



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE - CEM

Lais Ledra

**ESTUDO PARA PREVENÇÃO E ADEQUAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RIO DO SUL
ÀS ENCHENTES E INUNDAÇÕES**

Joinville, 2014

Lais Ledra

**ESTUDO PARA PREVENÇÃO E ADEQUAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RIO DO SUL
ÀS ENCHENTES E INUNDAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Graduação em
Engenharia de Infraestrutura da
Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof^a. Renata Cavion. Dr^a.

Joinville, 2014

Folha de aprovação

**ESTUDO PARA PREVENÇÃO E ADEQUAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RIO DO SUL
ÀS ENCHENTES E INUNDAÇÕES**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Renata Cavion, Dr^a.
Orientadora

Prof^a. Simone Malutta, Ms^a.
Membro

Prof. Robison Negri, Ms.
Membro

Joinville, 05 de dezembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter feito tudo acontecer da forma que tinha que ser me dando saúde e me guiando sempre para o caminho certo principalmente quando encontrei as dificuldades.

Agradecer aos meus pais, Ana Maria e Evaristo, pois sem eles não seria possível essa oportunidade de conquistar o título de engenheira. Eles e toda minha família, incluindo minha irmã Mariana, meu cunhado Hueyton e minha sobrinha Amanda, que sempre apoiaram minhas decisões, me dando forças pra continuar e nunca desistir, sendo indispensáveis nas idas e vindas para Rio do Sul.

Aos meus colegas da faculdade, Elisa Mobini, Geovana Folle e Jéssica Gumiel, que se fizeram presentes em todos os momentos desde o início da faculdade, impreterivelmente nas longas madrugadas de estudos.

Aos demais colegas e professores da graduação, em especial a coordenadora do curso de Infraestrutura, Prof^a. Dr^a. Eng. Carolina Brandão Pereira de Souza, que fez o que estava ao seu alcance, diante das dificuldades impostas no decorrer do curso.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Renata Cavion por ter aceitado esse desafio e acreditar no meu potencial, me fazendo crer que era capaz e por enriquecer esse trabalho compartilhando seus conhecimentos.

A todos que de certa forma participaram dessa conquista, o meu muito obrigado.

RESUMO

Hoje, as cidades enfrentam, além dos problemas relacionados à sua própria complexidade, os problemas sem precedentes desencadeados pela força extrema da natureza. Este trabalho apresenta a temática das enchentes e inundações, algumas causas e consequências e, ainda, os fatores associados a elas, abordando especificamente o caso da cidade de Rio do Sul, localizada em Santa Catarina. Tendo em vista que a cidade vem sofrendo os impactos desses tipos de desastres naturais, o trabalho busca adequar a cidade à ocorrência desses eventos a fim de tornar harmoniosa a convivência entre a cidade e o rio Itajaí-Açu. Com essas análises foram identificados alguns pontos críticos do município e propostos, para cada um deles, medidas estruturais de interferência com o intuito de minimizar os prejuízos causados pelas enchentes e inundações. Face a esses pontos de interferência, o próximo passo é a construção efetiva dos mesmos, tomando os cuidados necessários, quanto à população a ser deslocada principalmente.

Palavras-chave: Enchentes e inundações. Rio Itajaí-Açu. Medidas estruturais. Pontos de interferência.

ABSTRACT

The cities face problems today besides those have related with your own complexity, they face too the problems unprecedented developed by nature power. This paper presents the flooding problems, the main causes and consequences and their factors associated, analyzing a study case about the situation of Rio do Sul specifically, located in Santa Catarina. In view of the city have been suffering the problems of those natural disasters to become harmonious living together between the city and Itajaí-Açu river. With this analysis some critical points was identified in the city and for each one those was propose an interference structural measures, trying to reduce the flooding problems. Front this interference points the next step is the effective construction, taking care with the people who needs to be moved specially.

Keywords: Flooding. Itajaí-Açu river. Structural measures. Interference points.

Lista de Figuras

Figura 1 - Número de ocorrências de enchentes por país: 1974-2003	14
Figura 2 - Ilustração de locais inundados em 2008, em Santa Catarina	17
Figura 3 - Corte transversal de um rio ilustrando o leito maior e leito menor	19
Figura 4 - Ilustração de uma bacia hidrográfica	20
Figura 5 - Representação dos elementos de uma bacia hidrográfica	20
Figura 6 - Representação do esquema de funcionamento de um pluviômetro	22
Figura 7 - O hidrograma típico de uma bacia natural e resultante da urbanização	23
Figura 8 - Medidas de controle de enchentes e inundações	25
Figura 9 – Esquema do Rio Schunter, Alemanha (à esquerda) e do Rio Itajaí-Açu, Rio do Sul (à direita)	29
Figura 10 - Tipos de intervenções no espaço para o caso do rio Schunter	29
Figura 11 - Estratégias possíveis para o caso do rio Schunter	30
Figura 12 - Canal de descarga em Nova Orleans	31
Figura 13 – Representação do parque fluvial e canal liberado na Espanha	32
Figura 14 - Esquema do parque fluvial representando os 3 níveis	33
Figura 15 - Parque fluvial de Barcelos, Portugal	34
Figura 16 - Mapa de localização de Rio do Sul e os rios que o banham	35
Figura 17 - Gráfico demonstrativo da média do índice pluviométrico mensal do período a partir de 2000 até 2013	36
Figura 18- Rio do Sul e o encontro dos rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste	36
Figura 19 - Colocação de Rio do Sul quanto às inundações graduais em Santa Catarina no período de 1991 até 2010	38
Figura 20 - Colocação de Rio do Sul quanto às inundações bruscas em Santa Catarina no período de 1991 até 2010	38
Figura 21 - Enchentes ocorridas em Rio do Sul	39
Figura 22- Picos de enchentes registrados na bacia do Rio Itajaí-Açu	40
Figura 23- Pontos de localização das estações telemétricas	41
Figura 24 - Comparativo das enchentes de 1983 (à esquerda) e 2011 (à direita)	42
Figura 25 - Divisão das principais bacias hidrográficas de Santa Catarina	43
Figura 26 - Localização das barragens	44
Figura 27 - Mapa de zoneamento da cidade de Rio do Sul	47
Figura 28 - Barragem Oeste	48
Figura 29 - Barragem Sul	49
Figura 30 - Barragem Norte	49
Figura 31 - Características das barragens do Alto Vale do Itajaí	50
Figura 32 - Mapa com as cotas de enchente de Rio do Sul	52
Figura 33 – Localização dos pontos de interferência em Rio do Sul	54
Figura 34- Localização da área de intervenção do ponto 1	56
Figura 35 - Esquema de um reservatório para controle a amortecimento de enchentes e inundações	56
Figura 36 - Piscinão da Vila Pauliceia, em São Bernardo (SP), com capacidade para absorver 380 milhões de litros de água	58
Figura 37 - Localização da área de intervenção do ponto 2	58
Figura 38 - Localização da área de intervenção do ponto 3	59

Figura 39 - Demonstração e localização das propostas 2 e 3	59
Figura 40 - Remoção e Realocação da população.....	60
Figura 41 - Parque Harry Hobus com os diferentes níveis	61

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	PREJUÍZOS CAUSADOS PELAS INUNDAÇÕES	13
2.2	PRINCIPAIS CAUSAS DAS ENCHENTES	18
2.2.1	A Natureza	18
2.2.1.1	<i>Bacias hidrográficas</i>	19
2.2.1.2	<i>Índice pluviométrico</i>	21
2.2.2	O Homem	23
2.3	MEDIDAS DE CONTROLE	25
2.3.1	Medidas estruturais	26
2.3.2	Medidas não estruturais	27
3.	EXPERIÊNCIAS E SOLUÇÕES	28
3.1	EXEMPLO 1 – SCHUNTER, BRAUNSCHWEIG, ALEMANHA	28
3.2	EXEMPLO 2 – GALLEGO, ZUERA, ESPANHA	32
4.	RIO DO SUL	35
4.1	INUNDAÇÕES BRUSCAS E GRADUAIS (HISTÓRICO)	37
4.2	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ-AÇU	42
4.3	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS APLICADAS EM RIO DO SUL	46
4.4	MEDIDAS ESTRUTURAIS APLICADAS EM RIO DO SUL	48
5.	PROPOSTAS PARA RIO DO SUL	53
5.1	AÇÃO 1: PONTO DE ARMAZENAMENTO HIDRÁULICO	55
5.2	AÇÃO 2: PONTO DE ARMAZENAMENTO E DIRECIONAMENTO DAS ÁGUAS	57
5.3	AÇÃO 3: PONTO DE DESACELERAÇÃO/DESVIO DO ESCOAMENTO	59
5.4	CONSIDERAÇÕES	61
6.	CONCLUSÕES E DISCUSSÕES	63
	BIBLIOGRAFIA	66

1. INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização traz uma série de benefícios à sociedade, tais como o desenvolvimento econômico, a integração social e diversificação cultural. Porém, se não houver planejamento e controle, a urbanização também pode causar inconvenientes que desafiam os centros urbanos. Exemplo disso é a exagerada impermeabilização do solo que contribui de modo direto nos impactos gerados pelos desastres naturais em áreas urbanas.

