei Complementar de Itajaí-SC, Nº 144, De 22 De Setembro De 2008 – Institui Normas Para O Código De Zoneamento, Parcelamento E Uso Do Solo No Município De Itajaí.
- Lei Ordinária de Itajaí-SC, Nº 2763, De 26 De Outubro De 1992 – Institui O Código De Obras Do Município De Itajaí.
- Lei Ordinária de Itajaí-SC, Nº 2543, De 19 De Dezembro De 1989 – Institui Normas Para O Zoneamento E O Uso Do Solo No Município De Itajaí.
- Lei Complementar de Itajaí-SC, Nº 94, De 22 De Dezembro De 2006 – Institui O Plano Diretor De Gestão E Desenvolvimento Territorial De Itajaí.
- Lei Ordinária de Gaspar-SC, Nº 2803, De 10 De Outubro De 2006 – Institui O Plano Diretor De Desenvolvimento Urbano Do Município De Gaspar.
- Lei Municipal nº 1924/1999 de Gaspar – Cria O Conselho Municipal De Defesa Do Meio Ambiente - COMDEMA, E Revoga A Lei Nº 829/84
- Lei Complementar nº 163/2006 de Rio do Sul – Dispõe Sobre O Plano Diretor Do Município De Rio Do Sul.
- Lei Municipal nº 3609/2001 de Rio do Sul – Cria O Conselho Municipal De Defesa Do Meio Ambiente-CONDEMA.
- Lei Complementar nº 136/2008 de Brusque – Institui O Código De Zoneamento E Uso Do Solo Do Município De Brusque. (Integra O Plano Diretor)
- Lei Complementar nº 140/2008 de Brusque – Institui O Código De Obras Do Município De Brusque. (Integra o Plano Diretor)
- Lei Complementar nº 15/1992 de Brusque – Institui O Plano Diretor Físico-Territorial Urbano.
- Lei Complementar nº 135/2008 de Brusque – Dispõe Sobre A Avaliação, Revisão E Atualização Do Plano Diretor De Organização Físico-Territorial De Brusque (Sc) E Sua Adequação Ao Estatuto Da Cidade. (Integram esta as Leis Complementares nºs 136, 137, 138, 139 e 140)

#### 7.2.2 Instituições e Autoridades Federais e Locais

##### (1) Órgãos e Instituições Federais:

##### - Ministério do Meio Ambiente – MMA:

Criado em 1992, tem como missão promover a adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, a proteção e a recuperação do meio ambiente, o uso sustentável dos recursos naturais, a valorização dos serviços ambientais e a inserção do desenvolvimento sustentável na formulação e na implementação de políticas públicas, de forma transversal e compartilhada, participativa e democrática, em todos os níveis e instâncias de governo e sociedade.

- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA:

Órgão responsável pela execução da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), desenvolvendo atividades para a preservação e conservação do patrimônio natural, exercendo o controle e a fiscalização sobre o uso dos recursos naturais. Também cabe a ele realizar estudos ambientais e conceder licenças ambientais para empreendimentos de significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional.

- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio:

Órgão ambiental que tem a atribuição de realizar a gestão das Unidades de Conservação, propor a criação de novas áreas protegidas e apoiar Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). É responsável, ainda, por definir e aplicar estratégias para recuperar o estado de conservação das espécies ameaçadas por meio dos Centros Especializados de Pesquisa e Conservação.

- Sistema Nacional Do Meio Ambiente – SISNAMA:

Instituído pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

- Agência Nacional de Águas – ANA:

Tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos no Brasil e regular o acesso a água, promovendo o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações.

- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA:

Órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA, com a finalidade de assessorar, estudar e propor diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida;

- Fundação Nacional do Índio – FUNAI:

Órgão do governo brasileiro que estabelece e executa a Política Indigenista no Brasil, dando cumprimento ao que determina a Constituição de 1988.

Órgãos e Instituições Estaduais:

- Governo do Estado de Santa Catarina

- Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – FATMA:

Órgão ambiental do Estado de Santa Catarina, criado em 1975, com a missão de garantir a preservação dos recursos naturais do estado, sendo também responsável pelos processos de licenciamento ambiental de competência estadual.

- Instituto Estadual de Florestas – IEF:

Autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, tendo por finalidade executar a política florestal do Estado e promover a preservação e a conservação da fauna e da flora, o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais renováveis e da pesca, bem como a realização de pesquisa em biomassa e biodiversidade.

- Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA-SC:

Órgão superior do Sistema Estadual de Proteção Estadual, possui caráter deliberativo e normativo, sendo responsável pela aprovação e acompanhamento da implementação da Política Estadual do Meio Ambiente, correspondendo à instância catalisadora de demandas e de proposições de medidas que

aprimoram a gestão ambiental do Estado.

### 7.2.3 Legislação sobre o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) no Brasil

#### (1) Legislação sobre Avaliação do Impacto Ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei Federal nº 6.938/1981, tem, dentre os seus principais instrumentos de implementação, o licenciamento ambiental e a avaliação de impactos ambientais.

O licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente e uma de suas principais características é a participação social na tomada de decisão, por meio da realização de Audiências Públicas durante o processo. Essa obrigação é compartilhada pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente e pelo IBAMA, como partes integrantes do SISNAMA.

As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas na Lei 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97. Além dessas, destaca-se o Parecer MMA nº 312/CONJUR/MMA/2004, que discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a abrangência do impacto, e a Resolução CONAMA nº 09/87, que dispõe sobre a realização de audiências públicas. De acordo com a abrangência dos impactos, a competência do licenciamento pode ser federal, estadual ou mesmo municipal.

No caso dos licenciamentos de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, o órgão competente é o IBAMA, órgão executor do SISNAMA, conforme disposto no §4º do artigo 10 da PNMA e corroborado pelo artigo 4º da Resolução CONAMA nº 237/97. Caso a competência não seja do IBAMA, este delegará aos órgãos ambientais estaduais ou até mesmo municipais a condução do processo de licenciamento, pois, de acordo com o artigo 7º da Resolução CONAMA nº 237/97, os empreendimentos e atividades serão licenciados em um único nível de competência. O procedimento de licenciamento ambiental deverá obedecer às seguintes etapas:

- i. Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;
- ii. Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- iii. Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- iv. Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- v. Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;
- vi. Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- vii. Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;
- viii. Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

A Resolução 237/97 estabelece, ainda, a obrigatoriedade de apresentação, no procedimento de licenciamento ambiental, da certidão das Prefeituras Municipais, declarando que o local e o tipo de

empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação referente ao uso e ocupação do solo e, ainda, a autorização para supressão de vegetação e outorga para uso da água (Artigo 10, § 1º).

Quanto às licenças, conforme disposto no Decreto Federal nº 99.274/1990, são três as licenças expedidas no trâmite do procedimento de licenciamento:

- i. Licença Prévia (LP), na fase preliminar do planejamento de atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;
- ii. Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado; e
- iii. Licença de Operação (LO), autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação.

Os critérios básicos e as diretrizes gerais para o EIA e para o RIMA estão definidos na Resolução CONAMA nº 01/1986, que, constitui a referência em matéria de avaliação de impacto ambiental.

O artigo 2º da Resolução nº 01/86 determina que dependerá de elaboração de EIA/RIMA, a ser submetido à aprovação do órgão competente, o licenciamento de todas as atividades modificadoras do meio ambiente, conforme exposto no item 7.2.4 - Tipos de projetos que requerem a elaboração de EIA, no presente relatório.

O EIA é um diagnóstico detalhado das condições ambientais da área de influência do projeto antes de sua implantação. Deve considerar o solo, o subsolo, o ar, as águas, o clima, as formas de vida, os ecossistemas naturais e o meio sócio-econômico. Deve apresentar, ainda, a análise das consequências de sua implantação e de sua não implantação, avaliando os impactos positivos e negativos e apresentando as medidas amenizadoras desses impactos e suas formas de acompanhamento e monitoramento.

O RIMA deverá refletir as conclusões do EIA, demonstrando em linguagem acessível à toda a comunidade todas as vantagens e desvantagens, ambientais, sociais e econômicas. Deve-se valer de quadros, tabelas, mapas e outros recursos visuais que facilitem a sua compreensão, devendo, ainda, ser disponibilizado para consulta pública na biblioteca do órgão licenciador e na sede dos municípios diretamente afetados.

O EIA e o RIMA devem ser elaborados em conformidade com critérios, metodologias e normas estabelecidos pelo Termo de Referência, aprovado pelo órgão responsável pelo processo de licenciamento.

Os órgãos envolvidos no processo terão prazo para se manifestar sobre o RIMA apresentado. Após recebimento do RIMA, o órgão competente pelo licenciamento deve lançar edital anunciando a abertura de prazo para a solicitação de realização de audiências públicas.

A Audiência Pública, prevista na Resolução CONAMA nº 01/86, é disciplinada pela Resolução CONAMA nº 09 de 03 de dezembro de 1987, e “tem por finalidade expor aos interessados o conteúdo do produto em análise e do seu referido RIMA, dirimindo dúvidas e recolhendo dos presentes as críticas e sugestões a respeito”.

Destaca-se que, além do órgão licenciador, o empreendedor deverá distribuir o EIA/RIMA aos seguintes órgãos envolvidos diretamente no licenciamento do empreendimento: Prefeituras Municipais da área de influência do empreendimento; Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Ministério Público Estadual; Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); Fundação Nacional do Índio (FUNAI); Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN); e Ministério Público Federal (MPF), entre outros.

Em geral, a fase de licenciamento ambiental prévio mediante a elaboração de EIA/RIMA deve obedecer as seguintes etapas, após a definição da competência pelo licenciamento e instaurado o processo junto ao órgão competente (federal, estadual ou municipal):

- Elaboração de EIA e RIMA;
- Envio de EIA e RIMA e do requerimento de LP ao órgão competente, com posterior publicação do requerimento de LP;
- Verificação pelo órgão competente da abrangência do EIA e RIMA em relação ao TR;
- Distribuição pelo empreendedor, do EIA e RIMA aos órgãos envolvidos e ao órgão licenciador para análise de mérito;
- Realização de vistoria técnica pelo órgão licenciador e solicitação de complementações;
- Aceite do EIA/RIMA pelo órgão licenciador;
- Empreendedor dará publicidade ao EIA/RIMA, disponibilizando cópias nos locais indicados pelo órgão licenciador, que dará publicidade ao RIMA, disponibilizando-o em seu sítio e divulgando locais de disponibilização do EIA;
- Realização de Audiências Públicas;
- Definição pelo órgão licenciador do grau de impacto do empreendimento com vistas à compensação ambiental;
- Deferimento ou não da solicitação de LP pelo órgão licenciador;
- Pagamento de taxas referentes ao licenciamento pelo empreendedor;
- Emissão da LP.

## (2) Iniciativas Institucionais para a Legalização da AAE no Brasil

No Brasil, existem vários casos de AEE implementada por projetos alinhados com agências de financiamento internacional ou através da iniciativa independente de alguns governos estaduais e/ou municipais, embora a aplicação da AEE ainda não tenha sido legalizada pelo governo federal. Em resposta à tendência mundial da AEE, o governo federal realizou as seguintes atividades para uma das diretrizes de aplicação da AEE.

Ano	Agência Executora	Descrição das atividades
2002	Ministério do Meio Ambiente	Promoveu um estudo sobre a AEE recomendando sua adoção pela legislação.
2004	Tribunal de Contas da União	Acórdão N.º. 464 – Adoção da AAE no desenvolvimento de Planos Multianuais e em políticas de planejamento, planos e programas setoriais.
2004	Ministério do Meio Ambiente	Consulta pública – tem o objetivo de estabelecer princípios, condições e critérios básicos para o uso da AAE como uma ferramenta para avançar os processos das políticas ambientais para a formulação de estratégias para a ação que ocorre em níveis diferentes da decisão do Governo Federal.

Fonte: Pontos Fortes e Pontos Fracos da AAE no Brasil, Conferência da IAIA 2011

### 7.2.4 Tipos de projetos que requerem a elaboração de EIA

O artigo 2º da Resolução CONAMA nº 01/86 determina que dependerá de elaboração de EIA e RIMA, a ser submetido à aprovação do órgão estadual ou federal competente, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;

Ferrovias;

Portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos;

Aeroportos, conforme definidos pelo inciso 1, artigo 48, do Decreto-Lei nº 32, de 18.11.66;

Oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários;

Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230KV;

Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

- i. Extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão);
- ii. Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração;
- iii. Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;
- iv. Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;
- v. Complexo e unidades industriais e agro-industriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hídricos);
- vi. Distritos industriais e zonas estritamente industriais - ZEI;
- vii. Exploração econômica de madeira ou de lenha, em áreas acima de 100 hectares ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental;
- viii. Projetos urbanísticos, acima de 100ha. ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da SEMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes;
- ix. Qualquer atividade que utilize carvão vegetal, em quantidade superior a dez toneladas por dia.

#### 7.2.5 Tipos de projetos que requerem a elaboração de EIA no Estado de Santa Catarina

A Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – FATMA, órgão responsável pelos processos de licenciamento ambiental no Estado, segue as diretrizes do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Assim, a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) no Estado de Santa Catarina será exigida sempre que a atividade a ser licenciada estiver inserida na Relação de Atividades Potencialmente Poluidoras, emitida pelo CONAMA (artigo 2º da Resolução Nº 01/86), conforme explicitado na seção 7.2.4 do presente relatório.

Além das atividades definidas pela Resolução CONAMA, acrescentam-se as atividades consideradas pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) como sendo potencialmente causadoras de degradação ambiental, referidas no Anexo I da Resolução CONSEMA 001/2006 (Anexo I – Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental e estudos mínimos exigíveis ao licenciamento ambiental).

#### 7.2.6 Processo de Aprovação do EIA em Santa Catarina

De acordo com as diretrizes para a execução do licenciamento ambiental expressas na Lei 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97, além do Parecer nº 312/CONJUR/MMA/2004, o licenciamento dos projetos previstos no Projeto de Medidas para Prevenção de Desastres na Bacia do Rio Itajaí é de competência estadual, uma vez que a abrangência de seus impactos ambientais diretos não

ultrapassa os limites do Estado de Santa Catarina.

O órgão responsável pelos processos de licenciamento ambiental no Estado é a Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – FATMA, que, além das diretrizes da PNMA, segue aquelas previstas na lei 14.675/09 e nas Resoluções CONSEMA/SC nº 01/2006 e 03/2008.

O processo de licenciamento junto à FATMA tem início mediante preenchimento do Formulário de Caracterização do Empreendimento Integrado (FCEI). Ao analisar o FCEI e as solicitações de Licença Ambiental Prévia (LAP) e verificar que a atividade a ser licenciada está inserida na Relação de Atividades Potencialmente Poluidoras<sup>1</sup>, a FATMA exigirá do empreendedor a elaboração de EIA/RIMA. O estudo, que será disponibilizado para consulta pública na biblioteca do órgão licenciador e na sede dos municípios diretamente afetados, deverá ser apresentado em conformidade com o Termo de Referência<sup>2</sup> aprovado por este órgão, conforme estabelecido pela Resolução 237/97 do CONAMA. Destaca-se, como aspecto primordial do processo de licenciamento prévio mediante elaboração de EIA/RIMA, a obrigatoriedade da realização das audiências públicas<sup>3</sup>, conforme Resolução nº 09/87 do CONAMA.

---

<sup>1</sup> Resolução CONAMA nº 01/86 e Anexo I da Resolução CONSEMA nº 001/2006.

<sup>2</sup> Artigo 4º, § 4º, da Resolução CONSEMA nº 001/2006.

<sup>3</sup> Artigo 4º, § 3º, da Resolução CONSEMA nº 001/2006.

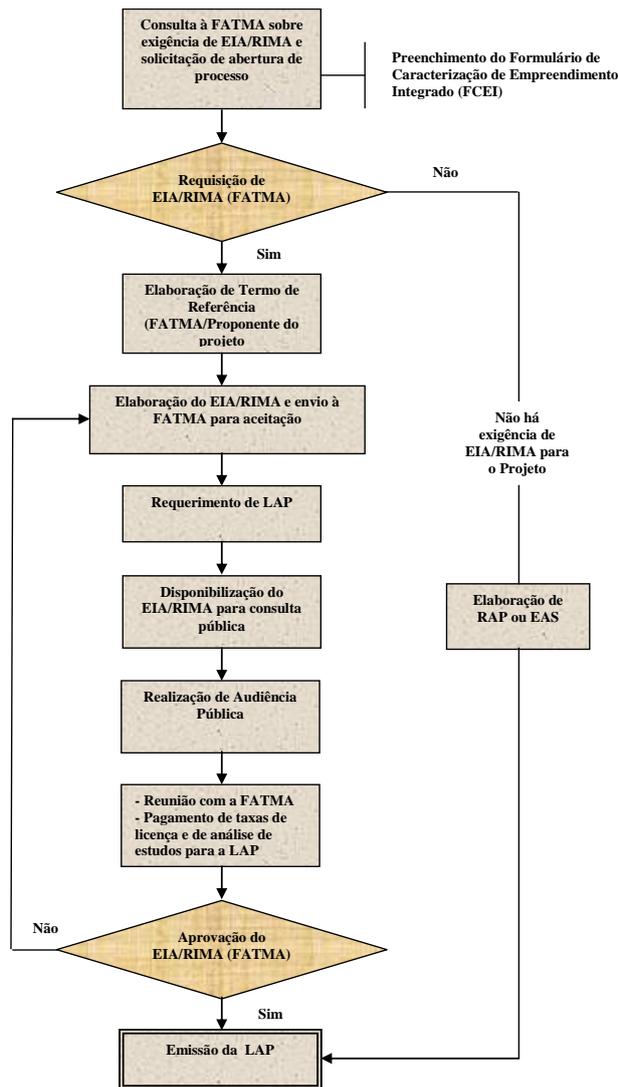


Figura 7.2.1 Fluxograma de LAP – Licenciamento Ambiental Prévia.

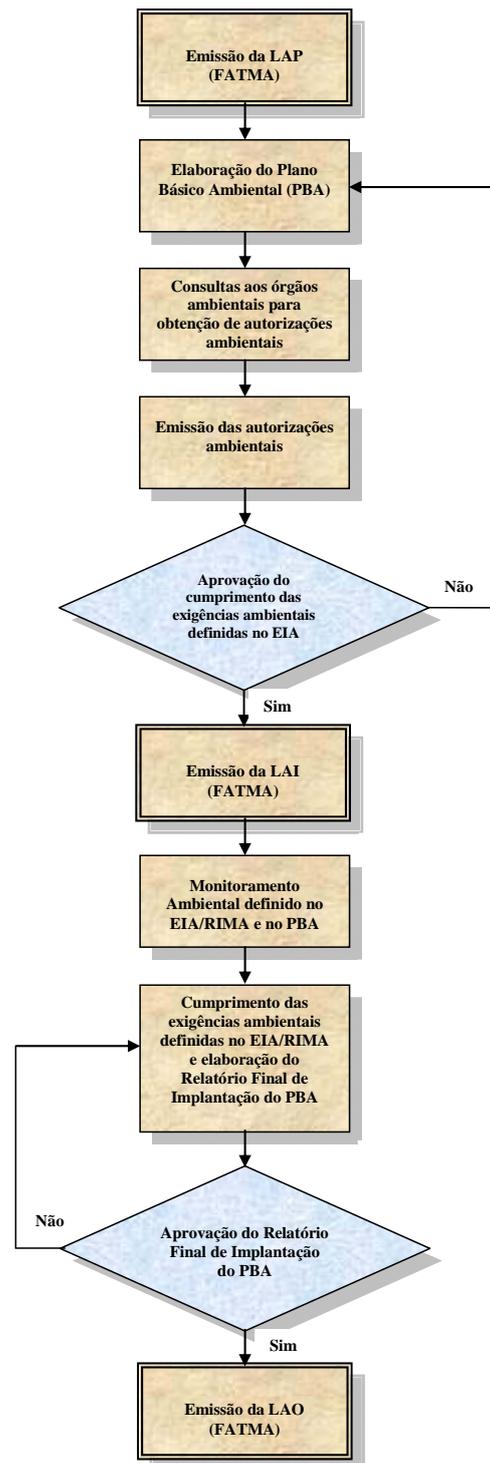


Figura 7.2.2 Fluxograma de LAO - Licenciamento Ambiental de Operação

Nos casos em que não for constatada a necessidade de elaboração de EIA/RIMA para o licenciamento prévio ambiental, a FATMA exigirá a elaboração de Relatório Ambiental Prévio (RAP) ou Estudo Ambiental Simplificado (EAS), conforme indicação da listagem de atividades potencialmente causadoras de impacto ambiental (ANEXO I da Resolução CONSEMA 001/2006).

Em conformidade com as diretrizes da legislação federal (Lei nº 6.938/81 e Decreto nº 99.274/90), as seguintes licenças são expedidas no Estado de Santa Catarina:

**Licença Ambiental Prévia (LAP):** É concedida na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a cumprir nas fases de localização, instalação e operação, observando os planos municipais, estaduais e federais de uso do solo. A LAP é emitida após a aprovação dos estudos ambientais prévios. O objetivo da LAP é definir as condições para que o empreendedor possa prosseguir com a elaboração de seus projetos, observando os pré-requisitos definidos pelo órgão ambiental. A LAP não autoriza o início de qualquer obra ou serviço no local do projeto.

**Licença Ambiental de Instalação (LAI):** É concedida após a análise e aprovação do projeto executivo e de outros estudos, especificando as medidas de controle ambiental do projeto, de acordo com o tipo, dimensão, características, potenciais impactos ambientais e um plano de recuperação de áreas degradadas. A LAI autoriza o início da implantação do empreendimento.

**Licença Ambiental de Operação (LAO):** Licença que autoriza o início da operação do empreendimento, a LAO é concedida após a sua construção e as verificações necessárias referentes às medidas de controle ambiental durante o seu funcionamento, e de outros requisitos ambientais especificados nas fases anteriores do licenciamento.

Apresenta-se, a seguir, um fluxograma referente aos procedimentos de licenciamento ambiental no Estado de Santa Catarina para a emissão da LAP (vide figura-7.2.1) e outro referente aos procedimentos de licenciamento ambiental para a emissão da LAI e da LAO (vide figura-7.2.2).

### **7.3 ÁREA DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E ECOSISTEMA, FAUNA E FLORA VALIOSAS.**

Dentre as principais leis relacionadas às áreas de conservação da natureza, como os parques nacionais, podem ser citados: “Constituição Federal”, “Lei Federal Nº. 9.985/00” e o complemento deste que é o “Decreto Federal Nº. 4.340/02”. Na Constituição Federal, a conservação do meio ambiente natural está regulamentada da seguinte forma: “São da competência da União, estados e municípios, a definição sobre os espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, e as práticas e usos potencialmente causadoras de danos.” e “O uso de recursos naturais representativos, tais como: a floresta amazônica, as matas da zona costeira atlântica (Mata Atlântica), o pantanal mato-grossense (região do Pantanal) far-se-á dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso sustentável dos recursos naturais”.

A lei federal 9.985/00 tem como seu objetivo:

- Manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional;
- Proteger as espécies ameaçadas de extinção;
- Restauração e a preservação da diversidade de ecossistemas;
- Promover o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais;
- Promover o uso racional de recursos naturais no processo de desenvolvimento;
- Proteger paisagens naturais;
- Proteger as características cultural, paleontológica, geológica e outros;
- Proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;

- Recuperar os ecossistemas degradados;
- Promover o monitoramento ambiental e as atividades de pesquisa básica;
- Valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- Promover a educação ambiental, a pesquisa e a recreação ambiental;
- Proteger os recursos naturais necessários às populações tradicionais, e reconhecer os seus conhecimentos e suas culturas e os seus valores social e econômico.

As áreas de proteção como os parques nacionais são chamados de “Unidades de Conservação Ambiental” (Unidades de Conservação: UC). Outras leis importantes relacionadas às áreas de proteção são o Código Florestal e a Lei de Proteção à Fauna.

No capítulo 5º da lei do SNUC estão regulamentadas as penalidades legais aplicadas aos causadores de danos à fauna e flora dentro da Unidade de Conservação Ambiental. O seu detalhamento está regulamentado no artigo 40 da lei federal Nº. 9.605/98.

### 7.3.1 Unidade de Conservação Ambiental (Unidades de Conservação)

“Unidades de Conservação” (UC) são as áreas protegidas definidas pela Lei Federal nº. 9.985/00, também chamada de lei do SNUC, que também estabelece a institucionalização, a norma e método de criação do “Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC”, que é a política básica sobre as áreas de proteção deste país, critérios/regulamentos e procedimentos para a designação de áreas protegidas.

As Unidades de Conservação Ambiental são classificadas genericamente em Unidades de Proteção Integral (5 categorias) e em Unidades de Uso Sustentável (7 categorias), cujos objetivos e atuações foram descritas na Tabela-7.3.1.

**Tabela 7.3.1 Classificação das unidades de conservação ambiental e os seus conteúdos**

Denominação		Conteúdo
1. Unidades de Proteção Integral		O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na LEI SNUC.
1.1	Estação Ecológica	A Estação Ecológica tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. A educação ambiental baseia-se no plano de manejo estabelecido pela Estação Ecológica. Para a pesquisa científica é necessária a autorização prévia. As áreas particulares incluídas em seus limites serão alvos de desapropriação por ser a Estação de posse e domínio públicos. Basicamente não pode ser alterada a situação do local, mas estão estabelecidas as exceções a seguir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas que visem à restauração de ecossistemas;</li> <li>• Medidas para preservar a diversidade biológica;</li> <li>• Coletas de amostras do ecossistema para pesquisas científicas;</li> <li>• Atividades com finalidades científicas (contudo, deve ser igual ou inferior a 3% da área total e igual ou inferior a 1.500 ha)</li> </ul>
1.2	Reserva Biológica	A Reserva Biológica tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais. As atividades excepcionalmente permitidas são: medidas de recuperação do ecossistema e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais. A atividade admitida na Reserva Biológica está limitada à atividade com fins educacionais. Para a pesquisa científica é necessária a autorização prévia. As áreas particulares incluídas em seus limites serão alvos de desapropriação por ser a Reserva de posse e domínio públicos.
1.3	Parque Nacional	O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e pesquisa, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. As áreas particulares incluídas em seus limites serão alvos de desapropriação por ser o Parque de uso público. A visitação pública é baseada no Plano de Manejo estabelecido pela unidade, e a pesquisa científica necessita de autorização prévia do órgão administrador do Parque. Nesta categoria existem o Parque Estadual e o Parque Natural Municipal.
1.4	Monumento Natural	O Monumento Natural tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. Este Parque pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar com os objetivos da unidade. Havendo incompatibilidade entre os

Denominação		Conteúdo
		objetivos das atividades e os padrões estabelecidos pelo Parque, a área será objeto de desapropriação. A visitação pública é baseada no Plano de Manejo regulamentado pelo Parque.
1.5	Refúgio de Vida Silvestre	O Refúgio de Vida Silvestre tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória. Este Parque pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar com os objetivos da unidade. Havendo incompatibilidade entre os objetivos das atividades e os padrões estabelecidos pelo Parque, a área será objeto de desapropriação. A pesquisa científica necessita de autorização prévia.
2. Unidades de Uso Sustentável		O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilização de proteção ambiental e o uso parcial sustentável.
2.1	Área de Proteção Ambiental	A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. A Área de Proteção Ambiental é constituída por terras públicas ou privadas, podendo nela ser realizadas atividades produtivas. As condições para a realização de pesquisa científica e visitação pública nestas áreas serão estabelecidas pelo órgão gestor da unidade. A Área de Proteção Ambiental disporá de um Conselho Consultivo constituído pelo órgão fiscalizador e organizações da sociedade civil e da população residente.
2.2	Área de Relevante Interesse Ecológico	A Área de Relevante Interesse Ecológico é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza. A Área de Relevante Interesse Ecológico é constituída por terras públicas ou privadas. Podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Relevante Interesse Ecológico.
2.3	Floresta Nacional	A Floresta Nacional é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. A Floresta Nacional disporá de um Conselho Consultivo constituído pelo órgão fiscalizador e organizações da sociedade civil e representante das populações tradicionais residentes. Nesta categoria se encontram a Floresta Estadual e Floresta Municipal.
2.4	Reserva Extrativista	A Reserva Extrativista é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. A Reserva Extrativista é de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão objetos de desapropriação. Será constituído o Conselho formado por órgão fiscalizador, representantes de órgãos públicos e da sociedade civil e das populações tradicionais residentes. A visitação pública é permitida de acordo com o disposto no Plano de Manejo da área, e a pesquisa científica é permitida mediante autorização prévia. O Plano de Manejo da unidade será aprovado pelo seu Conselho Deliberativo. É proibidas a exploração de recursos minerais e a caça por populações não locais. A exploração comercial de recursos madeireiros só será admitida em bases sustentáveis conforme o disposto em regulamento e no Plano de Manejo.
2.5	Reserva da Fauna	A Reserva de Fauna é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos. A Reserva de Fauna é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites são objetos de desapropriações. A visitação pública pode ser permitida, desde que compatível com o plano de manejo estabelecido pelo Parque. É proibido o exercício da caça.
2.6	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	A Reserva de Desenvolvimento Sustentável é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica. Esta área permite preservar a natureza e, ao mesmo tempo, melhorar o modo sustentável de vida. Contudo, esta Reserva é de domínio público, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão objetos de desapropriação. Será instalado o Conselho nesta Reserva. As atividades econômicas obedecerão às seguintes condições: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Abertura à visitação pública, de acordo com o disposto no Plano de Manejo;</li> <li>· Pesquisa científica;</li> <li>· Desenvolvimento de recursos naturais que possibilita o manejo sustentável</li> </ul>
2.7	Reserva Particular do Patrimônio	A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

Denominação	Conteúdo
Natural (RPPN)	

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

De acordo com o artigo 40 da lei federal No. 9.605/98, as penalidades referentes à Unidade de Proteção Integral são maiores, e as da Unidade de Uso Sustentável são consideradas metade das penalidades da primeira.

### 7.3.2 Código Florestal (Lei federal No. 4.771/65)

O Código Florestal foi criado em 1965 para proteger as florestas e vegetações naturais da exploração ilegal. Esta é a lei principal, sendo necessários vários procedimentos para alterá-la, tendo havido apenas pequenas alterações na mesma, mas nenhuma alteração significativa até agora.

Foram definidos dois tipos de área de conservação: Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL).

A APP é designada pelo Órgão Ambiental Estadual ou Municipal, segundo os seguintes critérios (Artigo 2):

- i. Ao longo de rios ou córregos, as margens são consideradas APP. Dependendo da largura mínima do curso de água, é determinada a largura da área de proteção:
  - 30 m para curso de água com menos de 10 m de largura;
  - 50 m para curso de água com entre 10 m e 50 m de largura;
  - 100 m para curso de água com entre 50 m e 200m de largura;
  - 200 m para curso de água com entre 200m e 600 m de largura;
  - 500 m para curso de água com mais de 600 m de largura
- ii. Ao redor de lagunas, lagos ou reservatórios de água naturais/artificiais;
- iii. Mananciais, nascentes com um raio mínimo de 50 m de largura;
- iv. No alto de morros e montanhas;
- v. Em declives com inclinação superior a 45 graus, equivalente a 100% na linha de maior gradiente;
- vi. Em bancos de areia, por fixar as dunas e estabilizar o limite do mangue;
- vii. Mais de 100 m do limite de formação de tabuleiro, por evitar rupturas.
- viii. Em altitudes superiores a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação.

No caso de área urbana, o plano diretor do município e a legislação municipal devem respeitar este artigo da lei federal.

O uso de APP é restrito, exceto uso para benefício público e social, que não existe senão na APP. É necessária autorização do órgão público oficial para a utilização da APP. As condições para o uso da APP (Artigo 4) são as seguintes:

- i. Interesse público ou social adequadamente caracterizado e motivado com autorização do Órgão Ambiental Estadual, exceto pelo caso 2.
- ii. No caso de área urbana, com a autorização do município que tem um órgão consultor ambiental deliberativo com um plano diretor.
- iii. Obra apenas com dano ocasional e baixo impacto ambiental pode ser autorizada pelo Órgão Ambiental Estadual.
- iv. As medidas de compensação e mitigação devem ser apresentadas ao Órgão Ambiental Estadual

antes da emissão da autorização.

- v. A obra correspondente ao No. 6 da área designada.
- vi. No caso de implementação de reservatório artificial, será criada APP em seu entorno.
- vii. O acesso de pessoas e animais à APP é permitido apenas para a obtenção de água.

A RL é designada em propriedades privadas rurais (exceto a APP) composta de florestas ou outra vegetação para o uso sustentável dos recursos naturais, ecossistemas e biodiversidade. A RL deve corresponder a mais de 20 por cento da propriedade em florestas rurais ou outra vegetação, exceto na área da Amazônia Legal (Artigo 16).

O Órgão Ambiental estadual ou municipal ou outra instituição qualificada pode designar a RL, que tem objetivo social, seguindo os seguintes critérios:

- O plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica
- O plano diretor municipal
- O zoneamento ecológico-econômico
- Outras categorias de zoneamento ambiental
- A proximidade com outra RL, APP, unidade de conservação (UC), ou outra área legalmente protegida.

As principais leis federais relacionadas com o Código Florestal são apresentadas na Tabela-7.3.2.

**Tabela 7.3.2 Principais leis federais relacionadas com o Código Florestal**

Nome da Lei	Conteúdo
Lei 7.754/89	Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios
Decreto IBAMA 218/89	Normaliza os procedimentos quanto às autorizações de derrubada e exploração florestal envolvendo área de Mata Atlântica.
Decreto 750/93	Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica.
IN* IBAMA 44-N/93	Regulamenta os procedimentos para autorização de transporte de produtos florestais
IN* Interinstitucional 1/96	Dispõe sobre a exploração de espécies florestais nativas no Estado de Santa Catarina.
Lei 9.605/98	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
Resolução CONAMA 261/99	Aprova parâmetro básico para análise dos estágios sucessivos de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina.
Resolução CONAMA 302/02	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
Resolução CONAMA 303/02	Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
Resolução CONAMA 317/02	Regulamenta a Resolução n.º 278, de 24 de maio de 2001, que dispõe sobre o corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica.
Resolução CONAMA 369/06	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP.
Lei 11.428/2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
Decreto 5.975/2006	Regulamenta os artigos 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4o, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2o da Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nos 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências.
Decreto 6.660/2008	Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

\*: Instrução Normativa

Fonte: Eletrobras, 2009. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DE INTERESSE DO SETOR ELÉTRICO - NÍVEL FEDERAL

### 7.3.3 Outras leis de proteção da flora e da fauna ou dos ecossistemas

Além da lei do SNUC e do Código Florestal, existem outras leis importantes tais como a “Lista Vermelha das Plantas Brasileiras”, “Livro Vermelho de Dados do Brasil” e “Lei de Proteção Animal”. Outras leis de proteção da flora e da fauna ou dos ecossistemas são mostradas na Tabela-7.3.3.

**Tabela 7.3.3 Outras leis de proteção da flora e da fauna ou dos ecossistemas**

Nome da Lei	Conteúdo
Lei 5.197/67	Dispõe sobre a proteção à fauna. Os animais de quaisquer espécies, em qualquer fase do seu desenvolvimento e que vivem naturalmente fora do cativeiro, constituindo a fauna silvestre, bem como seus ninhos, abrigos e criadouros naturais são propriedades do Estado, sendo proibida a sua utilização, perseguição, destruição.
Decreto 92.446/86	Promulga a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Flora e da Fauna Selvagem em Perigo de Extinção (Cites).
Lei 7.679/88	Dispõe sobre a proibição da pesca de espécies em períodos de reprodução
Portaria IBAMA 1.522/89	Lista oficial de espécies de fauna brasileira ameaçada de extinção
IN* IBAMA 146/07	Estabelece os critérios para procedimentos relativos ao manejo de fauna silvestre (levantamento, monitoramento, salvamento, resgate e destinação)
IN* IBAMA 169/08	Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro em território brasileiro.

\*: Instrução Normativa

Fonte: Eletrobras, 2009. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DE INTERESSE DO SETOR ELÉTRICO NÍVEL FEDERAL

### 7.3.4 Outras áreas de preservação, espécies ou ecossistemas importantes que não apresentam a obrigatoriedade de proteção

Existem as Unidades Estaduais de Conservação e as UC's Municipais e algumas áreas de conservação originais em cada Estado ou Município. A regularização de sua utilização deve seguir a legislação federal, mas isto não é obrigatório. A emissão da licença de utilização para as UC's estaduais e para as UC's

municipais é de responsabilidade dos governos estaduais ou municipais.

Na tabela - 7.3.1 a classificação das unidades de conservação ambiental da Bacia do Rio Itajaí.

#### **7.4 População Indígena**

A TI Ibirama-La Klanô, localizada na região noroeste da Bacia do Rio Itajaí-Açu, é habitada pelos índios Kaingang, Guarani e Xokleng ou, como se autodenominam atualmente estes últimos, "Laklãnô", isso é, "gente do sol" ou "gente ligeira". O último senso realizado pela FUNAI em 1997 indicou que, além do total de 1.009 pessoas vivendo na TI Ibirama, havia cerca de 20 famílias Xokleng vivendo nas periferias das cidades de Blumenau, Joinville e Itajaí. Entretanto, de acordo com dados do Conselho Indigenista Missionário de 2005, existem 2.068 pessoas vivendo atualmente na TI. Localizada ao longo dos rios Hercílio (antigo Itajaí do Norte) e Plate, que moldam um dos vales formadores da bacia do rio Itajaí-açu, a TI Ibirama está a uma distância de cerca de 260 km a noroeste de Florianópolis e 100 km a oeste de Blumenau. Localizada em quatro municípios catarinenses, aproximadamente 70% da área está dentro dos limites dos municípios José Boiteux e Doutor Pedrinho.

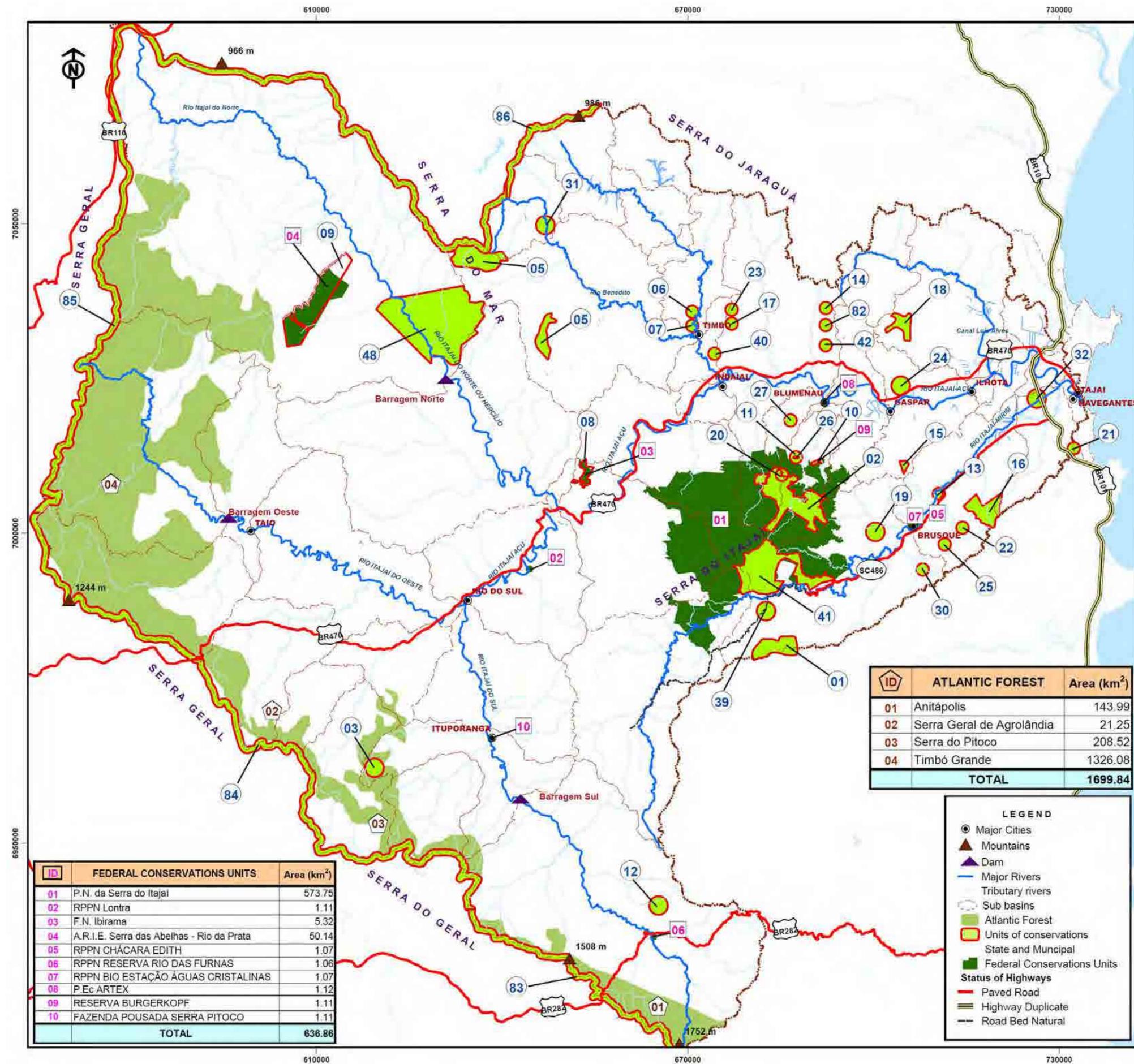
De acordo com informações da FUNAI, a TI Ibirama-La Klanô teve sua situação fundiária homologada e registrada no Cartório de Registro de Imóveis (CRI) e Secretaria do Patrimônio da União (SPU) (1996), sendo reservada inicialmente pelo Decreto nº15, de 03.04.1926, com área de aproximadamente 20.000 ha, alterada em 1952 por acordo entre a Diretoria de Terras e Colonização do Estado e o SPI. Os dados atualizados do Conselho Indigenista Missionário de 2005 apontam, através de realização de estudos complementares, para a ampliação da área para 37.000 ha. Segundo esses dados, a situação jurídica da TI Ibirama encontra-se declarada através da portaria do Ministério da Justiça, MJ nº 1.128, de 13.08.03, publicada no DOU 14.08.03.

O rio Itajaí-Açu sempre teve grande importância na vida nômade dos habitantes da TI Ibirama, pois oferecia alimento (pesca) e possibilitava o deslocamento para diferentes regiões, além de outras necessidades básicas. Porém, após a colonização essa base de subsistência ficou escassa, obrigando-os a adaptar-se a outra forma de sobrevivência.

Ainda sobre a relação da população da TI Ibirama com o rio Itajaí, merece destaque a construção da barragem Norte no Rio Hercílio (ou Itajaí do Norte), entre os anos de 1976 e 1980, gerando diversos conflitos com a população indígena, devido à sua proximidade com a TI. A construção trouxe várias mudanças à vida da comunidade. Com o represamento do rio, houve perda de mais de 95% da área fértil da TI, o que ocasionou a intervenção direta em sua organização social devido à necessidade de realocação de famílias para as regiões mais altas da TI. O local da construção foi cedido pela FUNAI ao Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). Entretanto, a construção foi iniciada antes de serem providenciadas as indenizações a que as famílias desapropriadas tinham direito – terra, benfeitorias e recursos naturais, o que gerou inúmeros conflitos ao longo dos anos.

Dessa forma, considerando o histórico de conflitos gerados pela construção da barragem Norte, as questões referentes à demarcação das terras, bem como a legislação federal, não se recomenda a proposição de medidas de controle de enchentes nas proximidades da TI Ibirama nem a implantação de quaisquer projetos que possam causar algum impacto direto ou mesmo indireto sobre o modo de vida dessa comunidade.

Salienta-se, ainda, que qualquer empreendimento ou intervenção que venha a ser proposto para essa área, deverá ser previamente aprovado pelo Congresso Nacional e pela FUNAI e demandará a realização de uma série de estudos ambientais específicos de natureza antropológica.




  
**Preparatory Study for the Proposed Action  
Prevention and Disaster Mitigation  
Itajaí River Basin**



ID	UNITS OF CONSERVATION STATE AND MUNICIPAL	Area (km <sup>2</sup> )
01	REBIO Estadual da Canela Preta	18.30
02	Parque Natural Municipal Nascentes do Garcia. Inserido no PARNA Serra do Itajaí	46.72
03	RPPN Fazenda Pousada Serra Pitoco	7.07
05	REBIO Estadual do Sassafrás	37.85
06	Parque Natural Municipal Rio Fortuna	3.14
07	Parque Natural Municipal Araponguinhas	3.14
08	F.N. Ibirama	5.19
09	A.R.I.E. Serra das Abelhas - Rio da Prata	49.44
10	RPPN Reserva Bugerkopf inserido no PARNA Serra do Itajaí	0.86
11	Parque Natural Municipal São Francisco de Assis	2.95
12	RPPN Reserva Rio das Furnas	7.07
13	RPPN Chácara Edith	3.14
14	Parque Municipal Foz do Ribeirão Garcia	3.14
15	APA do Bateias	1.70
16	APA da Serra do Brilhante	17.52
17	APA Cedro Margem Esquerda	3.14
18	Parque Botânico do Morro do Baú	9.20
19	RPPN Bio Estação Águas Cristalinas	7.07
20	Parque Ecológico Spitzkopf	3.14
21	Parque Ecológico Municipal Rio Camboriú	3.14
22	Parque Ecológico das Quedas (a ser confirmada)	3.14
23	APA Cedro Margem Direita	3.14
24	Parque Florestal Refúgio (a ser confirmada)	7.07
25	Parque Florestal Butner (a ser confirmada)	3.14
26	APA São Francisco de Assis	0.19
27	APA Ilhas Fluviais Rio Itajaí-Açu	3.14
30	Parque Cachoeira (a ser confirmada)	3.14
31	Parque Vêu de Noiva	7.07
32	Parque da Canhanduba (a ser confirmada)	7.07
39	Parque Natural Municipal Grutas de Botuverá	7.07
40	Parque Natural Municipal Franz Damm	3.14
41	APA do Rio Itajaí Mirim Botuverá Inserido no PARNA Serra do Itajaí	57.92
42	Reserva Ecológica do Bom Retiro	3.14
48	Terra Indígena de Ibirama	133.26
82	Reserva Ambiental Natureza Viva	3.14
83	Setor Campo dos Padres	52.05
84	Setor Chapadão do Lageado	136.15
85	Setor Serra da Moerna	197.73
86	Setor Serra do Mar	24.89
S/N	Zona de Amortecimento, Livre Acesso ao Exército Brasileiro	2.72
<b>TOTAL</b>		<b>891.03</b>

ID	ATLANTIC FOREST	Area (km <sup>2</sup> )
01	Anitápolis	143.99
02	Serra Geral de Agrolândia	21.25
03	Serra do Pitoco	208.52
04	Timbó Grande	1326.08
<b>TOTAL</b>		<b>1699.84</b>

**LEGEND**

- Major Cities
- ▲ Mountains
- ▴ Dam
- Major Rivers
- Tributary rivers
- Sub basins
- Atlantic Forest
- Units of conservations State and Municipal
- Federal Conservations Units

**Status of Highways**

- Paved Road
- Highway Duplicate
- Road Bed Natural

Sistema de Projeção Coordenado:  
 Universal Transversa de Mercator  
 Falso Leste: 600.000  
 Falso Norte: 10.000.000  
 Meridiano Central: -51.00  
 Datum: SAD 1969  
 0 2.5 5 10 15 Km


 Japan International Cooperation Agency

**Map of Areas and Conservation Units  
Itajaí River Basin**

6

Sources: IBGE, STATES GOVERNMENT, IBAMA, FATMA - Date: SEPT., 2010

Figura 7.3.1 Mapa das Áreas e Unidades de Conservação da Bacia do Rio Itajaí

## **CAPÍTULO 8 FORMULAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO DOS DESASTRES DE ENCHENTES**

### **8.1 Visão geral**

O Plano Diretor de mitigação dos desastres de enchentes da Bacia do Rio Itajaí tem como meta a prioridade nas funções de retardamento do escoamento das enchentes, baseado na abordagem de controle integrado das enchentes, conforme explanado no Capítulo 5 acima. É possível retardar o escoamento das enchentes, retendo as águas de chuvas nas áreas de pastagens, arroyos e em áreas de cultivo às margens dos rios, durante as enchentes. Na formulação do Plano Diretor, foram consideradas as medidas de prevenção das enchentes que espalham, ou seja, que retardam as águas das enchentes, aproveitando as áreas que toleram as inundações dentro da bacia. O Comitê da Bacia do Itajaí também propõe o convívio<sup>1</sup> com as enchentes e concorda com as medidas de prevenção baseadas no retardamento das enchentes. Porém, quanto maior o grau de segurança, tais como 25 anos ou 50 anos de tempo de retorno, existem limitações nas medidas de retardar as enchentes. Neste caso, foi avaliada a adoção das medidas estruturais, tais como canal extravasador, barragem de contenção, diques e alternativas equivalentes.

Normalmente as medidas de prevenção de enchentes são formuladas e selecionadas através da combinação de várias medidas, neste Estudo foram formuladas diversas medidas levando em consideração as características de inundação do Rio Itajaí e as necessidades próprias da região. As principais cidades estão localizadas às margens do Rio Itajaí e o desenvolvimento residencial e comercial ocorrem às margens do Rio Itajaí-Açu e seus principais afluentes. O governo municipal local está consciente de que é difícil implementar medidas estruturais como o alargamento dos rios (medidas estruturais), portanto, foi avaliado o aproveitamento das planícies de retardamento como medidas estruturais, além de medidas não estruturais como fortalecimento da estrutura do sistema de alarme/alerta de enchentes.

### **8.2 Escolha da região objeto para proteção**

Os alagamentos e inundações decorrentes das enchentes estão ocorrendo nas regiões próximas das margens do Rio Itajaí-Açu e seus afluentes. A execução de toda e qualquer medida de prevenção das enchentes com o intuito de proteger toda a Bacia do Itajaí para qualquer situação não seria realista do ponto de vista econômico e financeiro. O Comitê do Itajaí também tem a mesma opinião.

No caso de implementar projetos de prevenção das enchentes com diques, as obras causariam efeitos negativos devido ao incremento do volume de escoamento das enchentes a jusante, além de elevar o custo total do projeto. Para evitar isso, deverá impedir a execução de aterros nas áreas de pastagens, arroyos e áreas de cultivos próximas das margens dos rios com baixo potencial de danos e preservar essas áreas como planícies de retardamento. Dentro dessa visão, as áreas objeto para proteção contra as enchentes serão as principais cidades localizadas às margens do Rio Itajaí.

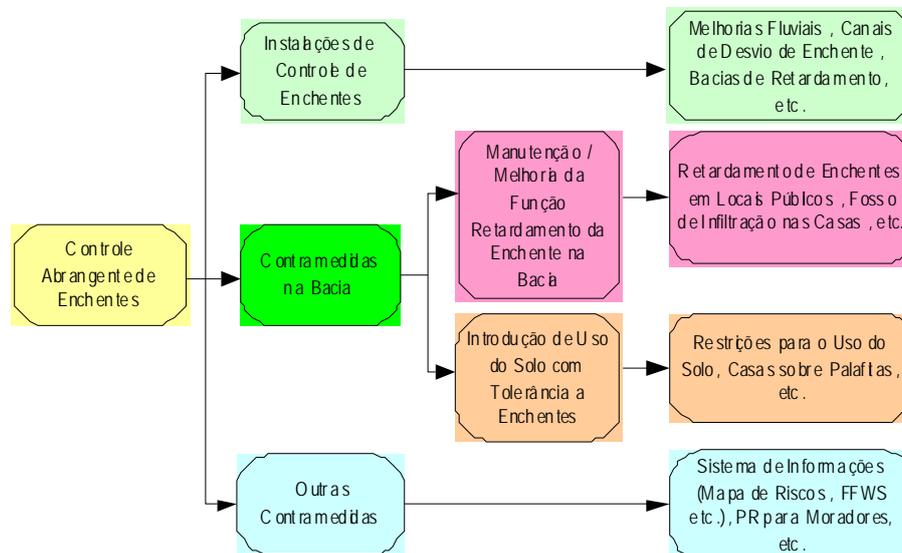
Conforme explanado na seção 3.3.1, foram selecionados oito cidades com alta prioridade para adoção das medidas de prevenção de enchentes: Rio do Sul, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Timbó, Taió, Itajaí e Brusque, após diversas visitas e entrevistas (vide tabela -5.1.1), levando em consideração a frequência e danos causados com as enchentes (vide tabelas-3.3.1 e 3.3.2).

Em relação às medidas para prevenção de enxurradas, foram escolhidos os ribeirões urbanos da cidade de Blumenau (Garcia, Velha e Fortaleza) como região alvo, onde existem potenciais muito grandes de desastres de enchentes devido ao desenvolvimento urbano nas encostas das montanhas e construção de residências às margens dos ribeirões. Foi selecionada também a cidade de Itajaí que se localiza na foz do Rio Itajaí-Açu e sofre o efeito de refluxo do Rio Itajaí-Açu e enchente do Rio Itajaí Mirim.

<sup>1</sup> Beate Frank, Adilson Pinheiro (organizadores), Enchentes na Bacia do Itajaí: 20 anos de experiências, Blumenau 2003, Capítulo 9 A Formalização da Gestão das Cheias no Âmbito da Bacia do Rio Itajaí.

### 8.3 Seleção das propostas alternativas de controle das enchentes

Levando em consideração o perfil de canal do rio, situação de inundação nas enchentes e condições topográficas, foram formuladas as propostas alternativas com possibilidade de implementação na Bacia do Itajaí, conforme a ilustração abaixo.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 8.3.1 Proposta alternativa de controle das enchentes com possibilidade de aplicação na Bacia do Rio Itajaí**

A síntese de cada proposta alternativa é descrita abaixo.

#### 8.3.1 Medidas para o canal de rio (medidas estruturais)

##### (1) Sobre-elevação das barragens de contenção de cheias existentes

Conforme explanado na seção 3.2.2 existem três barragens de contenção de cheias dentro da Bacia. (detalhes sobre as especificações das barragens, vide tabela-3.2.5). O volume do reservatório da barragem Norte que foi construída em 1992 é 357 milhões de m<sup>3</sup>, é barragem de maior capacidade de contenção e nunca houve transbordamento pelo vertedouro. Por outro lado, os reservatórios das barragens Sul e Oeste são de médio porte e têm ocorrido transbordamentos pelos vertedouros.

Em relação às barragens Oeste e Sul, iremos avaliar a reestruturação com o intuito de aumentar a capacidade de contenção das barragens, conforme abaixo.

- Barragem Oeste: sobre-elevação do vertedouro e barramento.
- Barragem Sul: sobre-elevação da altura do vertedouro.

Na barragem Sul, que é barragem de enrocamento, haverá dificuldade técnica para aumentar a altura de barramento, portanto, iremos incluir na proposta alternativa somente a sobre-elevação do vertedouro. Com a reestruturação dessas duas barragens, esperamos obter efeito de controle das enchentes na cidade de Rio do Sul e nas principais cidades a jusante do rio (redução do pico de enchente).