Em geral, nas metrópoles do Brasil, assim como em muitos outros países, a drenagem urbana foi vista com pouca importância durante o processo veloz de urbanização. Este fator, somado ao aumento significativo da impermeabilização do solo provocou a aceleração dos escoamentos superficiais, o aumento no pico de vazão e, conseqüentemente, uma maior frequência e intensidade das inundações urbanas. Além da ausência do planejamento urbano na maioria das cidades brasileiras, algumas delas enfrentam, ainda, a falta de saneamento básico (com esgotos a céu aberto) que pode desencadear uma série de doenças ocasionadas pelo contato da população com as águas contaminadas, tornando a situação das enchentes e inundações mais agravante (CANHOLI, p. 15-17, 2005).

As inundações urbanas podem ocorrer devido a vários fatores. Num âmbito geral, esses fatores podem ser classificados em ações antrópicas e ações naturais. As ações antrópicas estão relacionadas principalmente com a alteração do espaço natural em espaço construído. Já as ações naturais estão relacionadas, sobretudo, com as condições meteorológicas e às características dos cursos de cada rio. Outras ocorrências, relacionadas às ações naturais, podem atingir a população através de deslizamento de encostas e rompimento de taludes, por exemplo, ambos comprometendo as residências e ameaçando a segurança das pessoas nas áreas das cidades afetadas pela inundação. Por esses motivos é necessária a

consideração de todos os prejuízos causados, tanto para as pessoas que ficam desabrigadas, quanto para a cidade que tem sua economia, turismo e infraestrutura abalados.

A busca por alternativas para solucionar tal problema passa pela aplicação de medidas estruturais e não estruturais. As medidas não estruturais estão ligadas aos procedimentos burocráticos: leis de preservação, monitoramento, delimitação de áreas ocupáveis, etc. São mais rápidas de serem implantadas e, quando eficientes, reduzem as perdas humanas e financeiras. Já as medidas estruturais são aquelas que requerem mudanças de fato, principalmente nas estruturas físicas dos rios e de seus entornos, como barragens de contenção e diques. Essas medidas abrangem as obras de engenharia a serem realizadas para amenizar o problema, compreendendo o foco de pesquisa deste trabalho.

A ocorrência de enchentes e inundações está cada vez mais frequente no cenário nacional. Essas catástrofes naturais tem causado uma série de prejuízos, tanto para os municípios quanto para os estados. De acordo com os dados da Defesa Civil de Santa Catarina (2011), o ano de 2011 foi aquele com maior número de registro de situação de emergência no estado, superando o ano de 2004, quando o furacão Catarina atingiu a região Sul, e de 2008, ano em que a enchente causou a morte de 135 pessoas e colocou 11 municípios em estado de calamidade em todo o estado (SANTA CATARINA, 2012). Só na segunda quinzena do mês de Junho de 2014, o número de pessoas afetadas no estado devido às chuvas se aproximava de 650 mil. Na ocasião, 48 municípios decretaram situação de emergência, a maioria deles pertencente ao grande Oeste Catarinense.

Nesse contexto, este trabalho se debruça sobre a problemática enfrentada pela cidade de Rio do Sul, localizada na Mesorregião do Vale do Itajaí, em Santa Catarina. Devido aos vários problemas causados pelas enchentes e inundações¹ presentes de modo marcante nos últimos sete anos, Rio do Sul busca, hoje, alternativas que auxiliem nas suas respostas aos impactos enfrentados. Desse

¹ Este trabalho usa as definições de enchente e inundação descritas por Carvalho et al (2007 apud NICOLAO, 2011), onde enchente é a elevação temporária do nível da água do rio e inundação é quando há o transbordamento do canal, ultrapassando a capacidade de descarga da calha do curso d'água de modo a atingir as áreas marginais onde não é comum concentrar água.

modo, este trabalho tem como objetivo propor diretrizes de soluções estruturais que contribuam para o preparo da cidade no enfrentamento deste fenômeno.

Além disso, outros objetivos específicos são definidos:

- Investigar a respeito das soluções adotadas para lidar com enchentes e inundações por outros lugares: Identificar as medidas adotadas para verificar os resultados através dos efeitos positivos.
- Verificar soluções já adotadas para a bacia do rio Itajaí-Açu: Essa análise possibilita refletir sobre os aspectos que devem ser melhorados para que a cidade de Rio do Sul tenha respostas positivas no enfrentamento dos fenômenos de enchentes e inundações, considerando as características particulares da cidade, como aquelas relacionadas à bacia hidrográfica do Itajaí.

Assim, este trabalho está dividido em seis capítulos.

No primeiro Capítulo é feita a introdução ao tema da pesquisa.

O segundo Capítulo apresenta a revisão bibliográfica sobre os assuntos vinculados ao tema principal, abordando os fatores de influência das enchentes e inundações. São também apontados os prejuízos causados, as principais causas e as ações, divididas em dois agentes: o homem e a natureza.

No terceiro Capítulo são mencionadas as soluções estruturais existentes e alguns exemplos de cidades que buscaram uma maior eficiência através de ações corretivas. Essas experiências são citadas com o propósito de investigar soluções já aplicadas que possam servir como exemplos para a cidade de Rio do Sul.

O quarto Capítulo aborda o estudo de caso de Rio do Sul, expondo sua situação crítica, acentuada nos últimos anos. Informações características sobre temperatura, clima, geografia, número de registros de enchentes e decretos de situação de emergência também são mostrados neste capítulo.

Posteriormente, no quinto Capítulo, são exibidas linhas de pensamento englobando as propostas de possíveis soluções, ponto central deste trabalho.

Por fim, no último Capítulo, são dispostas as conclusões baseadas nas diversas diretrizes propostas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

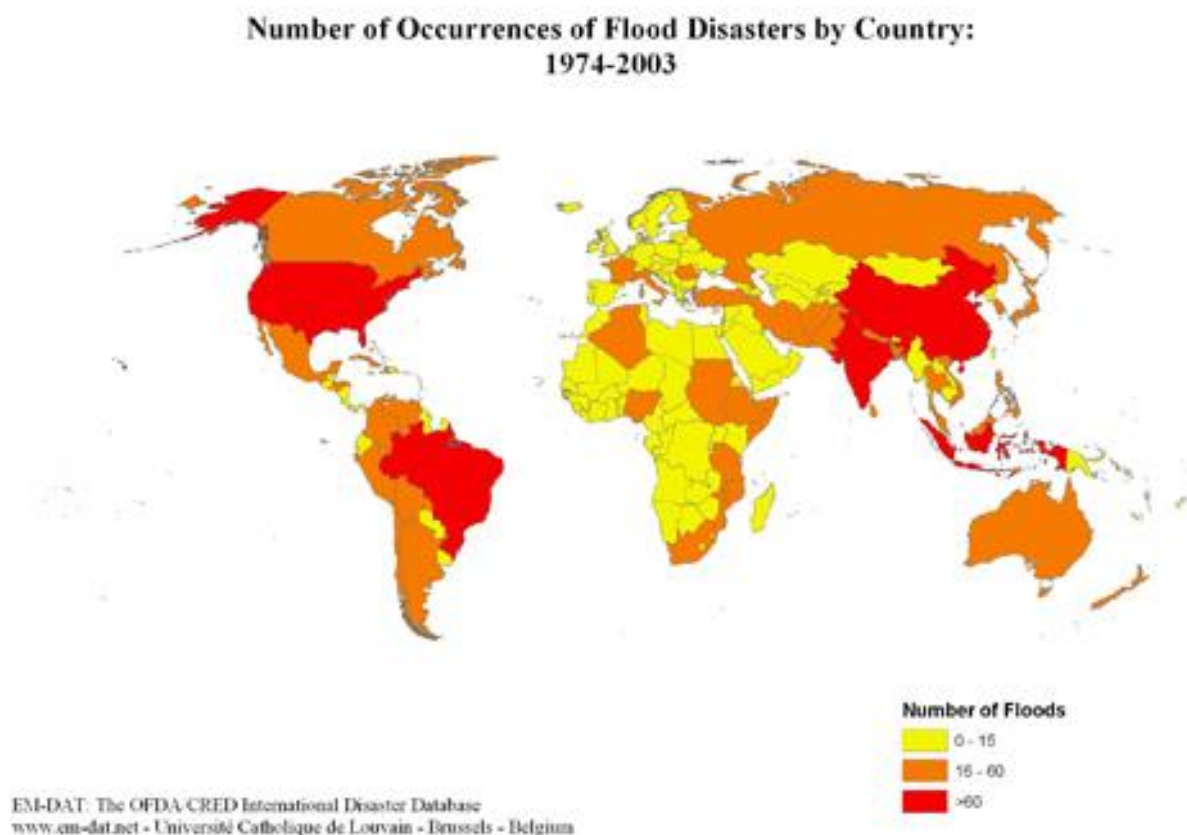
Este Capítulo busca apresentar uma visão geral sobre as enchentes e inundações mostrando, primeiramente, os diferentes tipos de prejuízos que elas podem causar. Posteriormente, são discutidas as principais causas das enchentes e inundações urbanas, mostrando quais fatores estão associados à ocorrência desses eventos.