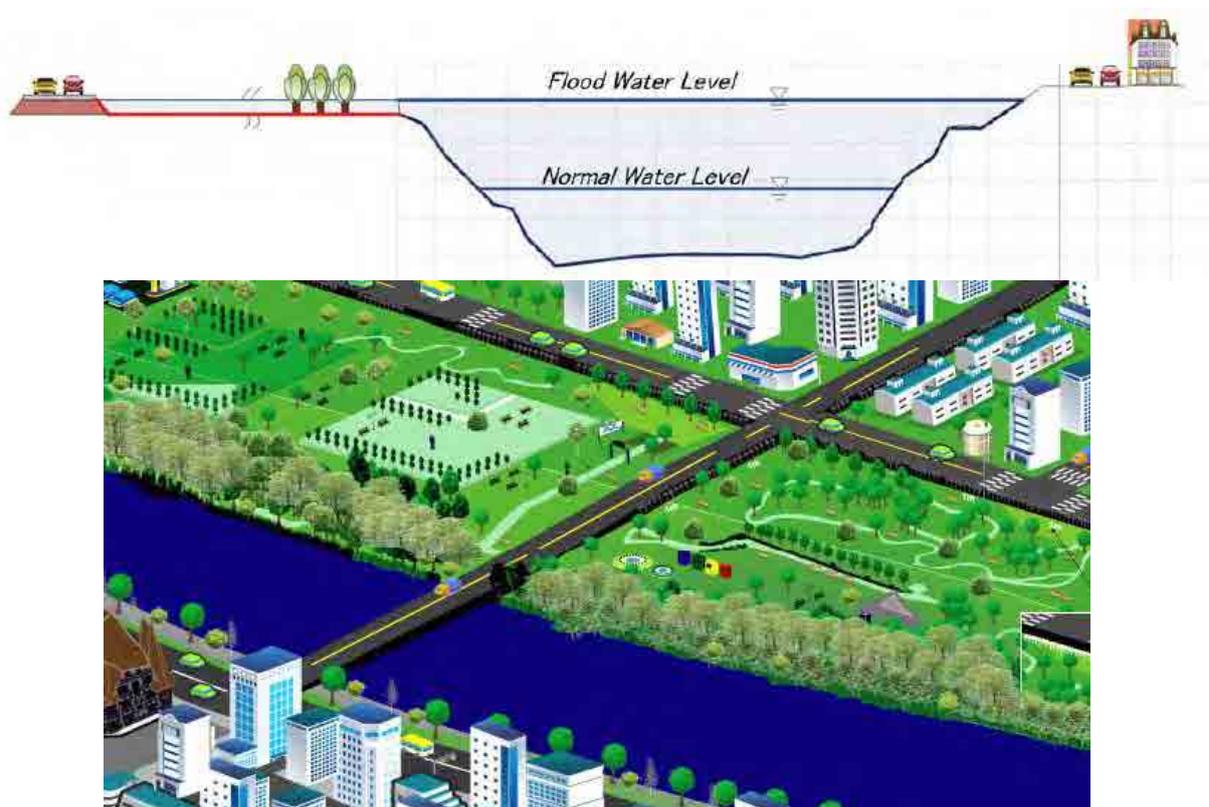
**Vertedouro da Barragem Oeste**



**Vertedouro da Barragem Sul**

## (2) Diques (melhoramento fluvial do canal de rio)

Com o intuito de aumentar a capacidade de escoamento do canal de rio, o alargamento do canal de rio e escavação do leito fluvial são obras hidráulicas muito comuns. No plano básico de controle das enchentes, elaborado em 1988 (Plano Diretor, formulado pela JICA) também propõe alargamento do canal e escavação do leito fluvial do Rio Itajaí-Açu no trecho entre Blumenau e Gaspar. Entretanto, à medida do possível, a diretriz será não adoção de propostas alternativas de alargamento da calha ou escavação do leito de canal do Rio Itajaí-Açu. Porém, se o grau de segurança no controle de enchentes for maior, há necessidade de elevar a capacidade de escoamento, então iremos incluir as propostas para implementação de seção transversal mista trapezoidal no canal do rio urbano, preservando a mata ciliar às margens do rio. No processo de alargamento da calha em formato de seção transversal mista trapezoidal, serão preservadas as matas ciliares das margens do canal e transformado em leito de inundação (utilizar como parque público, por exemplo), transformar em dique as avenidas existentes (inclui a proposta de elevação da altura de avenida). No canal atual, será executado o alargamento em formato de seção transversal mista na parte baixa da área de inundação. Abaixo a ilustração dessa seção transversal mista trapezoidal.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 8.3.2 Ilustração da seção transversal mista no Rio Itajaí-açu em Blumenau**

## (3) Canal extravasor

No plano básico de controle das enchentes de 1988, em função da baixa capacidade de escoamento da foz do Rio Itajaí-Açu e devido à dificuldade de alargamento do canal do rio e construção do dique, foi proposta a construção do canal extravasor a jusante da ponte sobre a rodovia BR-101 até a praia de Navegantes. O canal extravasor possibilita atenuar a profundidade e tempo de inundação das cheias que se espalham na planície aluvial a jusante da cidade de Gaspar, portanto, iremos acrescentar na proposta alternativa.

## (4) Sistema de diques em anel

Diversas cidades têm sido desenvolvidas às margens do Rio Itajaí. Evidentemente o potencial de danos de enchentes é grande nessas onde concentram os patrimônios. Nas cidades que há dificuldade de implementar o alargamento da calha em formato de seção transversal mista trapezoidal, será proposta a construção de diques em anel como medida de proteção contra inundações ao longo do rio.

## (5) Nova Barragem de contenção de cheias

No caso de elevar o grau de segurança das enchentes nas cidades de Blumenau e Brusque, os efeitos de planície aluvial de retardamento e contenção de águas de chuvas nas arrozeiras à montante são limitados, portanto, será incluída na proposta a construção da nova barragem de contenção de cheias na montante da Bacia.

## 8.3.2 Medidas de contenção nas Bacias

## (1) Contenção de água da chuva nas arrozeiras

Abaixo a demonstração das áreas de arrozeiras de cada município da Bacia do Rio Itajaí. A dimensão total é 26.295 hectares, porém as áreas de arrozeiras da Bacia do Itajaí Mirim não estão incluídas. Na Bacia do Rio Itajaí, a CRAVIL pretende executar o plano de contenção da água de chuva nas arrozeiras em 80% da área de arrozeiras de toda a Bacia, área equivalente a 22.000 hectares.

Tabela 8.3.1 Área de arrozeiras da Bacia do Rio Itajaí

Alto Vale do Itajaí		Médio e Baixo Vale do Itajaí	
Município	Dimensão (ha)	Município	Dimensão (ha)
Agrolândia	360	Ascurra	567
Alfredo Wagner	260	Brusque	170
Ibirama	155	Benedito Novo	300
Lontras	70	Dr. Pedrinho	808
Mirim Doce	100	Gaspar	3.400
Pouso Redondo	1.850	Indaial	250
Presidente Getúlio	2.045	Ilhota	3.000
Rio do Campo	65	Itajaí	2.400
Rio do Sul	1.800	Luis Alves	558
Rio do Oeste	300	Navegantes	1.200
Salete	1.600	Rio dos Cedros	1.100
Taió	100	Rodeio	617
Trombudo Central	2.400	Timbó	700
Vitor Meireles	80		
	40		
<b>Subtotal</b>	<b>11.225</b>	<b>Subtotal</b>	<b>15.070</b>
<b>Total</b>		<b>Total</b>	<b>26.295</b>

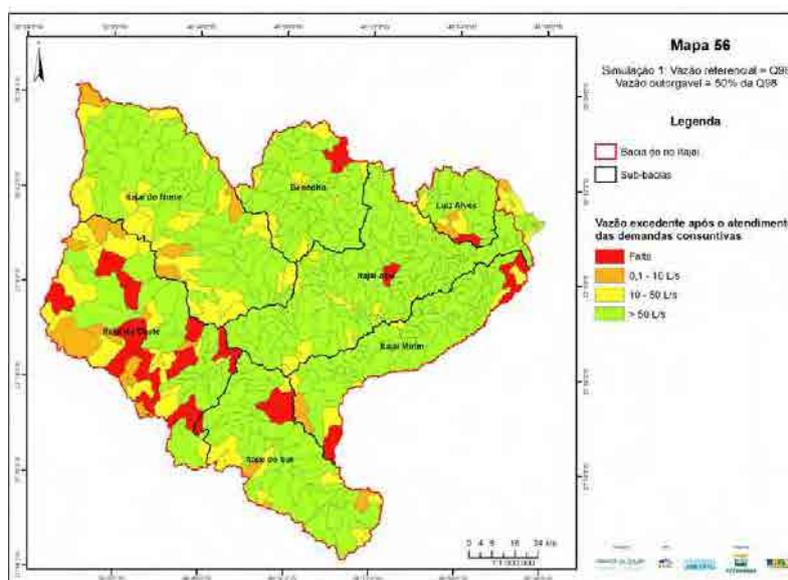
Fonte: CRAVIL

De acordo com o Plano da CRAVIL, a altura de taipa da quadra das arrozeiras tem 10 cm atualmente, será efetuada a elevação de 30 cm e armazenar as águas de chuvas. O plano prevê a contenção de no máximo 66 milhões de m<sup>3</sup>.

## (2) Barragem de pequeno porte (lago de contenção)

O Plano prevê a construção de barragens de pequeno porte nos rios tributários. A água armazenada nessas barragens será utilizada para a irrigação, portanto, os locais prioritários para construção dessas barragens será

na bacia a montante da cidade de Rio do Sul (bacias dos Rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste), conforme a figura abaixo, onde existe falta da água para irrigação no período de estiagem.



Fonte: Comitê do Itajaí

**Figura 8.3.3** Micro bacias com previsão de escassez de água na Bacia do Rio Itajaí

## 8.4 Medidas de mitigação dos desastres de enchentes para cada grau de segurança para enchentes

### 8.4.1 Enchente provável de 5 anos

#### (1) Vazão de enchente e capacidade de escoamento

Na figura-8.4.1 a ilustração da vazão de enchente provável de 5 anos e a capacidade de escoamento de cada cidade. Na região intermediária a montante, a capacidade de escoamento é insuficiente na cidade de Rio do Sul (trecho de canal do Rio Itajaí-açu e trecho de canal do Rio Itajaí do Oeste) e na cidade de Itajaí às margens do rio Itajaí Mirim. As demais cidades tem a capacidade de escoamento de enchentes maiores do que 5 anos.

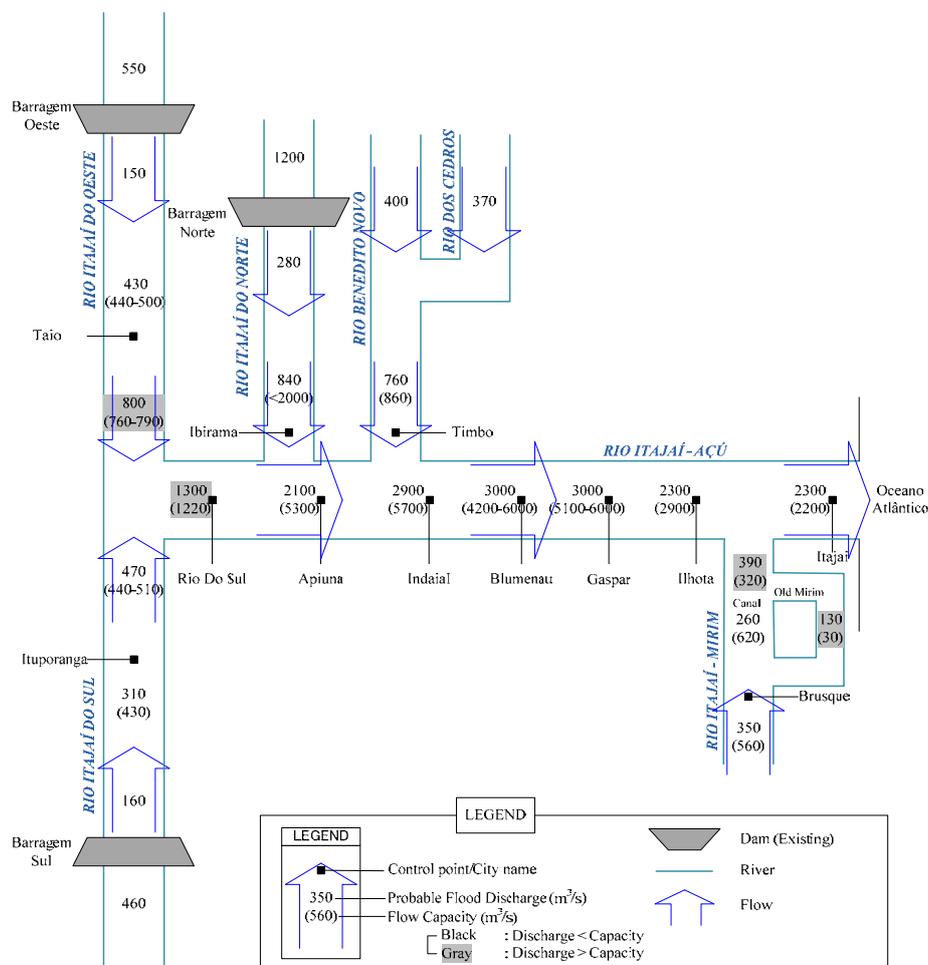
#### (2) Diretrizes básicas para o controle de enchentes

As medidas de contenção da água de chuva nas arrozeiras e barragens de pequeno porte de uso agrícola que são medidas de contenção na bacia e proporcionam baixo impacto socioambiental terão prioridades na sua implementação. Também será avaliada a utilização mais eficiente das barragens de contenção de cheias existentes.

#### (3) Análise do plano de controle de enchentes

##### a Contenção da água de chuva nas arrozeiras

O efeito de contenção da água de chuva nas arrozeiras será considerado como sendo perda inicial de chuva. O volume de chuva que será armazenado dentro da quadra de arrozeiras será convertido em perda inicial de chuva, dividindo o volume de chuva armazenado nas arrozeiras pela área de captação da bacia onde está localizada a arrozeira (vide figura-3.5.4). A tabela 8.4.1 ilustra o cálculo da perda inicial de chuva de cada bacia, determinado com base na simulação do modelo de escoamento. O índice de perda de chuva de contenção nas arrozeiras é menor do que 1 mm nas bacias dos Rios Itajaí do Sul e Itajaí do Norte, onde existem poucas áreas de arrozeiras, esses índices são maiores, estando entre 10 a 20 mm na bacia do Rio Itajaí do Oeste (Bacia 1) e bacia do Rio Itajaí-açu (Bacia 9, 10 e 12).



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

Figura 8.4.1 Vazão para enchente provável de 5 anos (sem adoção de medidas) de cada cidade

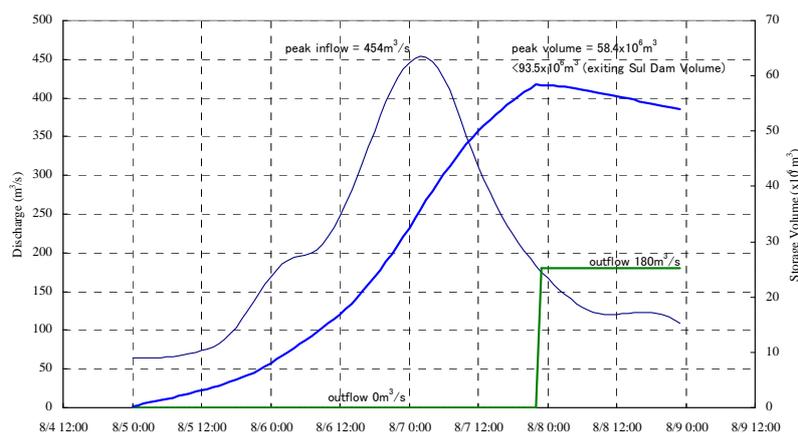
Tabela 8.4.1 Área possível de uso para contenção nas arrozzeiras e resultado de controle de enchentes (volume de perda de chuva)

Sub Basin	Catchment Area km <sup>2</sup>	Municipality	Paddy Area ha	Depth cm	Rate of using Rainwater	Storage m <sup>3</sup>	Initial Loss mm
Itajaí Do Oeste	Barragem Oeste	Rio do Campo	1.800	20	0.8	2.880,000	2.880,000
	Basin 1	Mirim Doce	1.850	20	0.8	2.960,000	6.960,000
		Taio	2.400	20	0.8	3.840,000	
		Saleta	100	20	0.8	160,000	
	Basin 2	Agrolândia	260	20	0.8	416,000	7.192,000
		Pouso Redondo	2.045	20	0.8	3.272,000	
		Agromonica	360	20	0.8	576,000	
		Rio do Oeste	1.600	20	0.8	2.560,000	
Trombuto Central		80	20	0.8	128,000		
Rio Do Sul	150	20	0.8	240,000			
Itajaí Do Sul	Barragem Sul	Alfredo Wagner	155	20	0.8	248,000	248,000
	Basin 4	Rio do Sul	150	20	0.8	240,000	240,000
Itajaí Do Norte	Basin 5	Ibirama	70	20	0.8	112,000	280,000
		Presidente Getulio	65	20	0.8	104,000	
		Vitor Meirelis	40	20	0.8	64,000	
Benedito	Rio Benedito	Benedito Novo	300	20	0.8	480,000	2.332,800
		Dr. Pedrinho	808	20	0.8	1.292,800	
	Rio Dos Cedros	Timbo	350	20	0.8	560,000	
		Timbo	1.100	20	0.8	1.760,000	
Itajaí Açu	Basin 6	Timbo	350	20	0.8	560,000	2.320,000
		Lontras	100	20	0.8	160,000	
	Basin 7	Ascurra	567	20	0.8	907,200	2.294,400
		Indaial	250	20	0.8	400,000	
		Rodeio	617	20	0.8	987,200	
	Basin 9	Gaspar	3.400	20	0.8	5.440,000	5.440,000
		Ilhota	3.000	20	0.8	4.800,000	
Luis Alves		580	20	0.8	892,800		
Navegantes		1.200	20	0.8	1.920,000		
Basin 12	Itajaí	1.200	20	0.8	1.920,000	3.840,000	
	Itajaí	1.200	20	0.8	1.920,000		
Itajaí Mirim	Basin 11	Itajaí	1.200	20	0.8	1.920,000	1.920,000
	Itajaí Mirim	Brusque	170	0	0.8	0	0
Total	11596		26,295			41,800,000	

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

## b Mudança no método de operação da barragem Sul

O volume de contenção de água da barragem Sul em relação à vazão afluente é maior do que a barragem Oeste, o volume de água armazenada aumenta no máximo até  $58,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ , mesmo com todas as comportas fechadas, não irá ultrapassar sua capacidade de  $93,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  (figura 8.4.2). Há informações de que praticamente não ocorre transbordamento desde que não ocorram enchentes do porte de 1983 e 1984. Portanto, considerando a vazão provável de 5 anos, poderá obter resultado somente com a mudança de operação, fechando todas as comportas durante enchentes. Porém, o risco de transbordamento é alto durante enchente na operação com comportas da barragem totalmente fechadas, portanto, há necessidade de sobre-elevação do vertedouro da barragem.



Obs.: Foi considerado que a abertura das comportas após o pico de enchente será iniciado quando a vazão afluente ficar abaixo de  $180 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vazão de  $180 \text{ m}^3/\text{s}$  é pequeno em relação à capacidade de escoamento da calha a jusante.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.2 Volume de contenção da Barragem Sul com todas as comportas fechadas para enchente provável de 5 anos**

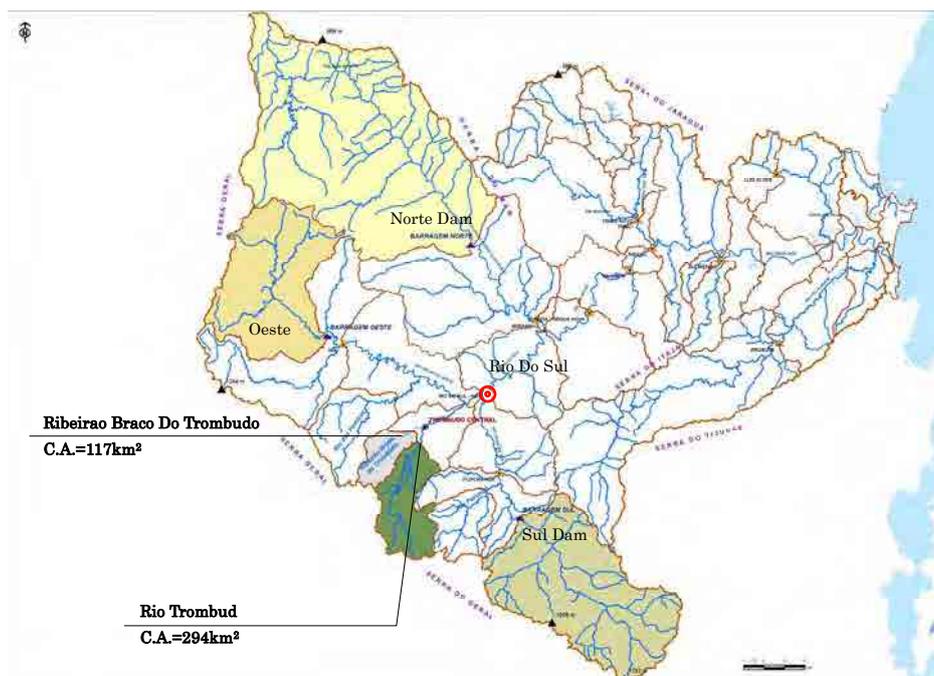
## c Medidas de contenção na bacia (barragem de pequeno porte)

De acordo com a simulação de escoamento da enchente, a distância entre a barragem Oeste e a cidade de Rio do Sul é em torno de 80 km e é longa, a declividade do leito é  $1/5000$  e é bem plano, o efeito de redução da vazão do Rio Itajaí do Oeste na proximidade do Rio do Sul é pequeno. O efeito de contenção nas arrozeiras é limitado, portanto, foi proposta a construção de barragem de pequeno porte. A capacidade de escoamento de enchente do Rio Itajaí Oeste é  $760 \text{ m}^3/\text{s}$ , no entanto, a vazão provável para enchente de 5 anos é  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ , então a falta de capacidade de escoamento é  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para reduzir  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  é necessário reservatório de  $8.140.000 \text{ m}^3$  (vide os detalhes no anexo do relatório). Haverá necessidade do mapa topográfico detalhado para escolher os locais para construção dessas barragens de pequeno porte, o mapa com escala 1:10000 será elaborado após o término do levantamento aerofotogramétrico. Portanto, os 2 locais favoráveis para a construção dessas barragens de pequeno porte foram escolhidos com base no mapa com escala 1:50000, conforme ilustrados na figura-8.4.3.

**Tabela 8.4.2 Volume de contenção nas barragens de pequeno porte para medidas de enchentes em Rio do Sul (enchente provável de 5 anos)**

Local candidato	Rio Trombudo (1 local)	Rio Braço do Trombudo (1 local)
Dimensão da bacia	$294 \text{ km}^2$	$117 \text{ km}^2$
Capacidade de contenção	$5.830.000 \text{ m}^3$	$2.310.000 \text{ m}^3$

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

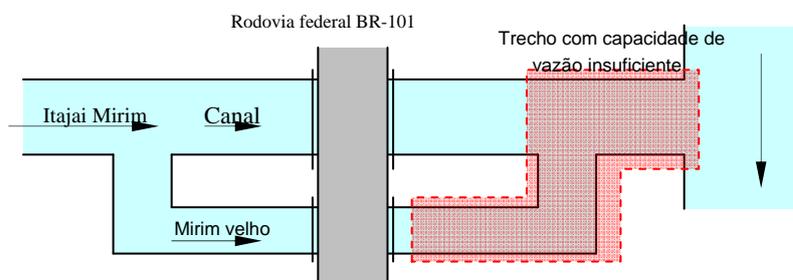


Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.3** Mapa de localização sugerida das barragens de pequeno porte (enchente provável de 5 anos)

d Rio Itajaí Mirim

Na montante da cidade de Itajaí, o rio Itajaí Mirim se divide em canal antigo e canal retificado e se juntam novamente imediatamente antes da confluência com o rio Itajaí-açu (aproximadamente 1 km a montante), desaguando no rio Itajaí-açu em forma de único rio. Conforme ilustrado abaixo, o trecho do canal do rio Itajaí Mirim entre a confluência com o rio Itajaí-açu e a jusante da rodovia BR-101 tem a capacidade de escoamento de enchente menor do que 5 anos. O canal retificado tem capacidade de escoamento de enchente maior do que 5 anos.



Fonte: Comissão JICA

**Figura 8.4.4** Trecho do rio Itajaí Mirim com capacidade de escoamento insuficiente

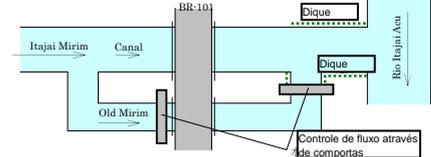
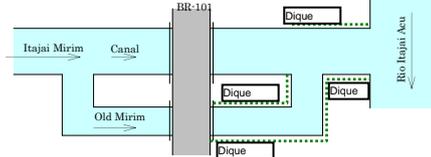
São propostos 2 planos de controle de enchentes para este trecho com capacidade de escoamento insuficiente: “comportas e dique parcial” e “dique total”, conforme mostra a tabela 8.4.3 abaixo, porém, considerando que o trecho em questão há concentração de residências e implica em alto custo para o reassentamento, causando grande impacto social, portanto, será adotado o plano de “comportas e dique parcial”.

As comportas serão instaladas em 2 pontos do canal antigo do rio Itajaí Mirim: a montante da rodovia BR-101 e a jusante antes da confluência com o canal retificado. A comporta a montante irá controlar a vazão afluyente proveniente de montante durante o pico de enchente do rio Itajaí Mirim, mantendo a vazão dentro da capacidade de escoamento. A comporta a jusante irá proteger os efeitos do refluxo proveniente da jusante durante o pico de enchente no curso do rio Itajaí-açu.

A tabela 8.4.4 demonstra a especificação das comportas. (Conforme citado adiante, o plano de “comportas + dique parcial” será proposto também para a enchente provável de 10 anos. Assim, foi indicada na tabela 8.4.4,

a especificação da instalação para cada plano de enchentes).

**Tabela 8.4.3 Avaliação dos planos de controle de enchentes no rio Itajaí Mirim, para enchente provável de 5 anos**

Medidas Alternativas	Comportas + Diques parciais	Diques totais
Sumário	Proteger com diques o trecho de 1 km antes da confluência com o rio Itajaí-açu e controlar o refluxo no canal antigo do rio Itajaí Mirim através de comportas.	Proteger com dique antes da confluência com o rio Itajaí-açu e todo o trecho do canal antigo do rio Itajaí Mirim até a jusante da rodovia BR-101.
Layout		
Custo	Claramente vantajoso sob o ponto de vista de custo, pois a área de terreno para a desapropriação é menor.	Área urbana a ser desapropriada é extremamente extensa, e há muitas pontes a serem reconstruídas (7 locais) por causa dos diques. É nítida sua desvantagem sob o ponto de vista de custo.
Impacto social	Poucas habitações a serem reassentadas, com menor impacto social.	Por serem diques em regiões urbanas, é muito grande o número de habitações a serem reassentadas e o seu impacto social é significativo.
Impacto sobre o ambiente natural	Não há impactos significativos. Por causa do fechamento das comportas na cheia, é preciso atentar-se aos seus efeitos neste período.	Não há impactos significativos.
Avaliação	É apropriada como plano a ser adotado.	É inadequado como plano de controle devido ao grande impacto social e pela desvantagem sob o ponto de vista de custo.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

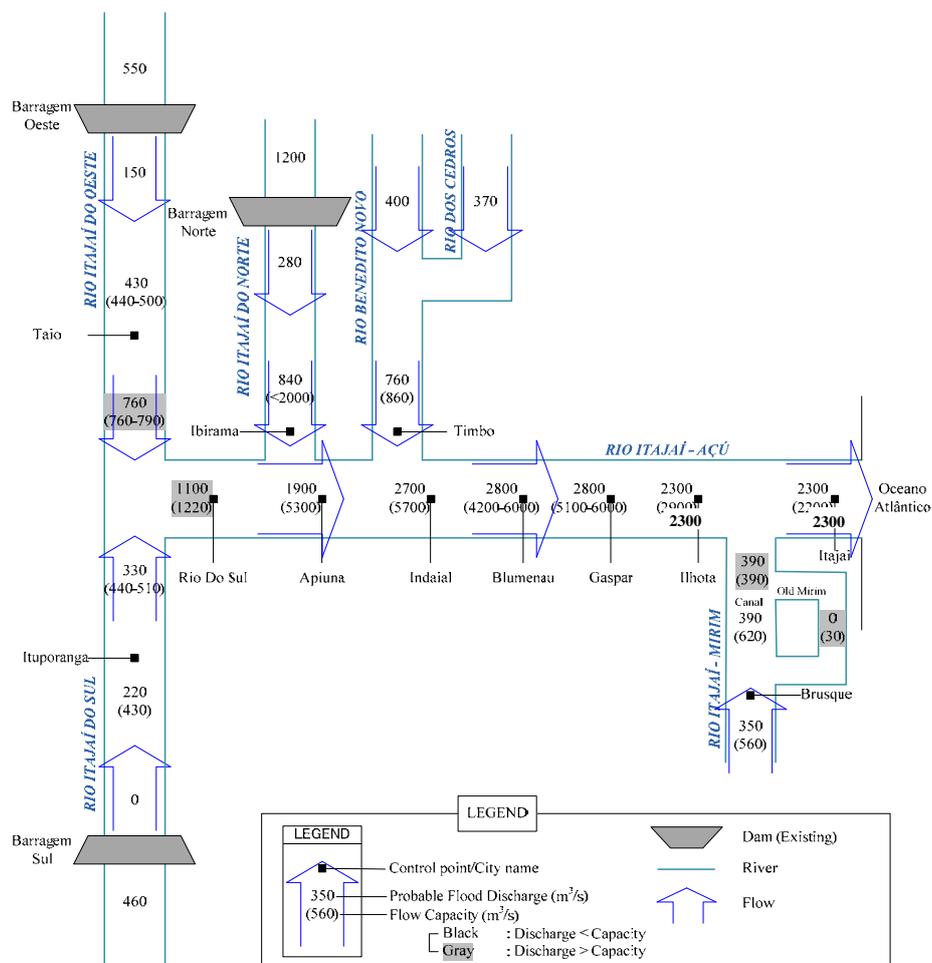
**Tabela 8.4.4 Especificações das comportas e diques (para cada plano de enchentes)**

ESCALA DE ENCHENTE		5 ANOS	10 ANOS	25 ANOS	50 ANOS
Comportas a montante	Número de comportas	4 comportas			
	Largura da comporta	10m			
	Altura da comporta	4,1 m	4,5 m	4,9 m	5,3 m
	Largura total das comportas	61 m			
Comportas a jusante	Número de comportas	4 comportas			
	Largura da comporta	10m			
	Altura da comporta	3,0 m	3,3 m	3,6 m	4,0 m
	Largura total das comportas	61m			
Altura do dique*	Margem esquerda	0,6 m	0,8 m	1,3 m	1,7 m
	Margem direita	1,0 m	1,3 m	1,7 m	2,1 m

Obs.: \*A altura do dique indica a altura a partir do terreno da seção transversal IMA. Fonte: Equipe de Estudo de JICA

#### (4) Vazão provável de enchentes, após a adoção de medidas

Na figura 8.4.5 a ilustração da vazão de enchentes de cada cidade para a enchente provável de 5 anos, após a implementação das medidas de enchentes propostas. A vazão de enchente da figura foi calculada, pressupondo que a planície aluvial a montante da cidade de Itajaí será preservada (trecho entre as cidades de Itajaí e Gaspar).



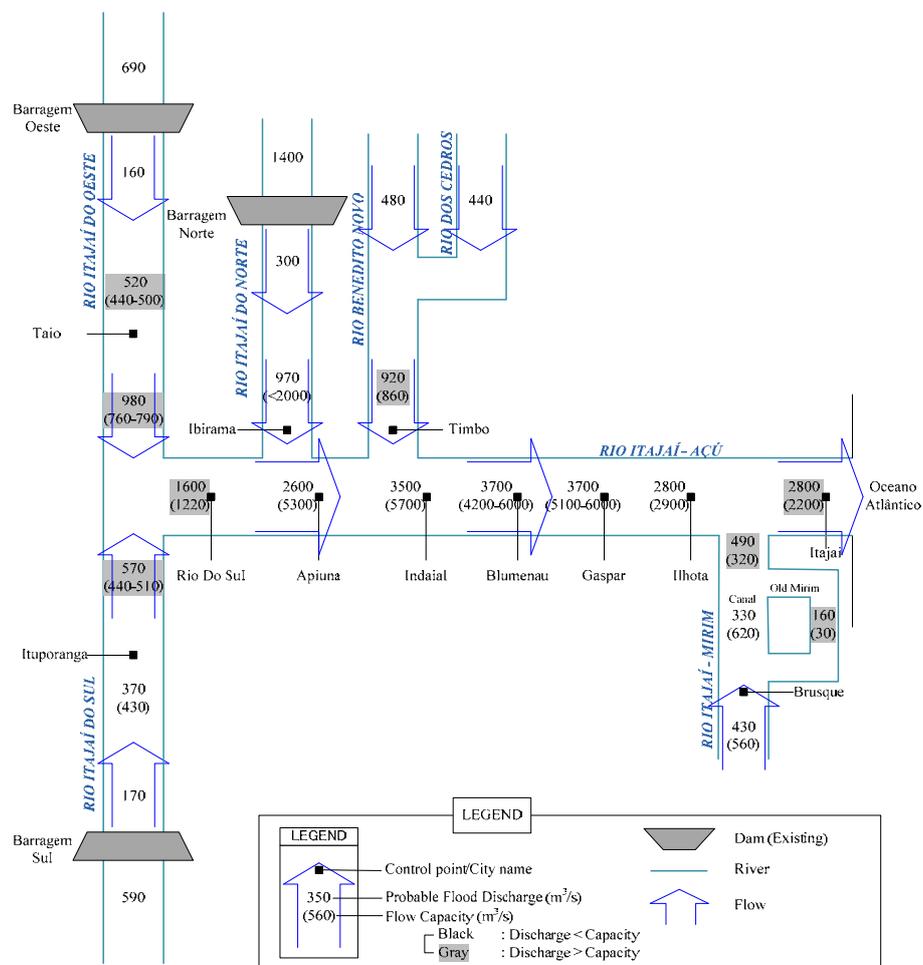
Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.5 Vazão de cada cidade para enchente provável de 5 anos (após adoção das medidas) e capacidade de escoamento**

#### 8.4.2 Enchente provável de 10 anos

##### (1) Vazão de enchente e capacidade de escoamento

Na figura 8.4.6 a ilustração da vazão de enchente de cada cidade e capacidade de escoamento para enchente provável de 10 anos. As cidades com insuficiência da capacidade de escoamento são Taió, Rio do Sul (trecho do rio Itajaí-açu e margens dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul), Timbó e Itajaí (trecho do rio Itajaí-açu e trecho do rio Itajaí Mirim).



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.6 Vazão de cada cidade para enchente provável de 10 anos e capacidade de escoamento (sem adoção de medidas)**

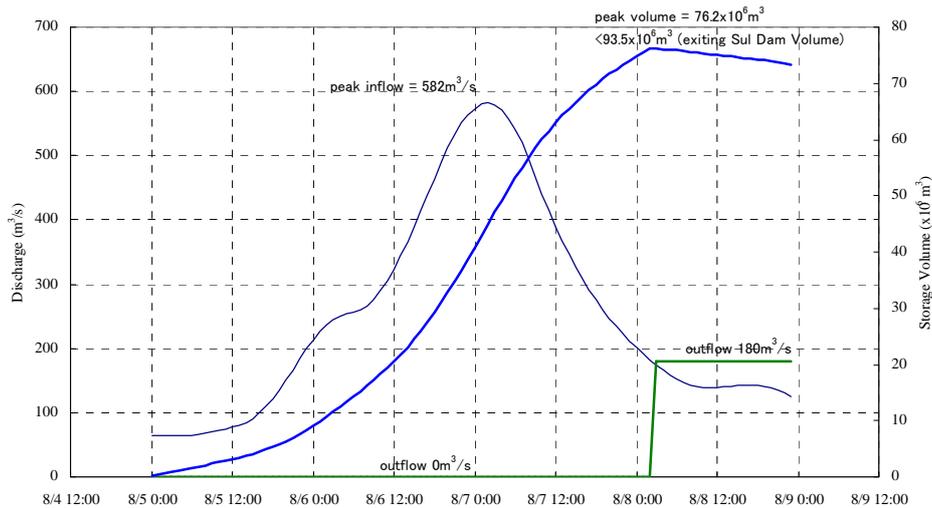
(2) Diretrizes básicas para as medidas de enchentes

De forma análoga à enchente provável de 5 anos, será priorizado o aproveitamento eficaz de contenção de água de chuva nas arrozeiras, barragens de pequenos portes para fins agrícolas e barragens de contenção de cheias existentes que causarão menor impacto socioambiental. As medidas que serão adotadas para a insuficiência da capacidade de escoamento do rio Itajaí Mirim e medidas de contenção da água de chuva nas arrozeiras são as mesmas com as medidas adotadas para a enchente provável de 5 anos.

(3) Análise das medidas propostas

a Mudança na operação da barragem Sul

Na barragem Sul, no caso de enchente provável de 10 anos, o volume da água acumulada na operação com todas as comportas fechadas elevará somente até  $76,2 \times 10^6 \text{m}^3$  e não irá ultrapassar a capacidade de acumulação de  $93,5 \times 10^6 \text{m}^3$  (figura 8.4.7). Assim, mesmo com enchente provável de 10 anos é possível operar a barragem Sul com fechamento total de suas comportas durante enchente, portanto, é desnecessária a adoção das medidas estruturais tais como a sobre-elevação da barragem. No entanto, conforme já citado no parágrafo anterior, na prática, este tipo de operação aumentará o risco de transbordamento caso ocorrer grande enchente, portanto, é recomendável a sobre-elevação da barragem.



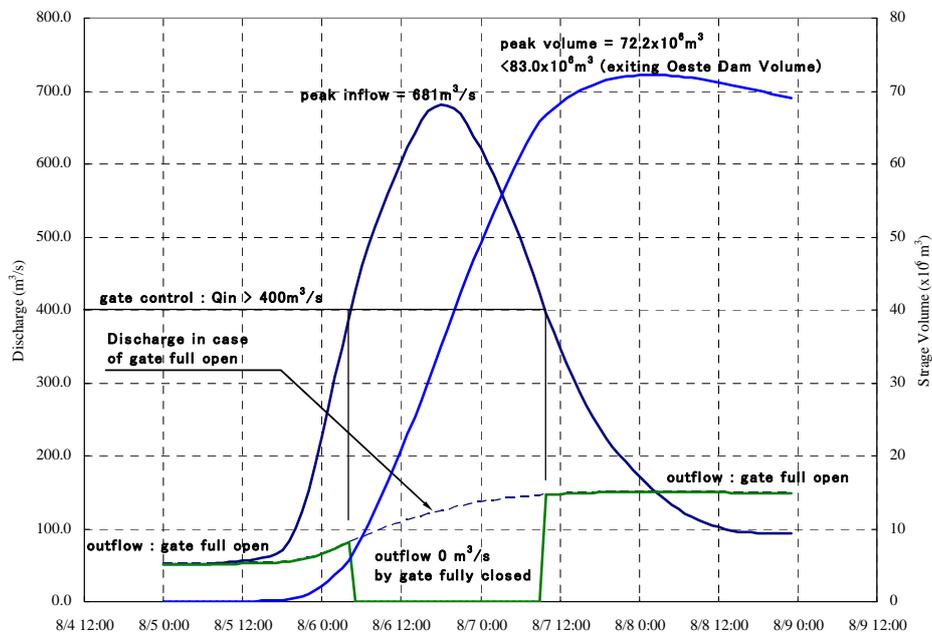
Obs.: Foi considerado que a abertura das comportas após o pico de enchente será iniciado quando a vazão afluente ficar abaixo de 180m<sup>3</sup>/s. A vazão de 180 m<sup>3</sup>/s é pequeno em relação à capacidade de escoamento da calha a jusante.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.7 Volume de acumulação da barragem Sul com todas as comportas fechadas para enchente provável de 10 anos**

**b Mudança na operação da barragem Oeste**

A capacidade de acumulação da barragem Oeste é menor do que a barragem Sul, transbordando facilmente durante as enchentes. No caso de enchente provável de 10 anos, fechando todas as comportas quando a vazão afluente ultrapassar 400 m<sup>3</sup> para evitar inundação da cidade de Taió que se localiza logo a jusante da barragem, o volume acumulado subirá até 72,2x106m<sup>3</sup>, não excedendo a sua capacidade de acumulação de 83,0x106m<sup>3</sup> (figura 8.4.9). De forma análoga à barragem Sul, este tipo de operação aumentará o risco de transbordamento em grandes enchentes, portanto, será necessária a sobre-elevação da barragem.

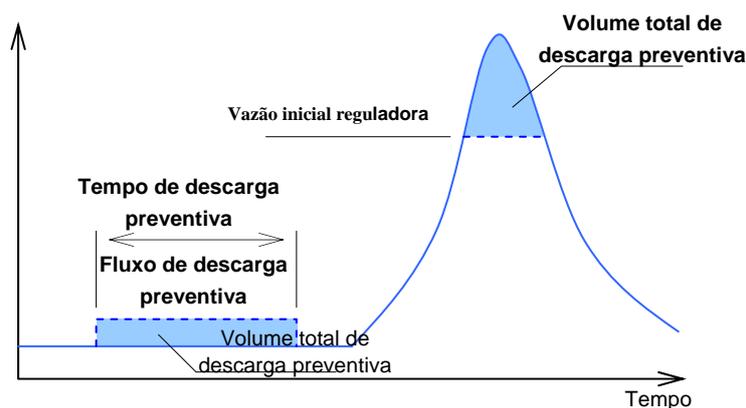


Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.8 Método de operação da Barragem Oeste na enchente provável de 10 anos**

### c Uso das barragens hidroelétricas para a contenção de cheias

A fim de compensar a falta da capacidade de vazão de  $50\text{m}^3/\text{s}$  na cidade de Timbó, foi analisada a possibilidade de aproveitamento de duas barragens hidroelétricas da Celesc, situadas a montante do rio dos Cedros. A expectativa da população das cidades de Rio dos Cedros e Timbó é reduzir o nível da água da barragem de acumulação, destinando esta parcela para a contenção de cheias, portanto, foi analisada a descarga preventiva<sup>2</sup>. Em relação à descarga preventiva, conforme ilustrado na figura 8.4.9, é necessário estabelecer o volume total da descarga preventiva e a vazão inicial reguladora, levando em consideração a capacidade de escoamento do canal a jusante. É necessário também definir o volume adequado da vazão para a descarga preventiva e o tempo apropriado para a descarga preventiva.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.9** Esquema de operação da barragem com a descarga preventiva

Após análise da descarga preventiva necessária para contenção de cheias, a barragem Pinhal deverá reduzir 80 cm do nível máximo do reservatório e a barragem Rio Bonito, 70 cm. Os detalhes da análise constam no relatório anexo no. 3 “Plano de mitigação de enchentes”.

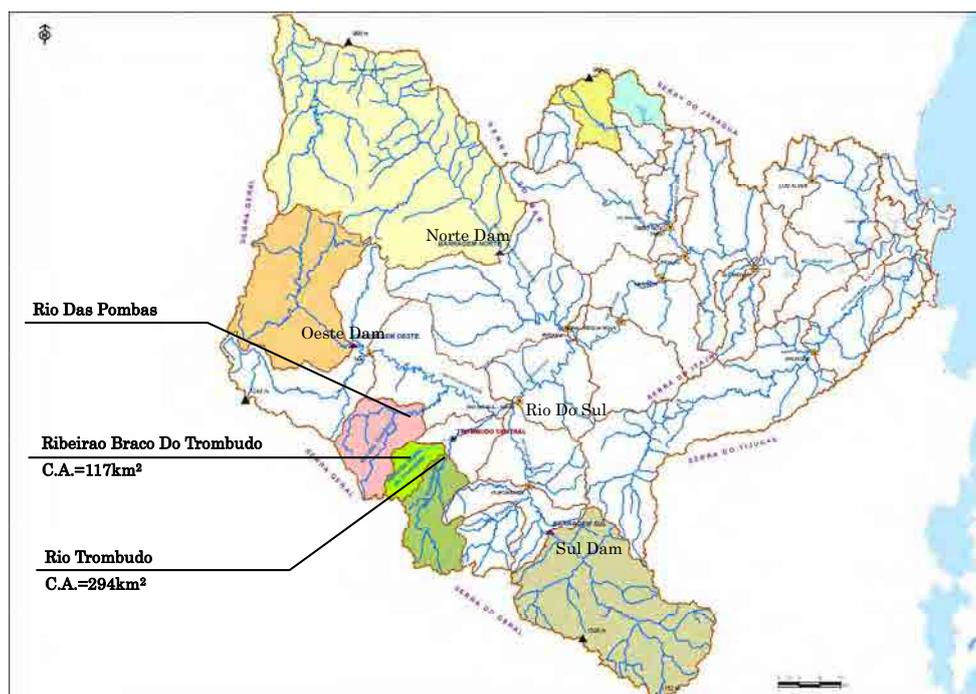
#### 4) Comparativo das medidas alternativas para enchentes da cidade de Rio do Sul

A falta da capacidade de escoamento nas margens do rio Itajaí-açu e do rio Itajaí do Oeste no trecho da cidade de Rio do Sul são respectivamente  $180\text{m}^3/\text{s}$  e  $150\text{m}^3/\text{s}$ , haverá necessidade das medidas adicionais, além das medidas de contenção das águas de chuvas nas arvozeiras e da mudança na operação das barragens. As propostas alternativas que serão confrontadas são: a) barragem de pequeno porte, b) planície de retardamento e c) alargamento da calha do rio à jusante do Rio do Sul. A proposta de melhoramento do canal de rio à jusante do Rio do Sul haverá dificuldade devido ao desenvolvimento urbano nas margens do rio, portanto, será proposto o alargamento da calha de rio mais à jusante nas áreas de agropecuária, reduzindo o nível da água do rio e aumentando a capacidade de escoamento na cidade do Rio do Sul.

##### a Barragem de pequeno porte

O volume de contenção necessário nas barragens de pequeno porte é  $27.550.000\text{m}^3$ . Na figura abaixo a ilustração dos locais para construção dessas barragens. Na tabela 8.4.5 estão descritas as especificações das barragens de pequeno porte necessárias para contenção do volume acima.

<sup>2</sup> 1200 moradores assinaram o documento de pedido ao Governador e entregaram em junho de 2010, solicitando a redução do nível da água da barragem de acumulação, realizando a descarga preventiva com o intuito de controlar as enchentes.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.10 Mapa de localização das barragens de pequeno porte (enchente provável de 10 anos)**

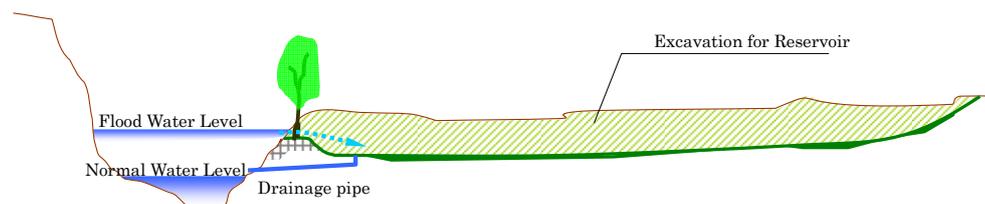
**Tabela 8.4.5 Volume de contenção nas barragens de pequeno porte necessário para medidas de enchentes em Rio do Sul (enchente provável de 10 anos)**

Local candidato	Rio Trombudo (2 locais)	Rio Braço do Trombudo (1 local)	Rio das Pombas (2 locais)
Dimensão da bacia	294km <sup>2</sup>	117km <sup>2</sup>	315km <sup>2</sup>
Capacidade de armazenamento	11.160.000 m <sup>3</sup>	4.420.000 m <sup>3</sup>	11.970.000 m <sup>3</sup>

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**b Construção da lagoa de retardamento**

Foi analisada a construção da lagoa de retardamento na montante próximo da cidade de Rio do Sul. Conforme ilustrado na figura abaixo, a lagoa de retardamento será construída escavando o solo das margens do rio num formato que possibilita o escoamento da vazão excedente pelo lateral da calha do rio para a lagoa durante enchente.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

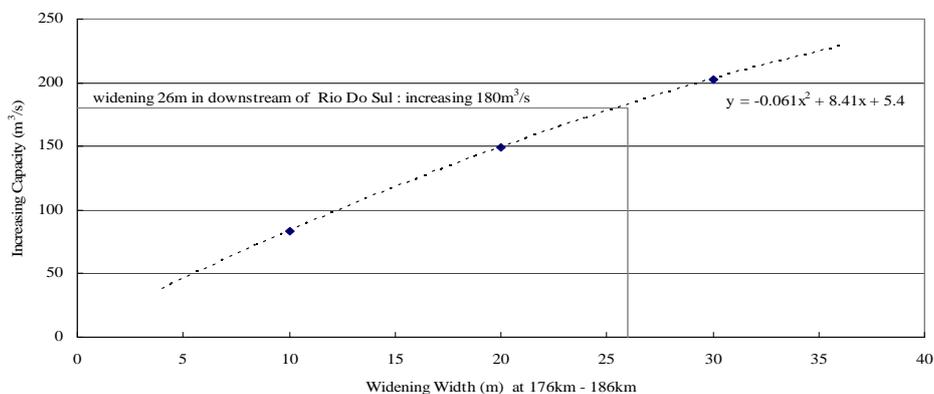
**Figura 8.4.11 Ilustração da lagoa de retardamento no canal de rio**

Os locais candidatos à jusante e próximo da cidade de Rio do Sul com terreno espaçoso para construção de lagoa de retardamento são proximidade da cidade de Agrônômica (rio Trombudo) e trecho entre as cidades de Laurentino e Rio do Oeste (rio Itajaí do Oeste). O resultado do cálculo de escoamento indica que o volume de contenção necessário na lagoa de retardamento é 15.400.000m<sup>3</sup>. A altitude do fundo da lagoa de retardamento deverá ser mais alto do que a cota normal da lâmina da água do rio, a profundidade da lagoa de retardamento é limitada para 3m, portanto haverá necessidade de providenciar terreno com área mínima de 513 hectares para assegurar o volume de contenção.

**c Melhoramento fluvial do canal a jusante de Rio do Sul**

O leito do rio dentro da cidade de Rio do Sul é plano e sofre o efeito de refluxo, portanto, o alargamento da

calha de rio dentro da cidade não irá reduzir o nível da água do rio. Portanto, o alargamento da calha do rio será implementado no trecho a jusante numa extensão de 10 km. Com este alargamento da calha do rio no trecho a jusante, irá diminuir o nível de água neste trecho, reduzindo o nível de água também na cidade de Rio do Sul que recebe a influência do refluxo da jusante. Na figura 8.4.12 a ilustração da relação entre a largura do alargamento da calha a jusante e a parcela do aumento da capacidade de escoamento na cidade de Rio do Sul. Para aumentar a capacidade de escoamento equivalente a  $180\text{m}^3/\text{s}$  que é a capacidade faltante na cidade de Rio do Sul, haverá necessidade de alargamento de 26m na calha a jusante.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.12 Relação entre a largura do alargamento da calha do rio a jusante e o aumento da capacidade de escoamento na cidade de Rio do Sul**

#### d Comparação das propostas alternativas

Foram avaliadas as três medidas para enchentes acima citadas, porém, é claramente vantajosa a adoção das medidas de barragens de pequeno porte com finalidade de uso para irrigação, por razões abaixo.

- A proposta de construção da lagoa de retardamento haverá necessidade de reservatório de acumulação escavado de grande porte, o custo desta escavação é extremamente elevado, a destinação das terras escavadas será grande problema, além da dificuldade de assegurar extenso terreno de 513 hectares.
- A proposta de alargamento da calha do rio haverá necessidade de escavar volume equivalente a  $2.600.000\text{ m}^3$  e o custo serão bem elevados, além do problema de destinação das terras escavadas.
- As barragens de pequeno porte com finalidade de uso para irrigação possibilitará conter o volume aproximado de  $28.000.000\text{ m}^3$  somente com a construção 5 barragens, possibilitando a contenção de grande volume com custo relativamente baixo.

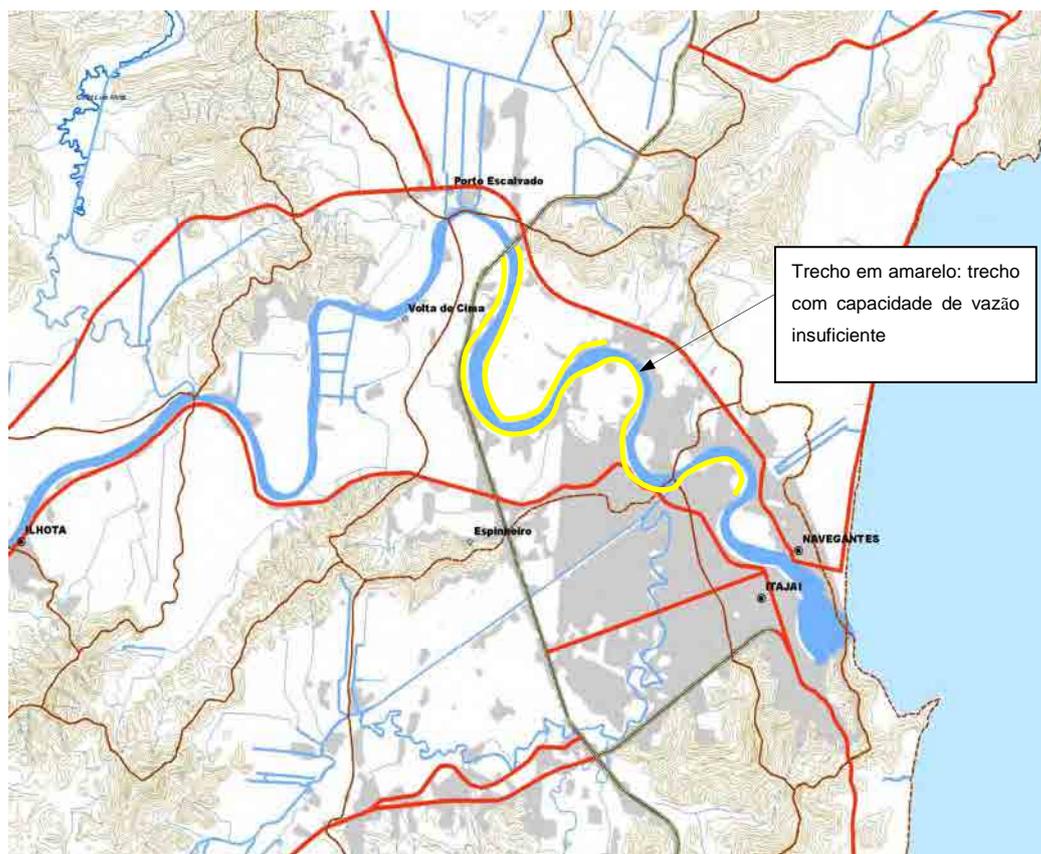
#### 5) Rio Itajaí-açu e rio Itajaí Mirim nas proximidades da cidade de Itajaí

##### a Rio Itajaí Mirim

A proposta de medida de enchentes para o rio Itajaí Mirim será a construção de comportas e diques parciais, análoga à proposta de medida para a enchente provável de 5 anos. Na tabela-8.4.4 a ilustração das especificações das instalações.

##### b Rio Itajaí-açu

Na figura abaixo a ilustração do trecho que haverá falta da capacidade de escoamento da enchente provável de 10 anos.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.13 Trecho das margens do rio Itajaí-açu com capacidade de escoamento insuficiente (Enchente provável de 10 anos)**

As propostas de medidas para o rio Itajaí-açu serão duas: diques unilaterais (somente um dos lados da margem para proteger o trecho da cidade de Itajaí com capacidade de escoamento insuficiente) e o canal extravasor. Conforme ilustrado na tabela 8.4.6 de resultado comparativo de medidas, a proposta do canal extravasor é bem inferior sob o ponto de vista de custo e a proposta de diques unilaterais é mais favorável. A proposta do dique unilateral leva em consideração o efeito de retardamento da planície aluvial no trecho entre Navegantes e BR-101, não haverá elevação do nível de água causada pelo dique e não irá causar nenhum impacto negativo a montante.

**Tabela 8.4.6 Comparação das medidas de enchentes para a cidade de Itajaí (margens do rio Itajaí-açu) para enchente provável de 10 anos**

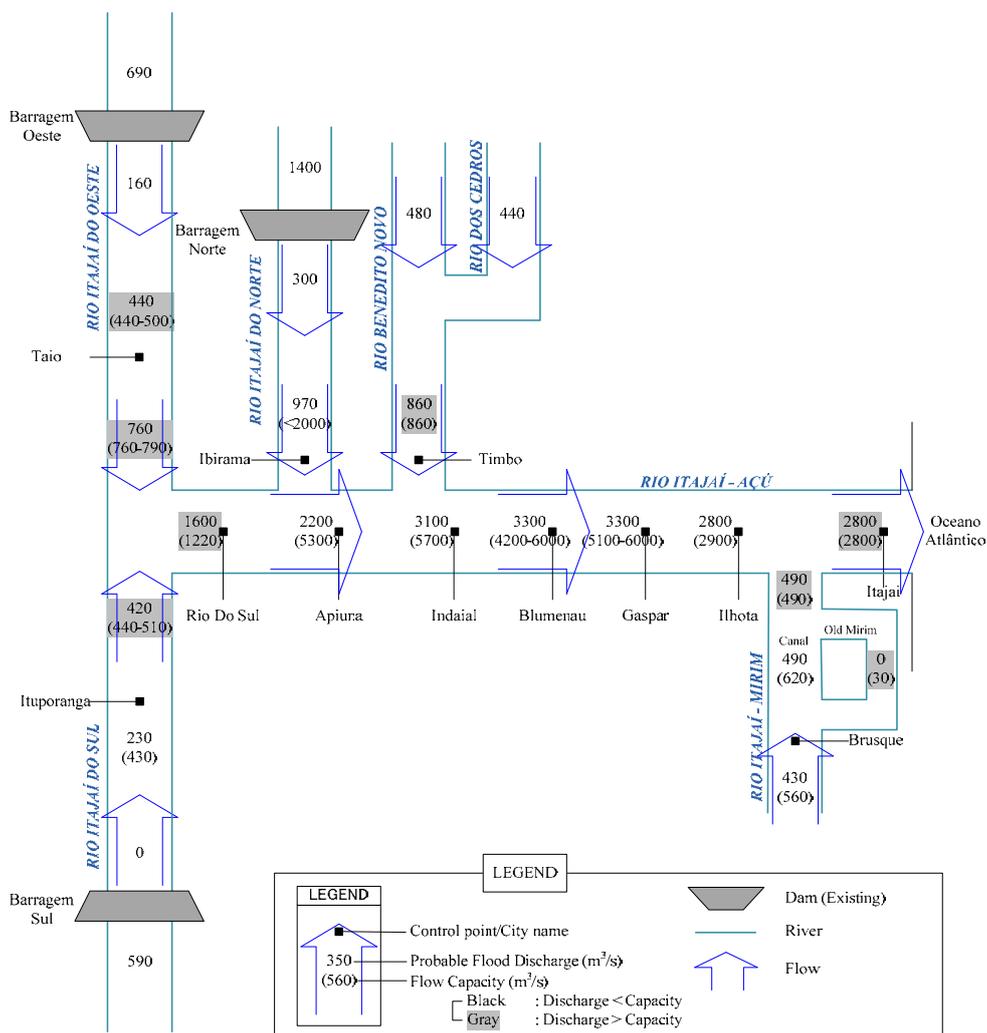
Medidas Alternativas	Dique unilateral	Canal extravasor
Síntese	Construir dique unilateral somente na margem direita do rio Itajaí-açu (lado da cidade de Itajaí). Preservar a margem esquerda como planície de inundação.	Derivar o canal extravasor a jusante da rodovia BR-101 e escoar a vazão excedente da capacidade de escoamento por esse canal diretamente ao mar na cidade de Navegantes.
Custo	Custo da obra + custo de desapropriação das terras: R\$ 171.000.000. O custo de desapropriação de terras é alto por ser construção de dique em área urbana, mas o custo da obra é baixo, limitado a obras civis, e o seu custo total é menor do que a proposta do canal extravasor.	Custo da obra + custo de desapropriação das terras: R\$ 273.000.000. Necessita de barragem de derivação para controlar o fluxo de enchente no canal do rio Itajaí-açu, elevando o custo da obra.
Impacto socioambiental	Por se tratar de construção de dique em zona urbana, é elevado o número de reassentamento de população com impacto social grande.	O Impacto social é grande porque o canal extravasor dividirá a cidade de Navegantes.
Impacto sobre	Sem impactos significativos.	Requer diversos estudos sobre os impactos

Medidas Alternativas	Dique unilateral	Canal extravasor
ambiente natural		ambientais tais como fluxo de sedimentos, efeitos de intrusão salina dentro do canal, etc.
Avaliação	O impacto social é grande, porém é mais vantajoso do que a proposta de construção do canal extravasor.	A proposta é inferior do que a proposta do dique unilateral sob o ponto de vista de custo e de impacto sobre o ambiente natural.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

(4) Vazão de enchente provável, após a implementação das medidas

Na figura 8.4.18 a ilustração da vazão de enchente provável de 10 anos de cada cidade, após a implementação das medidas propostas. Análoga à enchente provável de 5 anos, a vazão de enchente foi calculada, pressupondo que a planície aluvial a montante da cidade de Itajaí será preservada, caso ocorra ocupação dessa área de planície futuramente, é necessário impor ao empreendedor a obrigatoriedade de adoção das medidas compensatórias que possibilitam anular esse aumento da vazão afluente.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.14 Vazão e capacidade de escoamento de cada cidade para enchente provável de 10 anos (após adoção das medidas)**

### 8.4.3 Enchente provável de 25 anos

#### (1) Vazão de enchente e capacidade de escoamento

Na figura 8.4.19 a ilustração da vazão e capacidade de escoamento de cada cidade para enchente provável de 25 anos. A capacidade de escoamento é insuficiente nas cidades de Taió, Rio do Sul (trecho do rio Itajaí-açu e as margens dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul), Timbó, Blumenau, Ilhota e rio Itajaí-açu e rio Itajaí Mirim na cidade de Itajaí.

#### (2) Diretrizes básicas do controle de cheias

De forma análoga à enchente provável de 10 anos, será priorizado o aproveitamento eficaz de contenção de água de chuva nas arrozeiras, barragens de pequeno porte para fins agrícolas, barragens de contenção de cheias existentes e uso eficiente das barragens hidrelétricas.

As vazões afluentes provenientes das bacias, diferente da bacia da barragem Oeste, ultrapassam a capacidade de escoamento da cidade de Taió. Desta forma, além da sobre-elevação da barragem Oeste, haverá necessidade de medidas de contenção nas demais bacias ou o alargamento da calha do rio na cidade de Taió. Em relação à insuficiência da capacidade de escoamento do Rio do Sul, será analisado, incluindo a implementação adicional de barragens de pequeno porte e melhoramento fluvial.

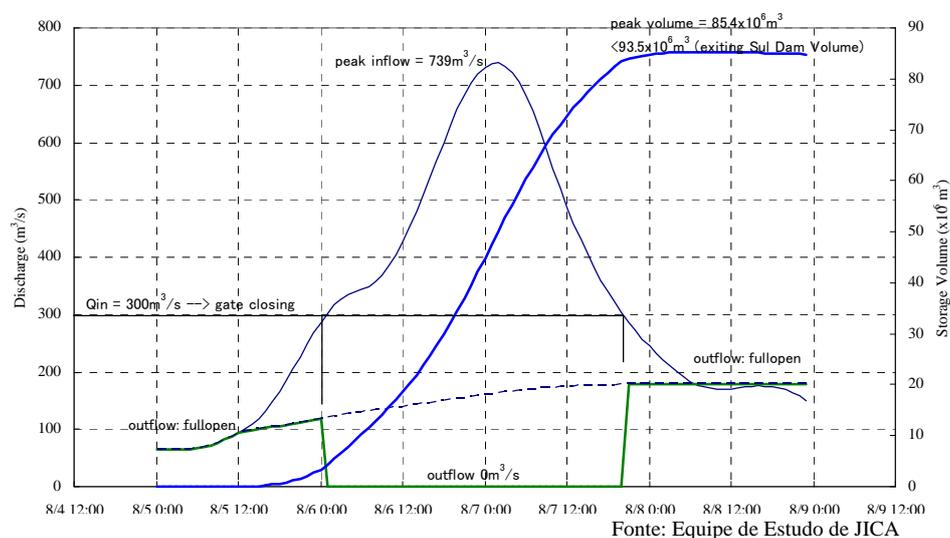
Mesmo com a adoção das medidas de uso eficaz das barragens hidrelétrica, a cidade de Timbó continuará com insuficiência de  $240\text{m}^3/\text{s}$  na sua capacidade de escoamento. A insuficiência da capacidade de escoamento na cidade de Timbó está limitada a um trecho, portanto, será avaliado o melhoramento fluvial parcial do rio.

#### (3) Análise das medidas alternativas

Em relação à contenção da água de chuva nas arrozeiras e mudança na operação das barragens hidrelétricas serão semelhantes com as medidas para enchente provável de 10 anos. Os detalhes da análise constam no anexo No. 3 “Plano de mitigação de enchentes”.

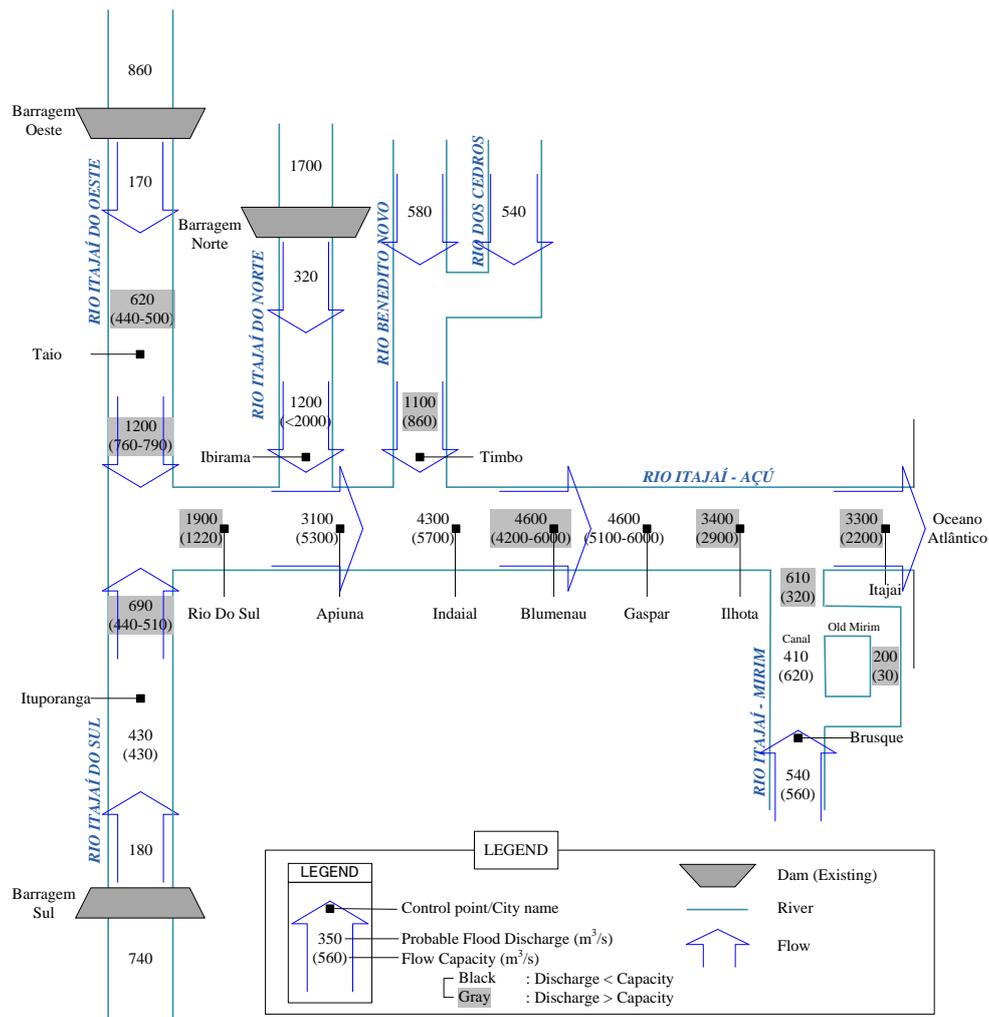
##### a. Mudança na operação da barragem Sul

A barragem Sul possibilita conter a vazão afluente com fechamento total das comportas, mesmo com a vazão de enchente provável de 25 anos. De acordo com os dados das enchentes do passado, não haverá risco de inundação em Rio do Sul entanto a vazão afluente na barragem Sul é inferior a  $300\text{m}^3/\text{s}$ . Portanto, deverá fechar todas as comportas quando a vazão afluente da barragem Sul atingir  $300\text{m}^3/\text{s}$ . Na figura abaixo a ilustração do método de operação da barragem Sul.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.16 Método de operação da Barragem Sul para enchente provável de 25 anos**

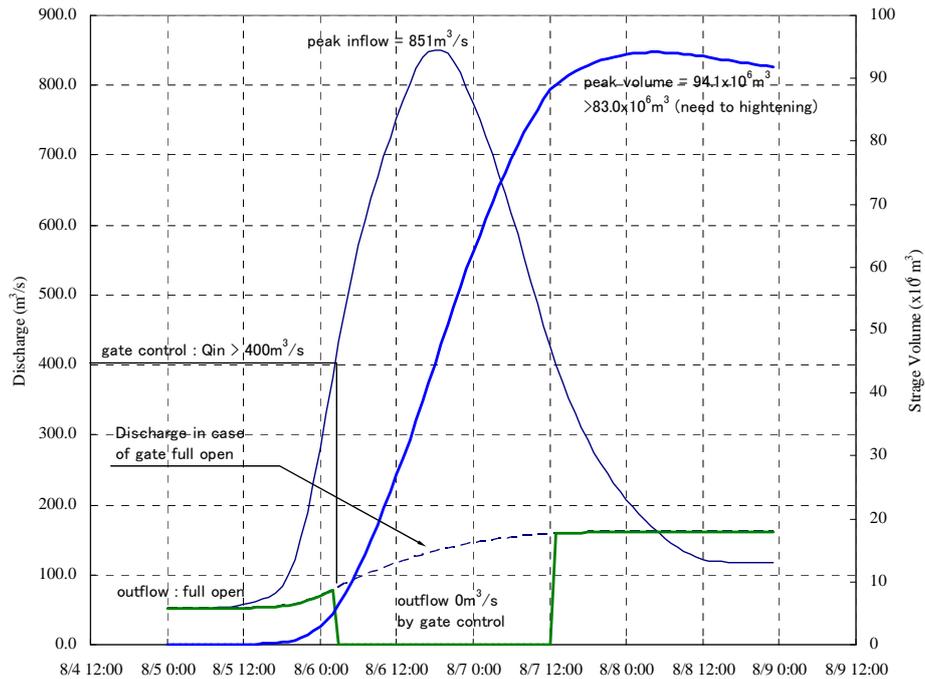


Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.15 Vazão e capacidade de escoamento de cada cidade para enchente provável de 25 anos (sem adoção de medidas)**

**b Sobre-elevação da barragem Oeste e mudança na operação**

Será realizada a sobre-elevação de 2 metros da barragem Oeste. O aumento da capacidade de contenção será de aproximadamente 16.200.000 m<sup>3</sup>. Conforme ilustrado na figura 8.4.17, as comportas serão totalmente fechadas quando a vazão afluyente da barragem Oeste atingir 400 m<sup>3</sup>/s durante sua operação.



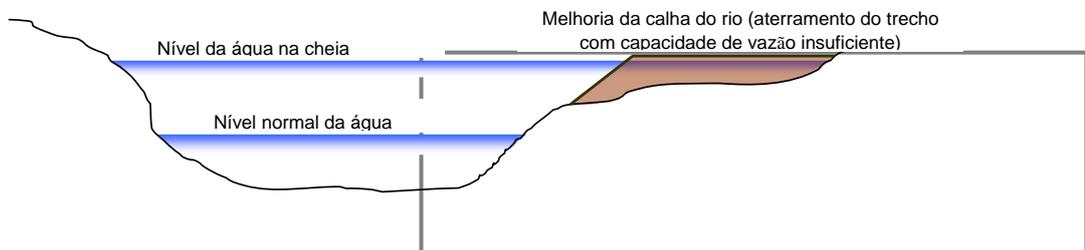
Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.17 Método de operação da Barragem Oeste para enchente provável de 25 anos**

c Melhoramento fluvial do canal de rio (cidades de Taió e Timbó)

As cidades de Taió e Timbó são relativamente menores, há possibilidade implementar o melhoramento fluvial do rio sem o reassentamento dos moradores, portanto, será priorizada análise de melhoramento fluvial.

A declividade da calha do rio na cidade de Taió é relativamente suave, portanto será realizado o alargamento. A capacidade de escoamento atual é  $440 \text{ m}^3/\text{s}$ , com esse melhoramento fluvial a capacidade de escoamento na cidade de Taió aumentará para  $490 \text{ m}^3/\text{s}$ . O rio Benedito e o rio dos Cedros se juntam na cidade de Timbó, a vazão de enchente a jusante dessa confluência é  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ , a capacidade de escoamento nesse trecho é  $860 \text{ m}^3/\text{s}$ . A capacidade de escoamento do rio dos Cedros na cidade de Timbó é  $450 \text{ m}^3/\text{s}$ , a vazão provável é  $590 \text{ m}^3/\text{s}$ , portanto a capacidade de escoamento nesse trecho é insuficiente. A insuficiência da capacidade de escoamento na cidade de Timbó é somente parte do trecho dos rios, a altitude do terreno é mais baixa em relação ao seu entorno. Na figura abaixo a ilustração do melhoramento fluvial proposto.

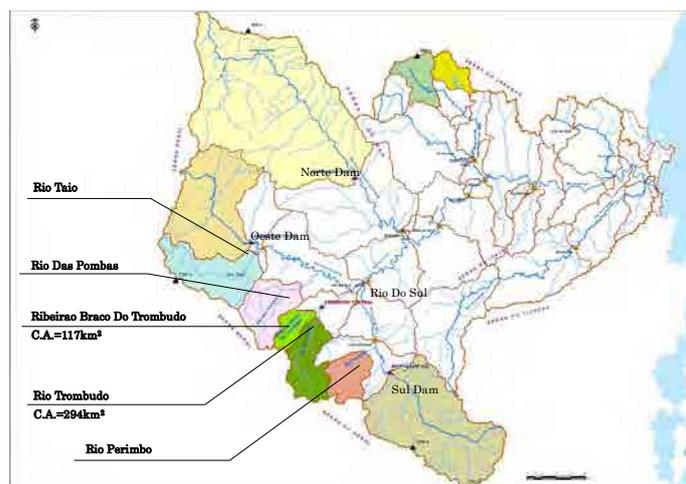


Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.18 Ilustração do melhoramento fluvial na cidade de Timbó**

d. Medidas para a cidade de Rio do Sul

A insuficiência da capacidade de escoamento na cidade de Rio do Sul foi solucionada com a combinação das barragens de pequeno porte para fins agrícolas e alargamento da calha do rio a jusante. A quantidade de barragens de pequeno porte é 7 locais (total de  $41.000.000 \text{ m}^3$ ) e os locais propostos estão ilustrados na figura 8.4.19.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.19 Mapa localização das barragens de pequeno porte propostas (enchente provável de 25 anos)**

Conforme resultado da análise de escoamento, vazão na cidade de Rio do Sul é  $1300 \text{ m}^3/\text{s}$  para enchente provável de 25 anos, após as instalações das barragens de pequeno porte. A capacidade de escoamento do Rio do Sul é  $1220 \text{ m}^3/\text{s}$ , portanto, foi avaliado o melhoramento fluvial para aumentar a capacidade equivalente a  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ . Em relação ao melhoramento fluvial, foram avaliadas as medidas de alargamento da calha à jusante e diques nos trechos onde há falta da capacidade de escoamento que foram propostas para a enchente provável de 10 anos. Conforme explanado na tabela abaixo, levando consideração o custo e o impacto social, foi adotada a medida de alargamento da calha do rio a jusante.

**Tabela 8.4.7 Avaliação das medidas de enchentes em Rio do Sul para enchente provável de 25 anos**

Medidas Alternativas	Alargamento da calha do rio a jusante	Construção de diques
Sumário	Alargar 10m o trecho sem concentração de habitações e rebaixar o nível de água para melhorar o escoamento na cidade do Rio do Sul.	Construir diques no trecho da cidade do Rio do Sul com capacidade de escoamento insuficiente (1,6m na linha de medição IT84), e aumentar a capacidade.
Croqui		
Custo	Custo da obra + custo de desapropriação de terras: R\$ 154.000.000. O custo da obra é alto, mas por ser alargamento feito fora da zona urbana é menor o custo de desapropriação, com custo total inferior ao do plano de construção de dique.	Custo da obra + custo de desapropriação de terras: R\$ 169.000.000. O custo da obra é menor, mas é elevado o custo de desapropriação na área urbana.
Impacto sobre ambiente social	Por se tratar de alargamento feito fora da zona urbana (região de agropecuária), o impacto social é relativamente menor.	Por se tratar de construção de diques na área urbana, haverá muitos reassentamentos de moradores com impacto social significativo.
Impacto sobre ambiente natural	Não há impacto significativo, mas é preciso fazer destinação adequada das terras das escavações.	Não há impacto significativo.
Influência sobre as enchentes	Aumenta a velocidade de escoamento da calha do rio na cidade de Rio do Sul, aumentando vazão de enchente a jusante, mas se considerar que as medidas de contenção tais como barragens de pequeno porte e contenção nas arrozeiras a montante irão reduzir a vazão de enchente, não haverá problemas.	Haverá elevação do nível de água por causa dos diques nas duas margens, portanto, requer atenção, pois, o trecho onde a capacidade de escoamento é suficiente poderá ocorrer o transbordamento e causar a inundação.
Avaliação	Sob o aspecto de custo e de impacto socioambiental, é mais vantajoso que o plano de construção de dique.	Sob o aspecto de custo e de impacto socioambiental, é inferior ao plano de alargamento a jusante.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

e Cidade de Ilhota

A cidade de Ilhota encontra-se entre as cidades de Gaspar e Itajaí e ao redor da cidade é planície de inundação, portanto, haverá necessidade de proteger dos danos de enchentes. As medidas de construção dos diques em anel para a cidade de Ilhota visam proteger a cidade sem prejudicar os efeitos de retardamentos da planície aluvial.

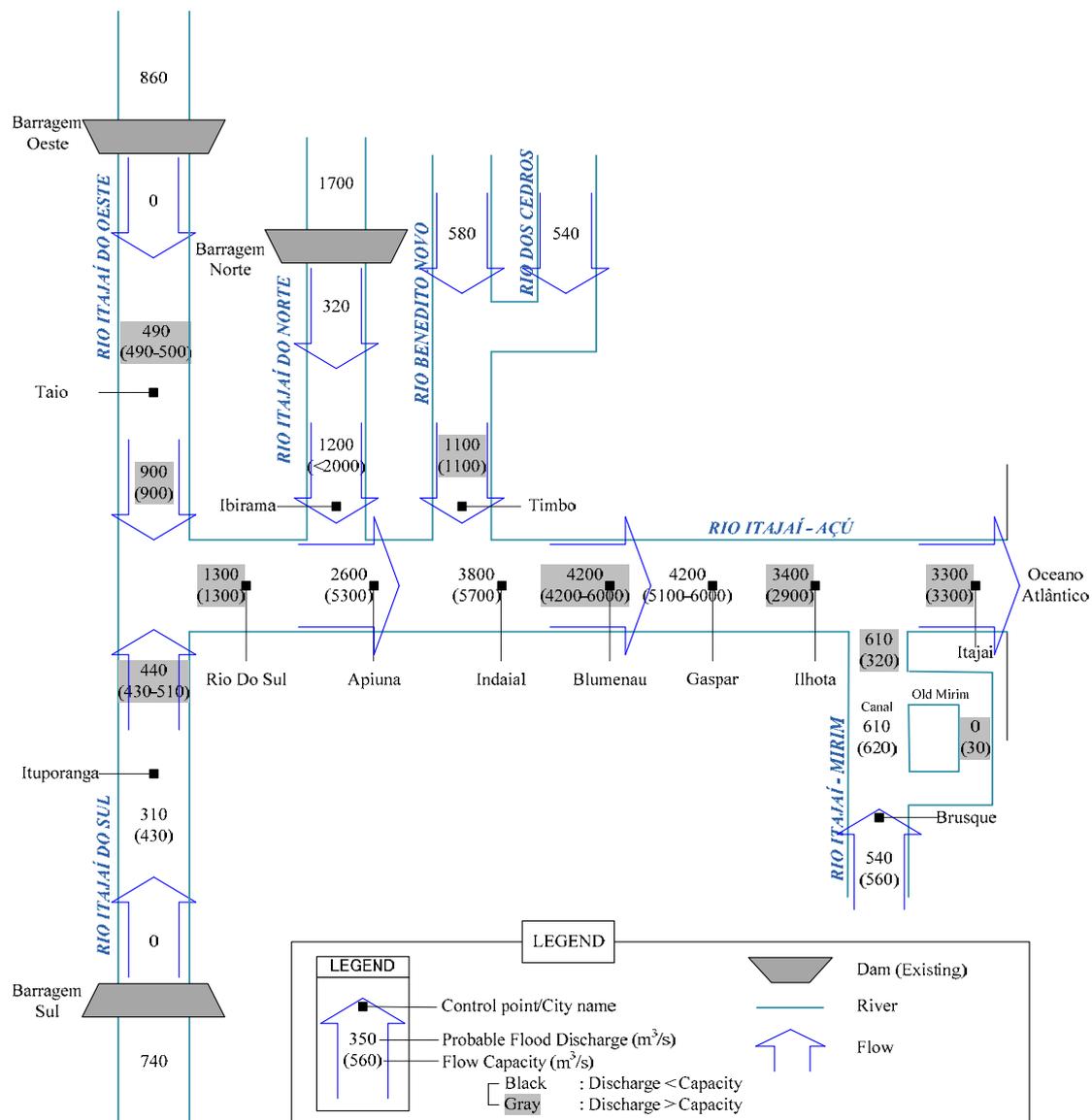
f Rio Itajaí-açu e Rio Itajaí Mirim nas proximidades da cidade de Itajaí

Rio Itajaí Mirim

De forma análoga à enchente provável de 10 anos, no rio Itajaí Mirim será construída as comportas e no rio Itajaí-açu, a proposta de dique unilateral é vantajosa em relação à proposta de canal extravasor.

(4) Vazão de enchente provável, após a implementação das medidas propostas

Na figura 8.4.20 a ilustração da vazão de enchente de cada cidade para enchente provável de 25 anos, após a implementação das medidas propostas.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

Figura 8.4.20 Vazão e capacidade de escoamento de cada cidade para enchente provável de 25 anos

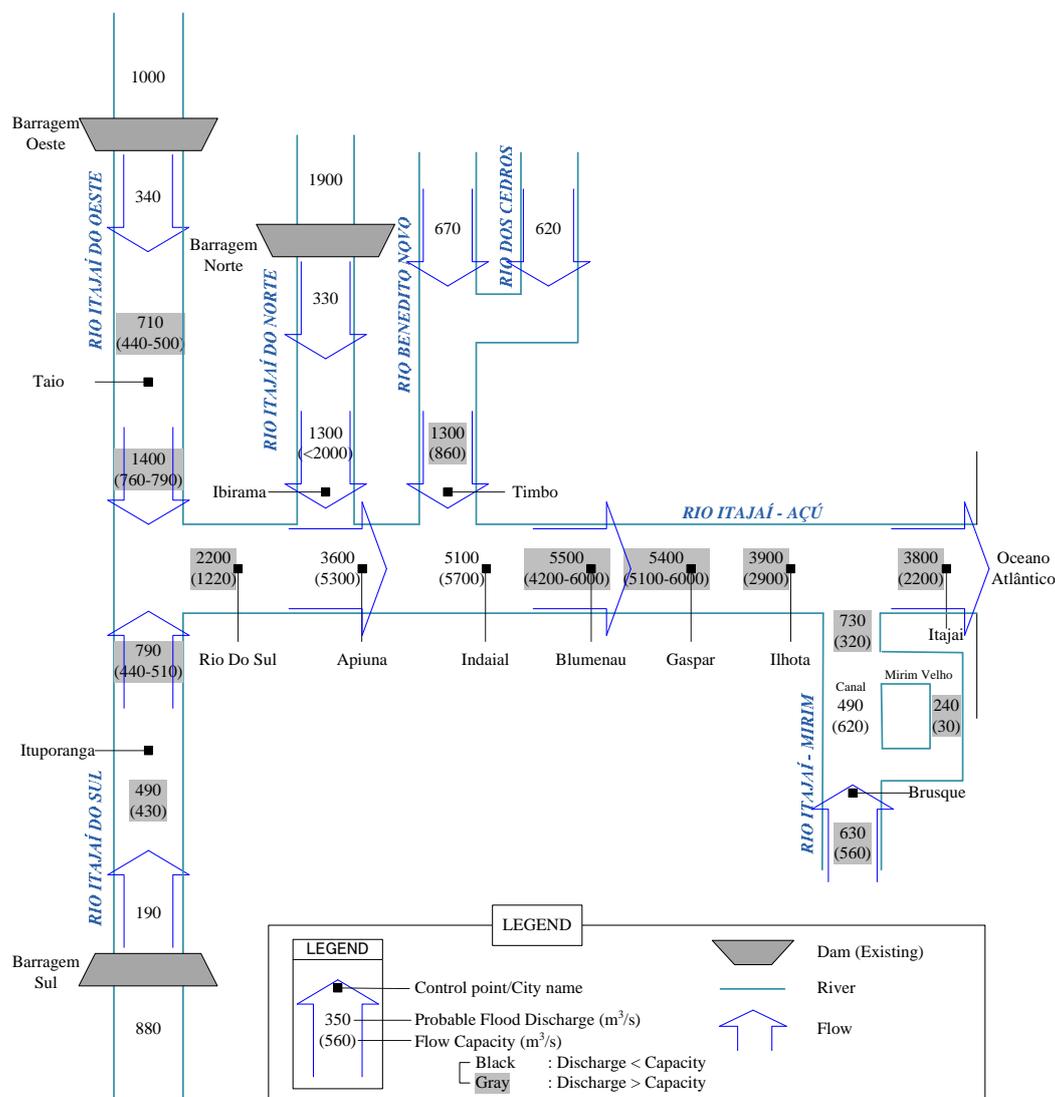
#### 8.4.4 Enchente provável de 50 anos

##### (1) Diretrizes básicas para as medidas de enchentes

Na figura 8.4.21 a ilustração da vazão e capacidade de escoamento de cada cidade para enchente provável de 50 anos. Em quase que totalidade das cidades a vazão de enchente provável de 50 anos irá ultrapassar a capacidade de escoamento.

##### (2) Análise de medidas propostas

Mesmo com a implementação das medidas de contenção da água de chuva nas arrozeiras, barragens de pequeno porte de uso para fins agrícolas, utilização mais eficiente das barragens de contenção de cheias existentes e utilização das barragens hidrelétricas para contenção de cheias, não é possível conter a vazão de enchente dentro da capacidade de escoamento nas cidades de Rio do Sul, Taió, Timbó e Blumenau. Portanto, haverá necessidade de avaliar as medidas adicionais de melhoramento fluvial tais como alargamento da calha do rio e construção dos diques. Em Brusque também a vazão de enchente irá ultrapassar a capacidade de escoamento, portanto, será analisada a medida de contenção na montante do rio Itajaí Mirim com a construção da barragem.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.21 Fluxo da cheia com recorrência de 50 anos por cidade (sem o controle de cheias) e capacidade de vazão**

(3) Plano de Mitigação de Enchentes

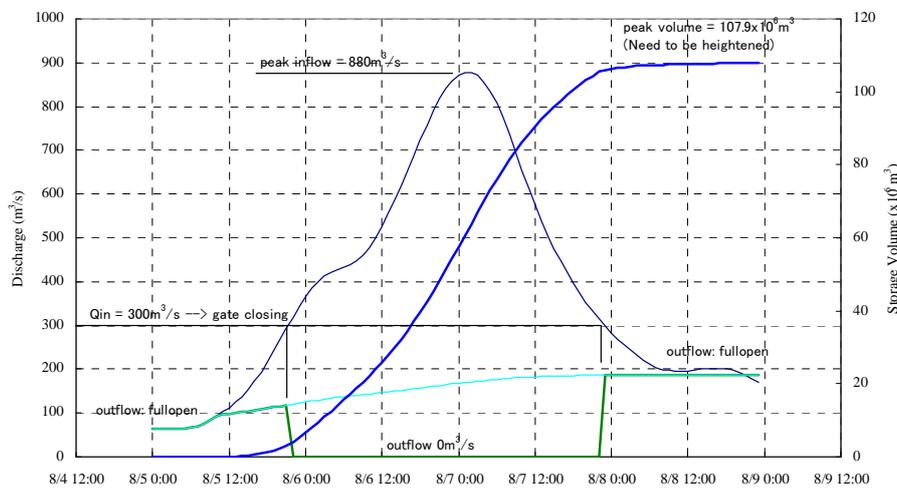
Medidas de contenção nas arrozeiras, mudança na operação das barragens hidrelétricas e barragens de pequeno porte (retenção de 41.000.000 m<sup>3</sup> com 7 barragens) são análogas às medidas para enchente provável de 25 anos. Abaixo, serão apresentadas outras medidas. Os detalhes sobre as análises dessas medidas constam no anexo nr. 3 “Plano de Mitigação de Enchentes”.

a Sobre-elevação da barragem Sul e mudança na operação

O vertedouro da barragem Sul será sobre-elevado 2 metros. Após a sobre-elevação, a capacidade de retenção passará para 110x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. A barragem Sul será operada com todas as comportas fechadas quando a vazão afluente atingir 300 m<sup>3</sup>/s para evitar o risco de inundação na jusante.

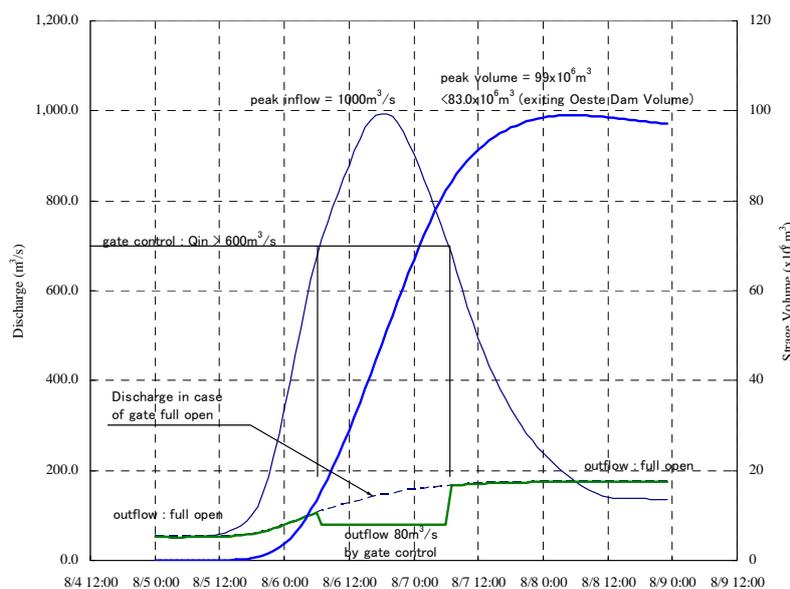
b Sobre-elevação da barragem Oeste e mudança no método de operação

A sobre-elevação da barragem Oeste será 2 metros. A capacidade de retenção passará para 99.3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, após a sobre-elevação. A barragem Oeste será operada com todas as comportas fechadas quando a vazão afluente atingir 700m<sup>3</sup>/s para evitar o risco de inundação na jusante. Na enchente provável de 50 anos, o volume máximo de retenção será 99x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

Figura 8.4.22 Método de operação da Barragem Sul na enchente provável de 50 anos



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

Figura 8.4.23 Método de operação da Barragem Oeste para enchente provável de 50 anos

## c Medidas de enchentes para as cidades de Rio do Sul, Taió e Timbó

Foram avaliadas as propostas de medidas de alargamento da calha do rio a jusante e construção de diques na zona urbana, análogas às medidas de enchente provável de 25 anos. Na figura abaixo será ilustrado o resultado de avaliação de ambas as medidas em Rio do Sul e a proposta de construção de diques é mais vantajosa. Os resultados de análises foram idênticos em Taió e em Timbó.

**Tabela 8.4.8 Avaliação das medidas de enchentes em Rio do Sul, para enchente provável de 50 anos**

Medidas alternativas	Alargamento da calha do rio	Construção de diques
Sumário	Alargar 40m da calha do trecho a jusante da cidade de Rio do Sul, onde não há concentração de moradores e reduzir o nível da água, melhorando a drenagem da cidade.	Construir diques no trecho com capacidade de escoamento insuficiente da cidade de Rio do Sul (2,2m na seção IT84) para aumentar a capacidade de escoamento.
Custo	Custo da obra + custo de desapropriação do terreno: R\$ 616.000.000. Volume excessivamente grande de escavação, encarecendo significativamente o custo da obra em relação ao plano de construção de dique.	Custo da obra + custo de desapropriação do terreno: R\$ 246.000.000. É necessária a desapropriação na área urbana, mas por ser menor a quantidade de obras, é mais vantajoso no custo do que o plano de alargamento.
Avaliação	É inferior ao plano de construção de dique no custo.	É mais eficaz no custo.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

## d. Medidas de enchentes para a cidade de Blumenau

Não há necessidade de adoção das medidas de enchentes na cidade de Gaspar, pois, a vazão reduzirá até 4900m<sup>3</sup>/s com as medidas de contenção na montante, e a capacidade de escoamento é maior do que esta vazão. Por outro lado, haverá redução da vazão até 4790m<sup>3</sup>/s na cidade de Blumenau, porém com a capacidade de escoamento é 4200m<sup>3</sup>/s, a insuficiência da capacidade de escoamento é 600m<sup>3</sup>/s. Foram avaliadas as propostas de implementação da seção transversal mista trapezoidal, aproveitando a APP e a construção de nova barragem na montante do Rio Benedito para solucionar a insuficiência da capacidade de escoamento em Blumenau. Na figura-8.4.9 a ilustração do resultado de avaliação dessas propostas. O melhoramento fluvial da calha em seção transversal mista trapezoidal é vantajoso.

**Tabela - 8.4.9 – Avaliação das medidas de enchentes de Blumenau para enchente provável de 50 anos**

Medidas alternativas	Seção transversal mista trapezoidal da calha do rio	Construção de nova barragem na montante
Sumário	Instalar na margem esquerda de Blumenau, APP e transformar a avenida em dique, elevando +- 1,0m. (vide figura-8.3.2)	Construir novas barragens em 2 locais: a montante dos rios Benedito e dos Cedros (altura das barragens: respectivamente 46m e 34m).
Custo	Custo da obra + custo de desapropriação =R\$ 163.000.000. O custo de construção do dique é mínimo, mas o custo de desapropriação de terrenos é elevado. No geral, é mais vantajoso do que o plano de construção de nova barragem.	Custo da obra + custo de desapropriação =R\$ 205.000.000. O custo da obra é alto, é desvantagem em relação ao plano de seção transversal mista trapezoidal da calha do rio.
Impacto sobre o ambiente social	É preciso fazer grande desapropriação de terrenos na margem esquerda da cidade de Blumenau, e seu impacto social é extremamente grande.	Necessidade de reassentamento de moradores no lado de Rio dos Cedros, com pequeno impacto social.
Impacto sobre o ambiente natural	Não há impactos significativos.	Por causa da construção de novas barragens em 2 locais, causa impacto sobre o ambiente natural na cota de inundação.
Resultado de contenção de cheias	Permite aumentar a capacidade de escoamento até a vazão de projeto.	Com a construção de barragens em 2 locais, a vazão de enchente na cidade de Blumenau será de 4400m <sup>3</sup> /s, não irá solucionar totalmente o problema (será preciso adotar melhoramento fluvial ao mesmo tempo, aumentado mais o custo inicial).
Avaliação	É mais vantajoso que o plano de construção de novas barragens em custos e resultado de contenção das cheias.	É inferior em relação ao custo. Não é capaz de controlar totalmente a vazão somente com as barragens.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

## e Medidas de enchentes para a cidade de Ilhota

Serão construídos diques em anel para proteger a cidade de Ilhota, medidas análogas à enchente provável de 25 anos.

## f Cidade de Itajaí (Rio Itajaí-açu)

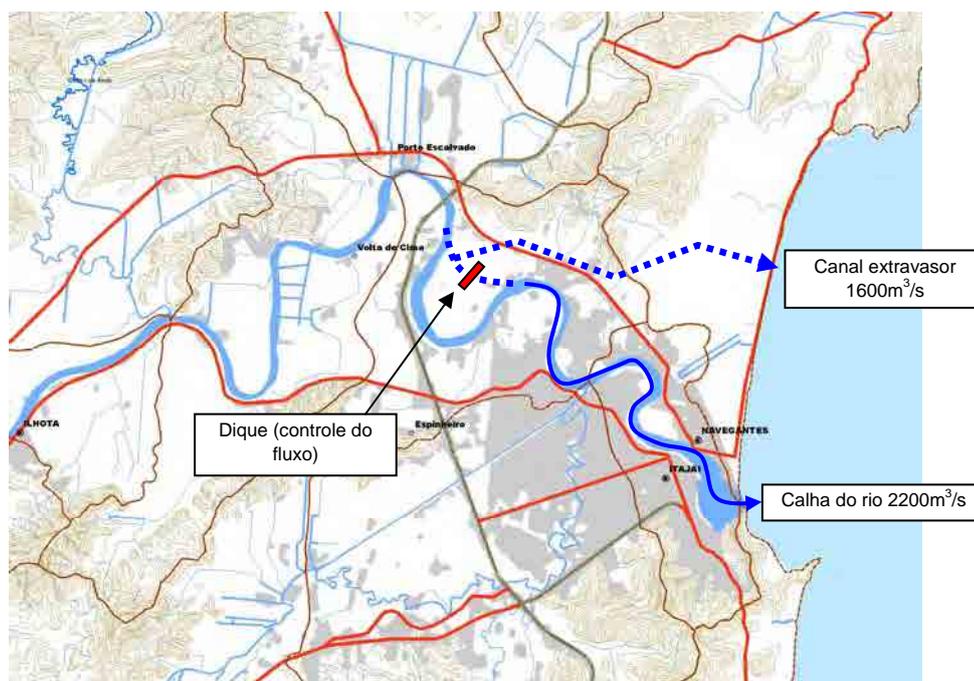
Foi proposta a construção de diques unilaterais na margem direita para enchentes prováveis de 10 e 25 anos, porém, haverá necessidade de construir diques em dois lados das margens, inclusive em Navegantes, elevando os custos, além do impacto social grande, Conforme a tabela abaixo, após avaliação das duas propostas para enchente provável de 50 anos, a proposta de canal extravasor torna-se mais vantajoso, pois, o custo de desapropriação e reassentamento dos moradores tornam-se mais barato do que a proposta de construção dos diques. Portanto, o canal extravasor foi medida adotada para a cidade de Itajaí.

**Tabela 8.4.10 Comparação dos métodos de controle de cheias com recorrência de 50 anos para a cidade de Itajaí (margens do curso principal do rio Itajaí)**

Medidas Alternativas	Diques	Canal Extravasor
Sumário	Construir diques nas margens esquerda (lado da cidade de Itajaí) e direita (lado da cidade de Navegantes) no rio Itajaí-açu.	Derivar o canal extravasor a jusante da rodovia BR-101 e descarregar a parcela que excede a capacidade de escoamento (1600m <sup>3</sup> /s) através deste canal, diretamente ao Oceano em Navegantes.
Custo	Custo da obra: R\$ 23.000.000 Custo de desapropriação de terrenos: R\$ 449.000.000 Total: R\$ 472.000.000 O custo de desapropriação de terrenos é alto por se tratar de construção de dique na área urbana, onerando mais do que o plano de canal extravasor.	Custo da obra: R\$ 25.000.000 Custo de desapropriação de terrenos: R\$ 425.000.000 Total: R\$ 450.000.000 O custo da obra é elevado, mas é menor o custo de desapropriação de terrenos, portanto, é mais vantajoso que o plano de dique.
Impacto sobre o ambiente social	Por ser construção de diques na área urbana, é extremamente grande o reassentamento de moradores, causando impacto social significativo.	O canal extravasor divide a cidade de Navegantes, com grande impacto social.
Impacto sobre o ambiente natural	Sem impactos significativos.	É preciso avaliar os impactos ambientais naturais na sua execução, tais como: fluxo de sedimentos na região da foz do canal extravasor e os impactos da intrusão salina.
Avaliação	É inferior ao plano de canal extravasor sob os aspectos de custos e impacto social.	É superior nos aspectos de custos e impactos sociais, e é adequado como controle de cheias. Contudo, é preciso avaliar os impactos ambientais naturais na sua execução.

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

Na figura 8.4.24 a ilustração do layout do canal extravasor.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.24** Layout do canal extravasor e vazão de projeto para enchente provável de 50 anos

## g Medidas para o rio Itajaí Mirim

As especificações das comportas são conforme ilustradas na figura-8.4.4 abaixo. Porém, na enchente provável de 50 anos ocorrerá excesso da vazão ao concentrar a enchente no canal retificado por meio das comportas, ultrapassando a capacidade de escoamento. Na montante do rio Itajaí Mirim, a capacidade de escoamento na cidade de Brusque tornará insuficiente, portanto, para solucionar simultaneamente estes problemas, será construída nova barragem a montante do rio Itajaí Mirim (local da barragem: região montanhosa à montante da cidade de Botuverá), e controlar a vazão de enchente na cidade de Brusque e no canal retificado dentro da cidade de Itajaí. A especificação da barragem necessária será conforme indicada na tabela abaixo.

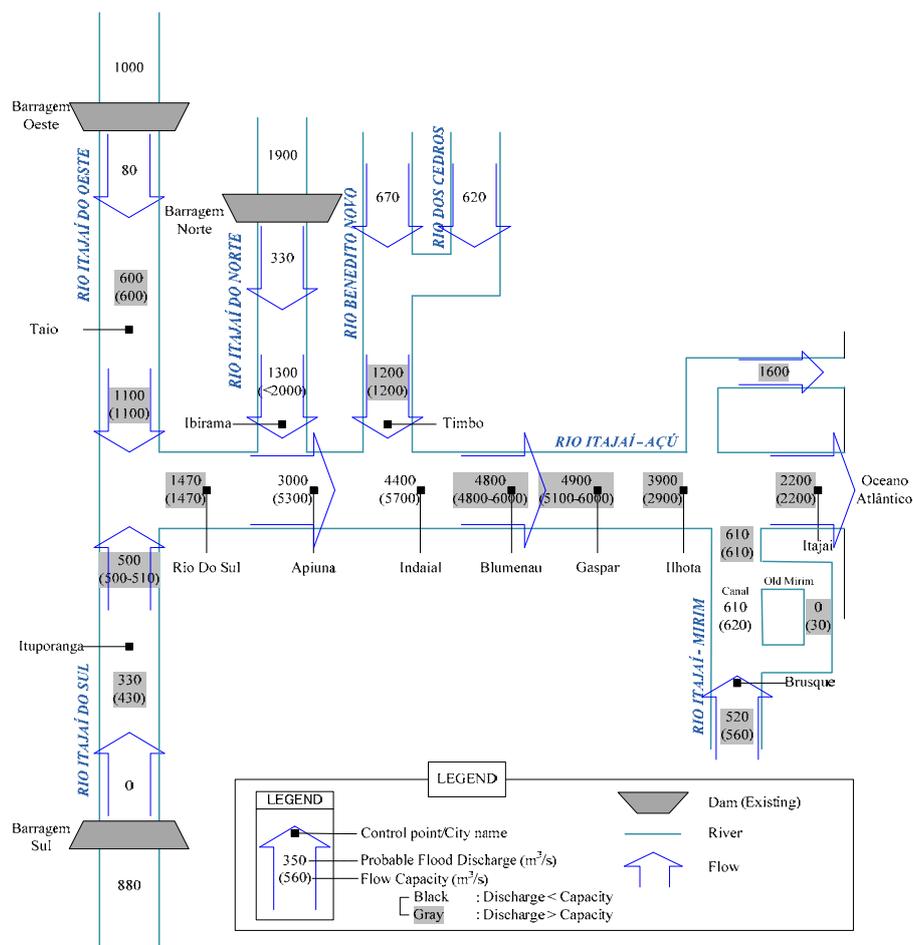
**Tabela 8.4.11** Especificação básica da barragem do rio Itajaí Mirim para enchente provável de 50 anos

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	OBSERVAÇÃO	
Especificação do projeto	Área da bacia	630km <sup>2</sup>	A montante da cidade de Botuverá
	Volume máximo da vazão afluente	370m <sup>3</sup> /s	
	Volume máximo de descarga	250m <sup>3</sup> /s	Vazão reguladora: 120m <sup>3</sup> /s
	Volume de contenção	15.700.000m <sup>3</sup>	
Especificação da instalação	Altura da barragem	34,2m	

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

## (4) Vazão de enchente provável, após a implementação das medidas

Na figura 8.4.25 a ilustração da vazão de enchente de cada cidade para enchente provável de 50 anos após a implementação das medidas propostas.



Fonte: Equipe de Estudo de JICA

**Figura 8.4.25 Vazão e capacidade de escoamento de cada cidade para enchente provável de 50 anos (após medidas de enchentes)**

#### 8.4.5 Medidas para enchentes nos rios urbanos (Ribeirões Garcia e Velha)

##### (1) Síntese

Os ribeirões Garcia e Velha percorrem a área urbana de Blumenau e deságuam no rio Itajaí-açu. São afluentes de pequeno e médio porte, com respectivamente 163,3km<sup>2</sup> e 52,9km<sup>2</sup> de área da drenagem, e as declividades dos seus leitos são mais acentuadas do que a do rio Itajaí-açu (em torno de 1/200 a 1/600 no ribeirão Garcia). Estes afluentes urbanos têm apresentado problemas de enchentes bruscas nos últimos anos. Estas enchentes bruscas são os transbordamentos ou elevações do nível de água rápidas e violentas causadas pelas chuvas intensas localizadas que incluem o fluxo de sedimentos.

Nas diversas entrevistas e visitas realizadas nas cidades de Blumenau, houve sobreposição de chuvas intensas sobre o solo saturado pela precipitação constante, causando grandes danos escorregamentos, desmoronamentos de encostas, carregadas pela inundações bruscas, durante a enchente de novembro de 2008. É difícil solucionar este tipo de desastre que inclui fluxo de sedimentos através de medidas convencionais de enchentes, portanto, é recomendável dar prioridade para salvar as vidas humanas por meio de medidas não estruturais, introduzindo o sistema de alerta de escorregamentos, proposto no capítulo 9.

Além disso, existem muitas casas próximas às margens dos ribeirões Garcia e Velha e as calhas de rios tornaram estreitas, com isso a capacidade de escoamento é insuficiente mesmo nas enchentes normais (ocorrem também inundações rápidas por causa da pequena área de drenagem e declividade acentuada). Neste parágrafo foi avaliado o melhoramento fluvial para enchentes normais, considerando a enchente provável e nível da água dos dois ribeirões.

## (2) Vazão de enchente provável

No rio Itajaí-açu e seus principais afluentes foram realizadas as análises escoamento com base nas particularidades das inundações do passado, considerando a chuva sucessiva de 4 dias, porém, nos ribeirões Garcia e Velha que são rios de pequenos e médios portes com declividades acentuadas, as chuvas são localizadas e de curta duração. Portanto, foi calculada a chuva provável de 1 dia na cidade de Blumenau e feita análise da vazão. A chuva provável e vazão provável estabelecido estão ilustradas na tabela abaixo.

**Tabela - 8.4.12 – Vazão de pico da enchente provável dos ribeirões Garcia e Velha**

Escala provável de enchente	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Chuva provável (1dia)	113 mm	135 mm	168 mm	190 mm
Vazão provável - Garcia	320 m <sup>3</sup> /s	390 m <sup>3</sup> /s	490 m <sup>3</sup> /s	550 m <sup>3</sup> /s
Vazão provável - Velha	140 m <sup>3</sup> /s	170 m <sup>3</sup> /s	210 m <sup>3</sup> /s	240 m <sup>3</sup> /s

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

## (3) Medidas para enchentes

Nas margens dos ribeirões Garcia e Velha a montante existem muitas residências, são considerados Parques Nacionais, portanto há dificuldade para construir barragem de contenção. Além disso, quase não existe terreno plano, dificultando a construção de lagoa de retardamento. A foz do ribeirão Garcia sofre o refluxo do rio Itajaí-açu, portanto, a medida de alargamento da calha para melhorar o escoamento seria ineficiente. Portanto, serão construídos diques nos trechos de elevação baixa onde há insuficiência da capacidade de escoamento.

Por outro lado, os trechos intermediários dos ribeirões Garcia e Velha são rios de colina com declividade e razoavelmente sinuosos, levando em considerações a velocidade da corrente e pontos de colisões de águas, a construção de diques não é apropriada. Portanto, estes trechos serão alargados, rebaixando as margens das áreas de preservação permanente – APP, transformando em leito de inundação. As medidas a serem implementadas estão listadas na tabela abaixo. Os detalhes de análise constam do anexo.

**Tabela - 8.4.13 - Lista de medidas de enchentes para os ribeirões Garcia e Velha**

Nome do rio	Seção transversal	Medidas de enchentes	TERRENO DE APP INUNDÁVEL ALTITUDE DO SOLO	Altura do dique ou largura da planície de inundação(APP) necessária (m)			
				5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Ribeirão Garcia	GA01	Construção de dique	-	-	-	-	1 – 1,5m
	GA02	Construção de dique	-	-	-	1,5 – 2m	2,5 – 3m
	GA03	Construção de dique	-	-	-	1 – 1,5m	2 – 2,5m
	GA06	APP	EL.29,0m		15m	20m	25m
	GA07	APP	EL.60,0m	20m	30m	45m	55m
Ribeirão Velha	VE04	APP	EL.13,5m	5m	10m	20m	35m
	VE05	APP	EL.15,0m	5m	25m	30m	30m

Fonte: Equipe de Estudo de JICA

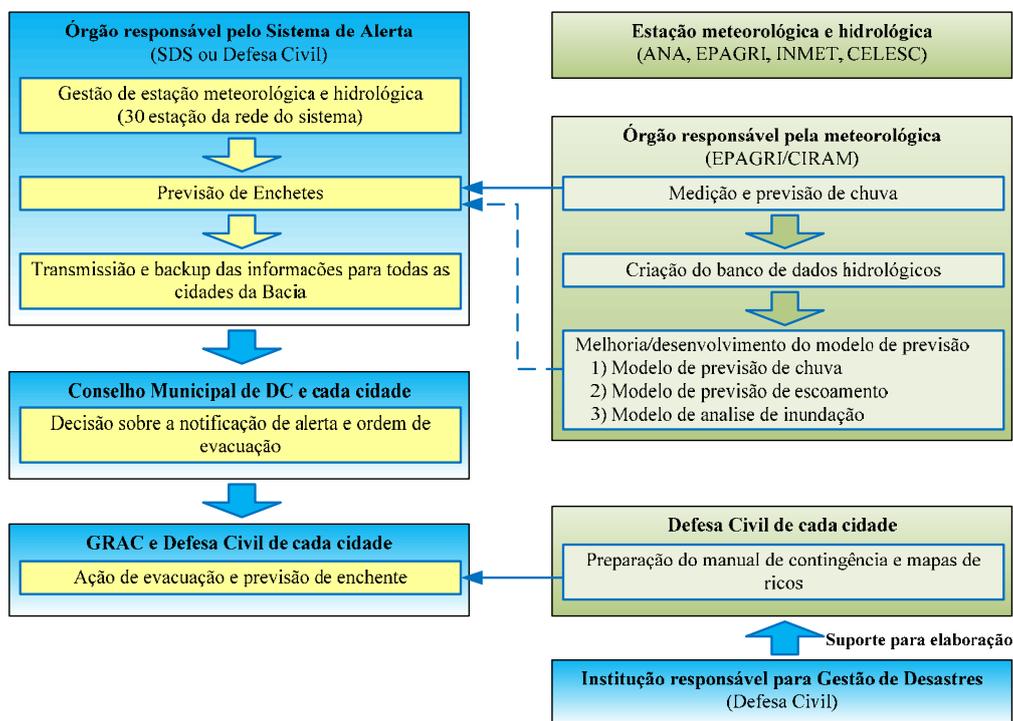
## 8.5 Plano Diretor para o Fortalecimento do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias na Bacia do Rio Itajaí

### 8.5.1 Organizações Propostas para o Fortalecimento do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias Existente

Deve ser construída uma organização institucional apropriada para a atuação efetiva do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias proposto. O atual sistema conduzido pelo FURB/CEOPS, que tem a delegação concedida pela SDS, não é funcional o bastante e não existe boa comunicação entre o FURB/CEOPS e outras organizações do estado de Santa Catarina.

Para a implementação adequada do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias por toda a bacia do Rio Itajaí, o Governo do Estado deve ter a responsabilidade pela questão, não apenas o FURB/CEOPS como uma unidade de uma universidade local (Ver Figura 8.5.1).

Este estudo propõe a melhoria das 14 estações meteorológicas existentes e 16 estações adicionais de modo que todas as cidades na bacia sejam capazes de ter um sistema de previsão e alerta de cheias ou um sistema de alerta (Seção 8.5.3). Todas as 30 estações meteorológicas devem ser gerenciadas e operadas pela unidade do governo do estado responsável pelo Sistema de Previsão e Alerta de Cheias (SDS/Defesa Civil).