Alguns dos elementos como índice pluviométrico e bacia hidrográfica, que interferem diretamente sobre as enchentes e inundações urbanas, são listados, assim como seus conceitos pertinentes. Além disso, são apresentadas também neste Capítulo as medidas de controle de cheias, organizadas em duas categorias: medidas estruturais e não estruturais. Cada qual expressa, de forma sucinta, os métodos que podem ser empregados nas ações, sejam elas corretivas ou preventivas.

2.1 PREJUÍZOS CAUSADOS PELAS INUNDAÇÕES

Em geral, as enchentes e inundações geram diversos impactos sobre as áreas urbanas. Esses impactos costumam afetar com frequência vários locais do mundo, conforme ilustrado pela Figura 1. Nessa figura pode-se observar que o território brasileiro possui um número maior que 60 ocorrências de enchentes no período de 29 anos.

Figura 1 - Número de ocorrências de enchentes por país: 1974-2003



Fonte: EM-DAT (2014).

Entre esses impactos, estão associados os problemas econômicos, sociais e físicos. Os prejuízos econômicos são, de certa forma, os mais perturbadores para a gestão urbana, uma vez que interferem e dependem diretamente dos recursos disponíveis nos cofres públicos, e que seriam destinados nem sempre para estes tipos de investimento. Já os prejuízos sociais, também bastante significativos, afetam diretamente a vida dos habitantes, que sofrem com a perda de seus bens, com a contaminação por doenças e, em algumas situações extremas, com a perda de vidas, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Os dez maiores desastres naturais ocorridos no Brasil, com base no número de mortes, desde 1900 até 2014

Disaster	Date	No Killed
Epidemic	01/01/1974	1500
Flood	11/01/2011	900
Flood	23/01/1967	785
Mass movement wet	19/03/1967	436
Flood	11/01/1966	373
Mass movement wet	11/01/1966	350
Flood	14/03/1969	316
Flood	jan/79	300
Epidemic	mai/84	300
Flood	1988	300

Fonte: EM-DAT (2014).

É importante ressaltar que na tabela acima representada não constam todas as enchentes sofridas pelo país, ou seja, muitos outros desastres naturais do mesmo gênero já causaram danos catastróficos, porém o número de morte foi abaixo dos que foram citados. De acordo com DEARO (2011), em se tratando no número de mortes, o Brasil ocupa a quarta colocação com o cenário do Rio de Janeiro, no primeiro mês de 2011 onde em menos de 24 horas choveu a quantidade prevista para um mês, deixando as cidades inundadas e cedendo os solos das encostas promovendo deslizamento causando 779 mortes.

O grupo dos agravos físicos provocados pelas inundações apresenta as características que são mais visíveis em termos de percepção. Entre eles estão os deslizamentos e desmoronamentos de terra, alagamento e deterioração de rodovias, danos às edificações e comprometimento da rede elétrica.

Todos esses transtornos podem ser avaliados em dois diferentes tipos de relatórios, no Formulário de Notificação Preliminar de Desastres (NOPRED) e no Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN). Ambos são preenchidos pelo município em estado de emergência ou calamidade pública e depois encaminhados para o Governo do Estado, passando, então, pela avaliação da Defesa Civil (UFSC, 2011).

A análise desses dados permite verificar que só no ano de 2014, avaliando apenas o período de 23 a 30 do mês de Junho, o prejuízo econômico ultrapassou os R\$ 6 milhões, segundo os Formulários de Identificação de Desastres – Fide. Já o valor dos danos econômicos privados foi estimado em R\$ 114 milhões. (DEFESA CIVIL, 2014).

Esses formulários se destinam tanto para notificar os impactos quanto para medir os valores que estão associados aos prejuízos sofridos pela cidade, o que os torna importantes para serem incluídos em projetos de recuperação.

Nesse sentido, o Governo Federal possui alguns projetos para a recuperação dos municípios, bem como para ações preventivas. Um desses projetos é o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, que promove o planejamento e construção de grandes obras de infraestrutura social, urbana e logística (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014).

Um exemplo do PAC, visando a adequação do município à ocorrência das cheias, é o projeto do parque linear do rio Ressaca em São José dos Pinhais no Paraná, iniciado em 2009, que revitalizou as áreas inundáveis de 13 km² às margens de córrego.

Além desse exemplo, o Programa Minha Casa, Minha Vida também pode ser citado. Em 2008, após a catastrófica enchente no estado de Santa Catarina, prometeu 1824 apartamentos na cidade de Blumenau até o fim de 2011, o custo estimado dessas moradias provisórias atingiu R\$ 16 milhões segundo a prefeitura. Entretanto, foram mais de R\$ 500 milhões que o estado de Santa Catarina recebeu do Governo Federal para proporcionar atendimento aos municípios atingidos pelas cheias e deslizamento de terras (ESCANDIUZZI, 2011).

Este projeto em São José dos Pinhais – PR, pertencente ao PAC, totaliza **R\$42.638.140,47**, o que representa aproximadamente 9% dos R\$ 500 milhões citados anteriormente. Ou seja, se a quantia recebida por Santa Catarina, utilizada na forma de ações corretivas para reerguer as cidades surpreendidas pela enchente, fosse aplicada em ações preventivas do desastre natural, o dinheiro gasto atualmente com os prejuízos provocados pelas inundações, poderia ser investido em benefício para o estado (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014).

Santa Catarina é um dos estados brasileiros que mais sofre com problemas de enchentes e inundações, ao todo já foram feitos mais de 1500 registros oficiais, tanto de inundações bruscas quanto graduais. A primeira ocorrência registrada é do ano de 1855 e a mais recente (até a conclusão deste trabalho), foi no final do mês de Junho de 2014.

Desde então, nenhuma medida de controle que foi realizada provocou mudança significativa no cenário do estado durante a ocorrência das enchentes e inundações. As imagens abaixo (Figura 2) ilustram locais tomados completamente pela água durante a enchente que ocorreu em 2008, onde é possível observar residências inabitáveis, e meios de comunicação e transportes comprometidos.

Figura 2 - Ilustração de locais inundados em 2008, em Santa Catarina



Fonte: Defesa Civil (2008).

Segundo Poli (2013), como as vias de escoamento das cidades não dão conta de drenar tanta água e os rios estão cada vez mais estreitos e rasos, o resultado são ruas alagadas, trânsito e todo o caos conhecido.

2.2 PRINCIPAIS CAUSAS DAS ENCHENTES

As enchentes e inundações são os desastres naturais que ocorrem com maior frequência nas áreas urbanas, e ao longo dos últimos 20 (vinte) anos, esses registros vem aumentando significativamente, principalmente no estado de Santa Catarina (UFSC, 2011). As principais ações causadoras desse tipo de desastre natural estão associadas a dois agentes de forte influência sobre esses eventos, são eles: a natureza e o homem.

Os aspectos correlatos à natureza são basicamente as variáveis hidrológicas que diferem conforme o local analisado. Muitas vezes, apesar de ter conhecimento sobre os dados históricos estatísticos dessas variáveis, eles podem sofrer variações bruscas, dificultando a previsão dos mesmos. Alguns exemplos desses fatores de influência naturais podem ser listados como: assoreamento dos rios, índice pluviométrico, temperatura e climatologia em geral.