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

**Figura 8.5.1 Organização Institucional Proposta para o Sistema de Previsão e Alerta de Cheias**

- i. A unidade do governo do estado responsável pelo Sistema deve melhorar o método de previsão de cheias e o nível de alerta não apenas em Blumenau, mas também nas outras cidades da bacia. Por outro lado, o EPAGRI/CIRAM como divisão meteorológica do estado deve estabelecer um novo sistema que transmita todos os dados hidrológicos e meteorológicos observados pelas diferentes organizações. O CIRAM deve gerenciar os dados e desenvolver um sistema de base de dados para todos os dados que vêm de diferentes organizações, incluindo as 30 estações meteorológicas acima mencionadas. Estes dados devem ser utilizados no futuro desenvolvimento do Sistema de Previsão e Alerta de Cheia, como na análise do escoamento, análise da inundação e previsão de chuva.
- ii. O resultado da previsão de cheia deve ser transmitido para todos os Conselhos Municipais de Defesa Civil na bacia e o anúncio do alerta de cheia e da evacuação deve ser implementado e avaliado por cada cidade, levando em consideração o nível de alerta. Portanto, a propriedade do nível de alerta deve ser verificado.
- iii. O GRAC deve realizar atividades de evacuação com base no anúncio de evacuação. A Defesa Civil do governo do estado, unidade responsável pela prevenção e mitigação dos desastres naturais, deve dar apoio na elaboração do manual de evacuação e do mapa de áreas de risco para algumas cidades que ainda não os prepararam.

## 8.5.2 Proposta para as Cidades Alvo do Alerta de Cheia

### (1) Proposta para o Estabelecimento dos Níveis de Alerta

Como descrito na Seção 4.2.4/Capítulo 4, atualmente 16 cidades tem um nível de alerta definido, mas não a cidade de Brusque, a terceira cidade mais importante na Bacia do Rio Itajaí. Além destas cidades, Mirim Doce, Salete e Pouso Redondo, localizadas na região montanhosa à montante de Rio do Sul, e Águas

Claras e Guabiruba, na região montanhosa ao longo dos tributários da Cidade de Brusque, correm o risco de enchentes súbitas causadas pelo recente desenvolvimento das terras.

Portanto, estas 6 cidades devem determinar o seu nível de alerta, sendo necessárias novas estações meteorológicas juntamente com sistema de anúncio de evacuação através de sirenes.

Além disso, o nível de alerta existente foi definido há 25 anos, sendo que a situação do leito do rio e das áreas ribeirinhas mudou ao longo deste tempo. O atual nível de alerta deve ser revisado com base em um estudo sobre a capacidade de vazão na área urbana e na curva H-Q na estação meteorológica. As cidades alvo para definição dos níveis de alerta, incluindo as com nível existente, são mostradas na Tabela 8.5.1.

## (2) Cidades para Previsão de Cheias

A previsão de cheias na Bacia do Rio Itajaí deve ser realizada juntamente com a previsão de chuvas, análise do escoamento e previsão futura de cheias. Atualmente, a Defesa Civil, o EPAGRI/CIRAM e a SDS estão planejando o estabelecimento deste modelo de sistema.

Por outro lado, Rio do Sul, Blumenau e Itajaí, que são as principais cidades nas regiões superior, média e inferior do Rio Itajaí, respectivamente, e têm sérios problemas com as cheias, precisam de um sistema de alerta com a previsão de cheias usando a fórmula de correlação do nível de água, como solução provisória, até o estabelecimento do modelo acima mencionado.

### 8.5.3 Proposta de Melhoria/Aumento das Estações de Medição da Precipitação e do Nível de Água

#### (1) Melhoria das Estações de Medição da Precipitação e do Nível de Água Existentes

As 14 estações meteorológicas existentes descritas na Tabela 4.2.3 no Capítulo 4 são as estações mais importantes do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias. A melhoria dos equipamentos e dos sistemas de transmissão destas estações deve ser priorizada para a atual observação da precipitação e do nível de água. Em discussões com a SDS, verificou-se que a melhoria e a modernização serão implementadas através de recursos do governo do estado através da SDS. A melhoria destas estações existentes deve ser implementada com toda certeza.

#### (2) Proposta para Novas Estações de Medição da Precipitação / Nível de Água

##### i) Novas Estações de Medição para as Cidades Alvo do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias Proposto

Devem ser instaladas novas estações de medição nas cidades que não as possuem para a definição do nível de alerta.

São 11 cidades no total, incluindo Ilhota, Gaspar, Benedito Novo, Rio dos Cedros, Águas Claras, Guabiruba, Vidal Ramos, Trombudo Central, Pouso Redondo, Salete e Mirim Doce.

##### ii) Novas Estações de Medição para Previsão de Cheias e Alerta Antecipado e Evacuação

As informações sobre a vazão de saída das Barragens Oeste e Sul para controle de cheias localizado na região à montante de Rio do Sul são necessárias para a previsão de cheias na cidade. Atualmente, o DEINFRA, que administra as barragens, não possui dados de descarga de saída das barragens. O DEINFRA deve estabelecer um sistema que seja capaz de monitorar a descarga de saída das barragens no futuro, mas, no momento, novas estações de medição devem ser instaladas na região à jusante das barragens para monitorar a vazão de saída. Estas novas estações têm sido insistentemente solicitadas pela cidade de Rio do Sul. Além deste propósito, estas novas estações serão úteis para o alerta antecipado nas cidades de Taió e Ituporanga.

Por outro lado, as estações existentes de Blumenau e Brusque, a serem melhoradas, e as novas estações de Gaspar e Ilhota, serão utilizadas para a previsão de cheias na cidade de Itajaí. Atualmente, a Defesa Civil de Itajaí tem 9 estações pluviométricas automáticas e 8 estações de medição automática do nível de água na cidade. É proposto o uso cooperativo destes dados pelo sistema de observação do estado.

A CELESC, como a administradora das barragens hidrelétricas, deve ter a responsabilidade de dar informações sobre as Barragens Rio Bonito e do Pinhal, embora seja difícil estabelecer este sistema imediatamente. Portanto, as novas estações de medição devem ser instaladas à jusante de tais barragens para o monitoramento da vazão de saída. Estas novas estações também serão úteis para o alerta antecipado em Rio dos Cedros e Timbó. A cidade de Timbó tem solicitado insistentemente a instalação de câmeras de CFTV para inspeção visual das cheias, além da medição da vazão de saída das barragens.

Como resultado do exposto, são propostas 4 novas estações de medição à jusante das Barragens Oeste, Sul, Rio Bonito e Pinhal, com 2 câmeras de CFTV.

iii) Novas Estações de Medição para o Estabelecimento do Modelo de Previsão de Cheias no Futuro

Atualmente, existe uma estac o pluviométrica da ANA ao longo do Rio Luiz Alves, que   o principal tributário do Rio Itajaí, mas não estão disponíveis dados horários, como mencionado no Capítulo 4. A nova estac o de medi o   proposta para ser instalada na cidade de Luiz Alves para o estabelecimento de um modelo de previsão de cheia no futuro, com a Defesa Civil, CIRAM, e que está sendo planejado pela SDS.

iv) Novas Câmeras de CFTV para Monitorar a Situa o do Rio

Embora a Defesa Civil e a SDS, como administradores do rio e da preven o de desastres, não tenham escritórios regionais na bacia do Rio Itajaí, eles devem ser responsáveis pelo rio e pela preven o de desastres, mesmo de longe, a partir de Florianópolis. Portanto, propõe-se a instala o de CFTV em Rio do Sul, Blumenau e Itajaí. As esta es de medi o existentes e propostas são mostradas na Tabela 8.5.1 e na Figura 8.5.2.

(3) Transmissão dos Dados Observados

Os dados de precipita o e de nível de água das 30 esta es, no total, serão transmitidos para o servidor na estac o central de Florianópolis, através de email do GPRS e salvos na base de dados. Os dados salvos serão transmitidos para as esta es de monitoramento da Defesa Civil em Rio do Sul, Blumenau e Itajaí através da Internet.

As fotos do Rio Itajaí, tiradas a cada minuto, pelo CFTV em Rio do Sul, Blumenau e Itajaí, serão transmitidas para a estac o central de Florianópolis através da Internet e serão monitoradas.

A rede de observa o para o Sistema de Preven o e Alerta de Cheias Proposto   mostrada na Figura 8.5.3.

Na região onde será implementado o sistema de previsão e alarme para enchentes, deverá disparar o alerta/alarme de enchente através da m dia tais como rádio, TV, internet e painel eletrônico com base no resultado da medi o, previsão da enchente e a cota de inunda o de cada local, além de notificar a evacua o via patrulhamento, de acordo com a necessidade.

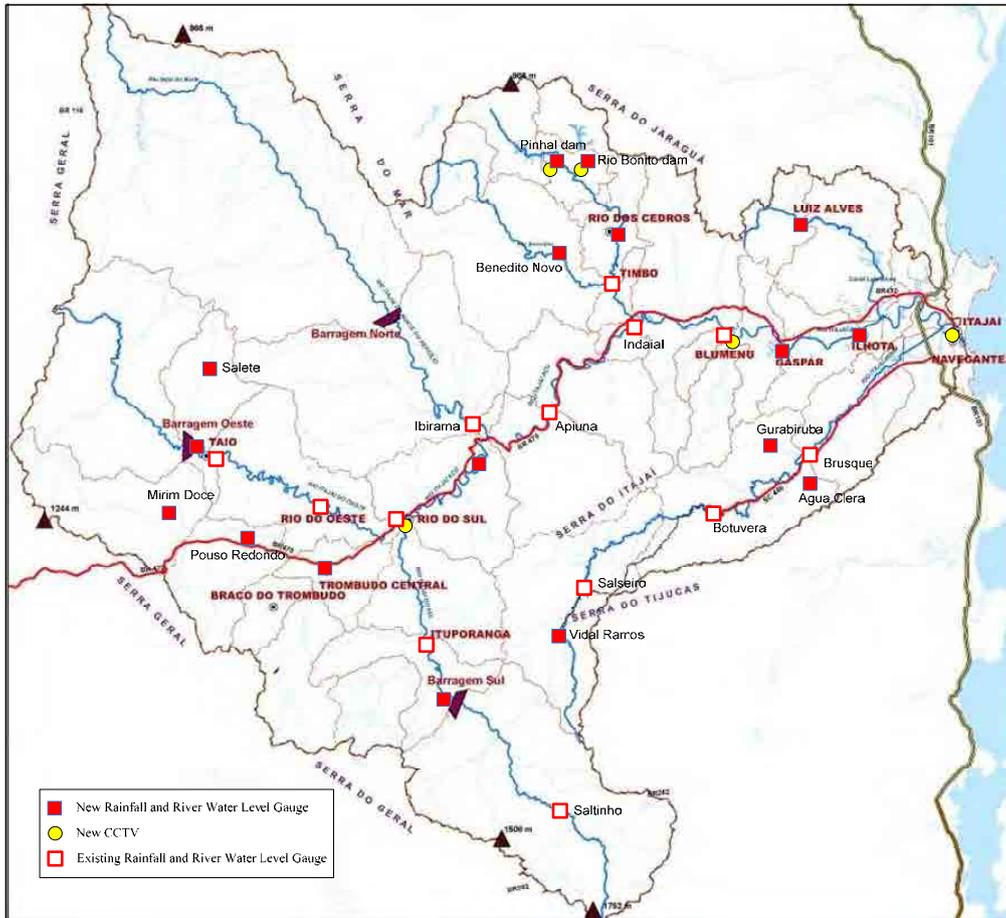
No Brasil, o sistema de comunica o digital está bem difundido atualmente e já foram introduzidos nas cidades de Florianópolis e Joinville no Estado de Santa Catarina. Futuramente, quando for introduzido este sistema na Bacia do Rio Itajaí, haverá possibilidade de transmitir as informa es hidrológicas convertido em formato de teletexto na tela de TV ou telefonia celular   popula o com a multiplexa o da comunica o.

**Tabela 8.5.1 Cidades Alvo do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias e das Estações de Medição**

No.	Name of River	Name of Sta.	Target City for FFWS			Gauging Station						
			Existing warning water level	Target Location for Warning	Forecasting & Warning	Existing Gauging Station (FURB/CEOPS) (Require for replacement/up-grade)			Proposed Gauging Station			
						Equipment	Present Condition	Equipment	Remarks			
1	Rio Itajaí	Rio do Sul	○	○	Reviewing existing	○	R/W	Operational	○	CCTV	Monitoring river from Florianópolis	
2	Rio Itajaí	Bumenau	○	○	warning level/Establishing	○	R/W	Operational	○	CCTV	Monitoring river from Florianópolis	
3	Rio Itajaí	Itajaí	○	○	flood forecasting formula	City government already installed 8 water level gauges			○	CCTV	Monitoring river from Florianópolis	
4	Rio Itajaí do Sul	Ituporanga	○	○	Reviewing existing warning water level	○	R/W	Up-grade of transmission system				
5	Rio Itajaí do Sul	Vidal Ramos	○	○					○	R/W	Warning for Vidal Ramos	
6	Rio Itajaí do Oeste	Taio	○	○			○	R/W	Up-grade of transmission system			
7	Rio Itajaí do Oeste	Rio Oeste	○	○			○	R/W	Replacement of Equipments			
8	Rio Trombudo	Trombudo	○	○					○	R/W	Warning for Trombudo	
9	Rio Itajaí do Norte	Ibirama	○	○			○	R/W	Up-grade of transmission system			
10	Rio dos Cedros	Rio dos Cedros	○	○					○	R/W	Warning for Rio dos Cedros	
11	Rio dos Cedros	Timbo	○	○			○	R/W	Operational			
12	Rio Benedito	Benedito Novo	○	○					○	R/W	Warning for Benedito Novo	
13	Rio Itajaí	Apiuna	○	○			○	R/W	Replacement of Equipments			
14	Rio Itajaí	Indaial	○	○			○	R/W	Replacement of Equipments			
15	Rio Itajaí	Gaspar	○	○					○	R/W	Warning for Gaspar	
16	Rio Itajaí	Ilhota	○	○					○	R/W	Warning for Ilhota	
17	Rio Itajaí Mirim	Brusque	-	○		Establishing warning water level	○	R/W	Replacement of Equipments			
18	Rio Itajaí do Oeste	Mirim Doce	-	○						○	R/W	Warning for Mirim Doce
19	Rio Itajaí do Oeste	Salete	-	○					○	R/W	Warning for Salete	
20	Rio Itajaí do Oeste	Pouso Redondo	-	○					○	R/W	Warning for Pouso Redondo/Rio do Sul due to flood by housing development	
21	Rio Itajaí Mirim	Água Clara	-	○					○	R/W	Warning for Água Clara	
22	Rio Itajaí Mirim	Gurabinuba	-	○				○	R/W	Warning for Gurabinuba		
23	Rio Itajaí do Sul	Saltinho	-	-	-	○	R/W	Replacement of Equipments				
24	Rio Itajaí do Sul	Sul Dam	-	-					○	R/W	Flood forecasting at Rio do Sul/ Monitoring discharge from dam to protect Ituporanga	
25	Rio Itajaí do Oeste	Oeste Dam	-	-					○	R/W	Flood forecasting at Rio do Sul/ Monitoring discharge from dam to protect Taio	
26	Rio Itajaí do Norte	Barra da Prata	-	-			○	R/W	Replacement of Equipments			
27	Rio dos Cedros	Pinhal Dam	-	-					○	R/W, CCTV	Monitoring discharge from dam to protect Timbo	
28	Rio dos Cedros	Rio Bonito Dam	-	-					○	R/W, CCTV	Monitoring discharge from dam to protect Timbo	
29	Rio Luiz Alves	Luiz Alves	-	-					○	R/W	To obtain hydrological data of Luiz Alves river basin for flood forecasting model	
30	Rio Itajaí Mirim	Salseiro	-	-			○	R/W	Replacement of Equipments			
31	Rio Itajaí Mirim	Botuvera	-	-			○	R/W	Replacement of Equipments			
TOTAL			16	22		14			19	16 R/W & 5 CCTV		

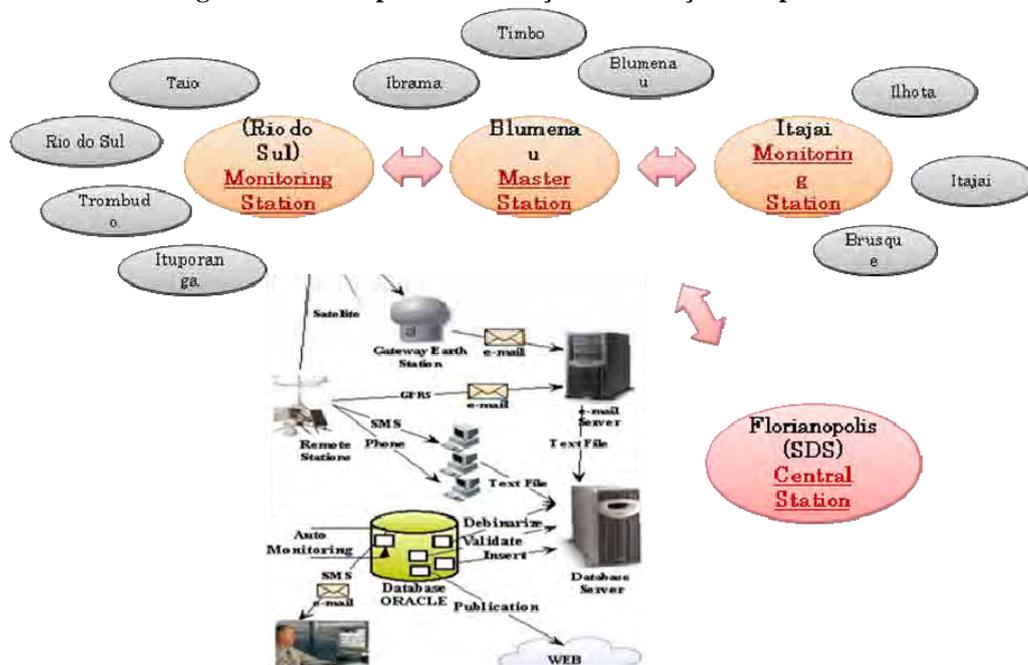
R/W: Rainfall and Water level gauge as one set

Fonte: Equipe de Estudo da JICA



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura 8.5.2 Mapa de Localização das Estações Propostas e do CCTV



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura 8.5.3 Rede de Observação para o Sistema de Alerta de Cheias

#### 8.5.4 Proposta para a Instalação de um Novo Sistema de Transmissão

As 8 etapas a seguir devem ser realizadas para a manutenção e modernização dos equipamentos de monitoramento e do sistema de transmissão de dados.

1. Melhoria das estações existentes (substituição dos equipamentos de observação)
2. Instalação de novas estações (medição da precipitação e do nível de água)
3. Melhoria do sistema de rede (Internet), incluindo as novas estações
4. Ampliação do servidor da Estação Central e criação da base de dados (Florianópolis)
5. Análise e melhoria da previsão de cheias (revisão da fórmula de correlação do nível de água)
6. Instalação do sistema de monitoramento nas Estações de Rio do Sul e Itajaí
7. Instalação do sistema de monitoramento na Estação Central (Florianópolis)
8. Melhoria do sistema de alerta de cheias e do anúncio de evacuação

Para a região alvo de inundação, deve ser enviado imediatamente um alerta de cheia por meio de rádio, televisão e internet, enviando também comunicado à população através de painéis eletrônicos instalados na cidade. Nas regiões de risco de inundação, a situação de contingência será comunicada ao CONDEC por meio de patrulhamento realizado pela Defesa Civil e pelo CFTV em tempo real, que deverá acelerar as ações de evacuação. Além disso, quando o alerta de cheia for dado, sirenes serão disparadas para a evacuação dos moradores das áreas de risco.

## CAPÍTULO 9 FORMULAÇÃO DO PLANO DIRETOR PARA GESTÃO DE DESASTRES DE ESCORREGAMENTOS

### 9.1 Estruturação do Plano Diretor

Na Tabela 9.9.1 a ilustração da estrutura do Plano Diretor de medidas para mitigação da sedimentação e desastres de escorregamentos e de inundações bruscas na Bacia do Rio Itajaí. Porém, cabe ressaltar que no Plano Diretor, foi dado prioridade para as medidas não estruturais (Desastres de escorregamento e de inundações bruscas) e as medidas estruturais (Medidas para desastres de escorregamentos).

**Tabela 9.1.1 Estrutura do Plano Diretor medidas de mitigação da sedimentação e desastres de escorregamentos e de inundações bruscas na Bacia do Rio Itajaí.**

Objetivo	Medidas	Medidas dentro deste Plano Diretor
Evitar perdas de vidas humanas	1) Medidas não Estruturais (Introdução do Sistema de alerta/alarme de escorregamentos e inundações bruscas baseado no indicador de chuva para todo o Estado de SC). a) Monitoramento da chuva, armazenamento de dados, e estruturação do sistema de alarme/alerta e de transmissão de dados). b) Treinamento de evacuação para os residentes e as instituições responsáveis.	Elaborar o Projeto Básico, incluindo o cálculo de custos.
Atenuação dos prejuízos econômicos	2) Medidas estruturais para escorregamentos Determinar a ordem de prioridade das medidas dos locais de risco baseado no indicador de valor de prejuízo potencial anual e implementar nos locais de riscos que têm alto grau de prioridade.	
	3) Medidas para redução da produção de sedimentos. Promover a cobertura vegetal das áreas com riscos de erosão e recuperar as matas ciliares para prevenir contra a erosão das margens do rio. Implementar medidas estruturais nas áreas de riscos, elevando os efeitos de redução da produção de sedimentos, baseado na recuperação das áreas verdes.	Não será elaborado o Plano específico para esse tópico no Plano Diretor, considerando que esta matéria faz parte das medidas do Plano de Recursos hídricos e Programa de recuperação das matas ciliares.
	4) Medidas mitigadoras de inundações bruscas Introduzir instalações reguladoras de escoamento que tem função de diminuir inundações bruscas	Não será elaborado o Plano específico para esse tópico no Plano Diretor, considerando que esse assunto faz parte do Plano Diretor de Municípios.
	5) Melhoramento tecnológico na implementação dos projetos de loteamento residencial e apoio técnico ao setor privado. a) Fortalecimento Técnico para execução das medidas estruturais; b) Apoio técnico ao setor privado. Medidas estruturais inerentes aos empreendimentos privados com o valor de prejuízo potencial anual baixo e ordem de prioridade não sendo alto, serão realizados treinamentos simplificados de prevenção e apoio técnico com recursos financeiros público ou privado.	Neste Plano Diretor, será explanada a necessidade de uma política para esse assunto.

Fonte: Equipe de estudos da JICA

## 9.2 Medidas não estruturais (Medidas mitigadoras de desastre de escorregamento e de inundações bruscas)

### 9.2.1 Estruturação do Sistema de alerta, armazenamento de dados e monitoramento de chuvas.

#### (1) Aplicação para todo território do Estado.

Considerando as efetividades e generalidades destas medidas, recomenda-se cobrir todo o Estado. As razões da cobertura de todo o Estado de SC são:

- i. Efetividade do retorno do investimento pelo critério de evitar perdas de vida humana em todo território do Estado;
- ii. Garantia da integridade de vida dos turistas que transitam dentro e fora da Bacia do Rio Itajaí;
- iii. O sistema poderá contemplar os municípios que possui parte do território pertencente à Bacia e outra não, sem fazer discriminação da população dessa região do município.

#### (2) Síntese e Medição do índice pluviométrico.

Instalar o sistema de alerta/alarme de escorregamentos e inundações bruscas de acordo com o indicado na seção 9.2.3 “Índice de umidade do solo, considerando o escoamento superficial e umidade do solo”.

O gerenciamento do Sistema de alarme/alerta dos desastres de escorregamento e inundações bruscas e a notificação de alerta será responsabilidade da Defesa Civil-SC. A evacuação dos cidadãos e o controle de interdição de tráfego das estradas serão realizados pela Prefeitura. A ordem de interdição do tráfego das estradas estaduais serão de responsabilidade do DEINFRA. As instruções de rotina aos alunos durante o desastre natural, tais como de rotina da escola ou ordem de espera na escola, serão da responsabilidade do SDR.

Conforme indicado na Figura- 9.2.1 é importante instalar Sistema de alerta/alarme baseado na metodologia do “Índice de Umidade do Solo” e adquirir a conscientização dos cidadãos sobre os riscos de desastres. É também necessário preparar os Mapas de riscos de desastres (S=1/10.000), identificando as áreas vulneráveis ao desastre e predefinindo as rotinas de evacuações.

#### Curto Prazo

- Instalar o Sistema de alerta/alarme de desastre de escorregamento utilizando o método de índice de umidade do solo
- Preparar os Mapas de Riscos de desastre (1/50.000).
- Através dos Mapas de risco de desastres, conscientizar a evacuação voluntária da população das áreas consideradas de alto risco de desastre.
- O Governo Municipal/Prefeito alertará os residentes sobre os riscos. No caso de acontecer probabilidade de risco de desastre, será utilizada a instrução de evacuação e de interdição de tráfegos nas estradas municipais.
- O DEINFRA, através dos painéis eletrônicos rodoviários que serão instalados nas estradas principais, alertará os usuários de estradas. No caso de acontecer probabilidade de risco de desastre, será utilizada a instrução de evacuação ou de interdição de tráfegos nas estradas estaduais.
- O SDR será responsável para instruir a suspensão das aulas escolares, orientar os alunos para retornar às suas casas ou manter na escola, de acordo com a situação do momento.

#### Médio Longo Prazo (5 a 10 anos)

- Cada município irá preparar o Mapa de Risco de Desastre na Escala de 1/10.000, identificando as áreas de alto risco de desastre, dependências para evacuação, elaborando o procedimento para evacuação e divulgando as informações aos cidadãos. Também serão identificadas as estradas vulneráveis de desastres,
- A DEINFRA, através das implementações dos estudos específicos, definirá os locais vulneráveis aos desastres, realizando os controles de tráfegos dos veículos.
- O Governo Municipal/Prefeito/DEINFRA realizarão o controle de tráfegos de veículos nos locais vulneráveis aos desastres, baseado na notificação de alerta da Defesa Civil –SC .

**Figura 9.2.1 Estratégia de Implementação do Sistema de Alerta/Alarime**

Prevê-se instalar os pluviômetros (mais termômetro, higrômetro e anemômetro) na dependência da Prefeitura ou da Defesa Civil ou da Celesc, disponibilizando-se a bateria solar para evitar a falta de registro quando estiver sem energia elétrica. Os dados serão transmitidos através de celular GPRS (General Packet Radio Service) e sistema de transmissão da CELESC simultaneamente e armazenar no servidor da EPABRI/CIRAM.

Para prevenir a falha de registro, devido ao problema de transmissão via GPRS, a Defesa Civil de cada município receberá dados via micro-ondas e fará o download de dados acumulados com datalogger existente no escritório e armazenar no computador.

A EPAGRI/CIRAM irá efetuar a modelagem com WRF (Weather Research and Forecasting) com base na medição de chuva e calcular o índice pluviométrico para efeito de previsão de tempo. Quando o índice de chuva atingir o indicador de chuva de alerta ou alarme estabelecido previamente, irá divulgar na página da internet, boletim informativo e outros meios de comunicação, além de comunicar a Defesa Civil, SDR e Prefeito de cada município. O disparo de alerta/alarme será realizado pela SDR às Escolas estaduais dos municípios de sua competência, pelo Prefeito às comunidades e turistas e preparativos para ação de contingência. A Defesa Civil e DEINFRA serão responsáveis pela divulgação das informações através do painel eletroluminescente que está instalado em diversos pontos das rodovias e preparo das ações de contingenciamento.

(3) Definição do valor referencial para alerta/alarme de desastres de escorregamento e inundações bruscas

O valor referencial para alerta/alarme de desastre de escorregamento e de inundações bruscas será definido utilizando o índice de umidade do solo utilizado no Japão, além do índice pluviométrico desenvolvido pelo IPT da USP para determinar o índice de referência pluviométrica para o sistema de alerta/alarme de escorregamentos. Devido à falta de registro de horas da ocorrência dos desastres de escorregamentos/enxurrada, também os dados de chuvas nos locais de desastre por sua distância entre a estação pluviométrica e a maioria dos lugares dos desastres de escorregamentos (geralmente mais do que 10 km) existem dificuldade para estabelecer o índice referencia através dos dados registrados de chuva do momento da ocorrência do desastre. Portanto, estabelece-se como sendo índice de referência pluviométrica para o alarme o valor equivalente ao índice pluviométrico de 10 anos de retorno. Isso porque no Japão 93% das mortes com desastres de escorregamentos (com exceção dos desastres ocorridos no canteiro de obras) ocorreram dentro da condição de maior valor do índice de umidade do solo (saturação) medido nos últimos 10 anos (dados estatísticos de 1991 até 2000). O índice de referência pluviométrica para o alerta (=atenção) será estabelecido como sendo índice de chuva equivalente ao retorno de 1 ano, devido à necessidade de preparação para a situação de alarme, conscientização da população sobre o sistema de alerta/alarme de escorregamentos, além do treinamento dos membros do grupo de ação na emergência.

A revisão do índice de referência pluviométrica para a alerta e alarme de desastres de escorregamentos será efetuada no mês de junho devido pouca chuva nesse período, baseado nos índices de chuvas acumulados.

(4) Cálculo do valor do índice de referência pluviométrica baseado nos dados de precipitação e divulgação/disparo de alerta/alarme dos desastres de escorregamentos.

A EPAGRI/CIRAM será responsável pelo calculo do índice de referência pluviométrica para 3 horas futuras, de 20 minutos em 20 minutos, baseado na modelagem de dados de precipitação real através do WRF, e quando a chuva atingir esse índice deverá divulgar através da internet, TV e Rádio e simultaneamente comunicar o Prefeito da cidade e Defesa Civil.

A Defesa Civil-SC, através da Mídia, irá notificar a Alerta/Alarme oficial e as comunicações à Defesa civil para os municípios que irão implementar as preparações necessárias para os desastres.

O Governo local/Prefeito será responsável para declarar o alerta/alarme à população através do painel eletrônico informativo, sino da igreja, e carro patrulha, além de acionar o grupo de emergência (o método

de comunicação desse sistema de alerta/alarme será igual ao das enchentes).

O DEINFRA irá cooperar com a Defesa Civil-SC e alertar ou mesmo suspender o tráfego dos veículos em circulação nas estradas divulgando o alerta/alarme através de painéis de comunicado ou propaganda nos principais locais da rodovia. Nos dias normais e sem ocorrência de desastres, os painéis eletrônicos rodoviários e locais do comunicado para alerta/alarme poderá ser utilizado como meios de propaganda comercial, quando ocorrer o desastre solicita a autorização de uso para fins de alerta/alarme. O painel eletrônico poderá ser utilizado para a transmissão de noticiários e propagandas nos dias normais e utilizar para o comunicado de alerta/alarme quando ocorrer os desastres.

(5) Ação para evitar os desastres

Quando receber o comunicado de alerta de desastre:

- A SDR deverá suspender as aulas nas escolas estaduais e evitar o transito dos alunos entre a residência e escola. Se os alunos estiverem na escola, deverá orientar o retorno às suas residências destes alunos com segurança (manter os alunos na escola, dependendo da situação). Nos locais de trabalho também deverão orientar os trabalhadores na situação de contingência.
- Os transeuntes de rodovias deverá suspender a viagem para os locais de ocorrência de desastres, respeitando o comunicado.

Quando receber o comunicado de alarme de desastre:

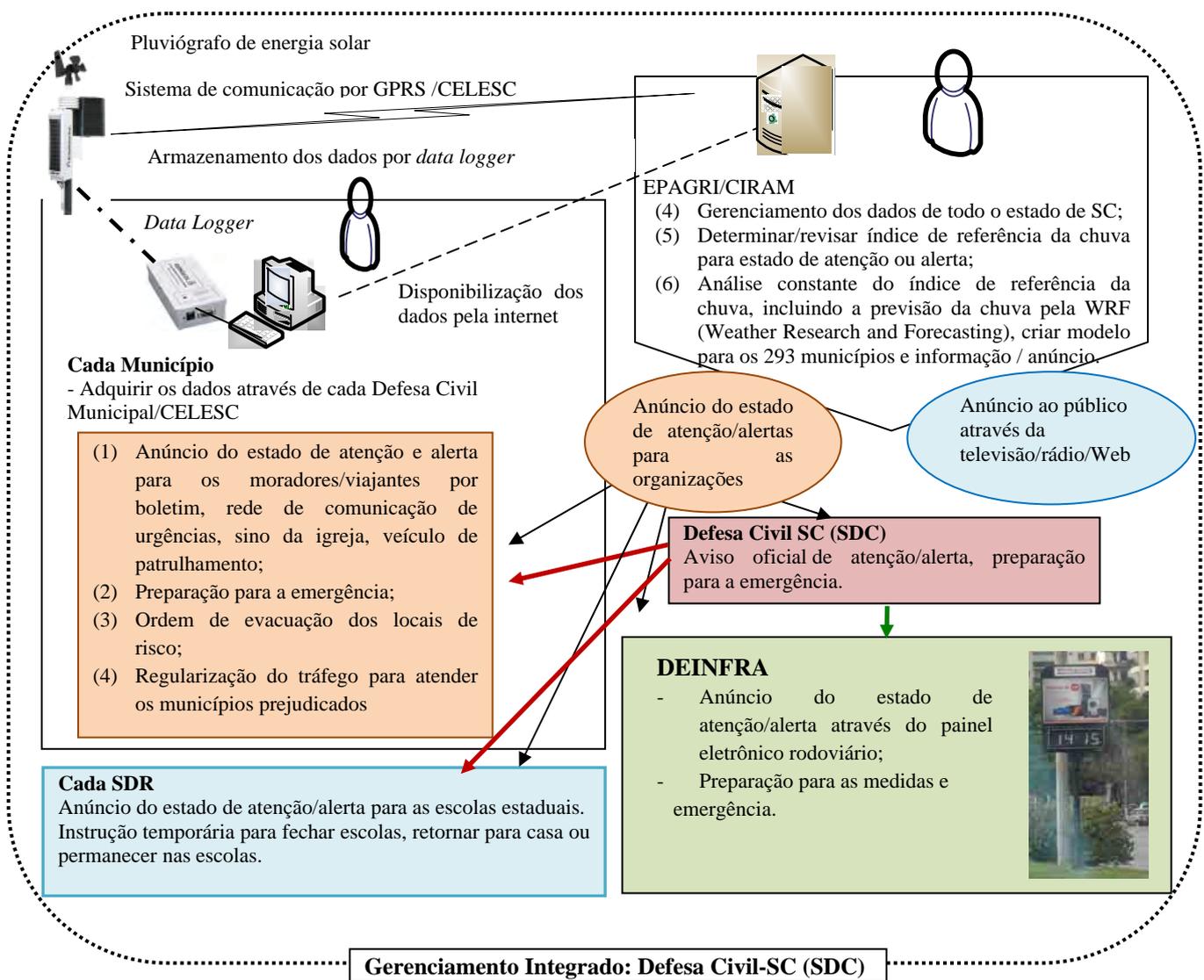
- Através das instruções do Governo Local/Prefeito, os moradores das áreas de riscos (área com indicação de riscos) deverão evacuar para os abrigos previamente definidos (escolas, igrejas, etc.), seguindo a rota de fuga previamente traçada.
- Os transeuntes das rodovias deverão suspender a viagem para os locais de ocorrência de desastres, respeitando o comunicado.

9.2.2 Suporte técnico necessário para a mitigação dos escorregamentos/sedimentação e projeto executivo.

A Defesa Civil Municipal realizará os treinamentos técnicos de evacuação de desastres naturais para os residentes e as instituições relacionadas para assegurar as vidas de residentes através das divulgações das informações sobre os desastres naturais. O treinamento para os agentes de defesa civil municipal será de responsabilidade da Defesa civil –SC. A Municipalidade devera preparar os mapas de risco de desastres naturais com o apoio do Estado, junto com as Universidades. Depois de elaborados os mapas, deverão ser divulgados as informações, indicando-se as áreas de riscos e caminhos de evacuação. Também será importante a realização de treinamentos para evacuação de desastres e as divulgações das informações sobre este tema.

Na emissão de alerta de desastre, o Prefeito, comunica-se com o corpo de bombeiros e delegacia de policia, defesa civil municipal, e deverá preparar os espaços necessários para receber os evacuados, e vistoriar as áreas de risco, e comunicar os residentes das áreas de risco. No nível de emissão de alerta, apesar de ainda não exigir evacuação, é desejável realizar as evacuações como uma forma de treinamento.

Nas escolas, os professores indicam aos alunos os caminhos mais seguros e instruções de esperas aos alunos residentes nas áreas de riscos. No caso de instrução de espera, os professores deveram realizar as instruções sobre as forma de evacuação, utilizando-se os fotos e mapas das áreas de risco.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 9.2.2 Síntese do sistema de alerta/alarme de escorregamento e enchentes bruscas**

### 9.2.3 Índice de unidade do solo

O índice de umidade do solo (IUS; Soil Water Index) é um indicador calculado dos escoamentos das águas subterrâneas que indica os equilíbrios hidrológicos subterrâneos. Também, o índice de umidades do solo representa as situações escaladas de varias tipos de camadas dos solos que tem diferentes capacidades de contenção de água. São contabilizadas as quantias de escoamentos de cada câmara de solo, através do modelo de tanque bidimensional. Na figura 9.2.2, indica-se três tanques, cada uma tendo um escoamento como indicadas na forma “ $\alpha_1\alpha_2, \alpha_3\alpha_4$ ”.

Na Tabela 9.2.1, indica-se o índice de umidade de solo calculado com base nas chuvas de novembro de 2008 que causou grande calamidade de desastres e suas probabilidades de ocorrências. Os dados foram colhidos das estações onde contém mais de 10 anos de registro. Devido à falta de informações de precipitações horárias, foram estimadas as precipitações horárias e foi estimado o índice de umidade do solo. Cabem mencionar que os índices de umidades dos solos nas cidades onde teve grande desastre foram calculados maiores do que 145 mm, sendo estimado mais de 20 anos de probabilidades de ocorrências.



Parâmetros comumente utilizados no Japão para alerta de Desastre de Escorregamento			
	Armazenagem Superficial	Armazenagem sub-superficial	Armazenagem Subterrânea
Altura de orifício (mm)	$L_1$ 15 $L_2$ 60	$L_3$ 15	$L_4$ 15
Coefficiente de Escoamento (mm/H)	$\alpha_1$ 0.10 $\alpha_2$ 0.15	$\alpha_3$ 0.05	$\alpha_4$ 0.01
Coefficiente de Infiltração (mm/H)	$\beta_1$ 0.10	$\beta_2$ 0.05	$\beta_3$ 0.01

Figura 9.2.3 Índices de umidade de solo utilizada para a alerta de desastres de escorregamento

Tabela 9.2.1 Índice de umidade de solo calculada com Chuva Intensa de novembro de 2008

Nome das localidades observadas	Estação No.	Valor máximo de índice de umidade do solo por ocasião da chuva intensa de novembro de 2008	Anos recorrência da coluna à esquerda	Período de registro de volume de chuva utilizada no cálculo
Rio do Campo	639	37 mm	Menos de um ano	De 1995 a 2009 (15 anos)
Ituporanga	191	43 mm	Menos de um ano	De 1988 a 2009 (22 anos)
Indaial	167	145 mm	20 anos	De 1991 a 2009 (19 anos)
Blumenau	35	245 mm	60 anos	De 1997 a 2009 (13 anos)
Itajaí	183	191 mm	30 anos	De 1987 a 2009 (23 anos)

Fonte: Elaborada pela Equipe de Estudo da JICA

### 9.3 Medidas estruturais

#### 9.3.1 Ordem de prioridade e plano de medidas para desastre de escorregamentos e plano de medidas

A fins de evitar as perdas econômicas pelos desastres de escorregamento, as medidas serão implementadas nos locais onde existem potenciais perdas econômicas se não tomarem as medidas. Na análise de riscos dos desastres de escorregamentos e sedimentação, selecionamos 67 lugares prioritários de maior risco com prejuízo anual potencial maior do que R\$ 50.000,00 para adoção de medidas estruturais, excluindo a medida para Porto de Itajaí onde já estão tomadas as medidas adequadas. São 33 locais nas rodovias estaduais e 34 locais nas rodovias municipais. No caso de rodovias federais, as medidas de desastres de escorregamentos têm sido adotadas continuamente e todas as obras de recuperação, após os desastres de 2008 já foram concluídas e não há mais locais iminentes de riscos (entrevistas com o pessoal do DNIT e visita técnica de campo).

Em cada local desse iremos propor basicamente o revestimento das encostas com vegetação para restringir a erosão e impedir a sedimentação. Nos lugares onde não existe risco com queda de árvores, iremos propor a plantação de espécies arbóreas que irá contribuir na fixação de carbono e melhoria do meio ambiente do planeta. Na tabela 9.3.1 está ilustrado o local e conteúdo das obras de medidas.

**Tabela 9.3.1 Tipos de escorregamentos e seleção das medidas estruturais**

Tipo de escorregamentos	Localização de adoção das medidas	Condições de taludes para aplicação das medidas		Principais obras aplicáveis Cobertura vegetal e vala lateral de drenagem são comuns para todas as obras
Desmoronamento	Encosta lado montanha	Retaludamento não possibilita estabilidade de inclinação		Obras de solos grampeados (pregados) e Cortina atirantada
		Possibilidade de desprendimento das rochas		Remoção de rochas instáveis, fixação da base, cerca de proteção das rochas, manta de proteção de queda.
		Retaludamento possibilita a estabilidade de inclinação	Altura talude maior do que 15 metros	Remoção de solos instáveis (corte) e corte do solo reforçado
			Altura talude até 15 metros	Remoção de solos instáveis manta vegetal e gabião caixa na base
	Encosta lado vale	Local onde ocorre erosão e poderá causar desmoronamento da estrada ao longo prazo		Aterro, estaca metálica, pilha de folha metálica, blocos,
Margem do rio	Acostamento destruído ou rachadura ou afundamento da superfície da estrada		Proteção com gabião e cobertura de solo, proteção com bloco contínuo e cobertura de solo.	
Escorregamento	Encostas a montante e a jusante	Escorregamento profundo e água subterrânea bastante intensa		Drenagem tipo barbacãs, proteção com gabião tubular, estaca metálica.
	Encostas a montante	Escorregamento profundo e água subterrânea pouco intensa		Obras de drenagem com vala, canaleta combinado com barbacã (meian-mizo), corte do solo reforçado, gabião tubular.
	Pista de rolamento e encosta lado vale	Escorregamento profundo e água subterrânea pouco intensa		Análise comparativa da estaca metálica e aterro leve
	Leve escorregamento da pista de rolamento	Leve escorregamento causado pelo defeito de pavimentação ou deficiência da drenagem		Recapeamento da pista de rolamento
co am en	Vale longitudinal da rodovia	Histórico de escoamento do passado		Obra de contenção de areias/pedras

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Na Tabela-9.3.2 a relação de medidas estruturais e tipos de obras sugeridas.

**Tabela 9.3.2 Ordem de prioridade e plano de medidas estruturais para os desastres de escorregamentos**

Ordem de prioridade	Local	Município	Gestão	Valor anual de prejuízo potencial (Mil/ano)	Tipo de desastre	Tipos de Obras (proteção de encostas que inclui revestimento com vegetação e obras de dreno em todos os locais)
1	SC 302 Taió - Passo Manso-5	Taió	Rodovia estadual	1,255	Desmoronamento da pista parcial ou total	Cravação de estaca, dreno barbacãs, gabião tubular
2	SC470 Gaspar Margem do rio	Gaspar	Rodovia estadual	1,095	Colapso (margem do rio)	Gabião tubular, proteção da base com pedra e matacão
3	Blumenau -Av Pres Casrelo Branco	Blumenau	Rodovia municipal	1,021	Colapso (margem do rio)	Pedras cimentadas e proteção da base com pedra
4	SC418 Blumenau - Pomerode	Pomerode	Rodovia estadual	989	Escorregamento (encosta lado do morro)	Remoção de solo
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	Blumenau	Rodovia estadual	907	Leve Escorregamento da pista	Aterro com reforço
6	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 9	Gaspar	Rodovia municipal	498	Colapso (encosta lado morro e encosta lado vale)	Corte de talude e dreno barbacãs
7	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 6	Luis Alves	Rodovia municipal	982	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
8	SC470 Gaspar Bypass	Gaspar	Rodovia estadual	689	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
9	SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	Benedito Novo	Rodovia estadual	680	Desmoronamento da pista parcial ou total	Cravação de estaca, dreno barbacãs, gabião tubular
10	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	Pomerode	Rodovia estadual	651	Colapso da pista	Aterro e recapeamento da pista
11	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 4	Luis Alves	Rodovia municipal	629	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e dreno
12	SC474 Blumenau-Massarand	Blumenau	Rodovia estadual	141	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude

	uba 1					
13	SC 302 Taio-Passo Manso 4	Taio	Rodovia estadual	453	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
14	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 11	Luis Alves	Rodovia municipal	497	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
15	SC486 Brusque - Botuverá 13	Botuverá	Rodovia estadual	473	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
16	SC416 Timbó – Pomerode	Timbó	Rodovia estadual	443	Escorregamento (encosta lado morro)	Corte de talude, dreno barbaças, gabião tubular
17	SC486 Brusque - Botuverá 1	Brusque	Rodovia estadual	473	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
18	R. Alamedia Rio Branco, Blumenau	Blumenau	Rodovia municipal	398	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
19	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 2	Gaspar	Rodovia municipal	497	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
20	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 7	Luis Alves	Rodovia municipal	629	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
21	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 1	Gaspar	Rodovia municipal	379	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
22	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 3	Luis Alves	Rodovia municipal	372	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
23	Ponte Aldo P. de Andrade – margem direita	Blumenau	Rodovia municipal	366	Escorregamento superficial e afundamento da pista	Recuperação da pista e recapeamento
24	SC486 Brusque - Botuverá 3	Brusque	Rodovia estadual	344	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
25	SC486 Brusque - Botuverá 2	Brusque	Rodovia estadual	301	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
26	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 8	Gaspar	Rodovia municipal	326	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e gabião tubular
27	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 4	Gaspar	Rodovia municipal	323	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
28	SC486 Brusque - Botuverá 9	Botuverá	Rodovia estadual	301	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
29	SC486 Brusque - Botuverá 7	Brusque	Rodovia estadual	298	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
30	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 2	Luis Alves	Rodovia municipal	278	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
31	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 7	Gaspar	Rodovia municipal	276	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e gabião tubular
32	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 1	Luis Alves	Rodovia municipal	271	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
33	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 5	Luis Alves	Rodovia municipal	271	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
34	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 8	Luis Alves	Rodovia municipal	270	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e gabião tubular
35	SC486 Brusque - Botuverá 11	Botuverá	Rodovia estadual	260	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
36	SC486 Brusque - Botuverá 10	Botuverá	Rodovia estadual	260	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
37	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 10	Luis Alves	Rodovia municipal	227	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
38	SC486 Brusque - Botuverá 12	Botuverá	Rodovia estadual	221	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
39	SC486 Brusque - Botuverá 4	Brusque	Rodovia estadual	483	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
40	SC486 Brusque - Botuverá 6	Brusque	Rodovia estadual	220	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
41	SC486 Brusque - Botuverá 14	Botuverá	Rodovia estadual	389	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
42	SC486 Brusque - Botuverá 5	Brusque	Rodovia estadual	145	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
43	SC 302 Taio-Passo Manso 2	Taio	Rodovia estadual	526	Escorregamento superficial e afundamento da pista	Recuperação da pista e recapeamento
44	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 6	Gaspar	Rodovia municipal	184	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e gabião tubular
45	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 10	Gaspar	Rodovia municipal	184	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e gabião tubular
46	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 2	Pomerode	Rodovia estadual	184	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
47	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 12	Luis Alves	Rodovia municipal	184	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude

48	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 3	Gaspar	Rodovia municipal	184	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
49	SC413 Luis Alves -Massaranduba 1	Luis Alves	Rodovia estadual	172	Escorregamento (encosta lado morro)	Dreno barbacãs e gabião tubular
50	Gaspar - Blumenau 3	Gaspar	Rodovia municipal	169	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
51	SC486 Brusque – Botuverá 8	Botuverá	Rodovia estadual	151	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
52	SC 302 Taio-Passo Manso 1	Taio	Rodovia estadual	683	Escorregamento superficial e afundamento da pista	Recuperação da pista e recapeamento
53	SC 302 Taio-Passo Manso 3	Taio	Rodovia estadual	384	Escorregamento superficial e afundamento da pista	Recuperação da pista e recapeamento
54	SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 2	Benedito Novo	Rodovia estadual	144	Escorregamento superficial (encosta lado morro)	Dreno e recapeamento
55	R. Bruno Hering, Blumenau	Blumenau	Rodovia municipal	119	Fluxo de detritos	gabião tubular
56	Gaspar - Luis Alves, Luis Alves 9	Luis Alves	Rodovia municipal	111	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
57	SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 3	Benedito Novo	Rodovia estadual	108	Escorregamento superficial e afundamento da pista	Muro terrae com bloco de concreto
58	Gaspar - Luis Alves, Gaspar 5	Gaspar	Rodovia municipal	106	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
59	Baú	Ilhota	Rodovia municipal	101	Fluxo de detritos	gabião tubular
60	SC486 Brusque – Botuverá 15	Brusque	Rodovia estadual	78	Colapso (encosta lado morro)	Gabião tubular e recapeamento
61	Luis Alves Estrada municipal 1	Luis Alves	Rodovia municipal	67	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude e gabião tubular
62	SC413 Luis Alves -Massaranduba 2	Luis Alves	Rodovia estadual	62	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
63	Luis Alves Estrada municipal 2	Luis Alves	Rodovia municipal	59	Colapso (encosta lado morro)	Remoção de seixos instáveis (explosão)
64	Brusque Estrada municipal 1	Brusque	Rodovia municipal	56	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
65	Gaspar - Blumenau 2	Blumenau	Rodovia municipal	55	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude
66	Gaspar - Blumenau 1	Blumenau	Rodovia municipal	55	Colapso (encosta lado morro)	gabião tubular
67	Brusque Estrada municipal 2	Brusque	Rodovia municipal	51	Colapso (encosta lado morro)	Corte de talude

Fonte: Equipe de estudos da JICA

#### 9.4 Medidas de mitigação de produção de sedimentos

A adoção das medidas de sedimentação em toda bacia tais como cobertura de terrenos degradados com vegetação e recuperação da mata ciliar irá contribuir para a prevenção de erosão das margens do rio. O principal objetivo deste empreendimento é preservação dos recursos hídricos e florestais e poderá obter resultados de melhoria do meio ambiente com a fixação de carbono através das medidas de mudanças climáticas cujo estudo não foi incluído neste Plano Diretor.

Na bacia Hidrográfica Itajaí, as perdas econômicas pela sedimentação ocorrem somente no Porto de Itajaí, estimando-se aproximadamente R\$ 9 milhões de potencial de perda econômica anual equivalente a R\$ 19,00/m<sup>3</sup>.

As intervenções nas recuperações das vegetações e matas ciliares tem objetivo de preservar os recursos hídricos e preservações das áreas verdes. Os locais prioritários para adoção das medidas de mitigação da sedimentação são: Rio Luiz Alves que ainda não há exploração significativa da areia pelas empresas de grande porte e a região do Morro do Baú onde ainda não houve intervenção nos terrenos descobertos e leitos dos rios assoreados, após a tempestade de novembro de 2008.

As medidas estruturais adotadas para prevenção dos desastres de escorregamentos irão também reduzir os problemas de sedimentação. A implementação das obras de barreiras de contenção de sedimentos ou bolsão para retardamento dos sedimentos não são adequadas economicamente como medida de redução de

sedimentos no Porto de Itajaí, pelas razões abaixo:

O custo de remoção das instalações de contenção dos sedimentos é equivalente ao valor de prejuízo potencial do Porto.

Nem todos os sedimentos serão transportados até a região do Porto, parte desses sedimentos é extraída como areia para construção, além de ocorrer assoreamento na planície de inundação ao longo do tempo.

Além disso, a altitude do leito do rio na área do Porto de ITAJAÍ era (-) 5 metros no passado, e desde 1980 tem realizado dragagens para aprofundar o calado do porto e atualmente a altitude é de -14 metros para possibilitar a navegação de embarcação de grande porte. Isso possibilita a ocorrência de sedimentação, além de transporte de sedimentos de mar para a área do porto.

O volume de deposição desses sedimentos na área do porto e o volume de dragagem são desconhecidos. Após identificar esses volumes de deposição e refluxo dos sedimentos do mar e esclarecer o mecanismo de deposição, seria ideal adotar as medidas de mitigação de produção de sedimentos que inclui a medida de refluxo de sedimentos.

### 9.5 Medidas mitigadoras de desastres de inundações bruscas

Como as medidas mitigadoras de desastres de inundações bruscas, recomenda-se executar construções de infraestruturas que regulam o escoamento superficial que evitam as enchentes. Em função do desenvolvimento urbano, o problema de enxurrada é causado pela diminuição das áreas verdes que possibilitam infiltrações das chuvas no subsolo. Estes problemas deverão ser tratados no planejamento urbano de cada cidade.

### 9.6 Suporte técnico necessário para a mitigação dos escorregamentos/sedimentação e projeto executivo.

#### 9.6.1 Suporte técnico nas etapas de planejamento

Apesar das obras de urbanizações oferecerem residências seguras para as populações afetadas com desastres naturais, nas políticas de desenvolvimento urbano, deverão tomar considerações para não causar ou agravar os desastres novos, tais como inundações bruscas e escorregamentos. O Estado deverá realizar suficiente suporte técnico para planejamento das políticas de urbanizações. Na tabela-9.6.1, ilustra-se o suporte técnico necessário para o planejamento dos projetos executivos na mitigação dos escorregamentos/sedimentação.

**Tabela 9.6.1 Suporte técnico para mitigação dos escorregamentos/sedimentação e projeto executivo**

Discriminação da técnica	Objetivo e Resultado	Situação atual	Plano
Implementação da obra de drenagem da água pluvial no loteamento habitacional	Prevenção de enchentes e inundações bruscas causadas pelo excesso da água de chuva que escoam na superfície na área de loteamento habitacional	Não existe normatização de critérios técnicos.	Normatização de critérios técnicos nas construções.
Obras de proteção de encostas Obras de estabilização de encostas	Estabilização de encostas de loteamento habitacional e prevenção de sedimentação	Existem normas técnicas e metodologia de fiscalização das obras. Há casos concretos de ocorrência da sedimentação devido à desestabilização de encostas em função dos drenos inadequados.	Fortalecer a fiscalização dos projetos executados pelo Empreendedor (Estado ou Prefeitura). Realizar os treinamentos dos técnicos do Estado que atuam em projetos e execução de obras.
Remoção de terras de terraplenagem	Prevenção da sedimentação	Existem regulamentação e fiscalização eficiente exercida pela FATMA.	Dar continuidade com a regularização e fiscalização.

Fonte: Equipe de estudos da JICA

Nos apêndices 9-1 e 9-2 estão ilustrados os exemplos de obras de drenos para regulação das águas pluviais, proteção e estabilização das encostas de loteamentos habitacionais.

#### 9.6.2 Apoio às intervenções dos setores privados

Apesar de que não estar contemplados as medidas mitigadoras nos locais onde as perdas econômicas potenciais são insignificantes, recomenda-se dar apoios técnico e financeiro para sua implementação.

No Estado de Santa Catarina, encontra-se o Fundo conjugado criado pelas CPRAM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e CREA-SC (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia-SC). Porém ainda não é suficiente para atender as demandas financeiras para recuperação das obras nas áreas de alto risco. Recomenda-se fortalecer este setor.

## **CAPÍTULO 10 AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO PLANO DIRETOR (AIA)**

### **10.1 Objetivo e Metodologia**

#### 10.1.1 Objetivo e metodologia da avaliação de impacto ambiental

Neste Plano Diretor, o plano de enchente provável foi selecionado, após a análise das condições social e ambiental passíveis de aceitação. Portanto, foi elaborada a matriz de combinação das medidas alternativas para cada plano de enchente provável, realizando a avaliação do impacto socioambiental de cada medida estrutural e não estrutural. Os resultados da AIA e definição do escopo da avaliação ambiental foram considerados na decisão para implementação das medidas alternativas.

Os impactos sociais e ambientais se tornaram claros no processo de definição do escopo, as considerações necessárias e os pontos de mitigação foram analisados para o estudo mais detalhado dos Impactos Ambientais e para a implementação do Projeto.

O resultado da AIA e definição do escopo da avaliação ambiental serão importantes para a próxima fase do estudo de viabilidade para implementação das combinações das medidas alternativas, para o estudo necessário na obtenção da licença ambiental brasileira (veja Capítulo 7) e para as considerações sociais e ambientais exigidas pela JICA. Na fase 2 do estudo, será necessário cuidadoso estudo detalhado dos componentes do projeto.

#### 10.1.2 Parâmetros básicos para as condições sociais e ambientais.

As condições sociais e ambientais da Bacia do Rio Itajaí que é a região objeto de estudo do presente Plano Diretor, estão descritas no Capítulo 2.

### **10.2 Definição do escopo, metodologia da AIA e resultados.**

#### 10.2.1 Metodologia para definição do escopo

Baseado no manual de considerações socioambientais da JICA e estudo de impacto ambiental genérico do Brasil foram identificados 33 fatores sociais e ambientais e realizada a avaliação qualitativa simplificada. Estes fatores são apresentados a seguir:

Fatores sociais: (1) expectativas da população local, ONGs e grupos políticos, (2) aquisição de terras, (3) atividades econômicas da produção, (4) uso e ocupação do solo, (5) conflitos regionais, (6) distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (7) Impacto socioeconômico para a população de baixa renda, (8) uso da água, (9) população indígena e comunidade tradicional, (10) patrimônio cultural, (11) condições de saneamento básico, (12) saúde pública, (13) impacto sobre o tráfego, (14) mudança na renda e na condição de vida, (15) Impacto sobre a agricultura, (16) Impacto em área a jusante, (17) reassentamento da população compulsória, (18) Impacto sobre os terrenos e benfeitorias, (19) infraestrutura local (rede de transmissão, estradas, pontes, acessos, etc.).

Fatores de poluição: (1) poluição da água, (2) poluição atmosférica, (3) contaminação de solo, (4) ruído e vibração, (5) subsidência de terreno, (6) Odor.

Fatores do meio ambiente natural: (1) topografia e geologia, (2) qualidade do material do fundo de leito, (3) resíduos sólidos, (4) lençol freático, (5) fauna e flora, (6) zona costeira, (7) questões globais: efeito Estufa, (8) paisagem.

Para cada medida alternativa, foi realizada a avaliação qualitativa baseada no estudo literário e elaborada a tabela de avaliação de cada etapa: planejamento, construção e operação (vide Tabelas-10.4.4, 10.4.5). Os critérios da avaliação são:

A-: é esperado impacto adverso significativo;

B-: algum impacto adverso é esperado;

C-:o impacto não é previsível somente com o estudo da literatura (há necessidade de estudo mais detalhado na próxima etapa);

A+: impacto positivo notável é esperado com a implementação do projeto;

B+: algum impacto positivo é esperado com a implementação do projeto; e

“-“ : não é esperado nenhum impacto, não sendo necessário nenhum outro estudo.

#### 10.2.2 Definição do escopo e resultado da AIA das medidas alternativas

##### Impacto global para o conjunto de medidas alternativas

O primeiro aspecto importante quanto aos impactos socioeconômicos é a geração de expectativa para mobilização e articulação social do projeto que constituem impacto positivo de alta significância (A+), associado ao conjunto de medidas propostas. Há grande geração de expectativas na população local durante a divulgação do empreendimento e dos estudos de engenharia e meio ambiente, especialmente se for levada em consideração a abrangência das medidas propostas no projeto, associada ao histórico de desastres naturais na Bacia do Itajaí. Além disso, deve-se enfatizar o poder de mobilização e articulação sociopolítico do projeto, unindo entidades não governamentais, setores da sociedade civil e instituições governamentais em torno de um objetivo comum, a prevenção de desastres naturais na Bacia do Rio Itajaí.

Outro impacto comum a todas as medidas e característico das fases de planejamento e construção está relacionado à geração de conflitos, caracterizado como impacto negativo de alta magnitude (A-), uma vez que existem muitos interesses sociais e econômicos distintos envolvidos no projeto (público/privado, municipais, estaduais e regionais; interesses da população atingida e da população beneficiada pelo projeto, interesses de proprietários e de trabalhadores rurais, interesses da população rural e da população urbana, entre outros). Considerando esses aspectos, faz-se necessário estabelecer mecanismos para minimizar esses conflitos, as quais serão apresentadas no item Medidas de Mitigação e Recomendações do presente relatório (capítulo 10.3).

Cabe destacar, ainda, a ausência de impactos sobre a Terra Indígena Ibirama, localizada na região noroeste da Bacia. Os estudos ambientais realizados na atual fase do projeto indicaram que, considerando-se o histórico de conflitos gerados à época da construção da barragem Norte, as questões referentes à demarcação das terras, bem como a legislação federal de proteção às populações indígenas, não é recomendável a proposição de medidas de controle de enchentes nas proximidades da TI Ibirama nem a implantação de quaisquer projetos que possam causar impactos diretos ou indiretos sobre o modo de vida da comunidade indígena. Seguindo esta recomendação, no Projeto de Prevenção de Desastres da Bacia do Rio Itajaí, não foram propostas medidas de intervenção na barragem Norte nem quaisquer outras medidas de contenção de enchentes nas proximidades da TI Ibirama. Salienta-se, ainda, que qualquer intervenção que venha a ser proposta para essa área, deverá ser previamente aprovada pelo Congresso Nacional e pela FUNAI e demandará a realização de uma série de estudos ambientais específicos de natureza antropológica.

Por fim, cabe salientar que as pesquisas realizadas também indicaram que não há comunidades tradicionais remanescentes de quilombos certificadas pela Fundação Palmares nos municípios afetados pelas medidas propostas no projeto.

Quanto ao impacto da poluição e no ambiente natural, a medida mais sensível é a construção do canal extravasor em Itajaí e a nova barragem no rio Itajaí Mirim. Estas duas (2) medidas são construções artificiais com a mudança da dinâmica do rio (vide seção 10.3), bloqueando a movimentação natural da fauna, além de produzir resíduos de terra na escavação. A segunda medida sensível é a escavação. O alargamento do canal do rio através da escavação tem o impacto negativo de causar a turbidez da água e produzir resíduos de terra.

As medidas deste projeto de prevenção de desastres não têm apenas impactos negativos. A maioria das medidas de alargamento de rio terá um impacto positivo sobre a fauna e a flora, e sobre a paisagem após a conclusão das obras. A largura do rio foi reduzida em função do desenvolvimento (expansão) da área agrícola e de pastagens. Com suficiente largura, o rio poderá devolver a sua dinâmica, variedade de animais, plantas e paisagem mais abundante.

A seguir, a apresentação do resultado de análise qualitativa dos principais impactos das fases de planejamento, construção e de operação das medidas propostas.

(1) Melhoria da Operação das Barragens (Oeste e Sul)

Esta medida muda a operação do controle das comportas das barragens que será otimizada para evitar o transbordamento. Ela é aplicável até uma cheia de 10 anos, sendo também proposta a elevação da barragem para evitar cheias maiores.

Essa medida não irá causar impactos socioeconômicos significativos durante a fase de planejamento e construção nem durante a fase de operação.

Na fase de operação, as comportas das barragens serão abertas em condições normais e fechadas durante as cheias. Haverá apenas um impacto negativo não muito significativo à jusante porque a vazão máxima da água está limitada pelo tamanho da tubulação.

(2) Sobre-elevação da Barragem Oeste

Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (B-); impacto sobre o tráfego (C); reassentamento compulsório da população (B-); impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); poluição da água (C); ruído e vibração (C); qualidade do material do fundo de leito (C); resíduos sólidos (C); fauna e flora (C).

O nível da água da cheia de projeto foi calculado como sendo EL. 365,0 m, a crista da barragem estará na EL. 365,16 m, após a sobre-elevação da barragem. Portanto, será necessário adquirir terras e realizar o reassentamento entre as altitudes EL 363,15 m e EL 365,16 m (B-). Um pequeno número de pessoas reside nesta área afetada, que terá sua sobrevivência afetada (normalmente, pecuária) (B-). Entretanto, será difícil a cheia alcançar o nível mais alto da crista da barragem, uma cheia de 1.000 anos, por exemplo, portanto o impacto negativo existe, mas será pequeno.

As obras de sobre-elevação da barragem Oeste são mais complexas que as da barragem Sul, pois envolvem um período de construção mais longo e o desvio do fluxo do rio para construir algumas das estruturas propostas, além de fortalecimento do corpo da barragem, o que pode aumentar a intensidade dos impactos associados a esta medida. É medida de sobre-elevação equivalente ao da barragem Sul, porém o impacto é maior devido à complexidade das obras.

Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); mudança na renda e na condição de vida (C); uso e ocupação do solo (C); distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa rendada (C); Impactos na agricultura (C).

(3) Alargamento da calha do rio na cidade de Taió (com escavação do fundo do leito, 3,7km)

Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (B-); reassentamento compulsório da população (B -); impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); impacto sobre o tráfego (C); infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (B-); poluição da água (B-); poluição atmosférica (C); ruído e vibração (B-); subsidência do solo (C); topografia e geologia (C); qualidade do material do fundo de leito (B-); resíduos sólidos (B-); fauna e flora (B-); paisagem (C).

O processo de aquisição de terras (B-) e consequente reassentamento (B-) associado ao impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-) constituem os principais impactos negativos desta medida, uma vez que os estudos realizados na atual fase do projeto identificaram uma quantidade significativa de moradias nas margens do rio Itajaí e nas áreas originalmente constituídas pela APP, possivelmente caracterizando ocupação irregular. Entretanto, na fase do Estudo de Viabilidade haverá necessidade de levantamento mais detalhado na área objeto do presente estudo.

A obra de construção necessária desta medida é a escavação do leito do rio, na extensão de 3,7 km. Isto causará turbulência na água e haverá necessidade de remoção de terras da escavação, portanto o impacto será A- para Resíduos sólidos. Com isso, a qualidade da água, ruído e vibração, qualidade do material do fundo de leito e fauna e flora foram classificadas como B-.

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); uso e ocupação do solo (C); Mudança na renda e na condição de vida (C).

#### (4) Sobre-elevação da Barragem Sul

#### Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (B-); impacto sobre o tráfego (C); reassentamento compulsório de população (B-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); Ruído e vibração (C); Resíduos sólidos (C).

A obra de construção da Barragem Sul inclui apenas a sobre-elevação do vertedouro. Esta medida tem os mesmos impactos socioeconômicos da sobre-elevação da barragem Oeste.

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (C); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda – (C); Impactos na agricultura (C).

#### (5) Armazenamento da água da chuva nas arrozeiras

#### Fase de Planejamento/Construção

A obra de construção desta medida inclui uma pequena obra manual de elevação da altura da taipa das quadras das arrozeiras (20 cm). Terá apenas impactos menores na fase da construção.

#### Fase de Operação

Atividades econômicas produtivas (B-); Impactos na agricultura (B-); Fauna e flora (B+)

Esta medida transforma a plantação de arroz em uma planície de inundação, o meio mais natural de se proteger contra a enchente. Terá um efeito positivo para o ciclo biológico e para a Fauna e Flora (B+). Na fase de operação, os principais impactos socioeconômicos causados por essa medida dizem respeito às atividades econômicas produtivas (B-), mais especificamente sobre a produção agrícola (B-), uma vez que, quando da ocorrência de enchentes, haverá inundação da área cultivada com consequente perda da produção, caso o evento ocorrer na fase da colheita.

#### (6) Barragem de pequeno porte em micros bacias

Aquisição de terras (B-); Reassentamento compulsório da população (B-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); Infraestrutura local (C); Impacto sobre o tráfego (B-); Topografia e geologia (C); Qualidade do material do fundo de leito (C); Lençol freático (C); Fauna e flora (B-); Paisagem (C).

O fechamento dessas pequenas barragens e o enchimento do reservatório na ocorrência de enchentes inundará terras que podem ser atualmente produtivas e, portanto, o principal impacto dessa medida está relacionado à aquisição de terras e aos impactos indiretos e diretos inerentes a este processo. Entretanto,

por se tratar de barragens com reservatórios pequenos, e, considerando-se que, na atual fase dos estudos, não é possível precisar a localização exata dessas barragens, foram considerados na presente avaliação os mesmos impactos para todas as pequenas barragens propostas, os quais não podem ser ainda mensurados.

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Atividades Agrícolas (C); Uso e ocupação do solo (C); Topografia e geologia (B-); Condições hidrológicas (B-); Lençol freático (C); Fauna e flora (B-); Paisagem (B-).

Na fase de construção dessas barragens de pequeno porte, inicialmente será feito o desvio do fluxo da água. O desvio não será feito por muito tempo, mas a continuidade do rio será interrompida. A continuidade do rio inclui a migração dos peixes, o ciclo biológico e físico na natureza, portanto o impacto da barragem de pequeno porte continuará na fase de operação (B-). Se a barragem de pequeno porte tiver entre 10 e 15 m de altura, será uma grande construção artificial feita na área rural. O impacto na paisagem ocorrerá após a construção (B- na fase de operação).

- (7) Alargamento da calha do rio à jusante de Rio do Sul (com escavação do leito, 10,3 km de extensão)

#### Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (B-); impacto sobre o tráfego (C); Reassentamento compulsório da população (B-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); Infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (B -); Poluição da água (B-); Ruído e vibração (C); Subsidência do solo (C); Topografia e geologia (C); Condições hidrológicas (B-); Resíduos sólidos (A-); Fauna e flora (B-).

O principal impacto negativo dessa medida está relacionado à aquisição de terras (B-) e aos impactos diretos e indiretos inerentes a este processo, com destaque para a reassentamento compulsório da população rural. Destaca-se, ainda, o impacto negativo relacionado às interferências na infraestrutura viária (B-), uma vez que existe uma ponte ao longo da área de implantação da medida, a qual terá que ser realocada.

A obra desta medida inclui a escavação de 10,3 km, à jusante da cidade de Rio do Sul, que seria afetada pela turbidez da água, também sendo afetadas a qualidade do material do fundo de leito e a fauna e a flora (B-). E a construção também gera muitos resíduos de solo (A-).

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Uso e ocupação do solo (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa rendada – (C); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Impactos na agricultura (C); Impactos na área à jusante (C); Subsidência do solo (C); Topografia e geologia (C); Qualidade do material do fundo de leito (C); Fauna e flora (B+); Paisagem (B+).

A largura do rio será maior depois da construção, o fluxo tornando-se mais natural do que atualmente. Haverá um aumento dos habitats para mais plantas e animais, e melhora da Paisagem (B+).

- (8) Diques na cidade de Rio do Sul (comprimento: 3.5km, altura Max.:5.0m)

#### Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (A-); Atividades Econômicas Produtivas (C); Uso e ocupação do solo (C); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa rendada (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Reassentamento compulsório da população (A-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (A-); Impacto sobre o tráfego (C); Infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (A-); Poluição da água (C); Poluição atmosférica (B-); Ruído e vibração (B-); Topografia e geologia (C); Fauna e flora (C); Paisagem (C).

O principal impacto negativo dessa medida está relacionado à aquisição de terras (A-) e aos impactos inerentes a este processo, com destaque para o reassentamento de grande contingente populacional, por se tratar de área caracterizada por intensa ocupação. Destacam-se, ainda, os impactos negativos relacionados às interferências na infraestrutura viária (A-), uma vez que existem pelo menos seis pontes ao longo da área de construção dos diques, as quais terão que ser realocadas. Quanto aos impactos sobre as atuais atividades econômicas, merece destaque o fato de que, ao contrário do que foi verificado na cidade de Itajaí, não há portos na área de implantação dos diques. Entretanto, não há informações precisas sobre a existência de indústrias na área, o que deverá ser verificado através de pesquisa socioeconômica na próxima fase do projeto.

A obra de construção civil na área residencial afetará os moradores com ruído e vibração (B-) e, algumas vezes, com a poluição atmosférica (C).

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (B-); Fauna e flora (C); Paisagem (B-).

A altura máxima do dique será 4,6 m após a construção, o que afetará a paisagem (B-).

- (9) Utilização das barragens de geração de energia da CELESC para prevenção de cheias (introduzindo a pré-liberação)

Esta medida introduz a pré-liberação das barragens de geração de energia hidrelétrica da CELESC para a contenção das cheias. A pré-liberação faz com que o nível de água suba repentinamente nas cidades à jusante, sendo necessário o alerta e o anúncio à população à jusante quando for realizada a pré-liberação.

- (10) Diques na APP na cidade de Blumenau

#### Fase de Planejamento/Construção

Grande aquisição de terras (A-); Reassentamento compulsório da população (A-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (A-); Impacto sobre o tráfego (B-); Infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (A-); Poluição da água (C); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (B-); Topografia e geologia (C); Qualidade do material do fundo de leito (C); Fauna e flora (B-); Paisagem (C).

O processo de aquisição de terras (A-) e o conseqüente reassentamento (A-), associado ao impacto sobre os terrenos e benfeitorias (A-) constituem os principais impactos negativos desta medida, uma vez que, além de residências, a área prevista para a implantação desses diques constitui APP e, em alguns pontos, é ocupado por hotéis, o que causará impactos negativos de alta magnitude sobre as atuais atividades econômicas (A-). Destacam-se, ainda, os impactos negativos relacionados às interferências na infraestrutura viária (A-), uma vez que serão afetadas vias urbanas e pontes, as quais terão que ser realocadas.

O canteiro de obras é o centro da cidade de Blumenau, portanto o ruído e a vibração serão impactos negativos para os moradores e para os turistas (B-). Existe alguma mata ciliar que será afetada pela obra de construção (B-).

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (A-); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (B+); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (B -); Fauna e flora (B+); Paisagem (B+).

Pode-se ressaltar um aspecto positivo dessa medida que é a nova possibilidade de utilização da APP, através da criação de parque público, permitindo à população da cidade usufruir de área de lazer às

margens do rio Itajaí, em contato com a natureza, o que é avaliado como um impacto positivo de média magnitude (B+).

As margens do rio serão um parque dentro da APP, sendo melhorada a paisagem do centro da cidade (B+). A largura do rio aumentará e haverá mais espaço para a natureza viva (B+).

(11) Diques no Ribeirão Garcia (rio urbano em Blumenau, comprimento: 1.3km, altura Max.: 2.6 m)

#### Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (A-); Impacto sobre o tráfego (B-); Reassentamento compulsório da população (A-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (A-); Infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (A-); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (B-); Resíduos sólidos (C); Paisagem (C).

O principal impacto negativo dessa medida está relacionado à aquisição de terras (A-) e aos impactos diretos e indiretos inerentes a este processo. Destacam-se, ainda, os impactos negativos relacionados às interferências na infraestrutura viária (A-), uma vez que existem pontes ao longo da área de construção e terão que ser realocadas.

A área de construção fica ao longo do Ribeirão Garcia, sendo uma área residencial. Ruído e vibração afetarão a área residencial (B-).

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (B+); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (B-); Paisagem (C).

(12) Alargamento do leito de inundação no Ribeirão Garcia e Ribeirão Velha – sem escavação (rio urbano em Blumenau, comprimento de Garcia: 2.6km, comprimento de Velha: 3.4km).

#### Fase de Planejamento/Construção

Grande aquisição de terras (A-); Reassentamento compulsório da população (A-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (A-); Impacto sobre o tráfego (B-); Infraestrutura local (A-); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (B-); Topografia e geologia (C); Resíduos sólidos (C); Fauna e flora (B-); Paisagem (C).

Existem áreas residenciais ao longo do Ribeirão Garcia (3,9 km de extensão) e do Ribeirão Velha (3,4 km de extensão). A obra de construção será apenas na parte superficial, não havendo escavação, mas com a produção de resíduo de solo (B-).

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (B+); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (B-); Topografia e geologia (C); Fauna e flora (B+); Paisagem (B+).

(13) Sistema de diques em anel em Ilhota (comprimento: 8.0km, altura: 2.0m).

#### Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (B-); Reassentamento compulsório da população (B-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); Infraestrutura local (linhas de transmissão, estradas, pontes, acessos) (A-); Impacto sobre o tráfego (C); Poluição da água (C); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (C); Topografia e geologia (C); Qualidade do material do fundo de leito (C); Fauna e flora (C); Paisagem (C).

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (A-); Topografia e geologia (C); Paisagem (C).

A obra de construção é próxima da cidade de Ilhota, com 8 km de extensão, mas não dentro da cidade. O principal impacto desta medida está relacionado com os problemas causados para o sistema viário e para a infraestrutura de transportes da região. Após a construção dos diques em anel, será necessário construir pontes, viadutos e estradas para normalizar o acesso e o trânsito dentro da cidade de Ilhota, o que pode ser considerado um impacto negativo de alta magnitude (A-).

O impacto da poluição e ambiente natural da construção e da fase da operação deve ser investigado. Mas é possível que a água tenha que ser bombeada para fora, uma vez que a cidade de Ilhota será fechada pelo dique. O dique tem 2 m de altura, o que causará algum impacto na paisagem.

- (14) Instalação das comportas no rio Itajaí Mirim (duas comportas na parte inferior e duas na parte superior do Velho Itajaí Mirim)

#### Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terra (C); Trânsito durante a construção (B-); Infraestrutura Regional (C); Ruído e vibração (B-); Poluição da água (B-); Topografia e geologia (B-); Condições hidrológicas (B-); Paisagem (B-).

A obra de construção da comporta à montante será feita com desvio e a obra da comporta na confluência com o canal retificado do rio Itajaí Mirim será feita meio a meio. Não haverá quaisquer impactos.

#### Fase de Operação

Uso do solo (C); Qualidade do material do fundo de leito (C); Fauna e flora (C).

As comportas serão fechadas quando a cheia vier, sendo importante o momento da abertura das comportas. É necessário estudar e tornar a operação das comportas manual para minimizar os danos causados pelas cheias e reduzir os impactos na fauna aquática.

- (15) Diques na cidade de Itajaí (um dique lateral com comprimento: 12,8km, altura máx.: 3,0m)

#### Fase de Planejamento/Construção

Grande aquisição de terras (A-); Reassentamento compulsório da população (B-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); Impacto sobre o tráfego (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (B-); Topografia e geologia (C); Qualidade do material do fundo de leito (C); Fauna e flora (B-); Paisagem (C).

A aquisição de terras para a construção dos diques, além do reassentamento compulsório da população, causará significativas alterações nas atividades econômicas locais (A-), uma vez que na região de implantação dos diques estão localizados diversos portos e fábricas. Estas atividades econômicas desenvolvidas atualmente na área têm grande relevância para o município de Itajaí e geram empregos e renda pra a população da cidade. Assim, além de alterações na dinâmica econômica do município e, talvez até da região, haverá a perda de muitos postos de trabalho, o que representa um impacto significativo, especialmente se considerarmos a situação socioeconômica da maioria dos trabalhadores de portos e fábricas, em geral, pessoas de baixa renda. Entretanto, não há informações precisas sobre as condições socioeconômicas desses trabalhadores e, portanto, para mensurar a intensidade desse impacto, é preciso realizar uma pesquisa socioeconômica censitária.

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (A-); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (B-); Paisagem (B-).

A altura do dique varia entre 1,5 a 3,5 metros, o que afetará a paisagem no porto de Itajaí (B-).

(16) Canal Extravaso na cidade de Navegantes

Fase de Planejamento/Construção

Aquisição de terras (A-); Atividades Econômicas Produtivas (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Reassentamento compulsório da população (B-); Impacto sobre os terrenos e benfeitorias (B-); Impacto sobre o tráfego (C); Infraestrutura local (B-); Poluição da água (B-); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (C); Qualidade do material do fundo de leito (A-); Resíduos sólidos (A-); Fauna e flora (A-); Zona costeira (B-); Paisagem (C).

Os impactos mais significativos dessa medida estão relacionados à aquisição de terras (A-) para a construção do canal e à infraestrutura viária afetada (B-), bem como a infraestrutura que será necessária após a construção do canal – construção de diversas pontes ao longo da extensão do canal para permitir a travessia da população. Os impactos relacionados à transferência compulsória da população podem ser considerados impactos negativos de média intensidade (B-), pois se trata de área pouco ocupada.

Na fase de construção, será construído o canal extravaso e em seguida a instalação da comporta para esse canal. O impacto natural é bastante grande porque o canal extravaso feito em área agrícola, sendo o impacto na qualidade do material do fundo de leito, resíduos sólidos (solo) e na fauna e flora (A-).

Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Mudança na renda e na condição de vida (C); Uso e ocupação do solo (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (C); Infraestrutura local (B-); Impactos na agricultura (C); Poluição da água (B-); Topografia e geologia (C); Qualidade do material do fundo de leito (A-); Lençol freático (B-); Fauna e flora (A-); Zona costeira (C); Paisagem (C).

O canal extravaso será utilizado quando ocorrer enchente. Em outros momentos sem enchente, o canal ficará vazio. No caso de enchente, a comporta será fechada e a água fluirá pelo canal extravaso. Quando a água da enchente fluir no canal extravaso, a sedimentação das águas do rio fluirá em direção ao Oceano Atlântico afetando a área costeira (B-). O porto de Itajaí normalmente tem problemas de sedimentação, e pode ocorrer o mesmo problema de sedimentação na saída do canal extravaso. O novo canal na fase de operação será o leito normal do rio Itajaí. Este canal é artificial e, portanto, levará algumas décadas até que se pareça com um rio natural, sendo esse o impacto negativo para a qualidade do material do fundo de leito e para a fauna e flora (A-). É possível que apareça água do mar e ocorra a salinização do lençol freático (B-).

(17) Nova barragem no rio Itajaí Mirim

Fase de Planejamento/Construção

Grande aquisição de terras (A-); Impacto sobre o tráfego / Interferência no sistema viário em decorrência das obras (C); Reassentamento compulsório da população (B-); Perda de terras/benfeitorias (B-); Atividades Econômicas Produtivas (C); Infraestrutura local (B-); Poluição da água (A-); Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (C); Condições hidrológicas (B-); Resíduos sólidos (A-); Lençol freático (C); Fauna e flora (C); Paisagem (B-).

A construção de nova barragem tem como principais impactos aqueles associados à delimitação da área destinada à formação do reservatório. A implantação do reservatório causará um impacto negativo direto sobre a população local, a qual será afetada, entre outros impactos, pela inundação de terras aptas para a agricultura quando da ocorrência de enchentes. Em função deste impacto, essa população atingida deverá ser realocada para outras áreas. Para minimizar esse impacto, o empreendedor deverá adquirir terras nas proximidades da área atingida e, além disso, deverá manter as comunidades unidas para que os

reassentados não percam suas referências de vizinhança.

A construção da nova barragem atingirá áreas cultivadas, benfeitorias e moradias situadas na área rural que será destinada à formação do reservatório, interferindo também na renda dos produtores rurais. No entanto, este impacto negativo será mais significativo para os pequenos e médios produtores, cuja dependência da terra e do rio é bem maior. Não é possível mensurar a intensidade deste impacto, pois não há informações socioeconômicas sobre a população que vive atualmente na área, recomendando-se, para tal, a realização de pesquisa socioeconômica censitária na fase de viabilidade do projeto.

O processo de aquisição de terras desencadeará um processo de reassentamento compulsório da população, associados ao impacto sobre os terrenos e benfeitorias, ambos considerados impactos negativos de intensidade média (B-). Tal processo poderá causar a perda de produção agropecuária, a mudança nas atividades produtivas e no uso e ocupação do solo, mas não é possível mensurar a intensidade desses impactos na fase atual do projeto, pois não há informações precisas sobre a população e sobre as atividades produtivas das áreas afetadas. Em geral, todo esse processo é sentido em maior intensidade pela população de baixa renda (B-), que tem maiores dificuldades em adotar novas formas de sustento na área de reassentamento. Cada grupo é afetado em intensidades e velocidades diferentes e desenvolve meios diferentes de agenciar a sua defesa diante de mudanças em curso que serão advindas da implantação do empreendimento.

A construção da nova barragem será feita meio a meio, utilizando uma parede. Esta barragem foi projetada como uma barragem de concreto por gravidade, despejando água turva e alcalina e muitos resíduos de solo (A-). E a obra de construção também afetará as qualidade do material do fundo de leito (A-) e a paisagem (B-). A paisagem será afetada porque a superfície da barragem por gravidade é toda de concreto, que aparecerá no meio de uma área montanhosa.

#### Fase de Operação

Atividades Econômicas Produtivas (C); Uso e ocupação do solo (C); Impacto socioeconômico para a população de baixa renda (B-); Mudança na renda e na condição de vida (B-); Impactos na agricultura (B-); Uso do solo (B-); Distribuição desigual de renda entre a zona urbana e rural, (C); Poluição da água (C); Topografia e geologia (B-); Qualidade do material do fundo de leito (C); Lençol freático (C); Fauna e flora (B-); Paisagem (B-).

Esta barragem não terá lago nem comporta para entrada da água em condições normais porque seu único propósito é o controle de enchentes. Se esta nova barragem ficar cheia de água na fase de operação, a cota de inundação alcançará o parque nacional da Serra do Itajaí (B- para fauna e flora). É difícil avaliar o impacto no parque nacional quando a enchente ocorrer porque não existem dados suficientes. Existe um impacto na paisagem, embora pequeno já que o local da barragem é na zona rural.

(18) Medidas para prevenção de desastres causados por escorregamento de terra

#### Fase de Planejamento/Construção

Poluição atmosférica (C); Ruído e vibração (C); Resíduos sólidos (C); Paisagem (C).

A medida estrutural para a prevenção de desastres causados por escorregamento de terra é a construção de uma estrutura de estabilização das encostas. O único impacto socioeconômico que pode ser associado à implantação dessa medida diz respeito ao tráfego e às interferências no sistema viário em decorrência das obras, o que pode ser considerado um impacto negativo de média magnitude (B-). Já na fase de operação, esta medida não causa impactos socioeconômicos significativos.

#### Fase de Operação

Paisagem (C)

Depende do tipo de estrutura de estabilização de encosta a ser construída. Uma estrutura de concreto é pior

que uma estabilização composta de vegetação.

(19) Fortalecimento da previsão de enchente e do sistema de alerta

A instalação do sistema de alerta para as enchentes começará com a instalação de instrumentos para a medição da chuva em cada município da bacia do Itajaí, sendo estes conectados à linha telefônica ou à Internet. Terá apenas impactos menores na fase de operação.

### 10.3 Mitigação e recomendação para as alternativas do Plano Diretor

As medidas de mitigação e as recomendações para as alternativas que têm os maiores impactos negativos são apresentadas a seguir.

(1, 2) Sobre-elevação das Barragens Oeste / Sul

As principais medidas mitigadoras dos impactos são as mesmas adotadas na construção de nova barragem, entretanto, levando-se em consideração que os impactos dessas medidas (barragem oeste e sul) são de menores magnitudes.

(3) Alargamento do leito do rio na cidade de Taió (com escavação do leito atual, 3,7km de extensão)

As medidas mitigadoras dos impactos são as mesmas adotadas para a construção de novas barragens. Deve-se encontrar um local para disposição do solo (bota-fora) na bacia do Itajaí, dispondo-o adequadamente.

(5) Armazenamento da água de chuva nas arrozeiras

A principal medida mitigadora desse impacto é a indenização da produção afetada pela enchente. Recomenda-se a realização de pesquisa socioeconômica censitária para fins de diagnóstico das atividades produtivas que serão afetadas e cálculo da indenização / compensação aos produtores.

(6) Barragem de pequeno porte nas micros bacias

As principais medidas mitigadoras dos impactos da construção das pequenas barragens são as mesmas adotadas na construção de nova barragem, entretanto, levando-se em consideração que os impactos da construção de pequenas barragens são de menores magnitudes.

O desvio deve ser feito cuidadosamente para tornar fácil a passagem de peixes e a biológica. Para esta escala de barragem de pequeno porte, ela pode ser feita de solo coberta com grama.

(7) Alargamento do leito do rio à jusante de Rio do Sul (com escavação do leito, 10,3km de extensão).

As principais medidas mitigadoras dos impactos são aquelas adotadas para a construção de novas barragens, somadas à recomposição da infraestrutura viária afetada e à criação da infraestrutura necessária para recompor o novo ponto de travessia de modo a evitar mudanças na rotina da população.

Isto inclui escavação, portanto a mesma mitigação que (3).

(8) Diques na cidade de Rio do Sul (comprimento: 3.5km, altura Max.:5.0m)

As principais medidas mitigadoras dos impactos são aquelas adotadas para os diques da cidade de Blumenau.

(10) Diques com APP na cidade de Blumenau

As principais medidas mitigadoras dos impactos dessa medida são aquelas adotadas para o alargamento da calha com formação de parques nas APPs, somadas à recomposição da infraestrutura viária afetada e à criação da infraestrutura necessária para recompor os novos pontos de travessia de modo a evitar mudanças na rotina da população. Recomenda-se, ainda, a articulação junto às autoridades locais, de forma a respeitar

e compatibilizar a medida proposta com o Plano Diretor da cidade de Blumenau, visando o restabelecimento da estrutura das atividades econômicas afetadas pela construção dos diques.

Esta medida está localizada na área central da cidade de Blumenau, famosa pelo turismo. Recomenda-se a recuperação da mata ciliar nativa e do ecossistema para tornar o local confortável para as pessoas.

- (11) Diques no Ribeirão Garcia (rio urbano em Blumenau, comprimento: 1.3 km, altura Max.: 2.6 m )

As principais medidas mitigadoras dos impactos dessa medida são aquelas adotadas para a construção de diques na APP.

- (12) Alargamento de leito de inundação no Ribeirão Garcia e Ribeirão Velha – sem escavação (rio urbano em Blumenau, comprimento de Garcia: 2.6 km, comprimento de Velha: 3.4 km).

As principais medidas mitigadoras dos impactos dessa medida são:

- i. Diálogo com os moradores e proprietários das áreas a serem adquiridas;
- ii. Definir os critérios de negociação, indenização e compensação das interferências causadas;
- iii. Indenizar as propriedades e benfeitorias atingidas;
- iv. Busca de locais para reassentamento, considerando as necessidades da população afetada;
- v. Monitoramento e apoio durante todo o processo de reassentamento e compensação por todos os custos do processo;
- vi. Recomposição da infraestrutura viária afetada.
- ii. Criar infraestrutura necessária para recompor os novos pontos de travessia de modo a evitar mudanças na rotina da população.

Recomenda-se, ainda, a adoção de ações de comunicação social junto à população afetada visando amenizar os impactos inerentes ao processo de negociação e de reassentamento, bem como a articulação junto às autoridades locais, de forma a respeitar e compatibilizar a medida proposta com o Plano Diretor da cidade de Blumenau.

- (13) Sistema de diques em anel em Ilhota (comprimento: 8.0km, altura: 2.0m).

As principais medidas mitigadoras dos impactos são:

- i. Construir novos trechos das vias que serão impactados;
  - ii. Criar a infraestrutura necessária para recompor os novos pontos de travessia de modo a evitar mudanças na rotina da população.
  - iii. Indenizar as propriedades e benfeitorias atingidas;
  - iv. Busca de locais para reassentamento, considerando as necessidades da população afetada;
- (14) Instalação das comportas no rio Itajaí Mirim (duas comportas na parte superior e duas comportas na parte inferior do Velho Itajaí Mirim)

As principais medidas mitigadoras dos impactos da construção do canal são aquelas adotadas para os impactos dos diques em anel.

Quando ocorrer a enchente e ao fechar a comporta, deve-se tomar cuidado com o período de fechamento. Se o período de fechamento for longo, isso afetará os organismos. As comportas devem ser abertas tão logo o nível de água abaixe até um nível seguro.

(15) Diques na cidade de Itajaí (um dique lateral com comprimento: 12,8 km, altura máx.: 3,0 m)

As principais medidas mitigadoras dos impactos são aquelas apresentadas para a medida de alargamento da calha com formação de parques nas APPs. Recomenda-se, ainda, o monitoramento, de forma sistemática, através de programas específicos, da situação socioeconômica da população diretamente atingida. Além disso, será preciso estabelecer uma forte articulação sócio-política com as autoridades locais, de forma restabelecer a estrutura das atividades econômicas afetadas pela implantação dos diques.

Pode ser um parapeito ao invés do dique, se factível. O parapeito é como uma parede de concreto, ele pode diminuir a área a ser adquirida, mas parece realmente uma estrutura artificial. O dique requer mais área, mas é coberto de vegetação.

(16) Canal extravasor na cidade de Navegantes

Para diminuir o impacto na qualidade do material do fundo de leito e na fauna e flora devido à substituição do canal do rio, a recomendação é manter a largura do novo canal e plantar uma mata ciliar. Para a sedimentação na área costeira, é possível construir molhe como o do porto de Itajaí. Existem algumas medidas para impedir a elevação da água do mar e a salinização do lençol freático, como a instalação de uma manta com material impermeável sob o solo de cobertura, prancha sobre pilares até a colocação da camada impermeável ou cobertura com concreto.

(17) Nova barragem no rio Itajaí Mirim

As principais medidas mitigadoras dos impactos da construção de nova barragem são:

- Diálogo com os moradores e proprietários das terras a serem adquiridas;
- Definirem critérios de negociação, indenização e compensação das interferências causadas;
- Indenizar as propriedades e benfeitorias atingidas, assim como preparar condição para a continuidade da vida das pessoas que vivem de atividades que desaparecerão ou perderão o contexto atual;
- Busca de locais para reassentamento, considerando as necessidades da população afetada; e reassentar as famílias em terras igualmente produtivas, disponibilizando acompanhamentos técnicos para melhoria dos sistemas de produção e comercialização;
- Monitoramento e apoio durante todo o processo de reassentamento e compensação por todos os custos do processo;
- Apoio técnico para adoção de novo meio de vida, sustento.

Recomenda-se, ainda, a adoção de ações de comunicação social visando amenizar os impactos inerentes ao processo de negociação e de reassentamento, bem como ações voltadas à capacitação técnica dos produtores afetados, tais como:

- Capacitar os proprietários para inserção das novas atividades econômicas;
- Estabelecer ações, no processo de reassentamento, que permitam a continuidade das atividades geradoras de renda para as famílias que optarem por esta condição;
- Realocar a população para ambiente onde seja possível a manutenção dos relacionamentos e proximidade com as coletividades que hoje mantêm relações;
- Garantir a recuperação das bases de sustentação (ou por meios de indenização suficiente ou por reassentamento em área com plenas condições de funcionamento) com apoios técnicos e sociais plenos, em local sempre o mais próximo às suas origens;
- Criar programas de orientação, capacitação e apoio para a retomada das atividades dos produtores rurais;
- Elaborar programas de capacitação e de orientação para as famílias que não optarem pelo reassentamento, permitindo-lhes desenvolver atividades geradoras de renda.

Deve-se encontrar um local adequado para disposição do solo (bota-fora) (bota-fora) e fazer a disposição segundo a legislação brasileira. O tratamento do efluente deve ser feito com tratamento anti-alcalino e com

bacia de areia. Deve ser construída uma passagem fácil para peixes.

(19) Fortalecimento da previsão de enchentes e do sistema de alerta

Cabe destacar, ainda, que, além das medidas estruturais propostas, o projeto também contempla a adoção de um sistema de alerta de enchentes, que, no que tange os impactos socioeconômicos, pode estar associado às dificuldades de disponibilização das informações à população de baixa renda, que, em geral, dispõe de menos acesso à informação. Dessa forma, recomenda-se a busca por mecanismos que visem à disponibilização das informações geradas pelo sistema de alerta a toda a população, de modo a evitar efeitos negativos e prejuízos à população de baixa renda, que vive em condições socioeconômicas menos favorecidas.

#### 10.4 Resultado da Audiência Pública

No processo de elaboração do Plano Diretor da bacia do Itajaí, foi necessária a realização de audiência pública para os projetos no Estado de SC. Portanto, foram realizadas três (3) audiências públicas em Itajaí, Blumenau e Rio do Sul, nos dias 16, 17 e 18 de novembro, respectivamente. O processo de divulgação das audiências públicas foi o seguinte:

- A notificação sobre a audiência pública foi publicada em dois (2) dos principais jornais na bacia do Itajaí, uma vez duas (2) semanas antes.
- Foi enviada uma carta convite para as SDRs (Itajaí, Brusque, Blumenau, Timbó, Rio do Sul, Ituporanga, Taió e Ibirama) de todos os municípios concernentes e para outras organizações profissionais concernentes.
- Foi feita a divulgação eletrônica para o departamento de relações públicas das SDRs, FAPESC, GTC, FURB e UNIVALI.

Na série de três (3) Audiências Públicas, o Plano Diretor proposto para o controle de enchentes e para prevenção de desastres causados por escorregamento de terra foi apresentado durante 90 minutos através de apresentação de Power Point e dezoito (18) cartazes. Os cartazes foram preparados para uma melhor compreensão, além de terem sido reservados 30 minutos para o intervalo (coffee break) para a sua análise. Tivemos 90 minutos para discussão, sendo as questões e respostas concernentes para a seleção de alternativas e para o plano de mitigação. Os resumos das Audiências Públicas são apresentados a seguir.

**Tabela 10.4.1 Audiência Pública na cidade de Itajaí (16/Nov/2010)**

Item	Detalhes	
Data/Local	14:00-18:00, 16 de Novembro de 2010, Auditório da AMFRI, Itajaí.	
Presidente	Sra. Reginete Panceri (Coordenadora de projetos da JICA, substituta do Dr. Diomário).	
Participantes	Pessoal do Estado	: 3
	Prefeitura	: 10
	SDR	: 7
	Defesa civil	: 2
	Comitê do Itajaí	: 4
	Academia/ONG	: 3
	Moradores	: 1
	Equipe de estudo	: 8
	<b>Total</b>	<b>: 43</b>
Comentários	Q1:	As audiências públicas estão sendo feitas para ratificar as propostas?
	A1:	Não. As medidas dizem respeito ao crescimento do volume devido às atividades de desenvolvimento. É difícil fazer apenas na cidade de Itajaí, é necessária a cooperação de toda a bacia para haver equilíbrio.
	Q2	Sou radicalmente contra os diques e mais ainda depois de viver uma enchente aqui. Tivemos tempo de tirar as pessoas daqui. Com os diques não teremos mais condições de fazer isso. Muita gente vai morrer. Nós precisamos de uma solução diferenciada para o baixo vale.
	A2	Existem alguns riscos de quebra dos diques, mas podemos tentar fazer os riscos diminuírem a quase zero. Normalmente, o dique é projetado como dique de aterro na área costeira, mas também pode ser proposto um dique coberto de concreto para maior durabilidade.

Item	Detalhes	
	Q3	As chuvas intensas, cuja ocorrência se agrava em todo o mundo e no Brasil, foram levadas em consideração na definição das medidas apresentadas?
	A3:	O aquecimento global ou a mudança climática não foram considerados. Porque não pudemos encontrar nenhuma tendência de aumento da precipitação a partir dos dados que temos. Portanto, existem apenas algumas construções para prevenção das enchentes. Propomos que seja necessário para a bacia do Itajaí fazer tais construções em primeiro lugar, antes de pensar na mudança climática.

Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Table 10.4.2 Public Audience in Blumenau city (17/Nov/2010)**

Item	Detalhes	
Data/Local	14:00-18:00, 17 de Novembro de 2010, SDR Blumenau, Blumenau.	
Presidente	Dr. Antônio Diomário de Queiros (Presidente da FAPESC)	
Participantes	Pessoal do Estado : 4 Prefeitura: : 6 SDR : 2 Defesa civil : 4 Comitê do Itajaí : 3 Academia/ONG : 12 Moradores : 7 Equipe de estudo : 6 Total : 54	
Comentários	<p>Q1: Um dos princípios do PPRD é ampliar a retenção na bacia. Isto está contemplado nas áreas de arrozais. Mas no primeiro seminário que tivemos no ano passado, a Prof. Beate apresentou medidas de retenção que deveriam ser consideradas, tais como as utilizadas na Alemanha e Suíça. Trata-se de um princípio que deve ser considerado à risca, por ser uma questão fundamental, do qual o Comitê do Itajaí não abre mão.</p> <p>A1: Fizemos o estudo e queremos propor com ênfase o armazenamento de água nas arrozais e nos pastos porque a ideia da Prof. Beate e do CRAVIL é boa. Embora a ideia seja boa, enfrentamos o problema do volume de armazenamento. Para o caso de 5 anos, é necessário um volume de 9.000.000 m<sup>3</sup> para proteger a cidade de Rio do Sul, que equivale a 900 áreas de armazenamento de 100m<sup>2</sup> e 1m de profundidade à montante de Rio do Sul. Para o caso de 50 anos, são necessárias 400 áreas de armazenamento, e parece ser difícil especificar tais áreas. Temos apenas um mapa na escala 1:50.000 e, portanto, não podemos especificá-las por causa da escala grande.</p> <p>Q2: Eu não entendo o porquê da escavação do rio em uma extensão de 10 km à jusante da cidade de Rio do Sul.</p> <p>A2: O problema da cidade de Rio do Sul é a capacidade insuficiente para a passagem da água próximo a ela. Para o caso de 25 anos, será ainda insuficiente incluindo a sobre-elevação das barragens e as barragens de pequeno porte. Propomos que a escavação do rio é melhor que a construção de um dique na cidade de Rio do Sul por causa da aquisição de terras e do reassentamento.</p> <p>Comentário: Eu vivo em Blumenau há 51 anos, sou conselheiro da associação comercial. Lembro-me bem das enchentes de 1983 e 1984 e penso que a medida mais importante em Itajaí seja o leito de inundação. A enchente de 2008 foi realmente especial porque 498 mm de precipitação se concentraram em 48 horas e o sistema de prontidão não funcionou. As medidas não estruturais são importantes e eu gostaria destas medidas. Em Itajaí, as fábricas de desenvolveram e cresceram muito em relação a 1983, o dano aumentará quando a enchente vier.</p>	

Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Table-10.4.3 Public Audience in Rio do Sul city (18/Nov/2010)**

Item	Detalhes	
Data/Local	14:00-18:30, 18 de Novembro de 2010, Secretaria de Educação, Rio do Sul.	
Presidente	Dr. Zenório Piana (FAPESC)	
Participantes	Pessoal do Estado : 6 Prefeitura : 12 SDR : 7 Defesa civil : 5 Comitê do Itajaí : 3 Academia/ONG : 0 Moradores : 4 Equipe de estudo : 6 Conselho municipal : 11 Total : 63	
Comentários	Q1:	A barragem Norte não foi mencionada, então concluo que ela não influencia. Sendo assim, ela não poderia ser utilizada para, além de conter enchentes, gerar energia elétrica? Solicito um estudo para avaliar a possibilidade de fazer o uso compartilhado dessa barragem.
	A1:	A capacidade da Barragem Norte é 300.000.000 m <sup>3</sup> , representando muito mais que três (3) vezes a capacidade da Barragem Oeste e da Barragem Sul. A capacidade da Barragem Oeste e da Barragem Sul é menor que 100.000.000 m <sup>3</sup> . A Barragem Norte nunca transbordou, ela tem mais capacidade do que para o caso de 50 anos. Uma barragem para o controle de enchentes não pode ser combinada com uma barragem para geração de energia hidrelétrica porque a barragem para o controle de enchentes deve ser esvaziada, enquanto que a barragem para energia deve manter um armazenamento de água.
	Q2	Há medidas educativas acompanhando todo o processo?
	A2	Não. Isto já é implementado pelo comitê do Itajaí, pelas prefeituras municipais e pela Defesa Civil do Estado.
	Q3	Nos anos 90 foi desenvolvido o Plano de Desenvolvimento Regional do Alto Vale do Itajaí, pela Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano, prevendo o reflorestamento de 140 mil hectares no Alto Vale, para contribuir na retenção da água. Observei que isso não foi considerado no Projeto.
	A3:	Eu não conheço este plano de desenvolvimento regional. Por favor, me envie se possível. Mas a capacidade de armazenamento de água pelo reflorestamento é muito difícil de avaliar. No Japão, a capacidade de armazenamento de água pelas florestas tem sido estudada por muitos anos, mas ninguém pode ainda fazer este modelo.

Fonte: Equipe de estudos da JICA





## CAPÍTULO 11 PROJETO DE INSTALAÇÕES DO PLANO DIRETOR

### 11.1 Medidas de Mitigação dos Desastres de Enchentes

Na elaboração dos projetos das instalações, a níveis de detalhes do Plano Diretor, foram feitas presunções das condições topográficas e geológicas, confirmando as circunstâncias locais através de estudos de campo, devido ao atraso na elaboração do mapa topográfico na escala 1:10000 que está sendo executada pela SDS e a falta de informações geológicas e topográficas. Para os projetos de sobre-elevação das barragens existentes, foram adquiridos desenhos antigos e adotadas as dimensões das estruturas. No tocante às características geológicas, não existem informações sobre a fundação das barragens, foram determinadas as condições de carregamento e a resistência ao cisalhamento do terreno das fundações, partindo da premissa de que as atuais barragens satisfazem todas as condições de estabilidade. Na avaliação dos projetos, foi utilizado o documento “CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL DE USINAS HIDRELÉTRICAS” da Eletrobrás.

#### 11.1.1 Sobre-elevação das barragens de contenção de cheias existentes

##### (1) Metodologia de sobre-elevação

Abaixo, a ilustração dos critérios para sobre-elevação das barragens no Brasil.

**Tabela 11.1.1 Critérios para a sobre-elevação das barragens no Brasil.**

Item	Classificação	Tipo	Critérios do projeto
Borda livre	Situação normal	Barragem de enrocamento	A borda livre será definida para absorver o efeito das ondas provocadas pelo vento, segundo método de Saville. Deverá ser limitada ao mínimo de 3,0 metros.
		Barragem de concreto	A borda livre será limitada ao mínimo de 1,5 metros.
	Situação de enchente	Barragem de enrocamento	A borda livre mínima deverá ser de 1,0 metro acima do nível de máxima enchente do reservatório.
		Barragem de concreto	A borda livre mínima deverá ser de 0,5 metros acima do nível de máxima enchente do reservatório.
Vazão de enchente anormal	Situação normal	Vazão de enchente máxima provável	Para barragem com altura maior do que 30 m ou quando existe habitação permanente a jusante e o colapso da barragem envolva risco de perdas de vidas humanas
	Barragem de pequeno porte	Vazão provável de 1000 anos	Para barragem de altura inferior a 30 m ou com reservatório com volume menor do que 50 milhões de m <sup>3</sup> e inexistência de habitações permanentes a jusante.

Fonte: Critérios de projeto civil de Usinas Hidrelétricas, Eletrobrás – Outubro/2003.

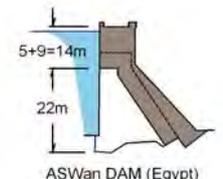
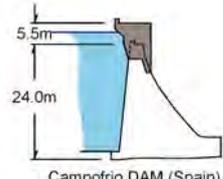
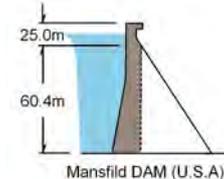
A barragem Oeste é barragem com menos de 30 m de altura e não existe habitante logo a jusante, neste caso, a instalação para descarga que suporta a vazão provável tem que ser de 1.000 anos (1.010 m<sup>3</sup>/s). No caso da barragem Sul que é barragem de aterro com altura superior a 30 m, é necessária instalação que possibilita com segurança a descarga da vazão provável de 10.000 anos (2.570 m<sup>3</sup>/s).

A barragem Oeste é barragem de concreto-gravidade e pode ser considerado como barragem relativamente fácil de realizar a obra. A sobre-elevação de 2 metros da barragem Oeste será realizada no vertedouro e na parte do corpo da barragem simultaneamente, simplesmente elevando a altura em 2 metros proporcionalmente. A Barragem Sul é uma barragem de enrocamento com camadas zoneadas. Nas barragens de aterro, existe dificuldade para garantir a qualidade do material utilizado para construção do corpo da barragem, ocorrem problemas de junção da parte do corpo antigo e da parte do corpo novo. Além disso, no caso de barragens de aterro, a resistência da superfície rochosa da fundação é relativamente menor do que a das barragens de concreto, portanto, a possibilidade de sobre-elevação é menor. Como não foi possível identificar o material utilizado para construção do corpo da barragem e a condição da fundação, optou-se em não realizar a sobre-elevação do corpo da barragem. Entretanto, como a altura do vertedouro da Barragem Sul permite garantir uma borda livre suficiente com relação à sobre-elevação de 2 metros, foi decidido a sobre-elevação somente do vertedouro (estrutura de concreto).

## (2) Sobre-elevação da Barragem Oeste

Na figura abaixo, a ilustração dos modos de sobre-elevação para barragens de concreto. Como a altura para sobre-elevação da Barragem Oeste é de somente 2 metros, será analisada uma forma de sobre-elevação através do método de sobre-elevação da crista.

**Tabela 11.1.2 Métodos de sobre-elevação das barragens de concreto-gravidade**

	Método de Cobertura por Nova Barragem	Método de Sobre-elevação da Crista	Método de alargamento do Lado a Montante	Método Âncora
Descrição Esquemática				
Método de Sobre-elevação	Consiste em injetar novo concreto na face de jusante da barragem existente de modo que o concreto novo e o velho formem um só corpo	Consiste em aumentar a crista da barragem existente de modo que o concreto novo e o velho formem um só corpo	Consiste em injetar novo concreto na face de montante da barragem existente de modo que o concreto novo e o velho formem um só corpo	Consiste em utilizar um cabo tensor fixado no terreno da fundação do lado de montante da barragem existente de modo a amarrar o terreno da fundação e a barragem

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## a Condições de Projeto

Os critérios do Brasil estabelecem que as 4 condições de carregamento abaixo devem ser consideradas para a estabilidade da barragem.

**Tabela 11.1.3 Condições de carregamento**

Condições de Carregamento	Observações
Normal (CCN)	Normal
Excepcional (CCE)	Normal + Terremoto
Limite (CCL)	Normal + Terremoto
Construção (CCC)	Na Construção

Fonte: Critérios de projeto civil de usinas hidrelétricas, outubro/2003, Eletrobrás.

Conforme a tabela abaixo, as taxas de estabilidade são diferentes para cada condição de carregamento.

**Tabela 11.1.4 Taxa de estabilidade por condição de carregamento**

Condição de Carregamento	CCN (Normal)	CCE (Normal + Terremoto)	CCL (Inundação + Terremoto)	CCC (Construção)
FSF (Fator de Segurança à Flutuação)	1,3	1,1	1,1	1,2
FST (Fator de Segurança ao Tombamento)	3,0	2,0	1,5	1,3
FSD (Fator de Segurança ao Deslizamento)	c	3,0	1,5	2,0
	$\phi$	1,5	1,1	1,1
$\sigma$ (Força de sustentação)	3,0	2,0	1,5	1,3

Fonte: Critérios de projeto civil de usinas hidrelétricas, outubro/2003

Normalmente a análise da capacidade de carregamento é baseada no estudo geológico e na sondagem geotécnica, porém, no presente estudo o cálculo foi efetuado considerando a força de sustentação ( $\sigma$ ) necessária para a estabilidade. No tocante ao valor constante de projeto da base rochosa da fundação, fixou-se o ângulo de atrito interno  $\phi=45^\circ$ . Na tabela abaixo, a ilustração de carregamento a ser utilizado no cálculo de estabilidade para cada condição analisada.

**Tabela 11.1.5 Combinações de carregamentos**

Condição de Carregamento	CCN (Normal)	CCE (Normal + Terremoto)	CCL (Inundação + Terremoto)	CCC (Construção)
Peso próprio	O	O	O	O
Peso da água	O	O	O	—
Pressão dinâmica do terremoto	—	O	O	—
Força sísmica	—	O	O	—
Pressão da água	O	O	O	—
Força da pressão de sustentação	O	O	O	—
Peso do lodo	O	O	O	—
Pressão do lodo	O	O	O	—

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### b Resultado do cálculo de estabilidade

Baseado nas condições abaixo e em função da sobre-elevação das barragens existentes foi efetuado o cálculo de estabilidade, estabelecendo a força de sustentação limite necessária para a base da fundação.

Base da fundação: ângulo de atrito interno  $\phi=45^\circ$  e resistência ao cisalhamento  $c=50 \text{ kN/m}^2$

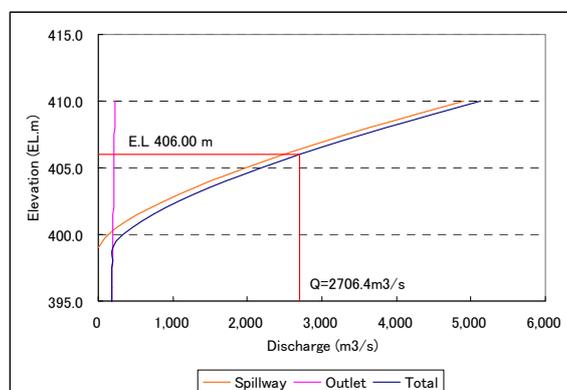
Caso de determinação do cálculo de estabilidade: CCL (durante enchente + terremoto)

Força de sustentação limite necessária:  $q_u=1900 \text{ kN/m}^2$  (instalação existente),  $q_u=2000 \text{ kN/m}^2$  (sobre-elevação).

Os detalhes dos cálculos de estabilidade dos 2 casos acima são explanados no relatório anexo. Na figura 11.1.3 a ilustração das dimensões estruturais.