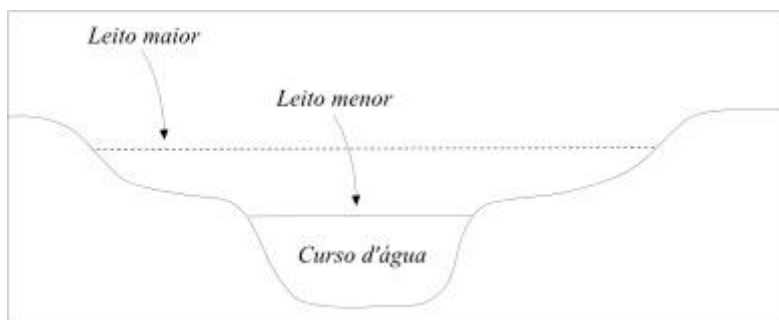
Já as ações antrópicas estão relacionadas às atividades que o homem realiza ou provoca ao longo do seu desenvolvimento, impermeabilizando as superfícies ou canalizando os rios, por exemplo.

2.2.1 A Natureza

Esse agente engloba todos os fatores que não são controlados pelo homem, como é o caso das chuvas.

Além disso, são apresentadas as estruturas morfológicas dos rios e das bacias hidrográficas. No que se refere aos rios, eles são compostos naturalmente por dois leitos, o menor, onde se dá o escoamento principal na maior parte do tempo, e o maior, que é alcançado quando ocorrem chuvas torrenciais em curto espaço de tempo (Figura 3). A forte incidência de chuva em um pequeno intervalo de tempo pode fazer com que o leito maior do rio passe a ser ocupado pela água da chuva, acarretando cheias eventuais (PENA, 2014).

Figura 3 - Corte transversal de um rio ilustrando o leito maior e leito menor



Fonte: Pena (2014).

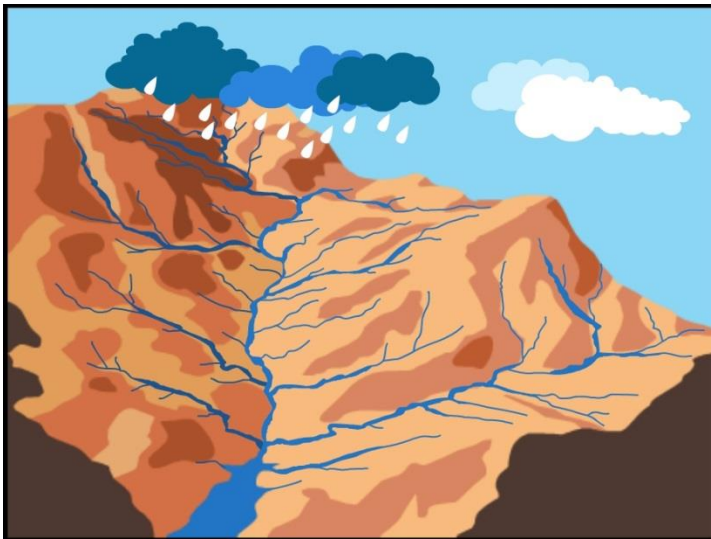
As variáveis naturais, como a precipitação efetiva, tempo da precipitação, intensidade da precipitação, vazão, escoamento superficial, tempo base e tempo de concentração da bacia, são fatores importantes para determinar os hidrogramas unitários específicos de cada região. Esses hidrogramas permitem aferir a variação da vazão resultante de uma chuva efetiva. Porém, essas variáveis hidrológicas são incontroláveis, podendo apenas estimar a mensuração delas.

Todas essas variáveis interferem nas bacias hidrográficas de alguma forma, e como cada uma possui, em geral, características específicas, fator de forma ou fator de compactidade, por exemplo, devem ser tomados os cuidados para não cometer erros nessas medições, pois elas tem forte influência sobre o comportamento das bacias.

2.2.1.1 Bacias hidrográficas

Bacias hidrográficas (Figura 4) são definidas como sendo uma área de terreno com limitantes topográficos, drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, onde toda a vazão efluente é descarregada em uma simples saída (DUNNE e LEOPOLD, 1978 apud NEGRI, 2014).

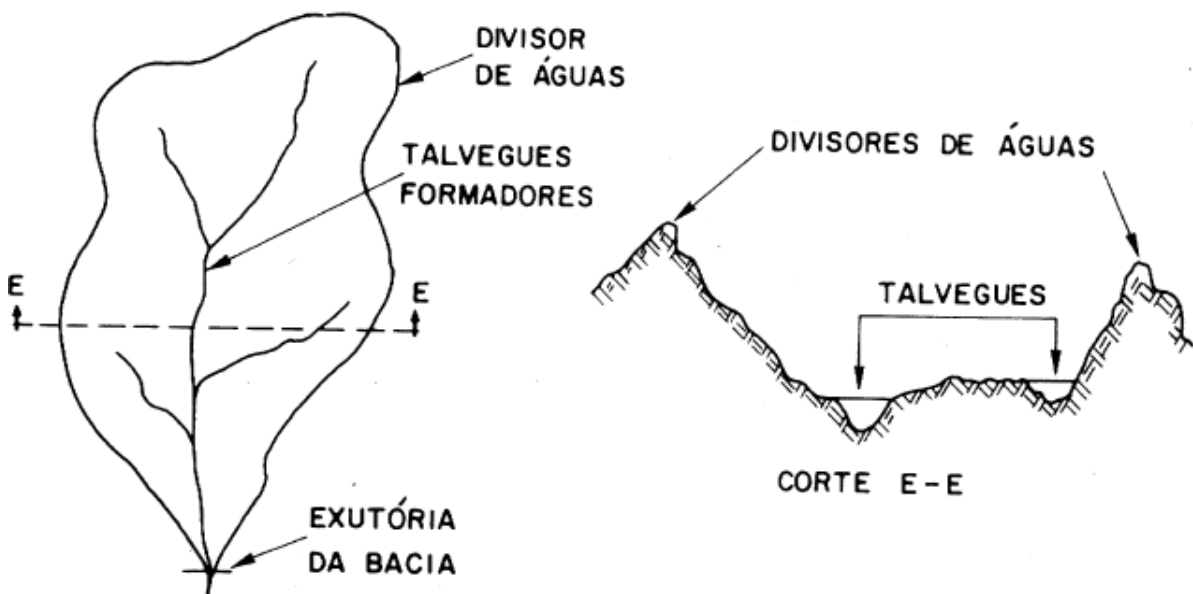
Figura 4 - Ilustração de uma bacia hidrográfica



Fonte: Toth (2011).

As bacias geralmente são compostas por sub-bacias, contendo também os divisores de água, talvegues formadores e a exutória. Na Figura 5 pode-se observar que os divisores de águas são os limitantes topográficos, os talvegues são os trechos mais profundos dos rios e, a exutória é onde acontece todo o escoamento superficial gerado no interior da bacia (VILELA 1975, apud, NEGRI 2014).

Figura 5 - Representação dos elementos de uma bacia hidrográfica



Fonte: Vilela, apud Negri (1975).

Os rios e seus afluentes que compõem uma determinada bacia fazem parte do sistema que conduz o escoamento superficial da mesma, por isso, quando ocorrem enchentes e inundações, a maioria das cidades banhadas pela bacia é atingida de alguma maneira. As bacias possuem características físicas particulares, como por exemplo, área de drenagem, tempo de concentração, fator de forma e compacidade da bacia, sistema de drenagem e relevo, que interferem no seu próprio comportamento hidrológico (NEGRI, 2014).

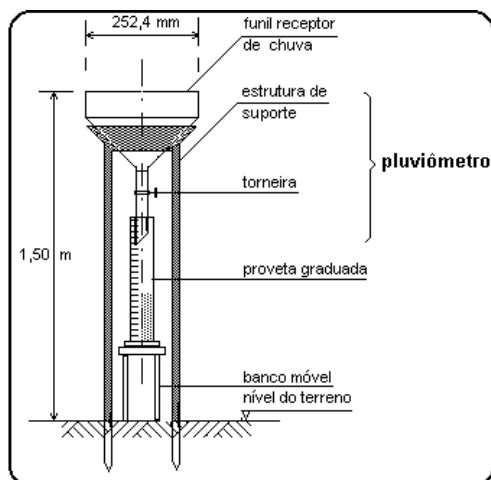
As bacias tem sua importância relacionada com as enchentes e inundações no que diz respeito à declividade, pois dependendo da magnitude dessa declividade, a vazão de escoamento na bacia é modificada. E também aos divisores de água, visto que eles são responsáveis por direcionar o escoamento superficial para um ou outro lado. Sem mencionar o índice pluviométrico, que tem influência direta com as enchentes e inundações, pois é a intensidade da precipitação, num intervalo de tempo, que comanda a ocorrência desses eventos naturais.