### (3) Sobre-elevação do vertedouro da barragem Sul

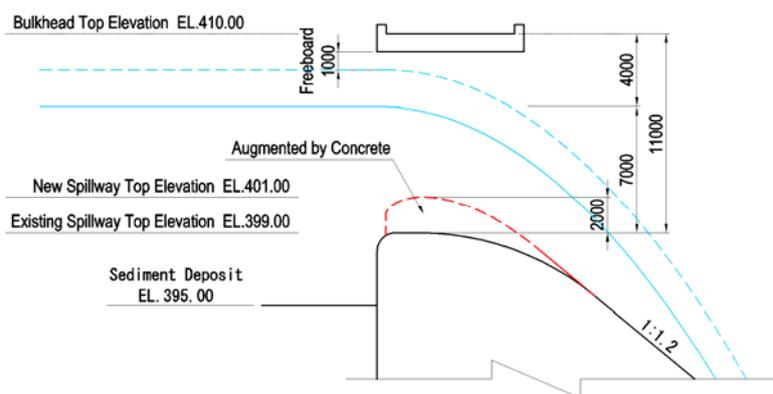
Conforme a ilustração abaixo, a barragem Sul tem a capacidade de escoamento da vazão provável de 10.000 anos ( $Q=2.570 \text{ m}^3/\text{s}$ ) com a profundidade da água  $h=7,0 \text{ m}$ .



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.1 Capacidade de escoamento do vertedouro da Barragem Sul**

Considerando a altura da viga da ponte sobre o vertedouro da barragem igual a 1,0 m, a altura entre a parte inferior da viga e a crista do vertedouro é 10,0 m (410,0 – 399,0), é possível garantir a banda livre de 1,0 m entre o topo da ponte e a crista do vertedouro, após a sobre-elevação de 2 metros, considerando enchente de 1.000 anos.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.2 Situação de transbordamento da enchente de 1000 anos na barragem Sul**

a Condição de projeto

As análises, as condições de estabilidade e a combinação do carregamento foram consideradas como sendo iguais ao da barragem Oeste.

b Resultado de cálculo da estabilidade

A força de sustentação limite necessária para a base da fundação foi estabelecida como sendo igual a da barragem Oeste.

Base da fundação: ângulo de atrito interno  $\phi=45^\circ$  e resistência ao cisalhamento  $c=50 \text{ kN/m}^2$

Caso de determinação do cálculo de estabilidade: CCL (durante enchente + terremoto)

Força de sustentação limite necessária:  $q_u=1900 \text{ kN/m}^2$  (instalação existente),  $q_u=2000 \text{ kN/m}^2$  (sobre-elevação)

Os detalhes dos cálculos de estabilidade dos 2 casos acima são explanados no relatório anexo. Na figura 11.1.4 a ilustração das dimensões estruturais.

(4) Fortalecimento da comporta de descarga

Em função da sobre-elevação dos vertedouros das duas barragens em 2m, haverá necessidade de fortalecimento das comportas de descarga.

11.1.2 Obras de Melhoramento fluvial

Na tabela abaixo, a ilustração do melhoramento fluvial de cada trecho do rio de acordo com a vazão provável.

**Tabela 11.1.6 Trecho do melhoramento fluvial para cada plano de enchentes**

Plano enchente		5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Rio / Cidade					
Rio Itajaí-açu	Itajaí		Construção de Dique (3)* (L=12.830m)	Construção de Dique (3)* (L=12.830m)	
	Ilhota			Dique em anel (3)* (L=8.000 m)	Dique em anel (3)* (L=8.000 m)
	Blumenau				Construção de Dique (3) (L=15.800m )
	Rio do Sul			Escavação do Canal (L=10.270m )	Construção de Dique (2)* (L=4.500m )
Rio Benedito	Timbó			Escavação do Canal (L=1.000m )	Construção de Dique (2)* e Escavação do Canal (L=1.000m )
Rio Itajaí do Oeste	Rio do Sul				Construção de Dique (2)* (L=3.000m )
	Taió			Escavação do Canal (L=3.700m )	Construção de Dique (2)* (L=3.700m )
Rio Itajaí do Sul	Rio do Sul				Construção de Dique (2)* (L=700m )

Plano enchente		5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Rio / Cidade					
Rio Itajaí Mirim	Itajaí	Construção de Dique (1)* (L=950 m )	Construção de Dique (1)* (L=950 m)	Construção de Dique (2)* (L=950 m)	Construção de Dique (2)* (L=950 m )

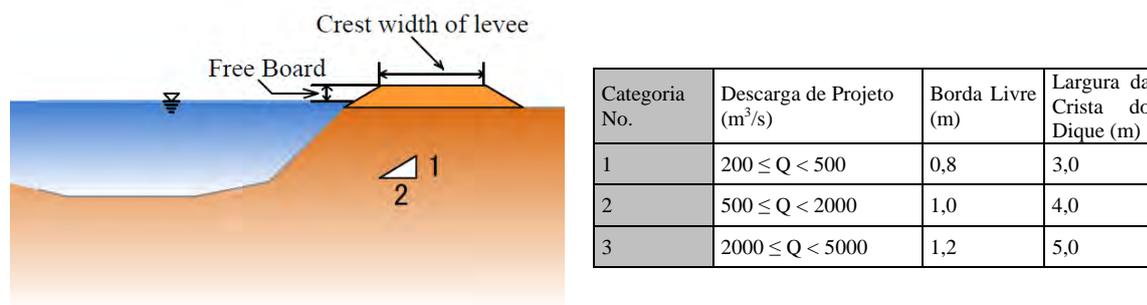
Observação: \* indica a categoria ilustrada na figura 11.1.5 sobre critérios de projeto para a construção de diques.

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### (1) Construção de diques e diques em anel

Segundo informação do DEINFRA, não foi estabelecido o critério técnico para as obras de melhoramento fluvial e quase não existe obra dessa natureza executada no Estado. No presente estudo, após verificar as estruturas existentes in loco através de estudos de campo, concluiu-se pela aplicabilidade dos critérios de projeto do Japão e foram estabelecidas as especificações de projeto das estruturas fluviais. As condições de projeto aplicadas na construção de diques foram determinadas para cada vazão provável e estabelecidos para cada categoria, conforme a figura 11.1.5, pois, a borda livre e a altura da crista variam para cada vazão provável. A estabilidade é mantida com inclinação de 1:2 (1V:2H), independentemente da vazão. Para o dique em anel foi adotada a mesma condição de projeto estabelecida para a construção de diques.

Os trechos que serão construídos os diques são locais que faltam capacidades de escoamento da vazão de enchentes, o princípio será proteger a cidade.

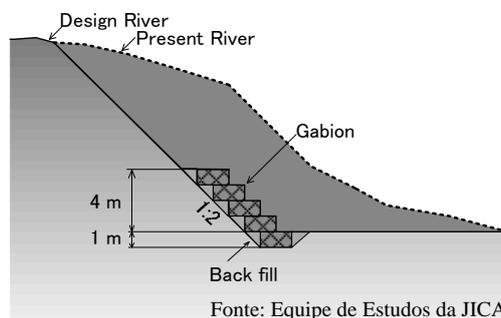


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.3 Condições de projeto do dique**

### (2) Alargamento do canal fluvial e escavação do leito de rio

O alargamento do leito aparente e leito menor serão realizados através do corte de talude com a inclinação 1:1, conforme a figura abaixo. No processo de alargamento, a seção do canal será escavada e existe risco de solapamento de base da margem através do processo erosivo, portanto, deverá estabilizar com obras de gabião. O leito de projeto será o leito atual mais profundo de rio.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.4 Condições de projeto para a escavação do canal fluvial**

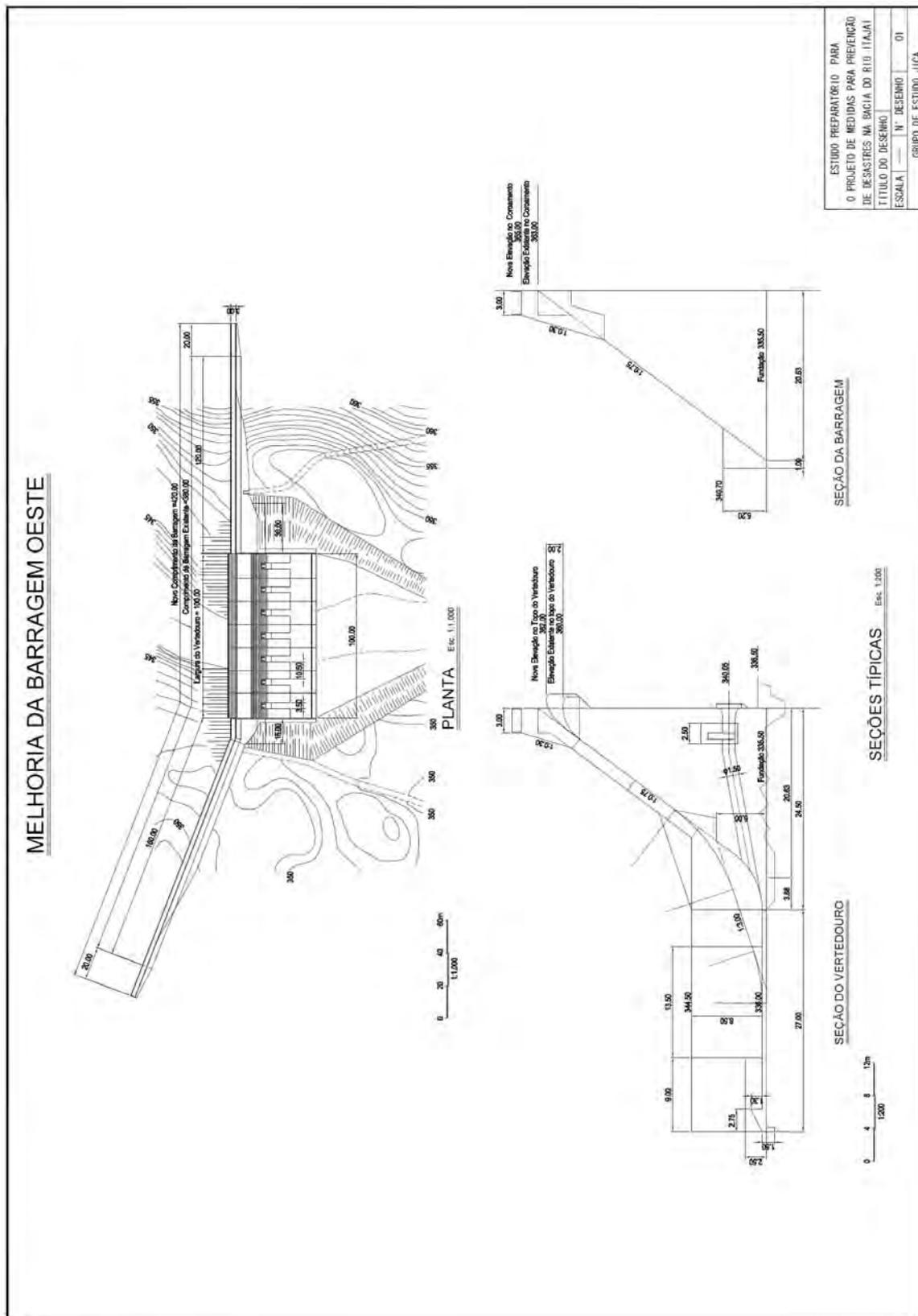


Figura 11.1.5 Desenho estrutural da sobre-elevação da barragem Oeste

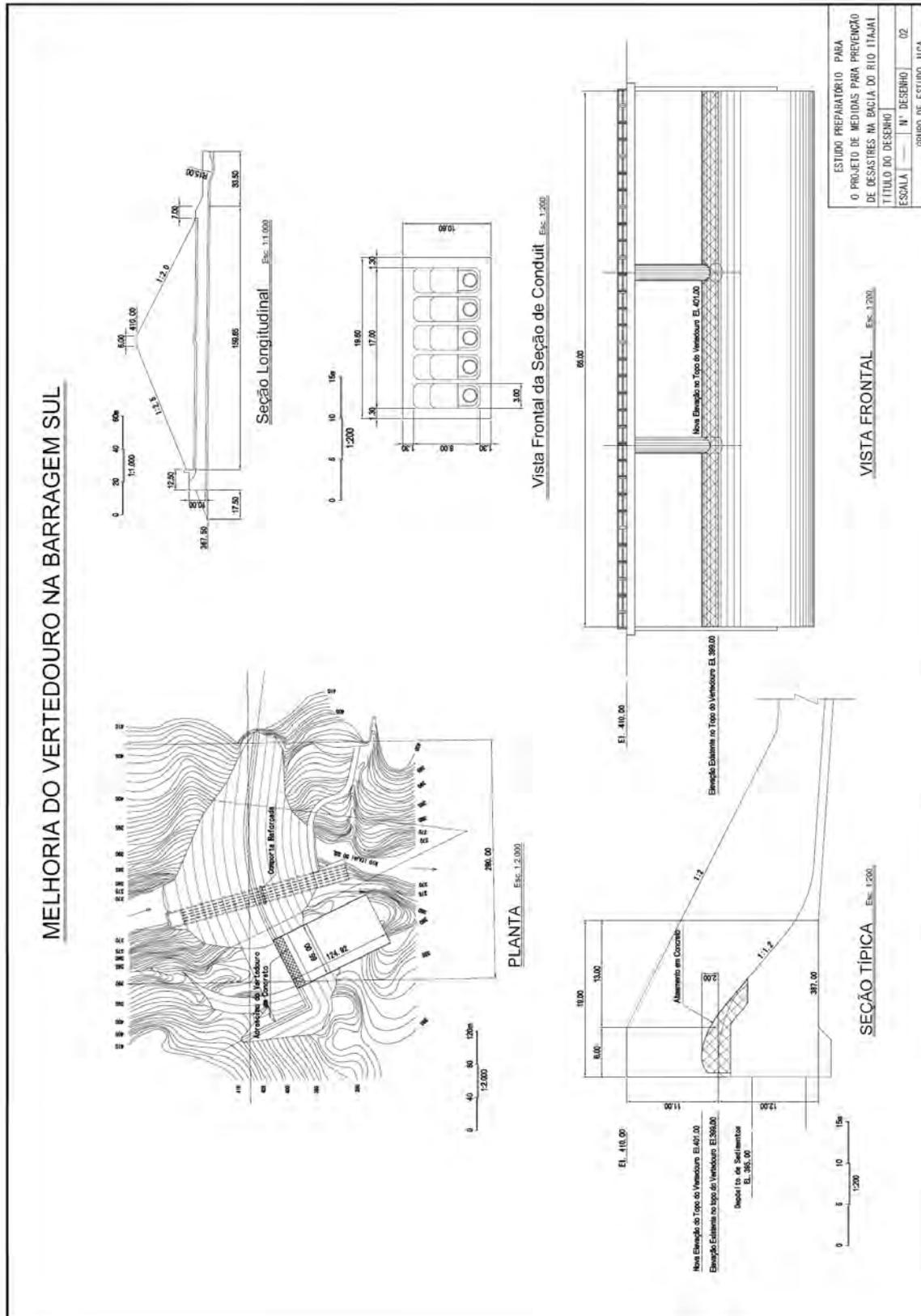


Figura 11.1.6 Desenho estrutural da sobre-elevação do vertedouro da barragem Sul

(3) Plano de melhoramento fluvial de cada trecho do rio

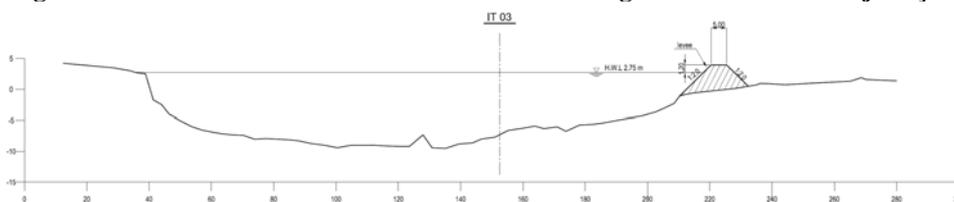
a Cidade de Itajaí, Rio Itajaí-açu

A extensão das obras de melhoramento fluvial será 12,9km da margem direita, trecho a jusante 800 metros do IT-02 até a rodovia BR-101. Parte do terreno da margem esquerda (IT-03 e IT-04) é mais baixo do que nível da água de projeto, não será construído diques neste trecho, considerando que esta região de planície aluvial exerce a função de retardamentos. Na figura abaixo, a ilustração do trecho para o melhoramento fluvial.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.7 Trecho do melhoramento fluvial na região da foz do Rio Itajaí-açu**

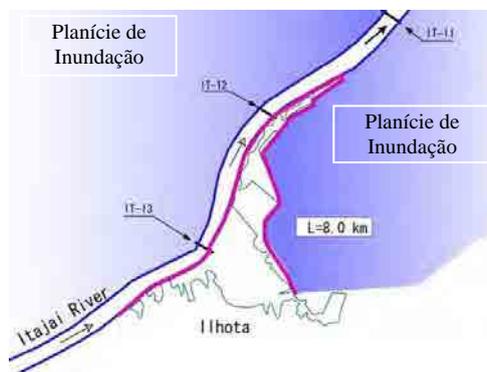


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.8 Seção transversal da foz do Rio Itajaí-açu, de melhoramento fluvial (IT-03, enchente de 25 anos)**

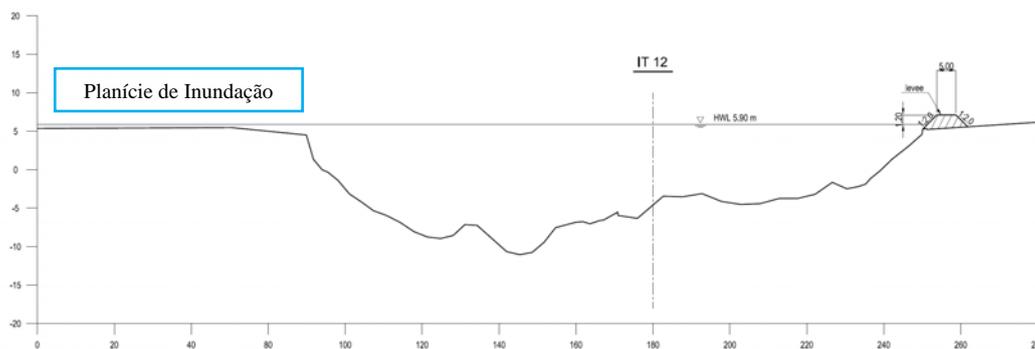
b Cidade de Ilhota

A região do município de Gaspar até pouco antes do município de Itajaí (BR101) será usada como planície de inundação, então será planejado a construção de diques em anel, rodeando a cidade de Ilhota para proteger da inundação durante a enchente. Nas margens do rio, as ruas e rodovias existentes terão sua altura elevada e os diques em anel serão estendidos até o local onde a topografia mais elevada. O comprimento da obra será de 4,4km para o sobre-elevação das ruas ao longo do rio e de 3,6km para a construção de diques para proteger a área, totalizando 8,0 km.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.9 Planta baixa do dique anelar da cidade de Ilhota**

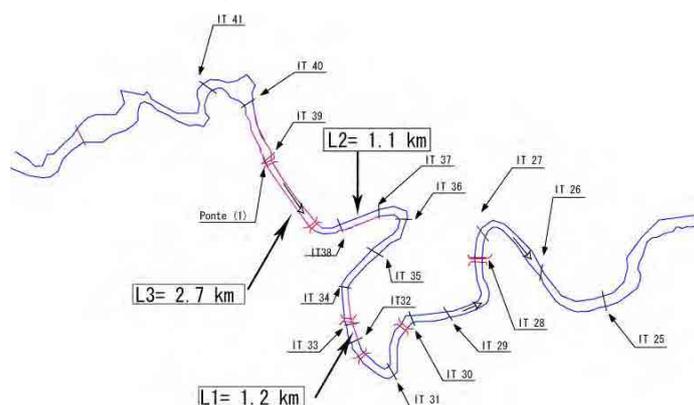


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.10 Seção Transversal na Cidade de Ilhota no Dique Anel (T12, enchente de 25 anos)**

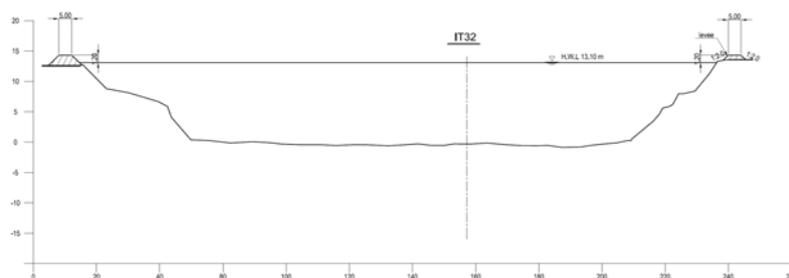
c Cidade de Blumenau

O plano de enchente que será implementado é de 50 anos. A extensão das obras de melhoria fluvial na cidade de Blumenau serão 1,2km da margem esquerda a jusante (próximo de IT-32 a IT-34), 1,1km da margem direita do trecho IT-37 a IT-38 e 2,7km das duas margens a montante do trecho IT-38 a IT-40. Existem casas contíguas ao longo do rio, portanto há necessidade de transferência dos moradores. Neste trecho há uma ponte que precisa ser reconstruída em função do melhoramento fluvial.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.11 Extensão das obras de melhoramento fluvial na cidade de Blumenau**



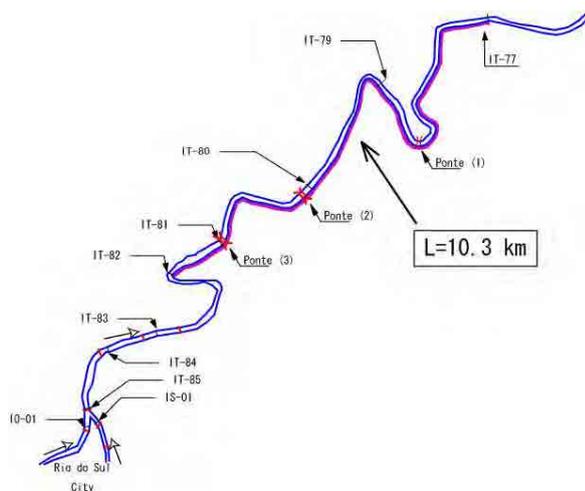
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.12 Seção transversal de melhoramento fluvial em Blumenau (IT32, enchente de 50 anos)**

d Cidade de Rio do Sul

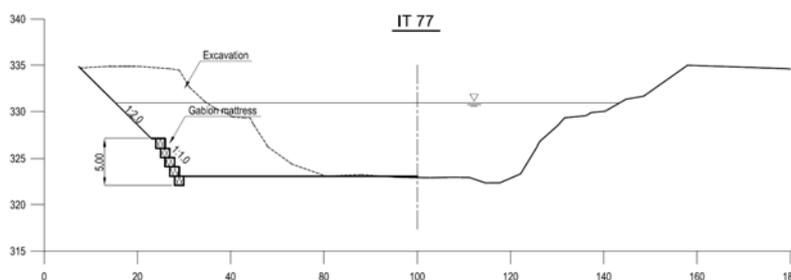
Medidas para enchente de 25 Anos

Os Rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste se juntam na cidade de Rio do Sul. Será planejado o alargamento da calha do rio numa extensão de 4,5km no trecho de confluência a jusante e numa extensão de 10,3km a jusante da cidade. O alargamento da calha do rio será de 10 metros.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.113** Trecho das obras de melhoramento fluvial em Rio do Sul (enchente de 25 anos)

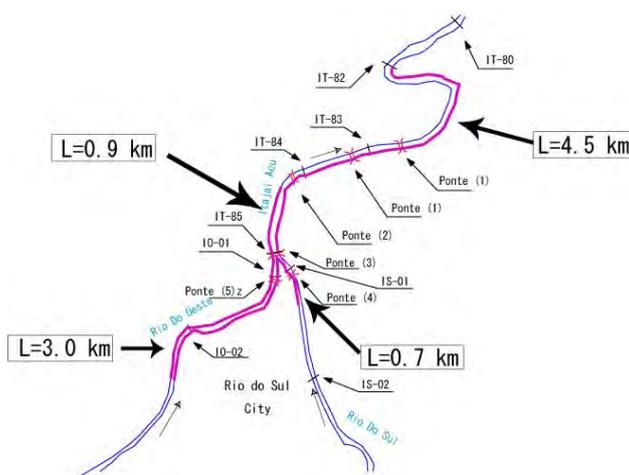


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.114** Seção transversal na cidade de Rio do Sul (IT-77, enchente de 25 anos)

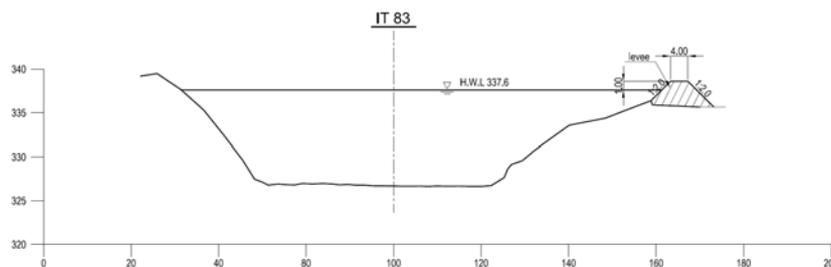
Medidas para enchente de 50 Anos

Conforme a ilustração na figura abaixo será planejada as obras de melhoramento fluvial com extensão de 4,5 km do trecho de confluência a jusante, 0,7km do trecho do rio Itajaí do Sul antes da confluência e 3,0 km do rio Itajaí do Oeste também antes da confluência. Haverá transferência dos moradores devido às obras executadas dentro da zona urbana. Nesse trecho, haverá necessidade de reconstrução de cinco pontes existentes em função das obras de melhoramentos fluviais.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.115** Extensão das obras de melhoria fluvial em Rio do Sul

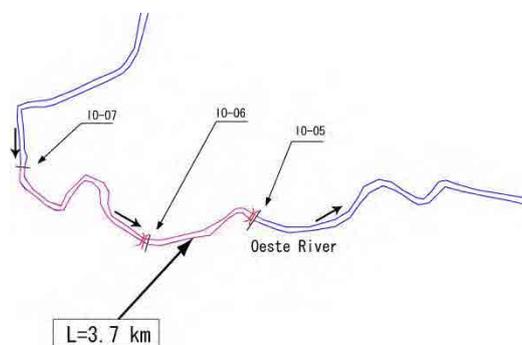


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.16 Seção transversal de melhoria fluvial na cidade do Rio do Sul (IT-83, enchente de 50 anos)**

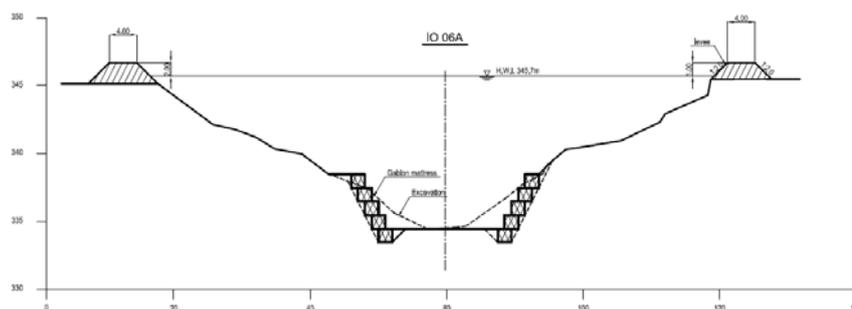
e Cidade de Taió

Na cidade de Taió, será planejado o alargamento da calha de rio para o plano de enchente de 25 anos e alargamento da calha de rio combinado com a construção de diques para o plano de enchentes de 50 anos. O trecho de 3,7 km dentro da zona urbana será realizado a obra de melhoramento fluvial. Além disso, haverá necessidade de reconstrução de cinco pontes existentes em função das obras de melhoria fluvial.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.17 Trecho das obras de melhoria fluvial na cidade de Taió**

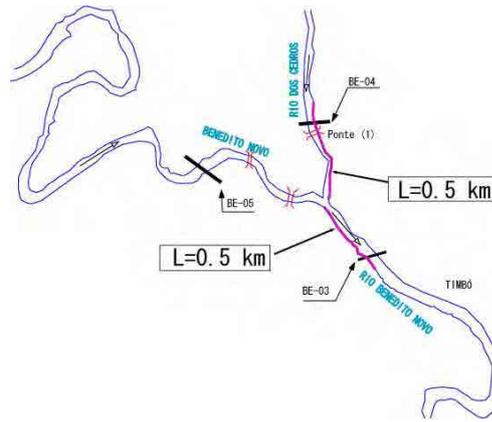


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura - 11.1.18 - Seção transversal de melhoria fluvial em Taió (IO-06a, enchente de 50 anos)**

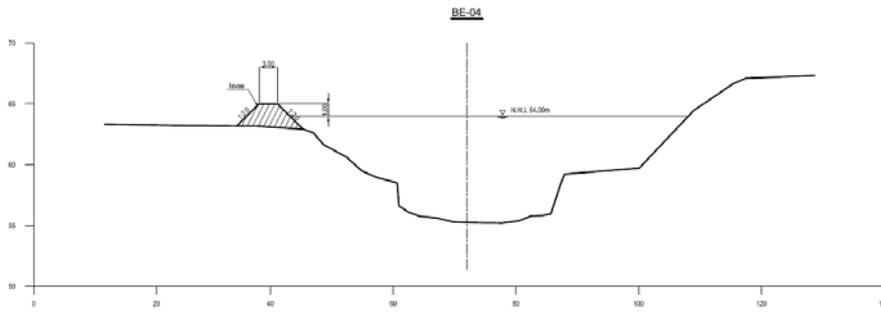
f Cidade de Timbó

Parte do terreno da cidade de Timbó tem altitude muito baixa e ocorrem inundações com enchentes de 50 anos, portanto, será planejada a construção de diques. O trecho em questão é 0,5 km do ponto de confluência do rio Benedito e rio dos Cedros e margem esquerda da montante do rio dos Cedros, além do trecho de 0,5km da margem direita do rio Benedito a jusante, totalizando 1,0km de trecho. Além disso, há uma ponte instalada nesse trecho que haverá necessidade de reconstrução na ocasião da execução das obras de melhoria fluvial.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.19** Trecho das obras de melhoria fluvial na cidade de Timbó



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.20** Seção transversal da melhoria fluvial em Timbó (BE-04, enchente de 50 anos)

g Cidade de Itajaí, Rio Itajaí Mirim

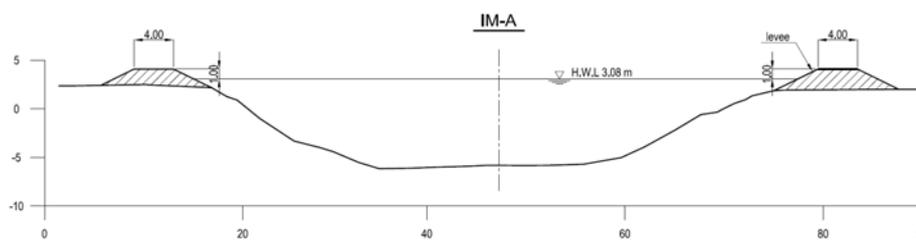
As obras de melhoramento fluvial compreenderá uma extensão de 950m, em ambas as margens do canal retificado do Rio Itajaí Mirim, começando pela confluência com o Rio Itajaí-açu até a confluência com o canal antigo do Rio Itajaí Mirim. Nesse trecho, como há casas ao longo do rio, haverá remoção da população por ocasião da execução das obras. Além disso, há uma ponte instalada nesse trecho que haverá necessidade de reconstrução na ocasião da execução das obras.



Vista da montante do Rio Itajaí Mirim  
(foto tirada da ponte)

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.21** Trecho da obra de melhoramento fluvial no canal retificado do Rio Itajaí Mirim



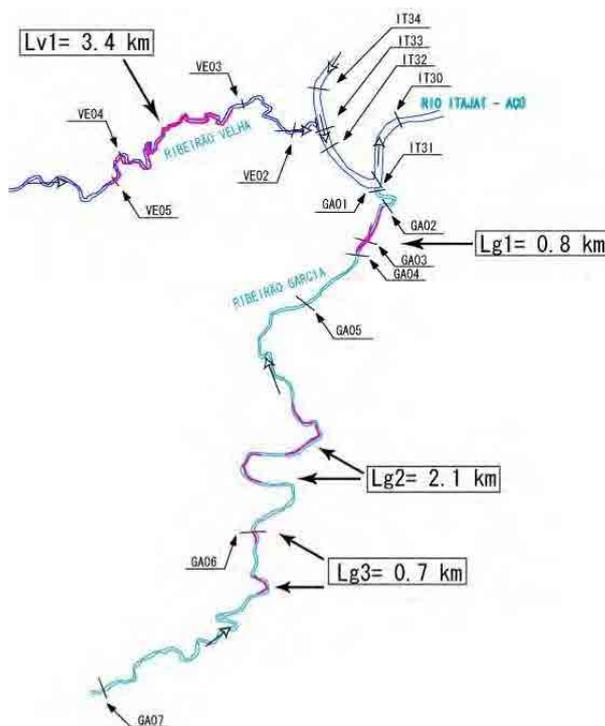
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.22** Seção transversal de melhoria fluvial no rio Itajaí Mirim (IM-A, enchente de 50 anos)

h Ribeirões urbanos de Blumenau

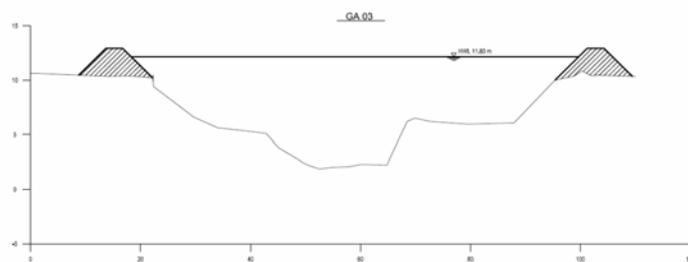
No ribeirão Garcia, trecho onde ocorre refluxo da água do Rio Itajaí-açu e trecho de terreno mais baixo será planejado a construção de diques para proteção. Conforme ilustrado na figura abaixo, os trechos correspondentes são 500 metros da margem direita e 750 metros da margem esquerda na proximidade da seção GA-03. No trecho a montante, onde há falta da capacidade de escoamento, será planejada a obra de escavação do canal para elevar a capacidade de escoamento. Esse trecho correspondente tem 2,8 km de extensão total, entre a seção GA-05 e GA-07.

No caso de ribeirão Velha, não ocorre refluxo do Rio Itajaí-açu e os terrenos são mais elevados, portanto, as medidas necessárias são somente alargamento da calha. O trecho correspondente é na seção entre GA-03 e GA-05 com extensão de 3,4 km.

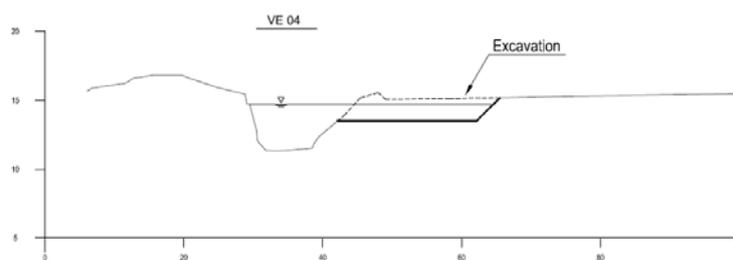


Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.23** Trecho das obras de melhoria fluvial nos ribeirões em Blumenau (Ribeirão Garcia e ribeirão Velha)



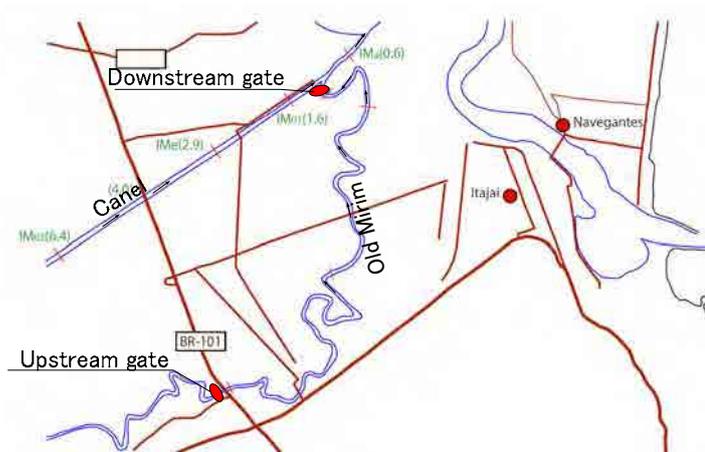
Fonte: Equipe de Estudos da JICA  
**Figura 11.1.24** Seção Transversal de melhoria fluvial no ribeirão Garcia (GA-02, enchente de 25 anos)



Fonte: Equipe de Estudos da JICA  
**Figura 11.1.25** Seção transversal de melhoria fluvial no ribeirão Velha (VE-04, enchente de 25 anos)

### 11.1.3 Comportas

A capacidade de escoamento do canal antigo do rio Itajaí Mirim é baixa, as altitudes das duas margens são baixas, portanto, está propensa a inundação durante enchentes. Conforme ilustração da figura abaixo será planejada a instalação de comportas em dois locais, uma na montante e outra na jusante do canal antigo do rio Itajaí Mirim para controlar a vazão afluente que vem da montante do rio Itajaí Mirim e o refluxo do rio Itajaí-açu. A elevação da crista das comportas da montante e da jusante foi determinada, considerando a altura da borda livre estabelecido através do cálculo do nível da água de enchente provável, efetuando o cálculo de escoamento não-uniforme a partir do ponto de confluência dos rios Itajaí Mirim e Itajaí-açu. Na figura-11.1.27 a ilustração das dimensões estruturais de cada grau de segurança para enchentes.



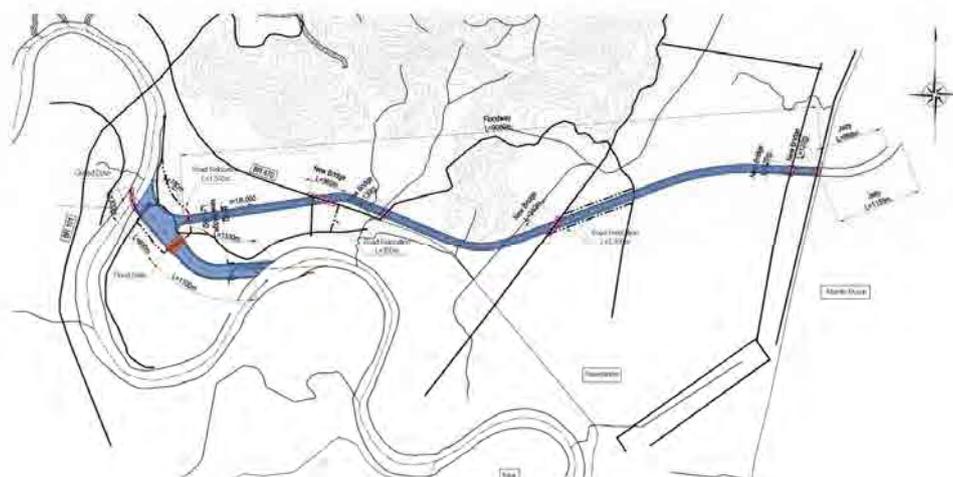
Fonte: Equipe de Estudos da JICA  
**Figura 11.1.26** Localização das comportas de jusante e de montante no canal antigo do Rio Itajaí Mirim

### 11.1.4 Canal Extravasador

O canal extravasador é uma das medidas que será adotada na proposta do plano de enchente de 50 anos, a enchente da montante do rio Itajaí-açu será distribuída para o canal extravasador no ponto a jusante do

cruzamento com a BR-101, atravessando a cidade de Navegantes e desembocando no Oceano Atlântico. Quanto ao alinhamento do canal extravasor, foi efetuado o estudo de campo e escolhido a rota possível de execução da obra, considerando as condições atuais do uso de solo e a necessidade de se reduzir ao máximo o reassentamento da população.

Conforme ilustrado na figura abaixo, a barragem de derivação e o canal extravasor serão planejados a construção no terreno seco, adotando o método da engenharia de retificação fluvial, interligando ao rio Itajaí-açu, após a conclusão da obra. Além disso, a interligação e a derivação com o rio Itajaí-açu será realizada de maneira mais suave possível. A jusante do canal será instalada a barragem de derivação com o propósito de controlar o escoamento da enchente para a cidade de Itajaí. Os detalhes sobre a análise dessas medidas são explanados no anexo.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 11.1.27 Diagrama do plano de construção do canal extravasor**

Na tabela abaixo a ilustração das especificações do canal extravasor e barragem de derivação.

**Tabela 11.1.7 Relação das instalações do canal extravasor**

Canal extravasor		B=50m, h=12m, L=9.000m, 1:n=1:2,0
Canal retificado	Montante	B=190m, h=12m, L=600m, 1:n=1:2,0
	Jusante	B=150m, h=12m, L=1.100m, 1:n=1:2,0
Barragem de derivação		Comporta=20m x 9m x 8 unidades, Ponte=190m
Ponte		6 pontos
Dique Fechado		L=300m, 630m
Molhe		L=2.100m (margens direita e esquerda)

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

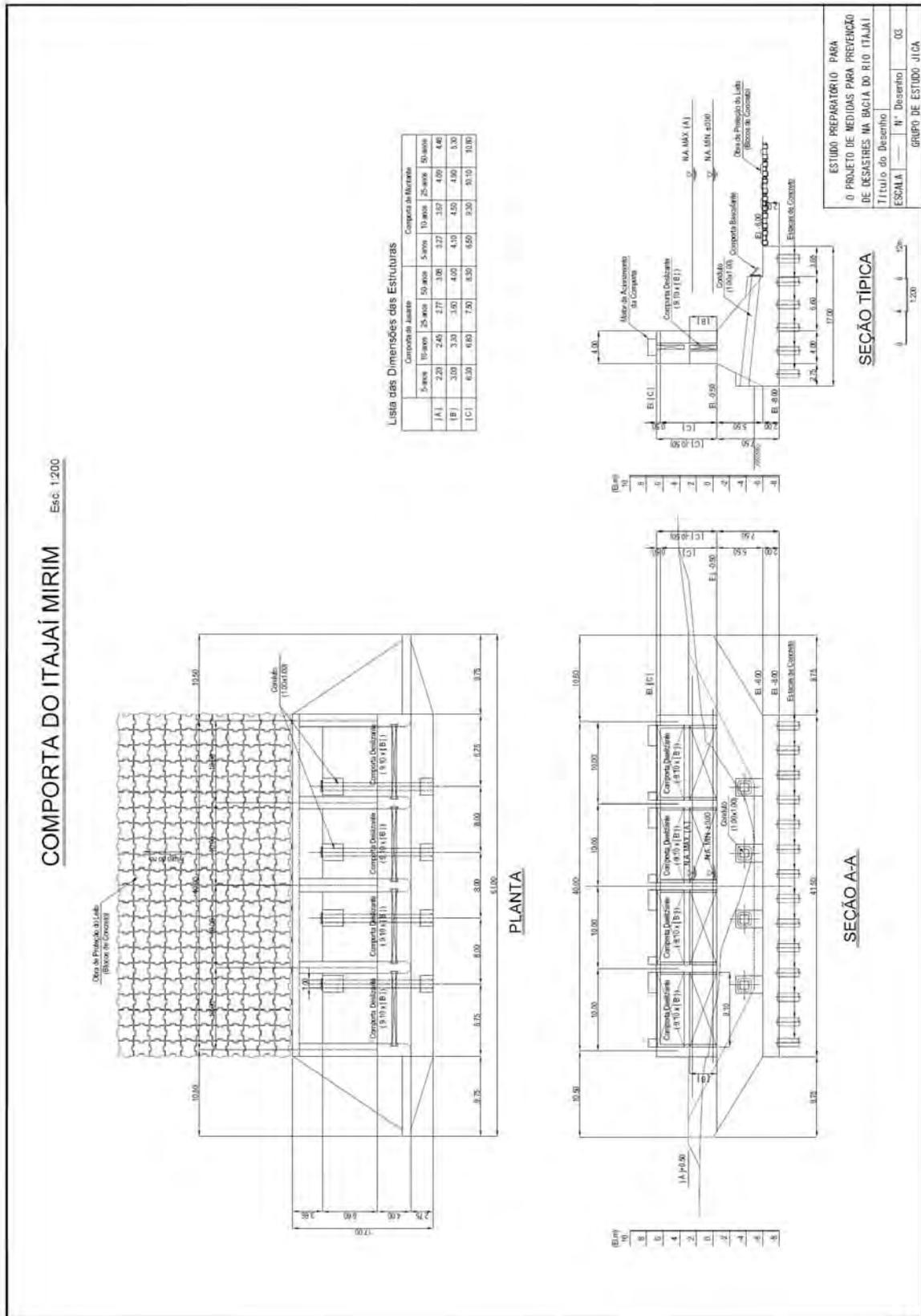
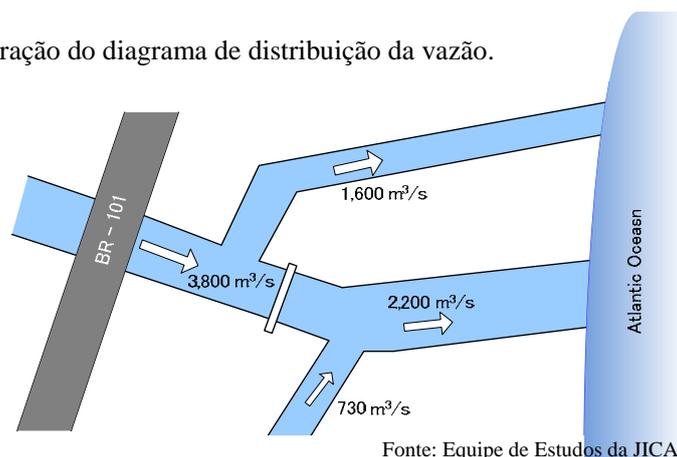


Figura 11.1.28 Projeto estrutural das comportas do rio Itajaí Mirim

Na figura abaixo, a ilustração do diagrama de distribuição da vazão.



**Figura 11.1.29 Diagrama de distribuição da vazão de projeto (enchente de 50 anos)**

A fim de evitar a formação de banco de areia e fluxo de sedimentos na desembocadura do canal extravasor, será instalado molhes. A extensão e magnitude das mudanças na costa marítima, corrente da maré e difusão de água turva, descarregada na praia de Navegantes, em função da construção do canal extravasor e molhes, devem ser examinados e avaliados do ponto de vista socioambiental na sua implementação. Deverá realizar os estudos detalhados sobre o ângulo do molhe em relação à costa, além do comprimento ideal do molhe. Os projetos estruturais do canal extravasor e molhes estão ilustrados nas figuras 11.1.30 e 11.1.31.

#### 11.1.5 Nova barragem de contenção de cheias no rio Itajaí Mirim

No tocante à escolha do local ideal para a construção da nova barragem de contenção de cheias será necessário mapa topográfico detalhado, precisa aguardar a conclusão do mapa topográfico em escala 1/10.000 que está sendo elaborado pelo Estado, porém, o local foi escolhido no rio Itajaí Mirim a montante de Brusque, baseado no mapa de escala 1:50.000.

O plano da nova barragem será barragem do tipo concreto-gravidade. A altura da barragem será 34,2 metros, considerando que a base da fundação será escavada cerca de 2 metros. O vertedouro foi projetado para o transbordamento natural, sem a instalação de comportas. O dissipador de energia foi estabelecido como sendo  $B=20\text{m}$ , levando em consideração largura do rio a jusante. O projeto estrutural da barragem de contenção de cheias é ilustrado na figura 11.1.32.



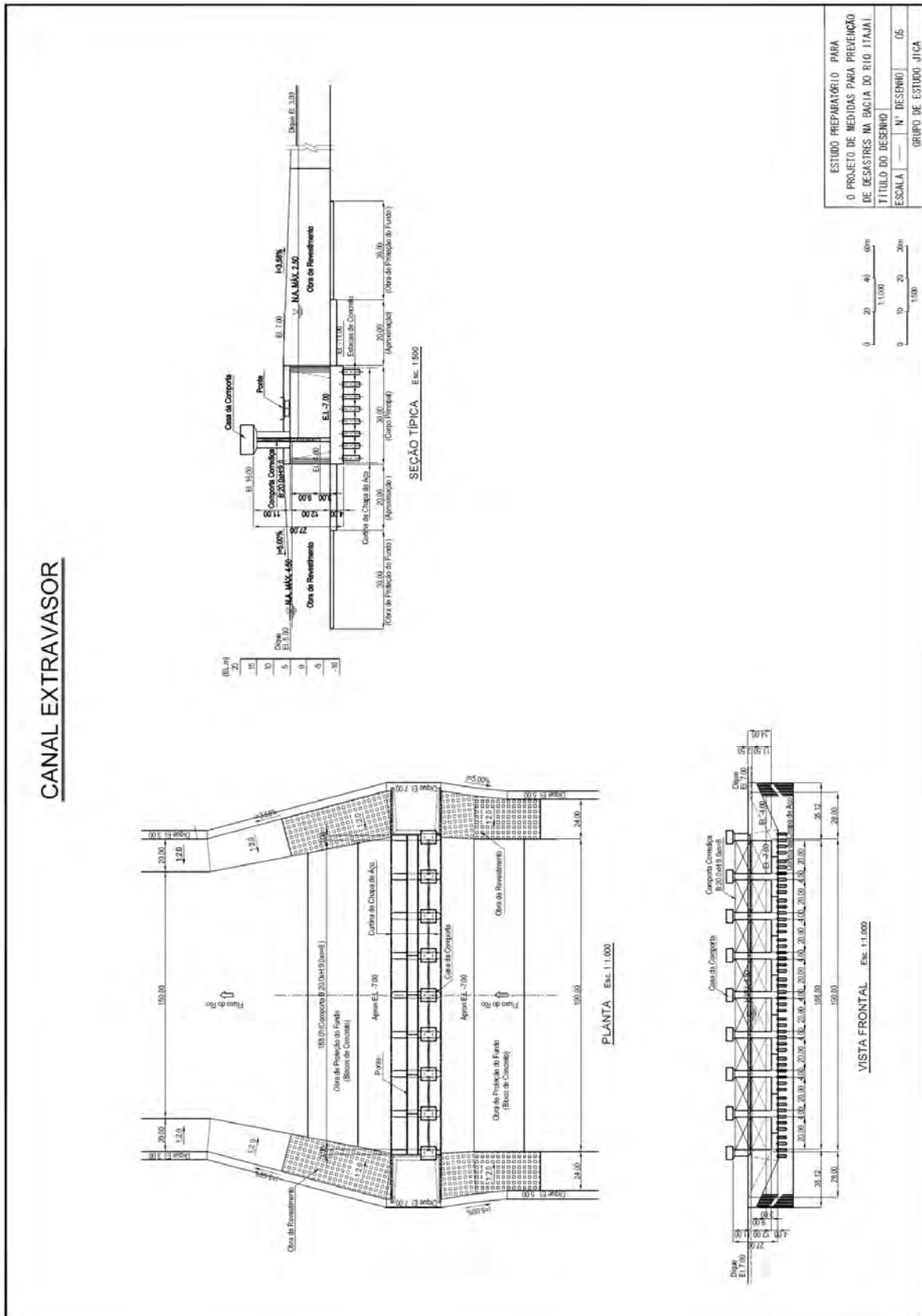


Figura 11.131 Projeto estrutural da barragem de derivação do canal extravasor

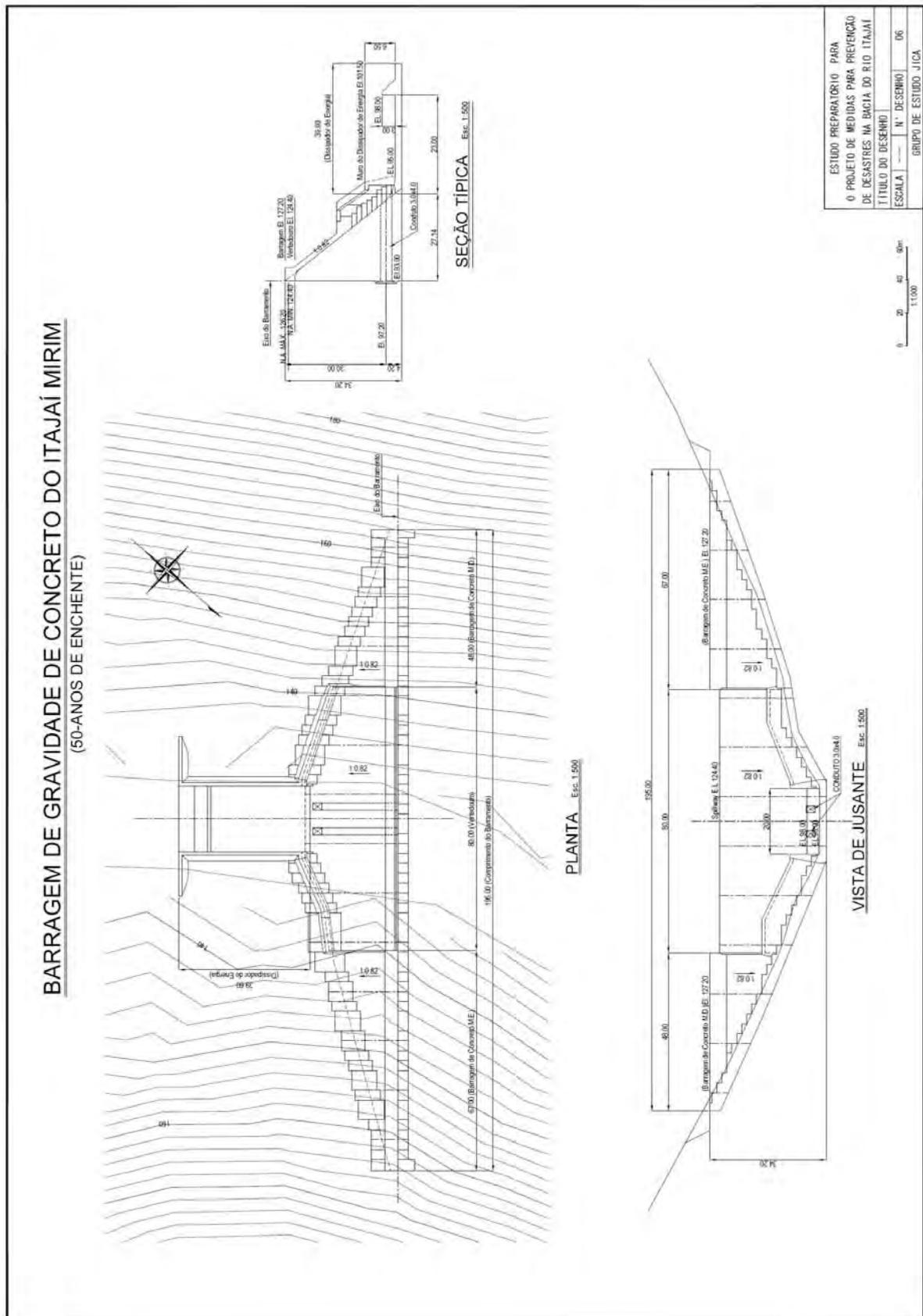


Figura 11.132 Projeto estrutural da barragem de concreto-gravidade de Itajaí Mirim

### 11.1.6 Barragem de Pequeno Porte (Reservatório de retenção da Água)

No tocante à escolha dos locais para a construção das barragens de pequeno porte, será preciso mapa topográfico detalhado, precisa aguardar a conclusão do mapa topográfico com escala 1/10.000 que está sendo elaborado pelo Estado. Os locais favoráveis para construção dessas barragens foram selecionados na montante da bacia do Rio Trombudo e na montante do Rio Trombudo. A estimativa da profundidade do reservatório é de cerca de 5 a 10 metros. A barragem que foi projetada é do tipo terra-enrocamento, com altura de barramento relativamente baixa e uniforme para facilitar a gestão da construção. No Brasil, a legislação sobre a classificação das barragens define como “Grande Barragem” toda barragem com altura de barramento maior do que 15 metros. No presente estudo, foi determinado o modelo da barragem bem típico, realizando visitas técnicas de campo. O projeto estrutural da barragem de pequeno porte está ilustrado nas figuras 11.1.33 e 11.1.34 e os detalhes de análise estão explanados no anexo.

## 11.2 Medidas para mitigação dos desastres de escorregamentos

As medidas para mitigação dos desastres de escorregamentos foram projetadas, tendo como escopo a não ocorrência de desastres do porte que acarreta interdição da meia pista da rodovia. Os tipos de obras selecionados como medidas de estabilização das encostas de rodovias foram baseadas nas condições de desastres ocorridos com as chuvas intensas de 11/2008 equivalente a 60 anos de retorno. Os critérios para adoção das medidas foram baseados na Norma de Estabilização de Encostas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), Número de referencia NBR-11682. Os critérios adotados no presente estudo estão organizados na tabela abaixo.

**Tabela 11.2.1 Tipo de Medidas recomendadas acordo com os tipos de danos**

Classificação dos desastres	Local de aplicação	Condição das Encostas	Tipos de projetos aplicáveis Cobertura vegetal e vala de drenagem são comuns para todas as localidades	Localização dos projetos de medidas
Desmoronamento	Encosta lado morro da Estrada	Altura do talude maior do que 15 metros	Remoção de terra solta (talude de corte), obra de berço de concreto fabricado in situ	Figura-11.2.3
		Altura de talude menor do que 15 metros ou possibilidade de corte de talude com inclinação menor do que 45 graus ou possibilidade de instalar gabião colchão no pé do talude	Remoção de terra solta (talude de corte), substrato vegetação + colocação de geo-redes (instalação de gabião colchão)	Figura-11.2.2
	Encosta lado vale da Estrada	Existe sintoma de erosão, com os afundamentos iniciais nas estradas	Vala de drenagem (gabião colchão)	Figura-11.2.1
	Margem do rio	Existem aprofundamentos das estradas e rachaduras nas estradas.	Vala de drenagem, gabião colchão, enrocamento, bloco de concreto armado	Figura-11.2.2
Escorregamento	Talude ao lado de morro da Estrada	Existe sintoma de escorregamento mais de 3 m de profundidade.	Tubo de acero furado, sondagem de dreno, e gabião	Figura-11.2.3
	Colapso moderada	Onde requerem proteção devido à estrutura	Aterro compactado	Figura-11.2.1
		Outras	Melhoria de talude	Figura-11.2.1
Escoamento de lama	Estrada nas ribeiras	Erosão pelo escoamento	Gabião colchão	Figura-11.2.2

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

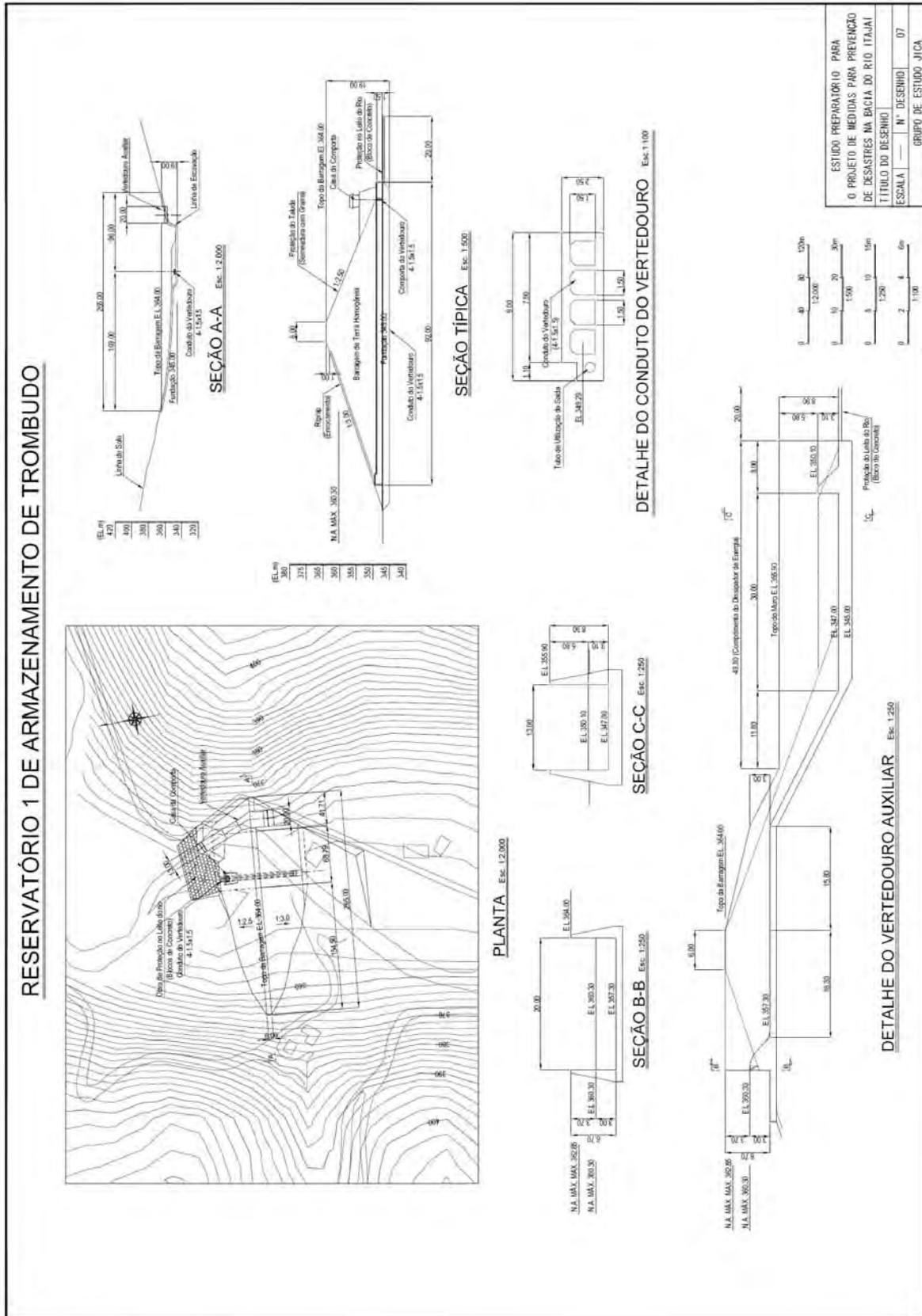


Figura 11.133 Projeto estrutural da barragem de pequeno porte – Trombudo 1 (reservatório de retenção)

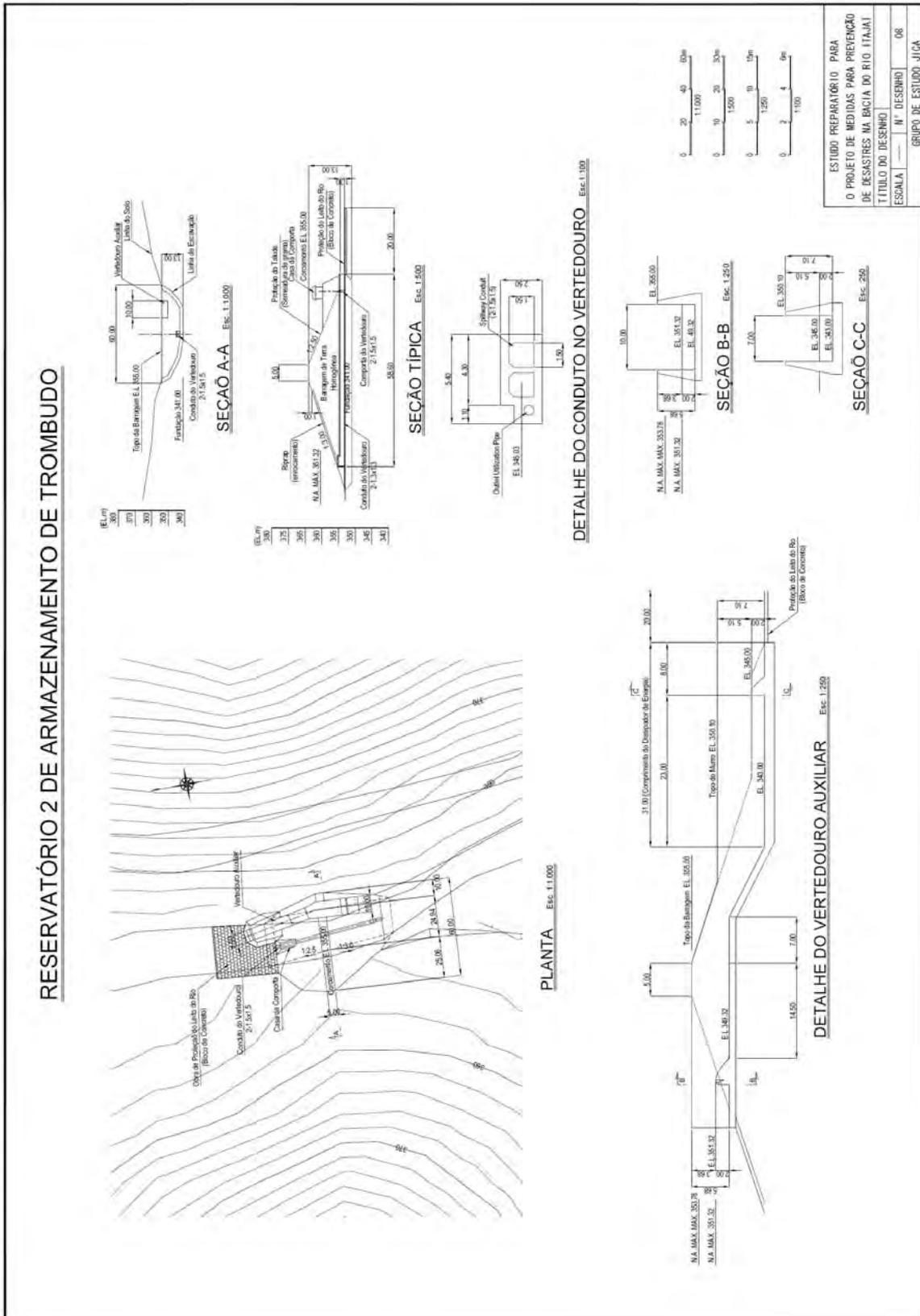


Figura 11.134 Projeto estrutural da barragem de pequeno porte – Trombudo 2 (reservatório de retenção)

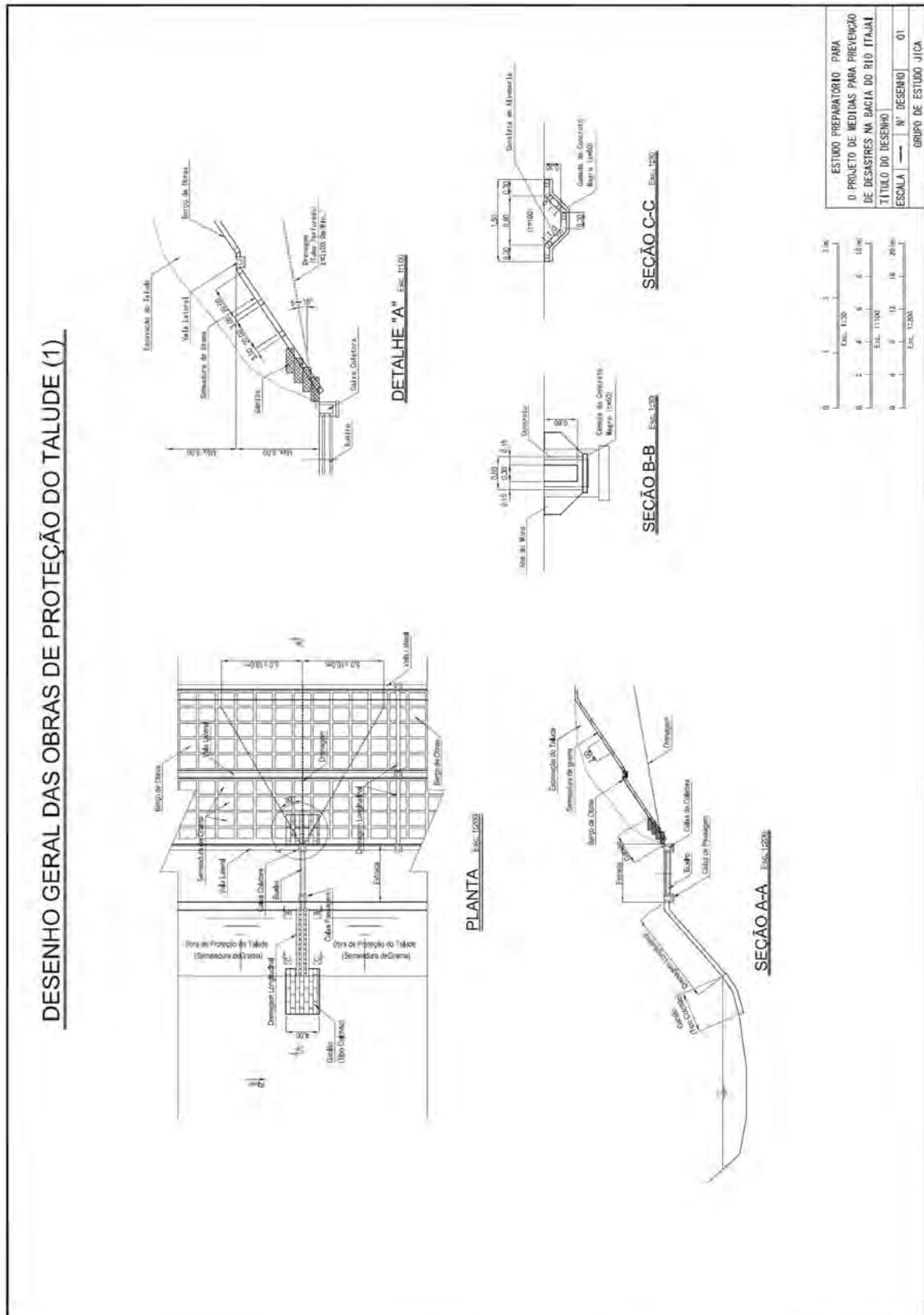


Figura 11.2.1 Projeto estrutural da obra de estabilização do talude (1)

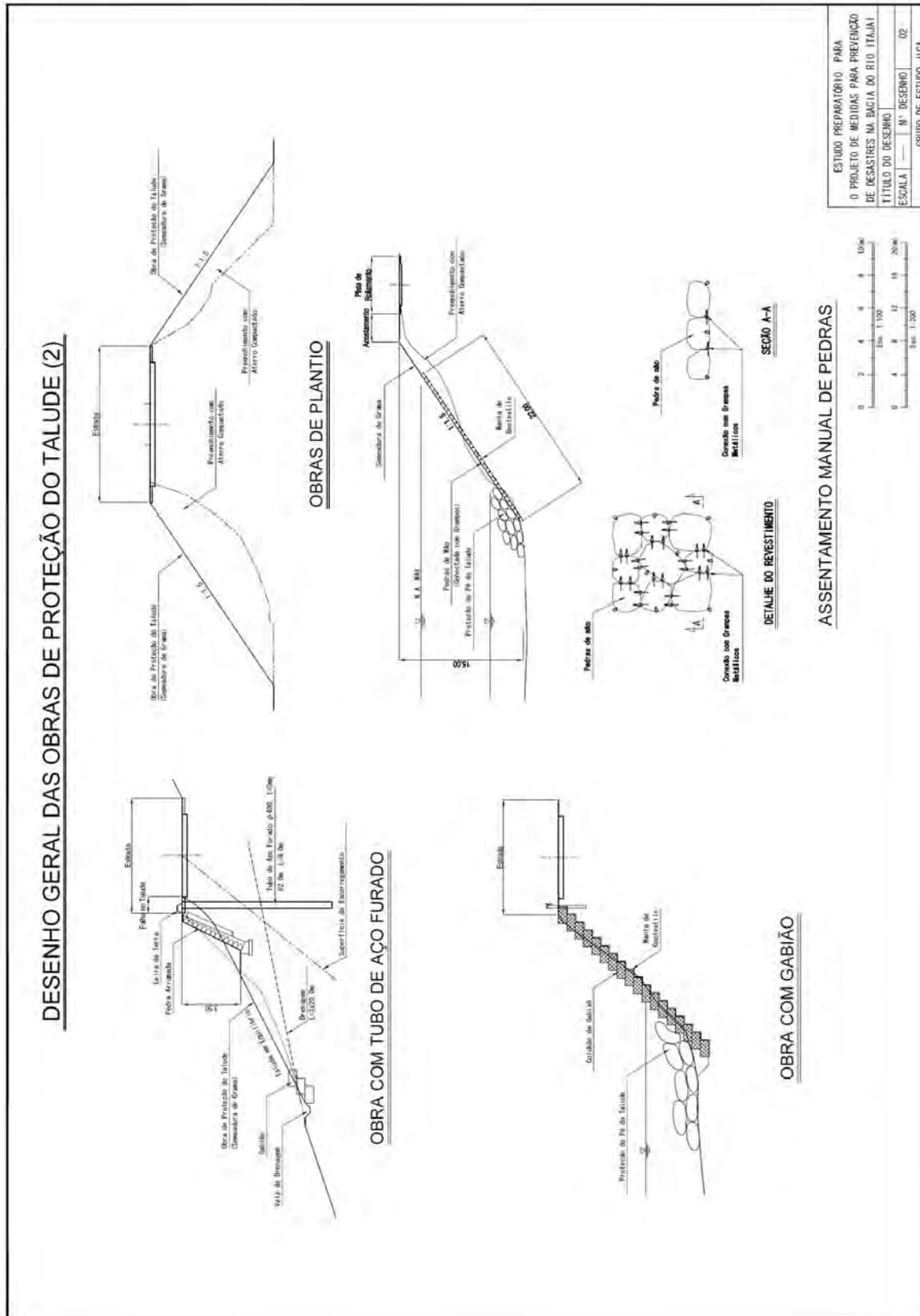


Figura 11.2.1 Projeto estrutural da obra de estabilização do talude (2)

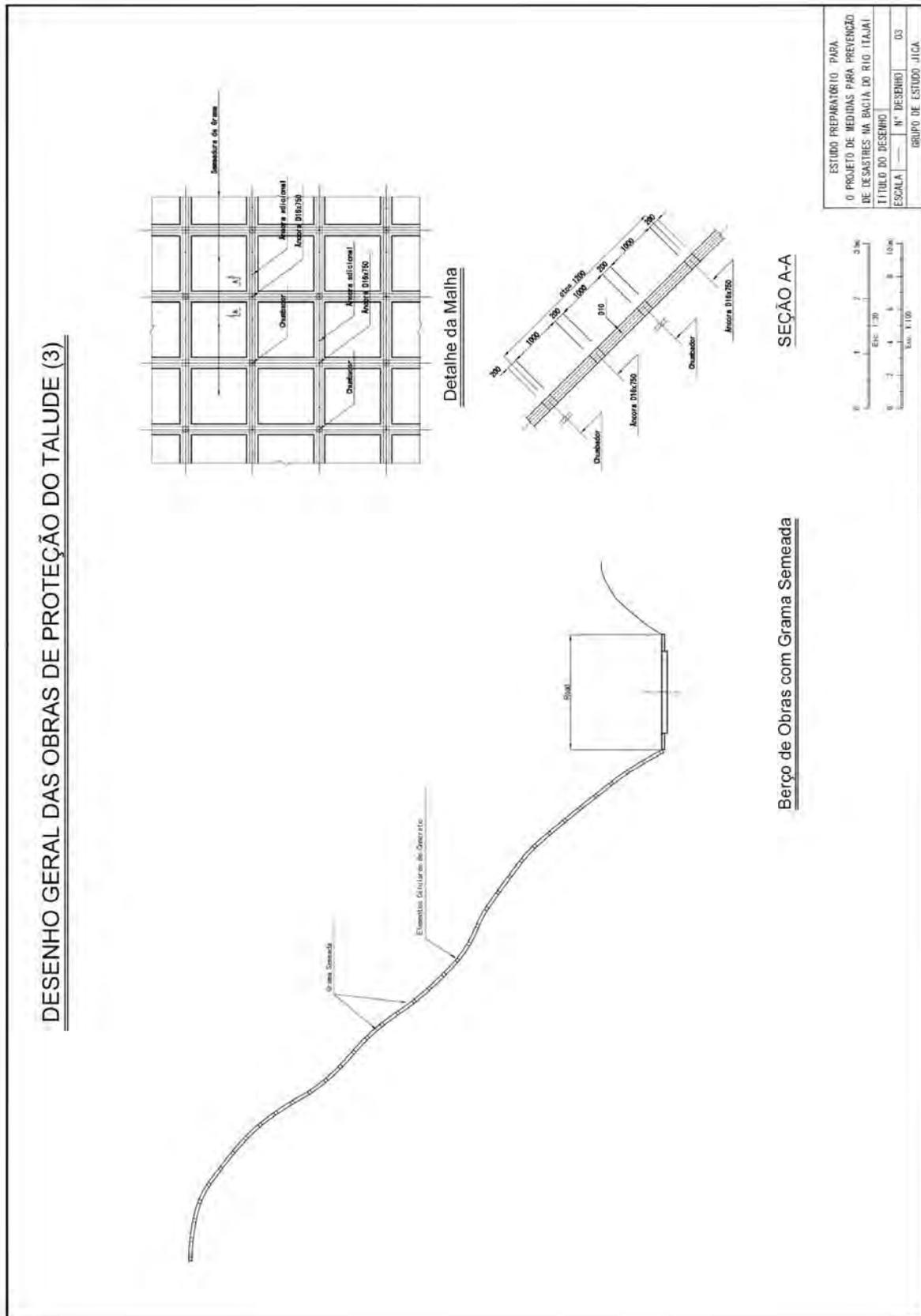


Figura 11.2.2 Projeto estrutural da obra de estabilização do talude

## CAPÍTULO 12 CUSTO DO PLANO DIRETOR

### 12.1 Custo Total

O Custo total do Plano Diretor é indicado na Tabela seguinte;

**Tabela 12.1.1 Custo do Plano Diretor**

(R\$×10<sup>3</sup>)

Nível de segurança para o controle de enchentes	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Medidas de mitigação dos desastres de enchentes	202.000	541.000	1.025.000	1.996.000
Medidas de desastres de escorregamentos	54.000			
Sistema de alerta e alarme de enchentes	4.000			
Sistema de alerta e alarme de escorregamentos e enchentes bruscas	4.000			
Total	264.000	603.000	1.087.000	2.058.000

Fonte: Equipe de estudos da JICA

Os custos dos empreendimentos foram orçados com base nos preços de 10/2010, conforme paridade cambial;

$$\text{R\$ } 1.0 = \text{JPY } 47.87 = \text{USD } 0.58.$$

Os custos unitários da cada obra foram estimados com base nos custos unitários do DEINFRA.

### 12.2 Estrutura do custo

#### (1) Custo

Os custos estão compostos conforme abaixo.

- i. Obra
- ii. Desapropriação
- iii. Despesas administrativas
- iv. Consultoria
- v. Contingência física/Reajuste de preço

#### (2) Custo de obra

O custo de obra foi calculado baseado nas seguintes condições;

- i. Custo de Obra = Quantidade de cada obra x preço unitário
- ii. Custos de obras temporárias = 30% dos custos de obras principais

#### (3) Desapropriação

A desapropriação foi calculada com base na informação do CREA, dividindo em zona urbana e zona rural. A área florestal nas margens do rio foi excluída do âmbito da desapropriação, considerando que este terreno é do poder público. Além disso, a indenização foi calculada pressupondo que cada terreno residencial tem 100m<sup>2</sup> de dimensão.

**Tabela 12.2.1 Detalhe do custo de desapropriação de terreno**

	Unidade	Custo unitário (R\$)
Custo de desapropriação de terreno	Zona rural	m <sup>2</sup> 0.5~3.0=1.75
	Zona urbana	m <sup>2</sup> 950
Custo de indenização para remoção	Cada caso	100m <sup>2</sup> ×1,100R\$/m <sup>2</sup> =111,000 1.100 R\$ / m <sup>2</sup> (1,036~1.127 R\$ / m <sup>2</sup> )

Fonte: Informação do CREA

#### (4) Outros custos

A despesa administrativa foi estimada como sendo 3% dos custos totais de obra e de desapropriação de terreno e o custo de consultoria como sendo 10% do custo de construção. A Contingência física foi estipulada

como sendo 10% do total de somatória dos custos de construção, desapropriação, despesas administrativas e consultoria. O Reajuste de preço foi estipulado o reajuste de preço de 5% sobre o montante da Contingência física.

### 12.3 Medidas de mitigação dos desastres de enchentes

#### 12.3.1 Quantidade de obras

As quantidades das principais obras, levantadas para efeito do plano diretor, são conforme abaixo.

**Tabela 12.3.1 Lista de Quantidade de Obras para cada nível de segurança**

Nível de Segurança de Controle de Enchentes	Tipo de Obra	Unid.	5-anos	10-anos	25-anos	50-anos
Medidas no Rio						
Aumento das Barragens						
Oeste	Reforma	Unid.	-	-	1	1
Sul	Reforma	Unid.	-	-	1	1
Melhoria do Rio						
Taio	Dique	m	-	-	3.682	3.682
Rio do Sul	Dique	m	-	-	10.269	9.081
Timbó	Dique	m	-	-	1.000	1.000
Blumenau	Dique	m	-	-	-	8.667
Blumenau (afluentes)	Dique	m	7.300	7.300	7.300	7.300
Itajaí	Dique	m	-	12.828	12.828	-
Itajaí Mirim	Dique	m	950	950	950	950
Comporta de Inundação (Itajaí Mirim)						
	Comporta	Unid.	2	2	2	2
	Ponte	Unid.	-	-	-	6
Canal extravassor (Com Comporta)	Escavação	m	-	-	-	10.905
Dique em Anel (Ilhota)	Dique	m	-	-	8.000	8.000
Nova Barragem de Controle de Inundação	Represa	Unid.	-	-	1	1
Medidas na Bacia Hidrográfica						
Armazenamento de água em arrozais		ha	22.000	22.000	22.000	22.000
Controle de Pequenas Inundações em Lagoas		Unid.	2	5	7	7

Fonte: Equipe de estudos da JICA

As áreas referentes à desapropriação são os seguintes;

**Tabela 12.3.2 Lista de desapropriação de terreno por grau de segurança**

(Unid:m<sup>2</sup>)

Área	5-anos	10-anos	25-anos	50-anos
Área Urbana	20.619	194.581	302.647	574.086
Área Rural	3.056.000	7.693.710	10.861.750	13.645.719
Total	3.076.619	7.888.291	11.164.397	14.219.805

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

#### 12.3.2 Custo unitário

Os custos unitários aplicados foram de base em 10/2010.

#### 12.3.3 Custo de Obras

Os custos estimados dos empreendimentos para cada tempo de retorno estão ilustrados nas tabelas abaixo. As medidas de mitigação dos desastres de enchentes são subdivididas em três partes: medidas no rio e medidas na bacia e medida não estrutural. Sendo que a medida não estrutural é somente a melhoria do método de operação das barragens durante as enchentes. Portanto não foram considerados deste âmbito.

**Tabela 12.3.3 Custo de empreendimentos para cada tempo de retorno (por tipo de obra)**

Nível de Segurança de Controle de Enchentes	5-anos	10-anos	25-anos	50-anos
Medidas no Rio	109.000	357.000	781.000	1.752.000
Aumento das Barragens				
Oeste	-	-	27.000	27.000
Sul	-	-	-	6.000
Melhoria do Rio				
Taio	-	-	56.000	114.000
Rio do Sul	-	-	190.000	268.000
Timbó	-	-	21.000	21.000
Blumenau	-	-	-	267.000
Blumenau (afluentes)	35.000	98.000	144.000	196.000
Itajaí	-	181.000	197.000	-
Itajaí Mirim	36.000	38.000	46.000	50.000
Comporta de Inundação (Itajaí Mirim)	38.000	40.000	42.000	44.000
Canal extravasor (Com Comporta)	-	-	-	593.000
Dique em Anel (Ilhota)	-	-	58.000	70.000
Nova Barragem de Controle de Inundação	-	-	-	95.000
Medidas na Bacia Hidrográfica	93.000	184.000	244.000	244.000
Armazenamento de água em arrozais	33.000	33.000	33.000	33.000
Controle de Pequenas Inundações em Lagoas	60.000	151.000	211.000	211.000
TOTAL	202.000	541.000	1.025.000	1.996.000

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

## 12.4 Medidas de mitigação dos desastres de escorregamentos

### 12.4.1 Custo unitário de obras e Custo dos empreendimentos

Na tabela 12.4.1 abaixo se demonstra os custos de obras de construção e custo de empreendimentos (incluem de consultoria, administrativas, Contingência física e Reajuste de preços).

**Tabela - 12.4.1- Custo de medidas estruturais de desastres de escorregamentos**

Classificação por nível de risco	Qtde de lugares	Custo da obra R\$(x10 <sup>3</sup> )	Despesa de Consultoria (10% custo da obra) R\$ (x10 <sup>3</sup> )	Despesa Administrativa (3% do custo de obras) R\$ (x10 <sup>3</sup> )	Contingência física (10% do custo da obra) R\$ (x10 <sup>3</sup> )	Reajuste de preços (4% do custo de obras) R\$ (x10 <sup>3</sup> )	Custo de empreendimento R\$ (x10 <sup>3</sup> )
Nível de risco alto Valor da perda anual potencial (maior do que R\$ 500 mil)	13	14.514	1.451	435	1.451	798	18.650
Nível de risco médio Valor da anual potencial (entre R\$50 e 500 mil)	54	27.528	2.753	826	2.753	1514	35.374
Total	67	42.042	4.204	1.261	4.204	2312	54.024

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

## 12.5 Sistema de alerta/alarme de enchentes

### 12.5.1 Equipamentos

Os equipamentos de monitoramento e de comunicação necessários para a alerta e alarme de enchentes se compõem da seguinte:

- Pluviômetro de medição automática (pluviômetro de inversão do tipo Masu).
- Medidor de nível de água automático (sistema de radar).

- Data Logger (registros de medição).
- Painel solar e bateria (Garantia da fonte de energia).
- Conversor para enviar os dados de medição (sistema GPRS de telefone celular).
- Sistema de recepção (servidor) e base de dados da Estação Central (CEOPS).
- Rede de comunicação (Internet) que liga as estações de monitoramento (Cidade de Rio do Sul e Cidade de Itajaí).
- Rede de comunicação (Internet) que liga a Central de Monitoramento (Cidade de Florianópolis).
- Sistema de informações sobre enchente em tempo real através de Internet.

### 12.5.2 Custo

O Custo para a instalação do sistema de alerta e prevenção contra inundação será de seguinte;

**Tabela 12.5.1 Custos do projeto do sistema de alerta e alarme de enchentes**

Itens	Despesas (R\$)
1 Equipamentos de observação do FFWS	2.350.000
2 Preparação do Livro de Controle dos rios	938.000
3 Treinamentos	296.000
4 Despesas com consultor	416.000
Total	4.000.000

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

### 12.6 Sistema de alerta e alarme dos desastres de escorregamentos e enchentes rápidas

Na tabela 12.6.1 demonstra-se os custos estimados dos pluviômetros equipamentos de transmissão GPRS e de instalação.

**Tabela 12.6.1 Custos de pluviômetros, transmissão GPRS e de instalação**

Discriminação	Quant.	Unid.	Valor Unitário (R\$)	Custo (R\$)
Estação Pluviométrica	53	Unid.		
Equipamentos	53	Unid.	19.800	1.049.400
Servidores de Dados e Licenças de Banco de Dados	10	Unid.	100.60	100.600
Subtotal				1.150.000
Rádio base / repetidora de dados VHF				
Equipamentos	10	Unid.	110.000	1.100.000
Servidores para link com internet e Sistema de Internet via satélite	3	Unid.	16.667	50.000
Subtotal				1.150.000
Sistema de alerta e alarme de escorregamentos e enchentes bruscas, transmissão e armazenamento desses dados.	1	Unid.	1.700.000	1.700
TOTAL				4.000.000

Fonte: Equipe de estudos da JICA

Despesa anual de manutenção do sistema de processamento de dados foi estabelecida como sendo 5% da despesa de desenvolvimento do sistema.

## CAPITULO 13 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO PLANO DIRETOR

### 13.1 Metodologia

A metodologia aplicada nas avaliações econômicas e financeiras serão as seguintes:

- O preço utilizado na estimativa do custo e benefício é do ano base de 2010.
- A avaliação realiza-se do ponto de vista de custo e benefício total para cada tempo de retorno. Os anos de tempo de retorno de enchentes a serem analisados são de: 5, 10, 25 e 50 anos.
- Considera-se 50 anos para o período de avaliação.
- As avaliações serão realizadas como um programa total da mitigação de desastres de enchentes, escorregamentos e prevenção/alerta/alarme.
- A avaliação será realizada do ponto de vista financeiro e econômico. Na avaliação financeira será utilizado o preço de mercado e para a avaliação econômica toma-se o preço de mercado descontado os impostos e as indenizações.
- A avaliação calcula o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Relação Benefício e Custo (B/C).
- Como taxa de desconto utiliza-se a taxa de (12%), calculada com base no Certificado de Depósito Interbancário (CDI) e na Taxa de Juros a longo prazo (TJLP) nos últimos 9 anos.
- O benefício estima-se com base nos registros de prejuízos causados por danos. As contabilizações dos danos para cada “Tempo de Retorno”, estima-se através dos dados registrados e dados estatísticos publicados no Estado. O benefício médio anual estima-se multiplicando as probabilidades de cada enchente e os danos causados por cada tempo de retorno. Além deste benefício existe o benefício de valorizações das terras com melhoria de segurança. Porém, este benefício, nesta avaliação, não foi considerado.
- Os valores utilizados como bases de danos nas estimativas para cada Tempo de Retorno foram os das enchentes de outubro de 2001 e novembro de 2008 (vide seção 3.3.2).
- O porte da enchente de outubro de 2001 acima foi considerado equivalente a de 7 anos de Tempo de Retorno, e o de novembro de 2008, como sendo 50 anos de Tempo de Retorno.

#### 13.1.1 Custos Estimativos do Plano Diretor

As medidas requeridas para as mitigações dos desastres são os seguintes:

**Tabela 13.1.1 Custo de medidas para cada tempo de retorno**

	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Intervenção para Mitigação de Enchente	202.000	541.000	1.025.000	1.996.000
Intervenção para mitigação de Escorregamento	54.000	54.000	54.000	54.000
Alerta/Alarme de Enchente	4.000	4.000	4.000	4.000
Alerta/Alarme de Escorregamento	4.000	4.000	4.000	4.000
Total	264.000	603.000	1.087.000	2.058.000

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

#### 13.1.2 Taxa de Conversão (Avaliação Econômica)

O preço aplicado para a avaliação econômica estima-se utilizando uma taxa de conversão. A taxa de impostos nas obras pode ser estimada em 50%. Neste estudo, a taxa de conversão para estimar o preço econômico utiliza-se o valor de 0,5.

#### 13.1.3 Taxa de Desconto

A Taxa de desconto aplicada para a avaliação financeira considera-se a taxa de Certificado de Depósito

Interbancário (CDI) e para a avaliação econômica considera-se a Taxa de Juro à Longo Prazo (TJLP).

**Tabela 13.1.2 Taxa de desconto aplicado**

	Avaliação Financeira	Avaliação Econômica
Taxa de Desconto (1)	10,0 %	6,0 %
Taxa de Desconto (2)	23,0 %	12,0 %
Taxa de Desconto Referencial	12,0 %	12,0 %

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

A taxa de desconto (1) é o valor quando a economia do Brasil está estável. A taxa de desconto (2) é o valor para a economia do Brasil em situação de alta taxa de juros.

## 13.2 Custo

### 13.2.1 Custo das Medidas a Preço de Mercado

O Custo anual para cada ano de Tempo de Retorno estima-se os seguintes. O custo de manutenção para cada ano de Tempo de Retorno estima-se 5% do total sendo;

**Tabela 13.2.1 Custo anual por tempo de retorno**

TR	Total de Custo	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	Custo de Manutenção
5 anos	264.000	88.000	88.000	88.000			13.200
10 anos	603.000	201.000	201.000	201.000			30.200
25 anos	1.087.000	271.750	271.750	271.750	271.750		54.400
50 anos	2.058.000	411.600	411.600	411.600	411.600	411.600	102.900

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 13.2.2 Custo das Medidas - Valor Econômico

O custo das medidas a serem utilizadas para a avaliação econômica estima-se descontando os impostos e as indenizações das terras do custo das medidas a preços de mercado. O cronograma de aplicação de custo estima-se o seguinte:

**Tabela 13.2.2 Aplicação do custo anual em preço econômico (R\$ Mil)**

TR	Custo Total						Custo de Manutenção
		1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	
5 anos	132.000	44.000	44.000	44.000			6.600
10 anos	302.000	100.667	100.667	100.667			15.100
25 anos	544.000	136.000	136.000	136.000	136.000		27.200
50 anos	1.029.000	205.800	205.800	205.800	205.800	205.800	51.500

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## 13.3 Benefício

### 13.3.1 Método de contabilização dos benefícios

Neste Estudo, considera-se como benefício os danos que deixam de ser causados por desastres para cada Tempo de Retorno como o efeito das medidas adotadas. As perdas mencionadas serão minimizadas pela implementação das medidas para enchentes. Com este conceito, os benefícios das medidas foram considerados, categorizados como:

- Gastos Emergenciais
- Custo de Obras de Reconstruções
- Perdas nas Atividades Econômicas (Setor Agropecuário, Comércio, Indústria e Transporte).

Além dos benefícios listados existe a possibilidade de valorização das terras com a melhoria do grau de segurança, porém, esta valorização não foi considerado. Evitar os danos humanos por morte e feridos não

foram consideradas como benefício, devido às dificuldades de contabilização.

Os gastos emergenciais são aqueles aplicados nas calamidades públicas, resgate, gastos com abrigos, saúde, alimentação, etc.

Os gastos das reconstruções são aqueles gastos com as obras de reconstruções nas áreas afetadas pela catástrofe, como portos, estradas, eletrificação, saneamento, escola, hospital, etc.

As perdas econômicas foram estimadas pelas diferenças entre a época de normalidade e com desastre. Os itens considerados para estimar a perda econômica foram de produção agropecuária, serviço e transporte. As perdas econômicas na produção agropecuária foram estimadas por cereais perdidos pelo desastre. As perdas econômicas na indústria, transporte e serviços foram estimadas com base nos dados de ICMS.

### 13.3.2 Benefício a preço de mercado

O benefício a preço de mercado foi determinado como sendo o valor médio anual esperado de mitigação de danos, totalizando os valores anuais de danos de cada tempo de retorno que foram calculados com base no tempo de retorno das enchentes ocorridas no passado.

**Tabela 13.3.1 Benefício a preço de mercado (unidade; R\$ milhões)**

Tempo retorno	Valor de danos estimado	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
2 anos	206,3	51,6	51,6	51,6	51,6
5 anos	498,6	105,7	105,7	105,7	105,7
10 anos	1.000,6		75,0	75,0	75,0
25 anos	2.767,7			113,0	113,0
50 anos	6.902,1				96,7
<b>Total do valor médio anual de mitigação de danos (Benefícios)</b>		<b>157,3</b>	<b>232,3</b>	<b>345,3</b>	<b>442,0</b>

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 13.3.3 Benefício Econômico

O benefício econômico foi determinado, multiplicando o valor do benefício a preço de mercado pelo fator de conversão.

**Tabela 13.3.2 Benefício a preço econômico (unidade; R\$ milhões)**

Tempo retorno	Valor de danos estimado	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
2 anos	103,1	25,8	25,8	25,8	25,8
5 anos	249,3	52,9	52,9	52,9	52,9
10 anos	500,3		37,5	37,5	37,5
25 anos	1.383,9			56,5	56,5
50 anos	3.451,1				48,3
<b>Total do valor médio anual de mitigação de danos (Benefícios)</b>		<b>78,7</b>	<b>116,1</b>	<b>172,7</b>	<b>221,0</b>

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## 13.4 Avaliação Financeira e Econômica

### 13.4.1 Avaliação Financeira

Os resultados das avaliações financeiras são os seguintes:

**Tabela 13.4.1 Resultado da avaliação financeira**

Indicador da Avaliação		5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
<b>TIRF</b>		38,2%	26,1%	19,9%	12,7%
Taxa de Desconto 10%	B/C	3,69	2,38	1,89	1,24
	VPLF(R\$10 <sup>6</sup> )	851,5	1.001,4	1.101,1	516,4
Taxa de Desconto 23%	B/C	1,77	1,14	0,85	0,52
	VPLF(R\$10 <sup>6</sup> )	159,7	67,9	- 112,7	- 630,3
Taxa de Desconto 12%	B/C	3,21	2,07	1,63	1,06
	VPLF(R\$10 <sup>6</sup> )	639,2	710,2	707,1	110,0

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

O resultado da avaliação pelo indicador TIRF (Taxa Interna de Retorno Financeiro), indica-se 26,1% na intervenção em Tempo de Retorno de 10 anos, e 12,7 % na intervenção de Tempo de Retorno de 50 anos.

Na relação de custo-benefício (B/C) com a taxa de desconto de 10 %/ano, o indicador mostra resultados positivos. Mas, com a taxa de desconto de 23%/ano, o indicador é menor do que 1,00 para enchentes prováveis maiores do que 25 anos de retorno. Porém, a taxa de desconto de 23%/ano considera-se muito alta no cenário econômico atual do Brasil.

Na relação do Valor Presente Líquido (VPLF), com a taxa de desconto de 23 %/ano o resultado mostra-se negativo. Porém, se tomando em consideração as últimas tendências de CDI, tendo variado entre 10%/ano a 12%/ano, a possibilidade de retornar a alta taxa é baixa. Considerando estas circunstâncias, considera-se viável a implementação das intervenções apresentadas neste relatório com o Tempo de Retorno de 50 anos. Ademais, se considerar as valorizações das terras com menos risco de desastre, a viabilidade econômica estaria melhorando bruscamente.

#### 13.4.2 Avaliação Econômica

A Avaliação Econômica realiza-se convertendo ao preço econômico que desconta os impostos. Os resultados das avaliações econômicas são os seguintes:

**Tabela 13.4.2 Resultado da avaliação econômica**

Indicador da Avaliação		5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
<b>TIR Econômico</b>		38,2%	26,1%	19,9%	12,7%
Taxa de Desconto 06%	B/C	5,05	3,26	2,64	1,75
	VPLE(R\$10 <sup>6</sup> )	825,4	1.053,3	1.317,4	1.090,8
Taxa de Desconto 10%	B/C	3,69	2,38	1,89	1,24
	VPLE(R\$10 <sup>6</sup> )	425,8	500,1	550,0	257,9
Taxa de Desconto 12%	B/C	3,21	2,07	1,63	1,06
	VPLE(R\$10 <sup>6</sup> )	319,6	354,6	353,1	54,8

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Os resultados da avaliação sem imposto e de indenização mostram os indicadores positivos em todos os aspectos. Estes resultados indicam alta viabilidade econômica das implementações das intervenções apresentadas neste relatório.

#### 13.4.3 Avaliação conjunta

A bacia hidrográfica do Itajaí mostra uma tendência positiva de desenvolvimento, especialmente nas áreas de foz do rio Itajaí, com grandes atratividades a novos investimentos. Cada ano, a necessidade de estruturar esta área de importância estratégica para o Estado é grande, principalmente no que se refere à prevenção de desastres.

Nos resultados das avaliações mostra-se alta viabilidade econômica, mesmo com as implementações objetivando o Tempo de Retorno de 50 anos.

Interbancário (CDI) e para a avaliação econômica considera-se a Taxa de Juro à Longo Prazo (TJLP).

**Tabela 13.1.2 Taxa de desconto aplicado**

	Avaliação Financeira	Avaliação Econômica
Taxa de Desconto (1)	10,0 %	6,0 %
Taxa de Desconto (2)	23,0 %	12,0 %
Taxa de Desconto Referencial	12,0 %	12,0 %

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

A taxa de desconto (1) é o valor quando a economia do Brasil está estável. A taxa de desconto (2) é o valor para a economia do Brasil em situação de alta taxa de juros.

## 13.2 Custo

### 13.2.1 Custo das Medidas a Preço de Mercado

#### (1) Custo das Medidas para cada Tempo de Retorno

O Custo anual para cada ano de Tempo de Retorno estima-se os seguintes;

**Tabela 13.2.1 Custo anual por tempo de retorno**

TR	Total de Custo	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano
5 anos	264.000	88.000	88.000	88.000		
10 anos	603.000	201.000	201.000	201.000		
25 anos	1.087.000	271.750	271.750	271.750	271.750	
50 anos	2.058.000	411.600	411.600	411.600	411.600	411.600

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

#### (2) Custo de Manutenção

O custo de manutenção para cada ano de Tempo de Retorno estima-se 5% do total sendo;

**Tabela 13.2.2 Custo de Manutenção (R\$ Mil)**

TR	Custo Total	Custo de Manutenção
5 anos	264.000	13.200
10 anos	603.000	30.200
25 anos	1.087.000	54.400
50 anos	2.058.000	102.900

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 13.2.2 Custo das Medidas - Valor Econômico

#### (1) Custo das Medidas para cada ano de Tempo de Retorno

O custo das medidas a serem utilizadas para a avaliação econômica estima-se descontando os impostos e as indenizações das terras do custo das medidas a preços de mercado. O cronograma de aplicação de custo estima-se o seguinte:

**Tabela 13.2.3 Aplicação do custo anual em preço econômico**

TR	Total de Obra	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano
5 anos	91.000	30.333	30.333	30.333		
10 anos	141.000	47.000	47.000	47.000		
25 anos	303.000	75.750	75.750	75.750	75.750	
50 anos	594.000	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

#### (2) Custo de Manutenção

O custo operacional anual de manutenção estimado aplica-se 5% de custo total.

**Tabela 13.2.4 Estimativa do custo operacional (R\$ Mil)**

TR	Custo Total	Custo Operacional
5 anos	91.000	4.600
10 anos	141.000	7.100
25 anos	303.000	15.200
50 anos	594.000	29.700

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 13.3 Benefício

#### 13.3.1 Método de contabilização dos benefícios

Neste Estudo, considera-se como benefício os danos que deixam de ser causados por desastres para cada Tempo de Retorno como o efeito das medidas adotadas. As perdas mencionadas serão minimizadas pela implementação das medidas para enchentes. Com este conceito, os benefícios das medidas foram considerados, categorizados como:

- Gastos Emergenciais
- Custo de Obras de Reconstruções
- Perdas nas Atividades Econômicas (Setor Agropecuário, Comércio, Indústria e Transporte).

Além dos benefícios listados existe a possibilidade de valorização das terras com a melhoria do grau de segurança, porém, esta valorização não foi considerado. Evitar os danos humanos por morte e feridos não foram consideradas como benefício, devido às dificuldades de contabilização.

Os gastos emergenciais são aqueles aplicados nas calamidades públicas, resgate, gastos com abrigos, saúde, alimentação, etc.

Os gastos das reconstruções são aqueles gastos com as obras de reconstruções nas áreas afetadas pela catástrofe, como portos, estradas, eletrificação, saneamento, escola, hospital, etc.

As perdas econômicas foram estimadas pelas diferenças entre a época de normalidade e com desastre. Os itens considerados para estimar a perda econômica foram de produção agropecuária, serviço e transporte. As perdas econômicas na produção agropecuária foram estimadas por cereais perdidos pelo desastre. As perdas econômicas na indústria, transporte e serviços foram estimadas com base nos dados de ICMS.

#### 13.3.2 Benefício a preço de mercado

O Valor anual esperado das mitigações das perdas econômicas pelas intervenções para cada Tempo de Retorno foi estimado considerando as probabilidades de ocorrências para cada Tempo de Retorno. O valor anual esperado das mitigações das perdas econômicas são os seguintes:

**Tabela 13.3.1 Benefício a preço de mercado (unidade; R\$ milhões)**

TR	Perdas econômicas em enchentes	Valor anual Esperado das mitigações das perdas econômicas pelas intervenções para cada Tempo de Retorno	Valor anual de gastos emergenciais e custo de reconstruções nas implementações das intervenções pelas possíveis enchentes
5 anos	502,1	143,2	37,7
10 anos	1.006,4	206,3	36,4
25 anos	2.779,3	281,5	33,2
50 anos	6.921,7	378,1	23,3
100 anos	20.686,4	525,5	-

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

### 13.3.3 Benefício Econômico

O valor estimado das perdas em valor econômico para cada Tempo de Retorno foi convertido utilizando os coeficientes de conversão acima descritos (13.1). As perdas econômicas para cada Tempo de Retorno estimam-se as seguintes:

**Tabela 13.3.2 Benefício a preço econômico (unidade; R\$ milhões)**

TR	Perdas econômicas em enchentes	Valor anual Esperado das mitigações das perdas econômicas pelas intervenções	Valor anual de gastos emergenciais e custo de reconstruções nas implementações das intervenções
5 anos	252,1	71,9	18,8
10 anos	504,9	103,6	18,2
25 anos	1.383,1	141,3	16,6
50 anos	3.466,7	189,7	11,6
100 anos	16.675,0	309,3	-

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

## 13.4 Avaliação Financeira e Econômica

### 13.4.1 Avaliação Financeira

Os resultados das avaliações financeiras são os seguintes:

**Tabela 13.4.1 Resultado da avaliação financeira**

Indicador da Avaliação		5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
<b>TIRF</b>		<b>20,1%</b>	<b>22,2%</b>	<b>18,1%</b>	<b>12,4%</b>
Taxa de Desconto 10%	B/C	1,43	1,43	1,35	1,08
	VPLF(^10 <sup>6</sup> )	282,4	465,7	570,6	218,4
Taxa de Desconto 23%	B/C	0,91	0,82	0,72	0,55
	VPLF(^10 <sup>6</sup> )	-31,2	-125,4	-291,7	-780,9
Taxa de Desconto 12%	B/C	1,33	1,29	1,20	0,95
	VPLF(^10 <sup>6</sup> )	187,0	286,5	302,7	-112,8

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

O resultado da avaliação pelo indicador TIRF (Taxa Interna de Retorno Financeiro), indica-se 20,1% na intervenção em Tempo de Retorno de 10 anos, e 12,4% na intervenção de Tempo de Retorno de 50 anos.

Na relação de custo-benefício (B/C) com a taxa de desconto de 10%/ano, o indicador mostra resultados positivos. Mas, com a taxa de desconto de 23%/ano, o indicador mostra baixa rentabilidade. Porém, a taxa de desconto de 23%/ano considera-se muito alta no cenário econômico atual do Brasil.

Na relação do Valor Presente Líquido (VPLF), com a taxa de desconto de 23%/ano o resultado mostra-se negativo. Porém, se tomando em consideração as últimas tendências de CDI, tendo variado entre 10%/ano a 12%/ano, a possibilidade de retornar a alta taxa é baixa. Considerando estas circunstâncias, considera-se viável a implementação das intervenções apresentadas neste relatório com o Tempo de Retorno de 50 anos. Ademais, se considerar as valorizações das terras com menos risco de desastre, a viabilidade econômica estaria melhorando bruscamente.

### 13.4.2 Avaliação Econômica

A Avaliação Econômica realiza-se convertendo ao preço econômico que desconta os impostos. Os resultados das avaliações econômicas são os seguintes:

**Tabela 13.4.2 Resultado da avaliação econômica**

Indicador da Avaliação		5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
<b>TIR Econômico</b>		<b>29,2%</b>	<b>52,1%</b>	<b>41,6%</b>	<b>21,2%</b>
Taxa de Desconto 6%	B/C	1,95	3,02	3,08	2,24
	VPLE(^10 <sup>6</sup> )	390,4	1.135,2	1.437,9	1.427,9
Taxa de Desconto 10%	B/C	1,72	2,71	2,59	1,65
	VPLE(^10 <sup>6</sup> )	197,5	642,2	758,6	582,2
Taxa de Desconto 12%	B/C	1,62	2,56	2,37	1,43
	VPLE(^10 <sup>6</sup> )	145,6	507,9	575,6	362,4

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Os resultados da avaliação sem imposto e de indenização mostram os indicadores positivos em todos os aspectos. Estes resultados indicam alta viabilidade econômica das implementações das intervenções apresentadas neste relatório.

#### 13.4.3 Avaliação conjunta

A bacia hidrográfica do Itajaí mostra uma tendência positiva de desenvolvimento, especialmente nas áreas de foz do rio Itajaí, com grandes atratividades a novos investimentos. Cada ano, a necessidade de estruturar esta área de importância estratégica para o Estado é grande, principalmente no que se refere à prevenção de desastres.

Nos resultados das avaliações mostra-se alta viabilidade econômica, mesmo com as implementações objetivando o Tempo de Retorno de 50 anos.

## CAPÍTULO 14 PLANO DE EXECUÇÃO DO PLANO DIRETOR

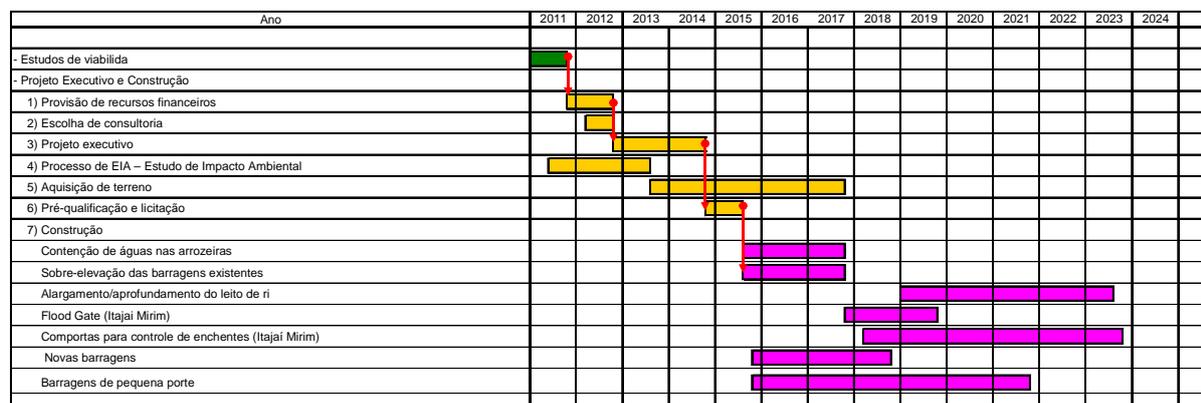
### 14.1 Plano de execução

#### 14.1.1 Medidas estruturais de mitigação dos desastres de enchentes

As condições para formulação dos planos de execução dos projetos foram estabelecidas, conforme abaixo.

- i. Em relação à execução do Plano Diretor, foi considerado que o governo de estado irá incluir os projetos no plano orçamentário e providenciar o financiamento, após o término dos estudos de viabilidade.
- ii. Se a opção for grau de segurança de 25 ou 50 anos de retorno, os custos dos projetos serão muito elevados. Em termos concretos, o plano de execução dos projetos será desdobrado em diversas etapas, em cada etapa de execução deverá providenciar os recursos financeiros. Ainda não está definido o grau de segurança do plano de enchentes, portanto, para efeito desse plano diretor, foi considerado o prazo de provimento dos recursos financeiros como sendo 1 ano.
- iii. Em paralelo a elaboração do plano orçamentário, será dada o início no processo de EIA – Estudo de Impacto Ambiental. Após 2 anos do processo de EIA, na fase de sua conclusão será dado o início a desapropriação de terreno e remoção dos moradores.
- iv. Com exceção do processo de contenção nas arrozeiras, as obras de cada componente do plano diretor serão executadas por empreitadas.
- v. Na elaboração do projeto executivo detalhado, o tempo para inspeção preliminar e licitação foi considerado como sendo 1 ano das medidas estruturais e gerenciamento dessas obras, deverá contratar empresa de consultoria.
- vi. O período de execução das obras foi considerado como sendo 1.5 a 6 anos, dependendo do porte da obra.

Na figura 14.1.1 ilustra-se os planos de execução dos projetos para cada grau de segurança.



Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Figura 14.1.1 Plano de execução dos projetos para segurança de enchentes de 50 anos de retorno**

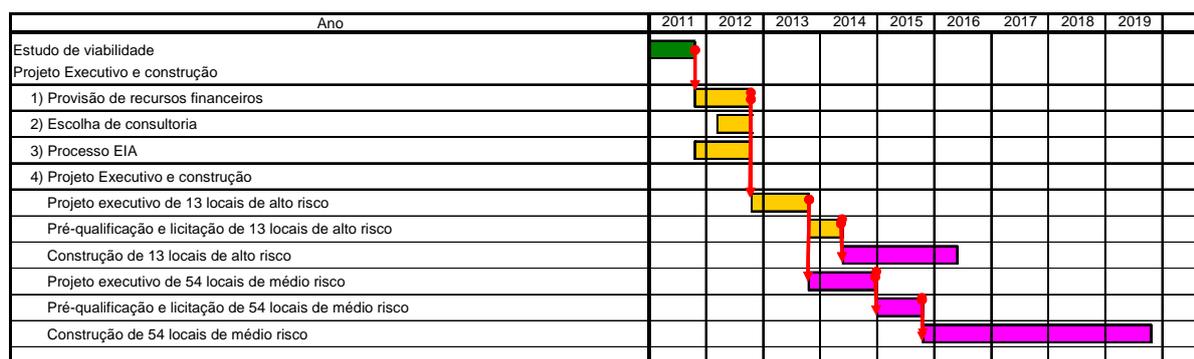
#### 14.1.2 Medidas estruturais de mitigação dos desastres de escorregamentos

As condições para formulação do plano de execução dos projetos foram estabelecidas, conforme abaixo.

- i. Após o término dos estudos de viabilidade, foi considerado que o governo de estado irá incluir os projetos no plano orçamentário e realizará o provimento dos recursos financeiros.
- ii. Em paralelo a elaboração do plano orçamentário, será dada o início no processo de EAS – Estudo Ambiental Simplificado e este processo foram estimados em um ano.