2.2.1.2 Índice pluviométrico

O principal fator natural atuante sobre a dinâmica hídrica das bacias é o índice pluviométrico, definido como a altura da lâmina de chuva precipitada (em mm) por metro quadrado em um determinado local, num certo período de tempo. A medição da lâmina é feita normalmente com um pluviômetro incorporado as várias estações meteorológicas, as quais estão espalhadas pela região que se deseja realizar as leituras para obtenção dos resultados.

O esquema de um pluviômetro está representado na Figura 6, ele é basicamente um funil, que capta a água precipitada e através de uma proveta graduada é possível mensurar a quantidade de chuva precipitada.

Figura 6 - Representação do esquema de funcionamento de um pluviômetro



Fonte: UFCG (2009).

Quando o sistema é dotado de um mecanismo basculante composto por duas caçambas que armazenam a água, de forma que haja um deslocamento do centro de gravidade no preenchimento de uma dessas caçambas, promovendo um movimento de balança, onde um sensor magnético detecta a variação e envia um sinal elétrico para as estações meteorológicas tornando possível a efetiva leitura do índice pluviométrico, esse sistema é denominado pluviógrafo (SILVA, 2014).

A média do índice pluviométrico de todas as estações instaladas na área nos dá uma estimativa da quantidade de chuva para certo período de referência, o mesmo pode ser arquivado e comparado em anos seguintes.

A estimativa da quantidade de chuva em um período de tempo é preponderante no que diz respeito às enchentes e inundações, pois caracteriza a intensidade da chuva. Se a precipitação for intensa, e superior à capacidade de infiltração do solo, o volume escoado para o sistema de drenagem será maior, pois de acordo com o ciclo hidrológico, parte da água da chuva é retida pelo solo, outra parcela evapora, e uma terceira parte dessa água é levada pelo escoamento superficial. Esse escoamento é o volume de água presente no curso dos rios no entorno das cidades, e quando esse volume ultrapassa o leito menor, ocorrem as enchentes e inundações.

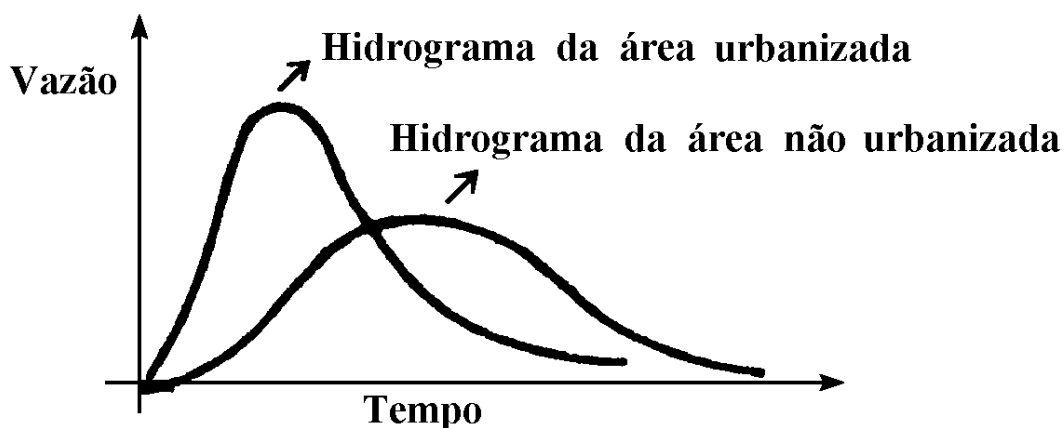
2.2.2 O Homem

A conscientização do ser humano é fator determinante para melhorar os resultados das cidades que sofrem com as inundações, pois muitas de suas ações podem ser classificadas como negligentes. Alguns exemplos são: poluição de rios, acúmulo de lixo em bocas de lobo, uso e ocupação descontrolada do solo inadequado para desenvolvimento de residências, e retirada indevida da vegetação.

Segundo Poli (2013), o crescimento da população em conjunto com o uso e ocupação indevido do solo (em virtude, por exemplo, da falta de fiscalização das leis municipais de ocupação de áreas inundáveis), causam um acréscimo na impermeabilização dos grandes volumes de terras por meio de terraplenagens, que acarretam em assoreamentos e diminuição da capacidade de vazão dos sistemas de drenagem urbana.

A principal consequência que esse crescimento demográfico aflorou foi a construção descontrolada em áreas de risco de inundação, devido a inexistência, muitas vezes, da fiscalização do plano diretor urbano na maioria das cidades. Esse aumento de construções reflete na impermeabilização do solo, pois parte da água que infiltrava no solo, agora passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial e a vazão máxima, e também antecipando o pico da vazão, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - O hidrograma típico de uma bacia natural e resultante da urbanização



Fonte: Tucci (2001).

A urbanização, quando mal gerenciada, é um dos principais fatores que contribuem com a ocorrência das enchentes e inundações, pela sua influência direta sobre as características do solo. Além desse desenvolvimento, quando não planejado, a busca pelo conforto populacional que as cidades visam, muitas vezes acaba ocupando indevidamente com residências, algumas áreas alagadiças e costeiras (JHA; BLOCH; LAMOND, 2011).

O desenvolvimento de forma indisciplinada quanto às áreas inseguras tornaram as várzeas frequentemente inundáveis. E quando as enchentes e inundações não ocorrem com certa frequência, a população despreza o risco do evento e aumenta o número de investimentos e densificação nas áreas inundáveis. Fato esse que parece ser o caso das inundações de 1983 e 1984 que não ocorriam desde 1911 na bacia do rio Itajaí-Açu (DNAEE/MME/CPRM, 1987, p.8-9).

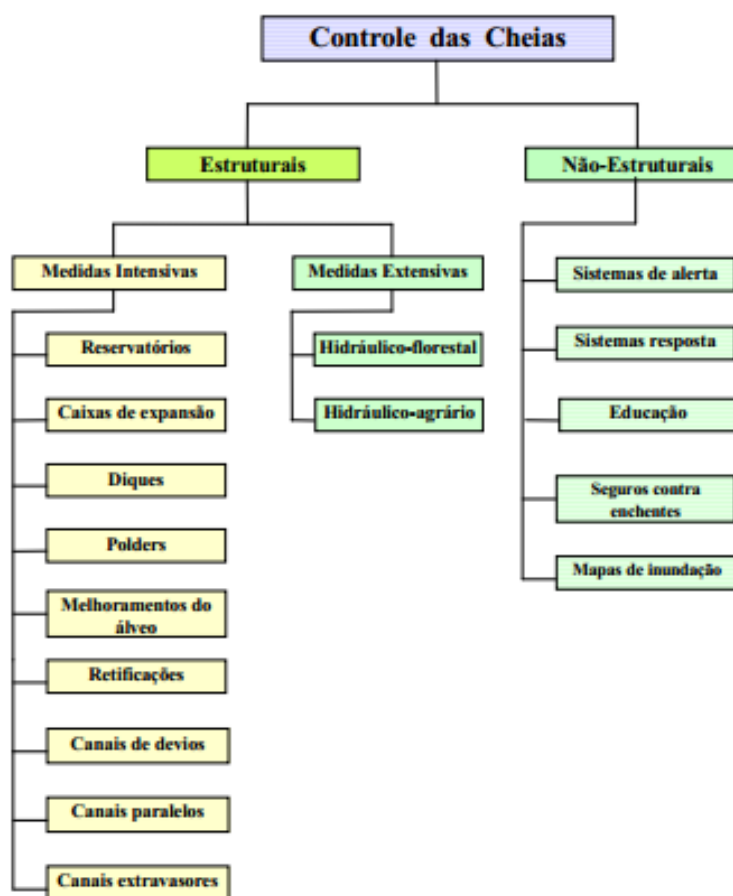
Canholi (2004) afirma que a maioria das bacias afetadas por enchentes e inundações, numa visão geral, teve sua ocupação humana normalmente desenvolvida de jusante para montante, ou seja, a população ocupou primeiro as áreas mais baixas (e mais vulneráveis), e posteriormente as áreas mais altas (e, a princípio, mais seguras).