- iii. A execução das obras será realizada por empreitada. O tempo para inspeção preliminar e licitação foi considerado como sendo 1 ano.
- iv. Em relação à elaboração do projeto executivo detalhado (incluem levantamento de campo e teste de laboratório) e gerenciamento das obras, deverá contratar empresa de consultoria e essa empresa irá elaborar o projeto detalhado e realizar o gerenciamento das obras.
- v. Como são medidas de desastres de escorregamentos relacionadas com rodovias, serão projetos executados dentro da faixa da rodovia e não haverá desapropriação de novos terrenos.
- vi. O período de execução das obras foi estimado em 2 anos para 13 locais de maior risco e 4 anos para 54 locais de médio risco.

Na figura-14.1.2 está demonstrado o plano de execução dos projetos.

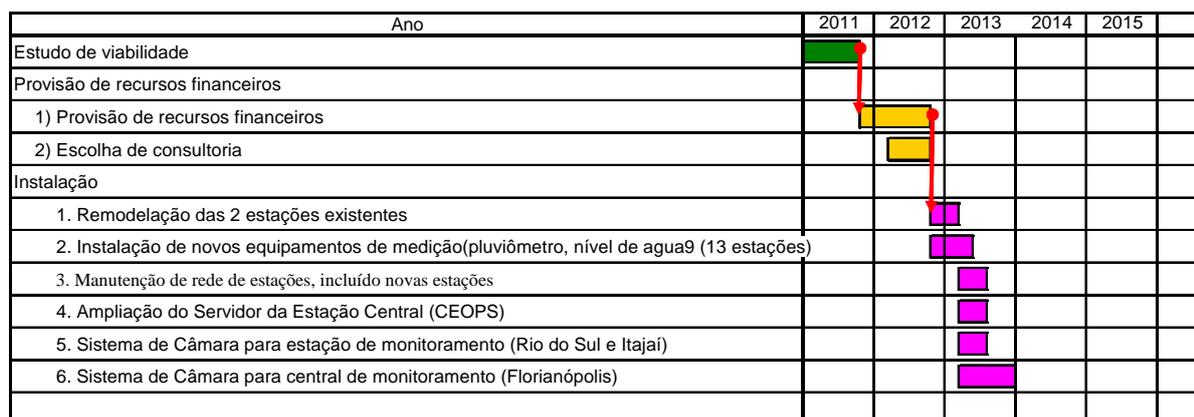


Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Figura 14.1.2 Plano de execução dos projetos relacionados com medidas estruturais de desastres de escorregamentos**

#### 14.1.3 Sistema de alerta e alarme de enchentes

Com o intuito de fortalecer a rede de estação de medição do sistema de alerta e alarme de enchentes existente, serão adquiridos e instalados equipamentos de medição hidrológica, equipamentos de transmissão e sistemas computacionais. Este plano de execução está ilustrado na figura-14.1.3 abaixo.



Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Figura 14.1.3 Plano de execução do sistema de alerta e alarme de enchentes**

Conforme explanado na seção 12.5 do capítulo 12, será realizado o treinamento dos técnicos de campo (estação e centro de monitoramento), após o fortalecimento do sistema de alerta e alarme de enchentes, além da execução do inventário dos recursos hídricos.

#### 14.1.4 Sistema de alerta e alarme dos desastres de escorregamentos e enchentes bruscas

Baseado no novo índice de referência pluviométrica será implantado o sistema de alerta e alarme de desastres de escorregamento e enchentes bruscas em todo o estado de Santa Catarina. Serão adquiridos e instalados os pluviômetros, equipamentos de transmissão e sistemas computacionais. Este plano de execução está ilustrado na figura-14.1.4.

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	
Estudo de viabilidade	■					
Provisão de recursos financeiros e Escolha de consultoria		■				
1) Provisão de recursos financeiros		■				
2) Escolha de consultoria		■				
Instalação						
1. Preparação de documento de licitação			■			
2. Licitação			■			
3. Aquisição e instalação de pluviômetro e equipamentos de transmissão			■			
4. Desenvolvimento do sistema de transmissão de dados, armazenamento e alerta/alarme			■			

Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Figura 14.1.4 Plano de execução do sistema de alerta e alarme de desastre do escorregamento e enchentes bruscas**

#### 14.2 Procedimentos para aquisição do financiamento internacional pelo Brasil

Esse estudo pressupõe financiamento de recursos pelo governo japonês, portanto, há necessidade de seguir os procedimentos para aquisição do financiamento internacional pelo Brasil.

O cronograma de aprovação de projetos, objeto de financiamento do governo japonês, está ilustrado na tabela-14.2.1 abaixo. O governo do estado de Santa Catarina irá elaborar e encaminhar a solicitação de financiamento externo ao SEAIN, baseado no procedimento da SEAIN. Após o encaminhamento a SEAIN, o fluxo desde a elaboração da Carta Consulta (L/A) até o fechamento do contrato está demonstrado na tabela abaixo e requer 6 meses de tempo para o cumprimento de todos os procedimentos dentro do Brasil.

**Tabela 14.2.1 Cronograma de aprovação dos projetos de financiamento do governo japonês**

	1												2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 [Brazil]Carta Consulta	■																							
2 [Brazil] GTEC/COFIEIX		■	■	■	■																			
3 [Brazil]Solicitação (MRE)					■	■																		
4 [Foreign]Avaliação (Evaluation)							■	■	■	■	■	■												
5 [Foreign]Pré-comunicado												■	■											
6 [Brazil/Foreign] E/N													■	■										
7 [Brazil]Aprovação federal de confirmação financeira (STN)															■	■								
8 [Brazil/Foreign] Negociação do Acordo de Empréstimo																■	■							
9 [Brazil] Aprovação do Congresso Brasileiro																		■	■	■	■			
10 [Brazil/Foreign] Assinatura do Acordo de Empréstimo																								●

Fonte: JICA BRAZIL OFFICE

## CAPÍTULO 15 RECOMENDAÇÕES PARA O PLANO DIRETOR

### 15.1 Recomendações para as medidas de mitigação dos desastres de enchentes do plano diretor

O grau de segurança para enchentes que servirá de meta para a formulação das medidas dos desastres de enchentes no plano diretor (nível de proteção contra enchentes) é normalmente expresso em probabilidade de ocorrência ou tempo de recorrência. O grau de segurança é decidido politicamente, levando em consideração o tamanho do rio, além da importância e grau de desenvolvimento econômico dentro do contexto da região ou país, população e ocupação de solo da bacia, situação de patrimônio, etc. Do ponto de vista de segurança da população ao longo prazo, é desejável a adoção do grau mais elevado possível, porém, é necessário o dispêndio de gastos exorbitantes e longo tempo para sua concretização.

No Brasil, não é estabelecido o grau de segurança baseado na importância do rio e a bacia hidrográfica é a unidade básica físico-territorial de gerenciamento dos recursos que inclui o controle de enchentes, de acordo com a lei federal nº 9433/1997. No presente estudo, foi formulado o plano diretor de medidas para prevenção e mitigação dos desastres para enchente provável de 5, 10, 25 e 50 anos. No futuro, será definido o grau de segurança mais desejável para a bacia do Rio Itajaí, após debate entre o governo do estado e Comitê da Bacia do Itajaí. Abaixo, explanamos as recomendações gerais das medidas de mitigação dos desastres de enchentes do plano diretor.

- i. No plano diretor de recursos hídricos que o Comitê do Itajaí formulou em março de 2010, constam programas de pequenas barragens de contenção no micro bacias e contenção da água de chuvas nas arrozeiras como medidas integradas de atenuação de enchentes e irrigação. O programa de pequenas barragens de contenção, análogo ao programa de contenção nas arrozeiras, visa o armazenamento temporário de águas de chuvas para ser utilizadas na irrigação no período de estiagem, construindo grande quantidade dentro do micro bacias e poderá retardar o escoamento da enchente. Em cada plano de enchentes estas medidas de cada micro bacia estão sendo propostas como componentes, portanto deverá implementar como medidas prioritárias.
- ii. O Comitê do Itajaí pretende construir grande quantidade de pequeno lagos de contenção dentro da bacia. No presente estudo, escolhemos os locais para construção de lagos de contenção na região de pequenos riachos, devido à limitação de tempo e disponibilidade somente de mapas antigas de 1:50000 com curva de nível equidistante 20 metros. É possível adotar como propostas alternativas a construção de pequeno lagos de contenção nas áreas agrícolas e de pastagens, conforme a intenção do Comitê da Bacia do Itajaí. Porém, no caso de plano de enchente provável de 5 anos, o volume necessário de contenção nos pequeno lagos na bacia é de 8.000.000 de m<sup>3</sup>, um lago com dimensão de 100 m x 100 m x 1 m de profundidade, daria para armazenar 10.000 m<sup>3</sup>, há necessidade de aproximadamente 800 lagos desse porte. No caso de planos de enchentes de 10 e 25 anos, há necessidade de construir 2800 açudes ou 4100 açudes respectivamente. Seria mais realista construir diversas barragens de pequeno porte que possibilitam armazenar volume razoável da água de chuva nos rios tributários a montante da bacia.
- iii. As obras de sobre-elevação das barragens Oeste e Sul tornarão necessárias para os planos de enchentes de 25 e 50 anos em diante. Para enchentes de porte menor é possível controlar o escoamento de enchentes através de operação de comportas, porém aumenta o risco de transbordamento pelo vertedouro. Portanto, a sobre-elevação das duas barragens é necessária para reduzir o risco de transbordamento do vertedouro.
- iv. Para a operação adequada das barragens, há necessidade de identificar a vazão afluente horária que entra no reservatório. De maneira geral, o volume da vazão afluente na barragem é determinado pela variação do nível de reservatório e volume de descarga. Portanto, o gestor da

barragem deverá manter atualizada a informação de curva-chave H-V (relação entre o nível da água e o volume de água no reservatório), curva-chave H-Q (relação entre o nível da água e volume de descarga conjugado com a abertura/fechamento das comportas) das barragens. Entramos em contato com o DEINFRA e CELESC que são os gestores das barragens, mas essas instituições não dispõem de informações sobre as curvas-chaves. Além disso, pouco restou dos desenhos que foram elaborados na fase inicial da construção. A curva H-V tornará possível elaborar com bastante precisão quando concluir o levantamento aerofotogramétrico e elaborar o mapa 1:10.000. Haverá necessidade de manter atualizada a curva H-Q, efetuado o cálculo hidráulico. É recomendável manter essas informações básicas atualizadas para realizar a gestão adequada das barragens.

- v. Na formulação do plano diretor, foi considerado o efeito de retardamento de enchentes nas áreas agrícolas e de pastagens às margens dos rios durante as enchentes, adotando esse efeito de retardamento como sendo medida de mitigação, espalhando as enchentes. Portanto, é importante ressaltar que a vazão de projeto adotado para a formulação do plano diretor não foi considerado o futuro desenvolvimento urbano (terraplenagem, loteamento residencial, etc.) que poderá reduzir o efeito de retardamento e aumentar a vazão de enchente à jusante.
- vi. A vazão de projeto da cidade de Itajaí foi calculada, pressupondo que as águas de enchentes oriundas do vale do Rio Itajaí que escoam para a extensa planície aluvial entre a cidade de Gaspar até Itajaí inundam essas planícies, exercendo o efeito de retardamento, reduzindo a vazão de enchentes. Essas áreas de pastagens e agrícolas devem ser preservadas na medida do possível, limitando o desenvolvimento urbano futuro nessa área. Porém, se não for possível frear o desenvolvimento urbano nessas áreas deverá obrigar ao empreendedor a adoção das medidas compensatórias tais como a construção de lagos de regulação ou implementação das medidas estruturais de contenção de enchente na montante, compensando o aumento da vazão à jusante. A coordenação que envolve diversos municípios deverá ser realizada pelo Governo do Estado.
- vii. A ausência do gestor de rios tem sido apontada como sendo problema para o sistema de alerta para as enchentes. O Comitê do Itajaí é responsável pela formulação do plano de recursos hídricos, porém, não é adequado para exercer a função do gestor de rios. Considerando que há necessidade da tomada de decisão de cunho político quando se trata de planos e projetos executivos de obras para a prevenção das enchentes, o Governo do Estado deverá ser o responsável pela gestão de rios. A Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável – SDS é responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos (atualmente gerencia somente o uso de água) e do sistema de informações hidrológico e meteorológico, deverá assumir também a gestão de rios.
- viii. Em relação ao contexto acima, existe necessidade de manter atualizadas as informações sobre o volume da chuva, a vazão, nível da água, além da situação do canal de rio para executar de maneira adequada o plano hídrico e gestão de rios. A vazão é determinada através do nível da água, então há necessidade de deixar elaborada a curva-chave H-Q (relação entre o nível de rio e a vazão). A curva H-Q é elaborada, baseado no levantamento da seção transversal do rio onde existe a estação de medição hidrológica, além dos dados de medição da vazão do período normal e durante a enchente. A medição da vazão deverá efetuar anualmente, atualizando a curva H-Q com boa precisão. A deposição dos sedimentos no canal de rio influencia na capacidade do escoamento do canal, portanto é recomendável efetuar o levantamento da seção transversal do canal regularmente. Em relação ao levantamento de campo, deverá estabelecer o ponto de referência para poder identificar a variação do perfil do canal no decorrer do tempo. O intervalo de levantamento de campo deverá ser entre 3 a 5 anos em cada ponto e realizar o levantamento anualmente numa determinada ordem. Esses dados básicos deverão ser mantidos no banco de dados em condições de uso a qualquer momento. Em relação à estação de medição do índice

pluviométrico e nível da água, há necessidade de elaborar o cronograma de manutenção e atualização dos equipamentos regularmente.

## **15.2 Recomendações para medidas de mitigação dos desastres de escorregamento e enchentes bruscas do plano diretor**

As recomendações são conforme abaixo:

- i. A região objeto de estudo do plano diretor é a Bacia do Rio Itajaí, porém, a instalação do sistema de alerta para a inundação brusca e escorregamento será implementada para todo o estado de Santa Catarina, visando à racionalização dos custos de desenvolvimento do sistema. Em todos os municípios existem diferenças quanto aos riscos, porém os riscos de escorregamentos e de enchentes bruscas existem em qualquer município, então a proposta é instalar pelo menos 1 pluviômetro em cada município.
- ii. O índice de referência que será utilizado no sistema de alerta para inundação brusca e escorregamento será baseado no índice de chuva sucessiva em unidade de tempo (por exemplo, precipitação de 30 minutos). Na determinação do índice de referência, é recomendável expressar com único valor e não utilizar o valor conjugado (por exemplo, precipitação de 90 horas e 48 horas). Com a adoção de um único valor numérico, haverá possibilidade de avaliar o grau de risco em ano de retorno para o índice de referência que foi determinado como sendo ponto de alerta. No momento de disparar a alerta, é fundamental transmitir mensagem com conteúdo que a população sinta a iminência de perigo.
- iii. Este sistema será implantado como sendo novo sistema, portanto, o plano de ação de contingência será o mesmo do sistema de alerta para as enchentes, quando for disparar o alerta. O município deverá determinar o local iminente de riscos de desastres de escorregamentos e inundações bruscas, deverá estabelecer previamente a rota de evacuação quando for disparado o alerta, deverá realizar os treinamentos da população e instituições correlatas e estar preparado para evacuação sem problemas e garantir a vida humana. A Prefeitura de Blumenau está elaborando o mapa de risco detalhado de escorregamentos, esse tipo de dados servirão de material básico eficiente para esse sistema. Na cidade de Ilhota está elegendo pessoas responsáveis para comunicação e ação de contingência para cada bairro, preparando para a situação dos desastres, esse tipo de ação deverá ser estendido para outras cidades.
- iv. Em relação às medidas de desastres que envolvem obras de desenvolvimento residencial, há necessidade de fortalecer a fiscalização dos projetos executados pelo empreendedor, além de realizar os treinamentos dos técnicos do Governo de Estado que realizam o gerenciamento do projeto e construção.
- v. Nos loteamentos residenciais, onde há aumento de escoamento superficial de águas pluviais, aumenta a possibilidade de ocorrência de inundações. Com o intuito de evitar inundações, deverá estabelecer os critérios técnicos para a instalação do sistema de drenagem pluvial, além de orientar os técnicos da administração pública.
- vi. As medidas estruturais de desastres de escorregamentos são medidas de redução da produção de sedimentos ao mesmo tempo. Nas áreas degradadas e permanecem nuas e encostas de rodovias deverão estabilizar as encostas, implementando projetos de revestimento vegetal, plantando espécies arbóreas onde não há perigo de quedas. As espécies arbóreas deverão ser aquelas previstas nas medidas de mudanças climáticas que contribuirão no processo de fixação do carbono.
- vii. As medidas eficientes contra a produção de sedimentos são reflorestamentos das áreas degradadas e nuas e recuperação das matas ciliares às margens dos rios para prevenção das erosões. Tendo como principal objetivo a preservação dos recursos hídricos, florestas e meio ambiente, esses

projetos múltiplos irão contribuir também para a mitigação de desastres de escorregamentos. Deverá implementar os programas de recuperação da mata ciliar, programa de preservação das áreas de mananciais que fazem parte do plano diretor de recursos hídricos, elaborado pelo Comitê do Itajaí em 03/2010.

- viii. Dentro da Bacia do Rio Itajaí, o Porto de Itajaí tem sofrido maior prejuízo econômico devido ao assoreamento do leito de rio com muita frequência. Porém o volume de transporte e deposição dos sedimentos e o volume de dragagem nunca foram calculados. Há necessidade de calcular esses volumes e esclarecer o mecanismo de deposição de sedimentos, incluindo o transporte de sedimentos pela maré. Uma das ideias seria solicitar pesquisas e experimentos hidrológicos para a Universidade UNIVALI. Baseado nesse resultado deverá formular medidas eficientes de redução de sedimentos e areias na área do Porto de Itajaí.

## **CAPÍTULO 16 SELEÇÃO DOS PROJETOS PRIORITÁRIOS QUE SERÃO OBJETOS DE ESTUDOS DE VIABILIDADE**

### **16.1 Seleção dos projetos prioritários para medidas de enchentes**

#### **16.1.1 Circunstâncias para seleção do grau de segurança de enchentes**

A 1ª fase do presente estudo foi encerrada em 18 de dezembro de 2010 com a elaboração do Plano Diretor de Prevenção dos Desastres e entrega do Relatório Intermediário. Nos dias 10 e 13 de dezembro de 2010 foram realizadas as apresentações ao Governo do Estado de Santa Catarina e selecionados os projetos prioritários com possibilidades de financiamento pelo banco japonês (escolha dos projetos que serão objetos de estudo de viabilidade).

O grau de segurança para as enchentes que é o escopo para a elaboração do Plano Diretor de medidas para a prevenção e mitigação dos desastres de enchentes é geralmente representado em probabilidade de ocorrência ou tempo de recorrência de enchentes. O grau de segurança, baseado no tamanho do rio, é estabelecido politicamente de acordo com a importância econômica e desenvolvimento da região no contexto nacional, população da bacia e uso de solo da região, situação patrimonial, etc.

O grau de segurança para as enchentes no Brasil não é estabelecido de acordo com a importância do rio e o gerenciamento dos recursos hídricos, incluindo o controle de enchentes, é realizado através dos comitês de cada bacia, de acordo com a lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997. No escopo de trabalho do presente estudo consta que a equipe irá elaborar três planos de enchentes, ou seja, medidas para enchentes prováveis de 5, 10 e 25 anos, porém houve solicitação por parte da contraparte brasileira para acrescentar os estudos também para o plano de enchente provável de 50 anos.

Foram selecionadas as regiões para os estudos de prevenção para as enchentes, após troca de opiniões e entrevistas com diversas instituições governamentais correlatas, universidades, Comitê do Itajaí, etc. e foi formulado o Plano de Diretor com a meta para cada plano de enchentes: 5, 10, 25 e 50 anos.

Entre os dias 16 e 18 de novembro de 2010, o Governo do Estado realizou as audiências públicas (Itajaí, Blumenau e Rio do Sul), em 29 de novembro de 2010, foi realizada a reunião da comissão dos representantes do governo e a pretensão do Governo do Estado de Santa Catarina é implementar o plano de enchente de 50 anos como meta final na Bacia do Rio Itajaí.

#### **16.1.2 Síntese do plano de enchente com o grau de segurança de 50 anos**

##### **(1) Resolução no 40 do Comitê de Itajaí**

Em relação às diretrizes básicas (vide seção 5.3) e as cidades alvos para proteção contra as enchentes (vide seção 8.2), foram explanadas para o Comitê do Itajaí em 28 de julho passado, além de dar esclarecimento à Câmara Técnica de Prevenção em 11 de agosto. E finalmente, foi pauta de discussão na assembleia geral do Comitê do Itajaí, realizado em 23 de novembro, e aprovado através da Resolução nº 40 em 7 de outubro passado.

Plano de proteção para a enchente provável de 50 anos

No caso de enchente provável de 50 anos, as principais cidades localizadas às margens dos Rios Itajaí-açu e Itajaí Mirim que são Taió, Rio do Sul, Ituporanga, Timbó, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Itajaí e Brusque ocorrerão inundações, ultrapassando a capacidade de escoamento. A síntese do plano de proteção para a enchente provável de 50 anos é conforme segue:

- i. As medidas de contenção nas bacias serão implementadas no médio e alto vale através de contenção de água de chuvas nas arrozeiras (total de 22.000 ha), barragens de pequeno porte (total de 41.000.000 m<sup>3</sup>), sobre-elevação do vertedouro das barragens Sul e Oeste (+ 2 metros cada) e operação de descarga preventiva das barragens hidrelétricas da CELESC (4.900.000 m<sup>3</sup>).

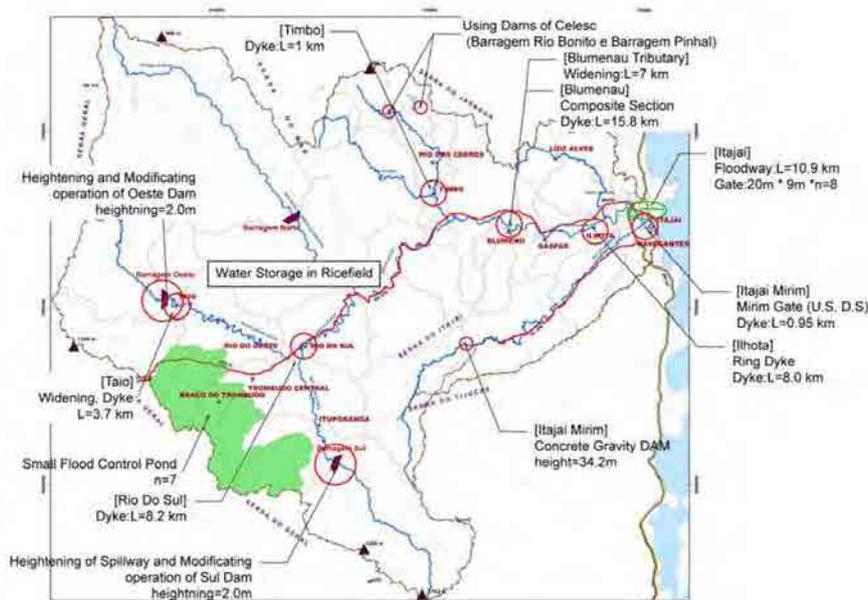
- ii. Porém, os efeitos das medidas de contenção nas bacias são limitados, portanto, nas cidades de Rio do Sul, Taió e Timbó, serão construídos diques para aumentar a capacidade de escoamentos, na cidade de Blumenau serão utilizadas as áreas de preservação permanente (APP) às margens dos rios, transformando-as em leito de inundação, combinando com a elevação da altura das avenidas que irão servir de diques.
- iii. As medidas na cidade de Itajaí serão instalações de comportas e diques no Rio Itajaí Mirim, porém no Rio Itajaí-açu será construído o canal extravasor (à jusante da BR-101 até a praia de Navegantes) que é mais vantajoso economicamente, comparado com a construção de diques.
- iv. No Rio Itajaí Mirim, incluindo o trecho da cidade de Brusque, a capacidade de escoamento é insuficiente, mesmo com o canal retificado dentro da cidade de Itajaí. Haverá necessidade de construir nova barragem de contenção a montante de Brusque para solucionar esses problemas (volume de contenção de 15.700.000 m<sup>3</sup>).
- v. Nos ribeirões Garcia e Velha que se desembocam na cidade de Blumenau, serão rebaixadas as calhas do rio e construído o leito de inundação nas áreas de preservação permanente (APP) para aumentar a capacidade de escoamento. Além disso, na confluência com o Rio Itajaí-açu, será construída diques nas margens do ribeirão Garcia para evitar o refluxo do Rio Itajaí-açu.
- vi. Porém, é difícil a adoção de medidas baseado no controle usual de enchentes para desastres que ocorreram em novembro de 2008 como inundações bruscas com escorregamentos, portanto, será implementado o sistema de alerta para o desastre de escorregamentos, priorizando o salvamento da vida humana.

Na tabela 16.1.1 e figura 16.1.1, serão demonstrados os custos de empreendimentos e mapa de localização do plano de prevenção para enchente provável de 50 anos.

**Tabela 16.1.1 Custo de empreendimentos do plano de prevenção para enchente provável de 50 anos**

Plano de medidas	Custos (R\$ 10 <sup>3</sup> )	Despesas de desapropriação e remoção dos moradores
Contenção das águas chuvas nas arroeiras (22.000ha)	33.000	-
Sobre-elevação da barragem (2 barragens)	33.000	-
Barragem de pequeno porte (7 lugares)	211.000	112.100 (53%)
Comportas no canal antigo Rio Itajaí Mirim (2 lugares)	44.000	-
Canal extravasor: 10.9km	593.000	29.400 (5%)
Nova barragem de contenção para Brusque ( 1 barragem)	95.000	15.900 (17%)
Melhoramento no canal de rio em Taió: 3,7km	114.000	54.000 (47%)
Melhoramento no canal de rio em Rio do Sul: 8,2km	268.000	205.200 (77%)
Melhoramento no canal de rio em Timbó: 1.0km	22.000	13.400 (61%)
Melhoramento no canal Itajaí-açu em Blumenau: 15,8 km	267.000	231.000 (88%)
Melhoramento no canal dos ribeirões de Blumenau: 7,0 km	196.000	171.500 (88%)
Diques em anel em Ilhota: 8 km	70.000	61.500 (88%)
Melhoramento do canal do Rio Itajaí Mirim: 0,95km	50.000	32.200 (64%)
<b>Total</b>	<b>1.996.000</b>	<b>926.500 (46%)</b>

Fonte: Equipe de estudos da JICA



Fonte: Equipe de estudos da JICA

**Figura 16.1.1 Mapa de localização do plano de prevenção para enchente provável de 50 anos**

(3) Síntese do plano de fortalecimento do sistema de alerta para enchentes

Atualmente o sistema de alerta para enchentes é operado pela FURB/CEOPS e a rede de estações é composta por 14 estações para medições pluviométricas e nível da água e mais 2 estações somente para medições pluviométricas. Com o intuito de melhorar a precisão das previsões de enchentes, serão instaladas mais 13 estações de medições pluviométricas e nível da água, além de instalar câmara de circuito fechado (CCTV) nas cidades de Rio do Sul, Blumenau e Itajaí. O custo de implementação foi estimado em 4 milhões de reais.

16.1.3 Implementação gradativa das medidas de prevenção para a enchente provável de 50 anos

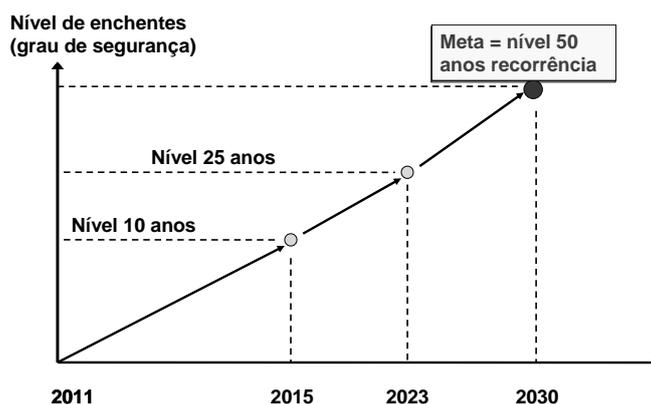
(1) Estratégia de implementação com o estabelecimento do grau de prioridade

Para atingir o grau de segurança para enchente provável de 50 anos na bacia do Rio Itajaí, requer recursos altíssimos, importância em torno de 2 bilhões de real e longo tempo para implementação de todas as medidas propostas. Portanto, é importante estabelecer a prioridade e etapa de implementação para cada medida de enchentes proposta, aumentando gradualmente o grau de segurança ao longo do tempo, combinando com as medidas não estruturais (melhoria do sistema de alerta para enchentes) para atenuar os danos de enchentes.

(2) Escolha dos projetos prioritários para a 1ª fase

O objetivo da implementação dos projetos da 1ª fase depende da dotação orçamentária para implementação dos projetos do governo do Estado (capacidade de endividamento), no entanto, seria plausível a adoção do plano de enchentes com grau de segurança para 10 anos.

Nas tabelas 16.1.2 e 16.1.3 abaixo, estão demonstrados os planos e sínteses das medidas para cada grau de segurança. Importante ressaltar que as medidas foram formuladas para cada plano de enchente de forma independente.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 16.1.2 Ilustração da implementação gradual das medidas de enchentes**

Nos planos de medidas para enchentes de 10 anos e 25 anos foi proposta a construção de diques nas margens direita do Rio Itajaí-açu, no entanto, para o plano de 50 anos foi proposto construção de canal extravasor. No entanto, a medida de construção dos diques na margem direita não será implementada para evitar conflitos no processo futuro de implementação gradual dos projetos de medidas. Por outro lado, do ponto de vista de controle das enchentes o canal extravasor que está sendo proposto para o plano de enchentes de 50 anos surte efeito também para os planos de 5, 10 e 25 anos e a proposta de construção dos diques na margem direita do Rio Itajaí-açu torna-se desnecessária para os planos de 5, 10 e 25 anos. Nesse sentido, seria recomendável a construção do canal extravasor já na 2ª fase de implementação.

Na tabela 16.1.3, as medidas que foram propostas no Plano Diretor para cada plano de enchentes foram subdivididas em duas grandes categorias para facilitar a compreensão do Comitê do Itajaí e da comunidade da Bacia. A medida na bacia significa “contenção na bacia para reduzir a vazão de enchente” e a medida no canal de rio significa “aumento da capacidade de escoamento através do melhoramento fluvial na calha do rio”.

**Tabela-16.1.2 Planos de medidas para cada grau de segurança**

Medidas	Projetos	5 anos	10 anos	25 anos	50 anos
Medidas na bacia	Contenção de águas de chuvas nas arrozeiras	○	○	○	○
	Barragens de pequeno porte	○	○	○	○
	Sobre-elevação da barragem (Oeste)			○	○
	Sobre-elevação do vertedouro (Sul)				○
	Nova barragem de contenção de cheias (Rio Itajaí Mirim)				○
	Melhoria no funcionamento das barragens de contenção de cheias (2)	○	○	○	○
	Mudança no funcionamento das barragens hidrelétricas (2)		○	○	○
Medidas no canal de rio	Rio Itajaí-açu, trecho da cidade de Rio do Sul			○	○
	Rio Itajaí Oeste, trecho da cidade de Taió			○	○
	Rio Benedito, trecho da cidade de Timbó			○	○
	Rio Itajaí-açu, trecho da cidade de Blumenau				○
	Diques em anel na cidade de Ilhota			○	○
	Ribeirão Garcia e Ribeirão Velha, na cidade de Blumenau	○	○	○	○
	Rio Itajaí-açu na cidade de Itajaí		○	○	
	Canal extravasor em Itajaí/Navegantes				○
Comportas e melhoramento fluvial do Rio Itajaí Mirim em Itajaí	○	○	○	○	

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Tabela 16.1.3 Síntese do Plano de Medidas para cada grau de segurança**

Medidas	Projetos	5anos	10 anos	25 anos	50 anos
Medidas na bacia	Contenção de água de chuva nas arrozeiras	22000 ha	22000 ha	22000 ha	22000 ha
	Barragens de pequeno porte	2	5	7	7
	Sobre-elevação da barragem (Oeste)			2 m	2 m
	Sobre-elevação do vertedouro (Sul)				2 m
	Nova barragem para cheias (Itajaí Mirim)				1
	Melhoria de operação e funcionamento das barragens (2)	2 barragens	2 barragens	2 barragens	2 barragens
Medidas no canal de rio	Mudança no funcionamento das barragens hidrelétricas (2 barragens)		2 barragens	2 barragens	2 barragens
	Rio Itajaí-açu, trecho da cidade de Rio do Sul			Aprofundamento 10.3km a jusante	Diques 8.1km
	Rio Itajaí Oeste, trecho da cidade de Taió			Aprofundamento 3.7km	Diques 3.7km
	Rio Benedito, trecho da cidade de Timbó			Aprofundamento 1km	Diques 1km
	Rio Itajaí-açu, trecho da cidade de Blumenau				Diques 15.8 km
	Diques em anel na cidade de Ilhota			Diques 8km	Diques 8km
	Ribeirão Garcia e Ribeirão Velha, na cidade de Blumenau	Aprofundamento/dique 7.0km	Aprofundamento/dique 7.0km	Aprofundamento/dique 7.0 km	Aprofundamento/dique 7.0 km
	Rio Itajaí-açu na cidade de Itajaí		Diques 12.8 km	Diques 12.8 km	
	Canal extravasor Itajaí/Navegantes				10.9 km
Comportas e melhoramento fluvial do Rio Itajaí Mirim em Itajaí	2 comportas e 0.95km diques	2 comportas e 0.95km diques	2 comportas e 0.95km diques	2 comportas e 0.95km diques	

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Na escolha dos projetos prioritários para a 1ª fase deverão levar em consideração os pontos abaixo.

- i. Para conseguir o consenso, é importante considerar as intenções do Comitê do Itajaí que é instituição responsável pelo plano de desenvolvimento da bacia e pelo gerenciamento dos recursos hídricos na Bacia nos projetos prioritários. As medidas de contenção das águas de chuvas nas arrozeiras e construção de pequenas barragens são propostas constantes no Plano Diretor de Recursos Hídricos do Comitê do Itajaí e coincidem com os propósitos do Comitê. O grau de prioridade dessas medidas na bacia é alto.
- ii. Meta para a implementação das medidas é grau de segurança para enchente provável de 50 anos e os empreendimentos da 1ª fase é plano temporário. Para atingir a meta final necessita de longo tempo, portanto, haverá necessidade de optar pelo plano de enchente com grau de segurança menor. Isso significa que o grau de prioridade do plano de fortalecimento do sistema de alerta é alto para atenuar os danos de enchentes e evitar as perdas de vidas humanas.
- iii. As cidades que necessitam das medidas de enchentes com urgência são: Rio do Sul, dois ribeirões dentro da cidade de Blumenau (Garcia e Velha), e Itajaí.
- iv. A sobre-elevação do vertedouro das barragens haverá necessidade no plano de enchentes de 25 anos, no entanto, é recomendável implementar a sobre-elevação do vertedouro na 1ª fase devido ao risco de transbordamento, portanto, o grau de prioridade é alto.
- v. O Canal extravasor irá solucionar o problema de enchentes em Itajaí de forma definitiva, porém, há necessidade de avaliar diversos problemas tais como a sedimentação no próprio canal ou na praia de Navegantes e degradação ambiental causada pela intrusão salina. O grau de urgência é alto, no entanto, há necessidade de dedicar mais tempo para analisar as soluções do ponto de vista ambiental. Há necessidade também de encontrar a forma de utilização em tempos normais, conforme discussão ocorrida na audiência pública.

- vi. No canal antigo do Rio Itajaí Mirim há falta da capacidade de escoamento mesmo com enchente menor do que 5 anos ocorrem inundações frequentes, portanto, o grau de urgência para adoção das medidas de enchentes é alto.
- vii. Os Ribeirões Garcia e Velha de Blumenau são rios urbanos típicos com concentração de residências nas margens e o custo de desapropriação e relocação dos moradores representa 97% dos custos totais para o plano de enchentes de 5 anos de recorrência, 89% dos custos para o plano de 10 anos de recorrência, quase que totalidade dos custos é de desapropriação e relocação dos moradores. O grau de urgência é alto, no entanto, necessita de longo tempo para a negociação e consenso para remoção dos moradores, além da necessidade de assegurar o local de relocação.
- viii. Em relação às barragens de pequeno porte, o levantamento aerofotogramétrico iria concluir antes de terminar a elaboração do Plano Diretor do presente estudo, porém, o cronograma de levantamento está atrasado e o mapa com escala 1:10000 não foi disponibilizado à equipe, portanto, a localização dessas barragens foi selecionada baseada no mapa com escala 1:50000 (curva de nível equidistantes 20 metros) disponível no momento. O mapa com escala 1:10000 é necessário para escolher o local dessas barragens com alto grau de precisão, portanto, o projeto de barragens de pequeno porte não será objeto de estudos na fase do Estudo de Viabilidade.

Baseado nas considerações acima, os projetos prioritários para a 1ª fase são recomendados a relação abaixo:

- Contenção de águas de chuvas nas arrozeiras
- Melhoria na operação das comportas e funcionamento das barragens, e sobre-elevação do vertedouro (2 barragens)
- Mudança no funcionamento das barragens hidrelétricas
- Fortalecimento do sistema de alarme para enchentes
- Instalação de comportas e melhoramento fluvial do Rio Itajaí Mirim na cidade de Itajaí.

O projeto da barragem de pequeno porte deverá ser executado pelo Comitê do Itajaí como parte do programa do Plano Diretor de Recursos Hídricos, dissociado com os projetos da 1ª fase de Estudo de Viabilidade (na reunião do dia 07 de dezembro de 2010, o Comitê do Itajaí concordou com isso). Caso a implementação pelo Comitê do Itajaí sofra atraso, a proposta é executar esse projeto na 2ª fase de implementação, cuja execução da obra será realizada pela Empreiteira.

#### 16.1.4 Avaliação dos projetos considerando os estudos socioambientais

**Tabela 16.1.4 Avaliação das medidas de proteção (1/2)**

Componentes da Avaliação	Contenção da água da chuva nas arvozeiras	Melhoria da operação e sobre-elevação das barragens	Barragens de pequeno porte	Comporta no canal antigo do Rio Itajaí Mirim	Canal extravasor em Itajaí /Navegantes	Nova barragem de contenção de cheias no rio Itajaí Mirim
Custo de implementação	33.000 (A)	33.000 (A)	211.000 (B)	44.000 (A)	593.000 (C)	95.000 (B)
Nível de segurança da enchente	5 anos	10 anos	5 anos	5 anos	5 anos (sem diques)	50 anos
Grat de urgência social de cada nível de segurança da enchente	(A) Deve ser implementado logo embora seu efeito seja menor que dos outros.	(A) A frequência da inundação em Rio Sul é alta e o risco de inundação em Itajaí é alto por causa da deficiência da capacidade da barragem. A prioridade desta medida é razoavelmente alta.	(A) A frequência da inundação em Rio do Sul é alta, é urgente para aumentar o nível de segurança. Sua água também pode ser utilizada para irrigação.	(A) A frequência de inundação ao longo do velho leito do Itajaí Mirim é razoavelmente alta, é uma medida urgente.	(A) Este é o modo mais efetivo de proteger a cidade de Itajaí que é a mais importante economicamente na bacia. É necessária e o nível de urgência é razoavelmente alto.	(C) O nível de urgência é baixo porque esta medida não é necessária até enchente de 25 anos.
Impactos sociais	(A) Afeta a área agrícola só quando chegam as enchentes.	(A) Há apenas alguns poucos impactos para as pessoas que moram próximo às barragens por causa da elevação das mesmas.	(B) Haverá a necessidade de alguns reassentamentos quando a barragem for usada para fins agrícolas.	(A) O impacto é insignificante.	(C) Os impactos sociais são grandes por causa da grande quantidade de aquisição de terras, reassentamentos, divisão da comunidade e construção de uma nova ponte.	(C) Esta medida requer alguma aquisição de terras e reassentamentos por que se trata de uma nova barragem.
Impactos sobre ambientes naturais	(A) O impacto é insignificante.	(A) O mesmo que à esquerda.	(B) Existe pouco impacto no ecossistema por causa do barramento.	(A) O impacto é insignificante porque é uma medida apenas para o velho leito.	(B) Existem vários problemas para os quais se deve realizar estudo preliminar sobre o balanço da sedimentação, salinização, etc.	(B) Os impactos negativos no ecossistema e na paisagem podem ser minimizados porque o objetivo desta barragem é apenas o controle de enchentes.
Impactos negativos à jusante	(A) Não haverá impactos negativos porque se trata de uma medida de armazenamento na bacia.	(A) O mesmo que à esquerda.	(A) O mesmo que à esquerda.	(A) O impacto é insignificante porque é uma medida para a cidade de Itajaí, sem impacto à jusante.	(A) O mesmo que à esquerda.	(A) Não haverá impactos negativos porque se trata de uma medida de armazenamento na bacia.
Dificuldades técnicas	(A) Não há dificuldade na implementação.	(A) O mesmo que à esquerda.	(A) O mesmo que à esquerda.	(A) O mesmo que à esquerda.	(B) Existem vários problemas para os quais se deve realizar estudo preliminar sobre o balanço da sedimentação, salinização, etc.	(A) Não há dificuldade na implementação.
Tempo para realização do efeito positivo	(A) A efetividade ocorrerá de acordo com a área de implementação, embora a área meta seja vasta.	(A) O período de construção não é muito longo, mas não haverá efeito antes da conclusão da construção.	(A) Demanda tempo encontrar um local apropriado para atender às necessidades agrícolas.	(A) O período de construção não é muito longo, mas não haverá efeito antes da conclusão da construção.	(B) Demora um longo tempo obter a licença ambiental, e o período de construção será de 5 a 6 anos. O efeito desta medida não aparecerá antes da conclusão.	(B) Pode demorar para obter a licença ambiental, e o período de construção será de 3 a 4 anos. O efeito desta medida não aparecerá antes da conclusão.
Dificuldade de obter consenso	(A) A demanda das organizações é alta porque esta medida vem de uma proposta da CRAVIL.	(A) Existem algumas opiniões contrárias e o efeito negativo é pequeno.	(B) É uma barragem pequena, embora o consenso possa demorar.	(A) Existem algumas opiniões contrárias e o efeito negativo é pequeno.	(B) Existem muitos pontos obscuros sobre o impacto ambiental, havendo necessidade de tempo para estudar o impacto exato.	(C) Pode demorar muito tempo para chegar-se a um consenso, porque o comitê do Itajaí é contrário a toda construção de intersecção com o rio.
Prioridade para a 1ª fase do Estudo de Viabilidade (avaliação abrangente)	(AA) A prioridade para a 1ª fase é alta, porque é necessário avaliar o efeito do investimento.	(AA) A prioridade para a 1ª fase é muito grande como resultado da consideração abrangente.	(A) Não foi possível encontrar o local por falta de um mapa preciso, e levará tempo para chegar a um consenso sobre a aquisição de terras e reassentamentos após a definição do local.	(AA) A prioridade para a 1ª fase é muito grande como resultado da consideração abrangente.	(B) O efeito da redução da inundação é claro, por outro lado, levará tempo para chegar a um consenso e para obter a licença ambiental. Portanto, esta medida deve ser implementada na 2ª fase.	(B) O nível de urgência é baixo e demorará para estar pronto para a construção, portanto esta medida deve ser implementada na 2ª fase.

Legenda: A: Sem impacto negativo / fácil  
 B: Alguns impactos negativos / difícil em certa medida  
 C: Muitos impactos negativos / muito difícil  
 Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Avaliação abrangente: AA: A medida mais prioritária com pouco impacto negativo  
 A: O nível de prioridade é alto embora com alguns impactos negativos  
 B: Deve ser implementado depois de resolver as dificuldades

**Tabela 16.14 Avaliação das medidas de proteção (2/2)**

Componentes da Avaliação	Melhoria do leito do rio em Taió	Melhoria do leito do rio em Rio do Sul	Melhoria do leito do rio em Timbó	Melhoria do leito do rio Itajaí-açu em Blumenau	Diques em anel em Ilhota	Melhoria do antigo leito do rio Itajaí Mirim	Melhoria dos leitos dos córregos em Blumenau
Custo de implementação	114.000 (B)	268.000 (B)	22.000 (A)	267.000 (B)	70.000 (A)	50.000 (A)	169.000 (B)
Nível de segurança da obra	25 anos (B)	25 anos (B)	25 anos (B)	50 anos (C)	25 anos (B)	5 anos (A)	5 anos (A)
Grau de urgência social de cada nível de segurança da obra	Esta medida não é urgente porque Taió é uma cidade pequena, não sendo necessária até enchente de 10 anos.	Não é urgente porque esta medida não é necessária até enchente de 10 anos.	Esta medida não é urgente porque Taió é uma cidade pequena, não sendo necessária até enchente de 10 anos.	Esta medida não é necessária até enchente de 25 anos. O nível de urgência se deve em parte porque Blumenau é uma cidade grande.	Não é urgente porque esta medida não é necessária até enchente de 10 anos.	A inundação ocorre na cidade de Itajaí com enchentes de menos de 5 anos de recorrência, portanto esta medida é urgente.	A área a montante destes rios é mais crítica a partir de enchentes de 10 anos. Na enchente de 25 anos, o restante da bacia inundaria. O nível de urgência é
Impactos sociais	Esta medida inclui alguns reassentamentos.	Esta medida implica no alargamento do leito do rio, requerendo aquisição de terras, reassentamentos e reconstrução da ponte.	Esta medida implica em alguma aquisição de terra e reassentamentos embora a cidade seja pequena.	O local de melhoria mais importante é o centro da cidade, o impacto não é apenas a aquisição de terras e reassentamentos, mas também realocação de hotéis e	Há impactos na divisão da comunidade e na aquisição de terras, mas no total o impacto é pequeno.	Não há impactos nas residências embora a área do projeto seja uma área residencial.	O impacto é razoavelmente grande porque esta medida implica no alargamento do rio em área residencial, com muita aquisição de terras e reassentamentos.
Impactos sobre ambientes naturais	Existente o impacto negativo da turbidez da água apenas na fase da construção.	Esta medida não inclui escavações, mas o alargamento do rio e a construção de dique. Existe um impacto ambiental pequeno.	Esta medida não inclui escavações, mas o alargamento do rio e a construção de dique. Existe um impacto ambiental pequeno.	O impacto ambiental é razoavelmente grande porque a construção será feita no centro da cidade.	Há apenas os impactos da construção.	O impacto é pequeno porque é no leito antigo.	Na fase da construção, a construção do dique causará ruídos temporariamente na área residencial.
Impactos negativos à jusante	Esta medida pode aumentar o fluxo de água. A medida de armazenamento e as medidas à jusante devem ser feitas antes desta medida.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	A planície de inundação será preservada com os diques em anel, portanto não haverá impactos à jusante.	O impacto é insignificante porque é uma medida para a cidade de Itajaí, sem impacto à jusante. Existe uma grande diferença dos momentos de pico com o rio Itajaí-açu.	O volume de fluxo do rio Itajaí-açu aumentará, mas haverá apenas um pequeno impacto por causa da diferença dos momentos de pico.
Dificuldades técnicas	Não há dificuldade na implementação.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.
Tempo para realização do efeito positivo	O efeito aparecerá após a conclusão da construção, embora demore para obter a licença ambiental.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O período de construção não é muito longo, mas não haverá efeito antes da conclusão da construção.	O efeito aparecerá após a conclusão da construção, embora demore para obter a licença ambiental.
Dificuldade de obter consenso	Tanto o comitê do Itajaí quanto os residentes opõem grande resistência às escavações e ao dique.	O mesmo que à esquerda.	O mesmo que à esquerda.	O comitê do Itajaí é favorável a esta medida, entretanto, é necessário e levará tempo para chegar a um consenso com os residentes.	É necessário explicar direito para os residentes e chegar a um consenso.	Existem algumas opiniões contrárias e o efeito negativo é pequeno.	O comitê do Itajaí é favorável a esta medida, entretanto, é necessário e levará tempo para chegar a um consenso com os residentes.
Prioridade para a 1ª fase do Estudo de Viabilidade (avaliação abrangente)	Esta medida é menos prioritária que a bacia de armazenamento e a melhoria do rio à montante porque existe um gargalo em Itajaí. A obtenção de consenso pode demorar, portanto esta medida deverá ser para a 2ª fase.	Não é urgente e a obtenção de consenso pode demorar, portanto esta medida deverá ser para a 2ª fase.	O mesmo que à esquerda.	O nível de urgência não é grande, e o armazenamento na bacia e as medidas à jusante devem ser feitas primeiro.	Não há problemas, exceto chegar a um consenso, mas o nível de urgência é baixo.	A prioridade para a 1ª fase é grande como resultado da consideração abrangente.	A obtenção de consenso com os residentes pode demorar, portanto esta medida deverá ser para a 2ª fase, embora seja uma medida urgente.

Legenda: A: Sem impacto negativo / fácil  
 B: Alguns impactos negativos / difícil em certa medida  
 C: Muitos impactos negativos / muito difícil  
 Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Avaliação abrangente: AA: A medida mais prioritária com pouco impacto negativo  
 A: O nível de prioridade é alto embora com alguns impactos negativos  
 B: Deve ser implementado depois de resolver as dificuldades

## 16.2 Seleção dos projetos de medidas prioritários para os desastres de escorregamentos

### 16.2.1 Medidas estruturais para os desastres de escorregamentos

Foram selecionados 67 locais para as medidas de estabilização das encostas de rodovias. As medidas de estabilização das encostas foram planejadas, tendo como escopo prevenir a ocorrência do porte dos danos de interdição da meia pista da rodovia e evento equivalente ao de 11/2008 (60 anos de recorrência). O custo geral de implementação das medidas de estabilização das encostas de rodovias foi estimado em 54 milhões de reais e foram classificados em dois grandes grupos, conforme demonstrado na tabela abaixo (valor anual de prejuízo potencial).

**Tabela 16.2.1 Custo dos projetos de medidas estruturais para os desastres de escorregamentos**

Classificação por nível de risco	Quantidade de locais	Custo do projeto em R\$ (x10 <sup>3</sup> )
Nível de risco: grande Valor anual de prejuízo potencial > R\$ 500.000	13	18.650
Nível de risco: Médio Valor anual de prejuízo potencial entre R\$ 50.000 e R\$ 500.000	54	35.374
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>54.024</b>

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

As medidas com o grau de prioridade elevado para a 1ª fase de implementação foram selecionados 13 locais com o nível de risco mais elevado. As propostas das medidas para os desastres de escorregamentos são todas medidas de estabilização das encostas de rodovias, portanto, não haverá custo de aquisição de terrenos, pois os projetos serão executados dentro da faixa de terreno da rodovia.

### 16.2.2 Sistema de alerta para os desastres de escorregamentos e inundações bruscas

No Plano Diretor, foi proposta a instalação de estação meteorológica e hidrológica automática em cada município dentro da dependência de Prefeitura e a EPAGRI/CIRAM realizará o armazenamento, controle dos dados e análise temporal desses dados. A EPAGRI/CIRAM irá efetuar o cálculo de índice referencial de chuva, baseado no índice de chuva real e previsão de chuva calculada pelo modelo WRF (Weather Research and Forecasting) e quando o volume de chuva ultrapassar esse índice referencial de chuva irá acionar a alerta ou alarme. O custo estimado para implementação é R\$ 4.000.000,00.

## 16.3 Projetos da 1ª fase de implementação que serão objetos de financiamento do Japão.

O valor estipulado para o contrato de financiamento ao Governo do Estado de Santa Catarina é em torno de 100 a 150 milhões de reais (5 a 7,5 bilhões de ienes) e foram selecionados os projetos prioritários abaixo como sendo projetos para implementação na 1ª fase do plano de enchentes com o grau de segurança de 50 anos. Os custos de desapropriação do terreno e remoção dos moradores não serão objetos de financiamento do Governo japonês, portanto, foram considerados que serão apropriados no orçamento próprio do Estado de Santa Catarina.

**Tabela 16.3.1 Custos estimados para os projetos de 1ª fase de implementação**

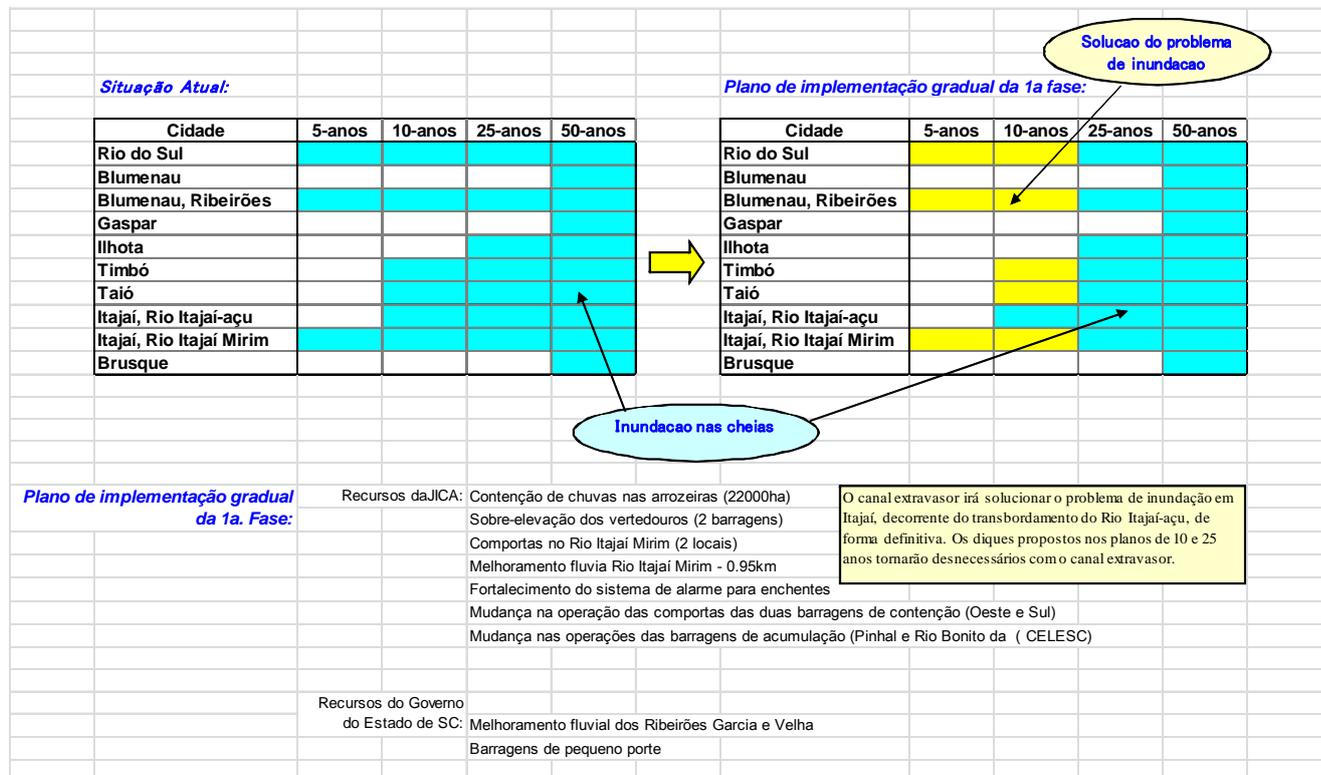
Projetos	Custos (R\$10 <sup>3</sup> )	Custos de projeto, exclusive o custo de desapropriação/remoção (R\$10 <sup>3</sup> ) (Valor objeto de financiamento)
Contenção de águas de chuva nas arroeiras (22000 ha)	33.000	33.000
Sobre-elevação das barragens (2)	33.000	33.000
Comportas no Rio Itajaí Mirim (2 locais)	44.000	44.000
Melhoramento fluvial no Rio Itajaí Mirim 0.95 km	50.000	17.800
Fortalecimento do sistema de alerta de enchentes	4.000	4.000
Medidas para escorregamentos em rodovias (13 locais)	18.650	18.650
Sistema de alerta para inundações bruscas/escorregamento	4.000	4.000
<b>Total</b>	<b>186.650</b>	<b>154.450</b>

Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Na 1ª fase de implementação dos projetos, serão propostas as melhorias nas operações das comportas das duas barragens de contenção de cheias (Oeste e Sul), além da alteração no funcionamento das duas

barragens hidrelétricas da CELESC (Pinhal e Rio Bonito) para uso de controle das enchentes. Durante a fase do Estudo de Viabilidade, será analisado o manual de operação e funcionamento.

Na 1ª fase de implementação dos projetos, a execução será através dos recursos financeiros oriundos do financiamento japonês e recursos próprios do Governo do Estado de Santa Catarina. Abaixo, a ilustração dos resultados obtidos após a implementação das medidas de cada cidade.



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

**Figura 16.13 Efeito das medidas para prevenção de enchente em cada cidade da 1ª fase de implementação dos projetos.**