Durante o processo de urbanização, o meio biofísico tem seu equilíbrio afetado constantemente, mesmo em transformações de paisagem menos expressivas (FADIGAS, apud CAVION, 2010). Em suma, todos os componentes associados a esse processo de urbanização produzem basicamente a impermeabilização do solo, que novamente se resume em redução na quantidade de volume infiltrado, elevação do volume de escoamento e imediata intensificação da vazão, tudo isso vinculado a uma bacia hidrográfica, que possui dimensões e propriedades características, como declividade, tempo de concentração e vazão de pico.

2.3 MEDIDAS DE CONTROLE

Visto que as inundações são problemas globais e estão presentes cada vez mais em diferentes regiões, as medidas de controle a serem aplicadas são divididas em duas categorias, soluções estruturais e soluções não estruturais, conforme está representada na Figura 8.

Figura 8 - Medidas de controle de enchentes e inundações



Fonte: CORDERO; MEDEIROS; TERAN, (1999).

Essas medidas, também chamadas de ações corretivas e/ou preventivas, buscam reduzir os infortúnios promovidos pelas inundações, influenciando na estrutura da bacia hidrográfica. Para controlar a água ou melhorar a convivência do homem com o fenômeno das enchentes e inundações, algumas das medidas citadas podem ser adotadas, como por exemplo, modificar a extensão da bacia mediante intervenções na sistematização hidráulica ou ainda através de obras como reservatórios, diques,

canais de desvio entre outros (CORDERO, A., 1996 apud CORDERO; MEDEIROS; TERAN, 1999).

Porém, Fraga (2000) afirma que a redução dos problemas causados pelas inundações somente terá resultado positivo se forem adotadas soluções integradas entre as duas alternativas - medidas estruturais e não estruturais. E, segundo DNAEE/MME/CPRM (1987), o ser humano não conseguirá controlar totalmente as inundações, pois tanto as ações corretivas quanto as ações preventivas tem por objetivo amenizar os infortúnios sofridos pelas cheias.

2.3.1 Medidas estruturais

As medidas estruturais compreendem as obras da engenharia que alteram o curso principal do rio, seus afluentes e também os canais a fim de reduzir os prejuízos provocados pelas enchentes, podendo ainda ser subdividida em: extensivas e intensivas (DNAEE/MME/CPRM, 1987).

As medidas extensivas são realizadas com o intuito de alterar a relação precipitação-vazão, por intervenção da cobertura vegetal no solo, através de práticas agrícolas corretas e reflorestamento da bacia, trazendo uma série de benefícios como o aumento da capacidade de infiltração do terreno, diminuição da velocidade média do escoamento da água, e conseqüentemente, redução e retardação nos picos de enchentes, além de controlar a erosão do solo (CORDERO; MEDEIROS; TERAN, 1999).

Já, as medidas do tipo intensiva são aquelas que agem no rio e objetivam diversas formas de controle dependendo do tipo da obra, podendo exercer as funções de acelerar o escoamento, ou retardar o escoamento ou desviar o escoamento (SIMONS et al., 1977, apud, DNAEE/MME/CPRM, 1987).

2.3.2 Medidas não estruturais

Essas medidas, individualmente ou em comum as medidas estruturais, são capazes de reduzir consideravelmente os estragos causados pelas enchentes, e geralmente com um custo mais acessível (DNAEE/MME/CPRM, 1987).

As medidas não estruturais visam a conscientização da população referente à ocupação territorial e ao comportamento das pessoas quanto à poluição principalmente. Elas agrupam-se em: ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo; seguro-enchente; e sistemas de alerta e previsão de inundações (CANHOLI, 2004, p. 26).

De acordo com Cavion (2014):

A PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Lei nº 12.608, foi publicada no Diário Oficial da União em 11 de abril de 2012. A qual estabelece que a Defesa Civil brasileira é organizada por um sistema, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), composto pela administração pública da União, Estados, Distrito Federal. Essa lei orienta que o gerenciamento de riscos e de desastres deve ser focado em ações em três momentos distintos: no pré-desastre, com prevenção, mitigação de riscos e preparação; durante o desastre, através da resposta dada; e no pós-desastre, com as ações de recuperação e demais políticas setoriais, com o propósito de garantir a promoção do desenvolvimento sustentável.

Essas medidas compreendem basicamente os sistemas de alertas e mapeamento das zonas de alagamento, ou seja, são medidas mais burocráticas para realizar a conscientização da população como um todo, e também prevenir possíveis danos que as inundações podem vir a causar (CORDERO; MEDEIROS; TERAN, 1999).

3. EXPERIÊNCIAS E SOLUÇÕES

Nesse capítulo são mencionados os exemplos de outras localidades que também sofreram inundações ao longo da sua existência, quais as respectivas medidas estruturais adotadas e os efeitos positivos para amenizar, ou solucionar o problema das enchentes e inundações urbanas.

São destacadas duas experiências a partir das suas estratégias focadas nas medidas estruturais. A escolha dos lugares levou em consideração as características geográficas similares à cidade de Rio do Sul, cidade de especial interesse desta pesquisa.

3.1 EXEMPLO 1 – SCHUNTER, BRAUNSCHWEIG, ALEMANHA

Neste primeiro exemplo consta a experiência da cidade de Braunschweig, que está localizada na Alemanha. Seu rio Schunter sofreu várias alterações ao longo da história, fazendo com que muitas das suas características naturais fossem perdidas, como resultado, no começo do século XXI veio à tona as enchentes e inundações urbanas que ocorreram constantemente.

Este exemplo foi adotado por ser análogo ao rio Itajaí-Açu para o município Rio do Sul, pois em ambos os casos há um encontro de dois rios menores dentro do perímetro urbano das cidades, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Esquema do Rio Shcunter, Alemanha (à esquerda) e do Rio Itajaí-Açu, Rio do Sul (à direita)



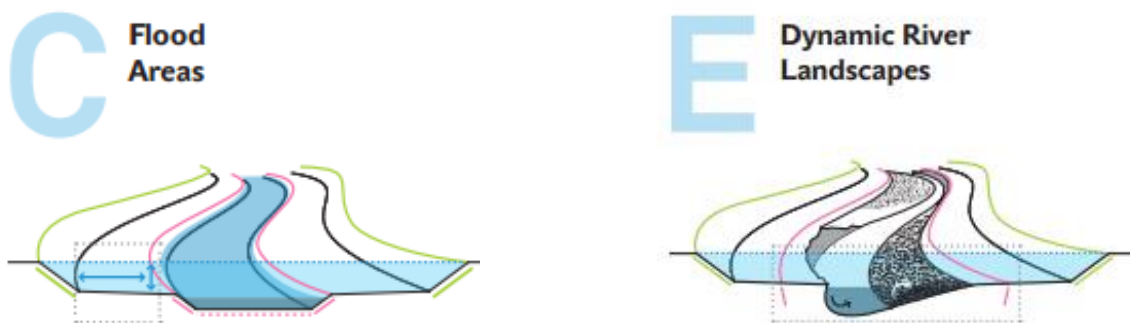
Fonte: Prominski et al. (2012).



Fonte: Adaptado de Google Maps (2014).

Para solucionar o problema das enchentes e inundações, a cidade de Braunschweig promoveu dois tipos de intervenções. O primeiro deles está focado nas áreas naturalmente inundáveis do rio (identificado com a letra “C” na Figura 10), enquanto que o segundo está centrado na dinâmica da paisagem fluvial (identificado com a letra “E” na Figura 10).

Figura 10 - Tipos de intervenções no espaço para o caso do rio Schunter



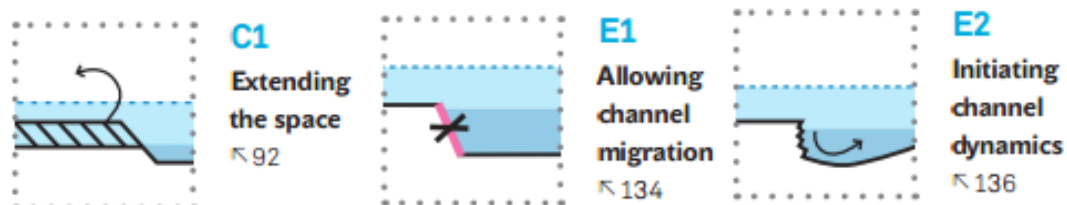
Fonte: Prominski et al. (2012).

O processo “C”, das áreas de inundação, tem como estratégia (Figura 11) a ampliação do espaço próximo ao rio, para que o mesmo seja destinado também para as pessoas e não apenas para o curso do rio, transformando-o em um espaço multifuncional.

Essa intervenção, tipo “C”, tem como objetivo fazer a transição entre um plano de enchente monofuncional para paisagens submersíveis com usos múltiplos. Para isso, ele sugere que a área entre o limite de inundações e o rio deve ser projetada para ser usada como um espaço aberto de recreação enquanto serve de habitat natural para espécies ribeirinhas concomitantemente. Isso foi feito com um aterro ferroviário antigo na região entre o rio Schunter e uma área adjacente desenvolvida, que se tornou o novo limite de inundação.

Dentro da estratégia estabelecida pelo tipo “C”, uma das alternativas utilizadas é o canal de descarga (ou canal extravasor), cuja ferramenta é uma rota alternativa que pode carregar água em condições extremas e evitar perigos de inundação, pois além de conter um grande volume de água, eles só são acionados quando a vazão supera o valor previsto, servindo de compensação nas mudanças feitas no leito do rio, e portanto, permanece sempre vazio até que chegue uma nova onda de cheia,

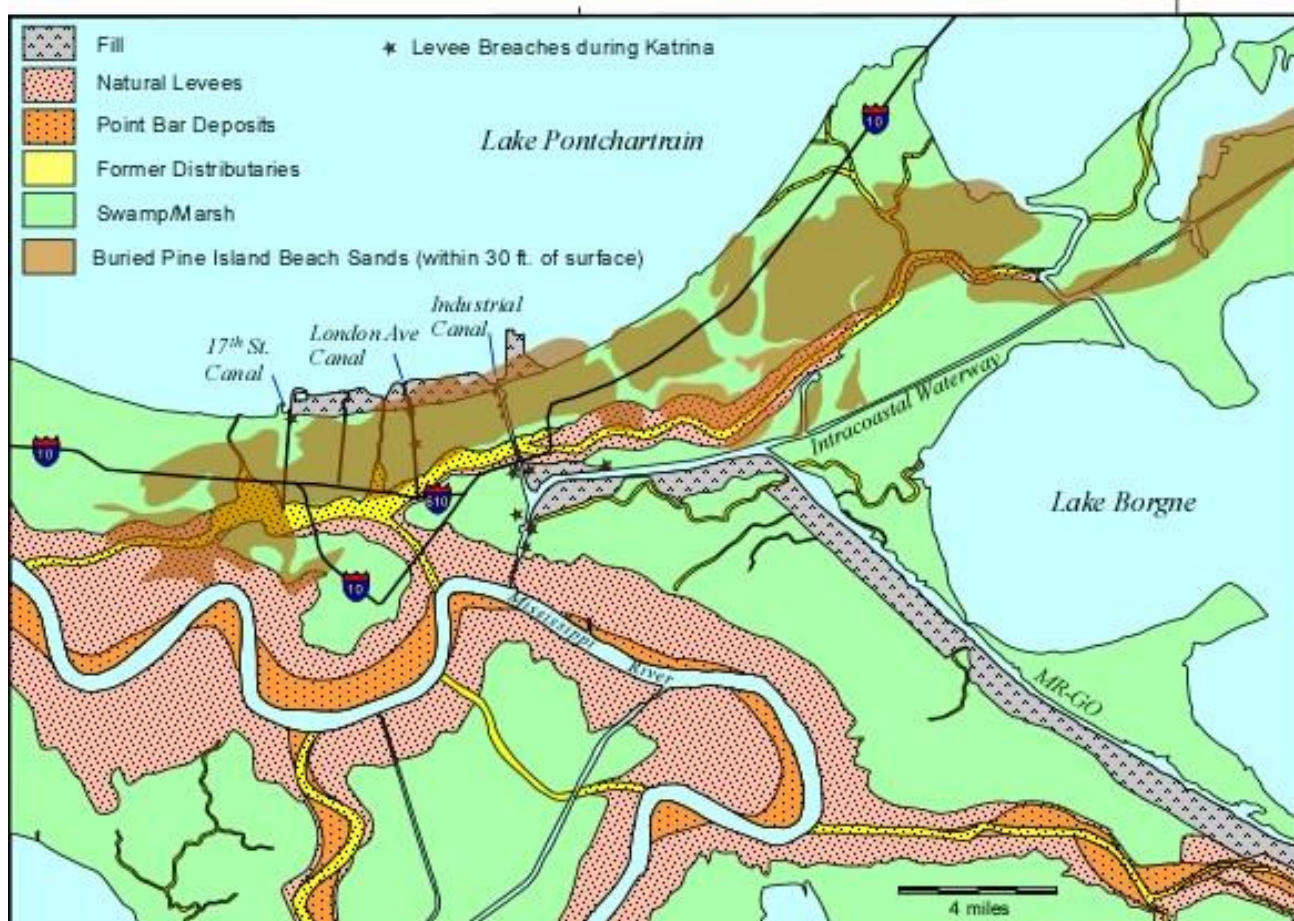
Figura 11 - Estratégias possíveis para o caso do rio Schunter



Fonte: Prominski et al. (2012).

Para a mesma medida de intervenção, podemos citar ainda, a cidade de Nova Orleans, banhada pelo rio Mississippi em Luisiana nos Estados Unidos. Nela existem 3 canais, entre eles o chamado “Canal Industrial” (Figura 12), foi construído baseado na função “by-pass”, que é o mesmo sistema do canal de descarga (STUDART, 2006).

Figura 12 - Canal de descarga em Nova Orleans



Fonte: Nelson (2012).

Tanto em Braunschweig, quanto em Nova Orleans, os canais foram construídos ao longo das barragens dos rios para melhorar e garantir a drenagem independente das águas da inundação. No caso do rio Schunter, a rugosidade hidráulica do canal foi aumentada, refletindo numa diminuição da descarga, pois era necessário promover o desenvolvimento dinâmico do rio.

Já no processo "E", as estratégias são, permitir a migração de canais e iniciar a dinâmica dos canais, modificando principalmente a profundidade do leito do rio conforme mostra a Figura 11

O processo tipo "E" trouxe como medida inicial o desenvolvimento dinâmico do rio, através de elementos de redirecionamento do fluxo em forma de galhos e troncos de árvores fixados. Para promover tal desenvolvimento dinâmico, foi executada a escavação abaixo da média do nível de água do rio e também, em larga escala, do solo da superfície. Essa escavação criou temporários habitats naturais para

determinadas espécies. Sendo assim, o rio Schunter foi desenvolvido usando o modelo natural do escoamento do rio, com um processo de migração do canal fluvial.

Tanto a estratégia “C”, quanto a estratégia “E”, foram realizadas visando melhoras na resposta da cidade quanto aos eventos naturais catastróficos. Essas melhoras associadas a outras medidas de controle, por sua vez foram alcançadas, provando mais uma vez que não basta apenas um tipo de medida de controle, é necessário um sistema composto por diferentes medidas.

3.2 EXEMPLO 2 – GALLEGO, ZUERA, ESPANHA

Esse outro exemplo caracterizado como área naturalmente inundável, esse projeto tem como ideia principal conectar a área entre a cidade e o rio por intermédio de uma espécie de parque fluvial.

Neste caso, em particular, foi executado um parque com 3 desníveis diferentes, contendo áreas de esporte e lazer, além de usufruir das ferramentas, leito do rio e correnteza, e liberado um canal antigo em frente ao parque (Figura 13).

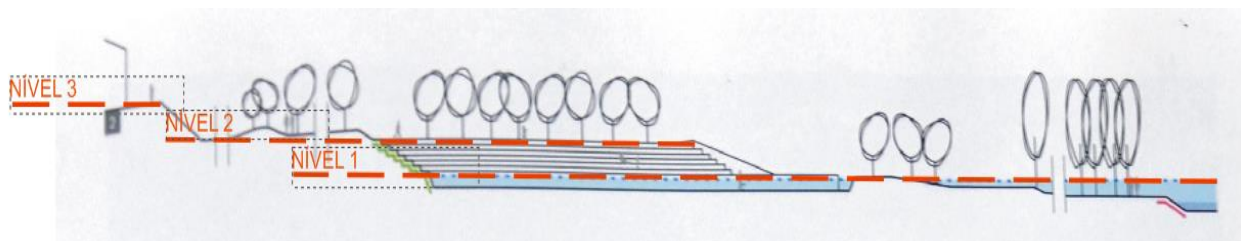
Figura 13 – Representação do parque fluvial e canal liberado na Espanha



Fonte: Prominski et al. (2012).

Além do parque fluvial com os 3 diferentes níveis (Figura 14), separando uma ilha que pode ser acessada do parque por meio de uma ponte. Ainda que a ilha seja inundada pelas enchentes essa estratégia é utilizada para conservação da área.

Figura 14 - Esquema do parque fluvial representando os 3 níveis



Fonte: Adaptado Prominski et al. (2012).

Os níveis são assim caracterizados por Prominski et al (2012):

- O primeiro nível é considerado o mais baixo, nele foi feita escavação para que fosse possível a sua inundação frequente e periódica. Esse nível, que se estende ao longo do rio da bacia, está apenas um pouco acima da média do nível de água do rio Gallego fazendo com que a planície seja inundada mesmo quando o nível do rio esteja ligeiramente acima do nível normal.
- No segundo, nível intermediário, é onde o parque fica localizado de fato, contendo diferentes árvores e arbustos plantados, refletindo na estrutura das margens antigas formadas por detritos. Nesse nível também são colocados os bancos e quadras de esporte.
- O terceiro nível é a elevação da cidade, constituído por pistas de passeio ao longo da borda local, conseguindo uma vista do rio sobre o parque. O parque também engloba uma arena de tourada, que é o elemento de ligação entre o nível do parque e a margem do rio. Contudo, essa arena não funciona como uma barreira para a água da inundação, ela apenas é inundada, dentro do espaço do parque, já que se encontra no mesmo nível da margem do rio.

O projeto, que começou com uma simples arena de tourada, tomou repercussão influenciando totalmente na estrutura da cidade, pois o novo parque conseguiu a conexão entre a cidade e as planícies aluviais e o que costumava ser 'back end' da cidade se tornou uma área atrativa.

A cidade de Barcelos, em Portugal, também adotou a ideia do parque fluvial, conforme a Figura 15 ilustra.

Figura 15 - Parque fluvial de Barcelos, Portugal



Fonte: PROAP (2009).

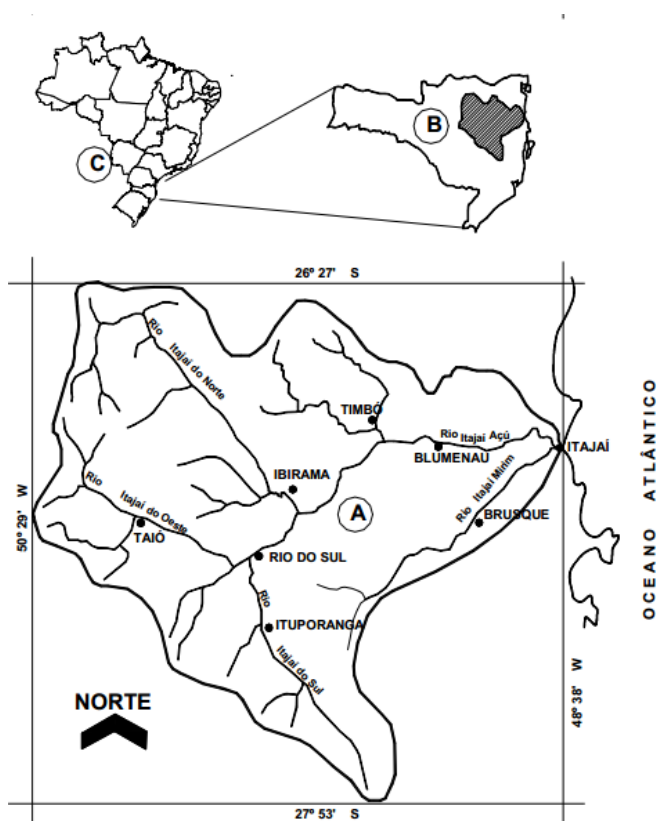
Segundo PROAP (2009), esse projeto tinha a ideia de tornar o relacionamento amigável entre a cidade e o rio e caracterizou-se pela simples manutenção após as ondas de enchentes e inundações. A proposta foi desenhada conforme o desnível do terreno, por isso contem escadas e plataformas para acompanhar naturalmente esse declive (PROAP, 2009).

Esses exemplos mostram que a estratégia de transformar uma área naturalmente alagável em um lugar para práticas esportivas, é viável do ponto de vista social, pois a população está sendo beneficiada duas vezes, quanto a proteção durante a ocorrência de inundações e quanto a saúde no uso do parque para a prática de esportes.

4. RIO DO SUL

A cidade de Rio do Sul, que completou 83 (oitenta e três) anos no dia 15 de abril de 2014. Ela está localizada no estado de Santa Catarina na porção ocidental do Vale do Itajaí, mais precisamente, no Alto Vale do Itajaí. O município se encontra a 339,88 m acima do nível do mar e, além de ser banhado por dois rios - o Rio Itajaí do Sul e o Rio Itajaí do Oeste - no perímetro urbano do município nasce o Rio Itajaí-Açu, que é o rio de maior importância econômica do estado, vide Figura 16 (PREFEITURA MUNICIPAL, 2003).

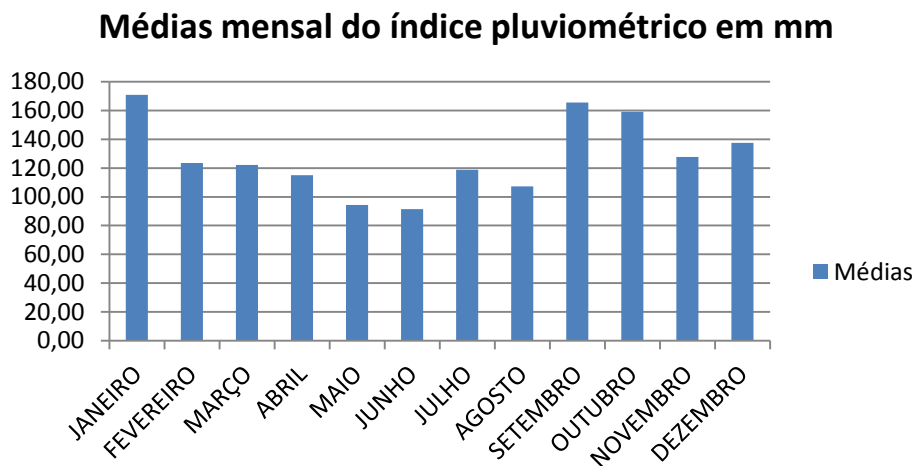
Figura 16 - Mapa de localização de Rio do Sul e os rios que o banham



Fonte: Adaptado de Fraga e Simas (2010).

A cidade possui uma média mensal do índice de pluviometria bastante auto, conforme a Figura 17, instigando a preocupação com o escoamento da água no interior do seu perímetro urbano.

Figura 17 - Gráfico demonstrativo da média do índice pluviométrico mensal do período a partir de 2000 até 2013



Fonte: Baseado nos dados fornecidos pela Defesa Civil (2014).

O Rio Itajaí-Açu foi fundamental na colonização da região do Alto Vale do Itajaí, por facilitar a comunicação entre o núcleo populacional, formado às margens do rio, e a Colônia Blumenau e de Lages, foi construída uma balsa em 1890, pois antes era necessário esperar o período de estiagem para atravessar o Rio Itajaí do Sul.

Figura 18- Rio do Sul e o encontro dos rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste



Fonte: Amavi (2004).

O operador da balsa, Basílio Corrêa de Negredo, quando construiu sua choupana, deu início a ocupação das várzeas do Itajaí-Açu e seus afluentes com o desenvolvimento de uma agricultura de subsistência (PREFEITURA MUNICIPAL, 2013). Essa agricultura permanece presente até o momento às margens da BR-470, que por sua vez tem sua extensão acompanhada pelo curso do rio conforme ilustrado na Figura 18.

4.1 INUNDAÇÕES BRUSCAS E GRADUAIS (HISTÓRICO)

As inundações bruscas ocorrem geralmente devido à precipitação abundante em um curto período de tempo. Locais que possuem acentuadas declividades apresentam um acúmulo significativo de energia hidráulica, o que acarreta numa rápida elevação do nível do nível/volume de água rio e também num escoamento superficial de alta velocidade (UFSC, 2011).

Já as inundações graduais, acontecem em bacias de grande porte e tem o nível do rio gradativamente elevado. Em Santa Catarina, as inundações não possuem números de registros tão altos, foram 323 no período de 1991 até 2010, contra 1255 das inundações bruscas 1255 (UFSC, 2011).

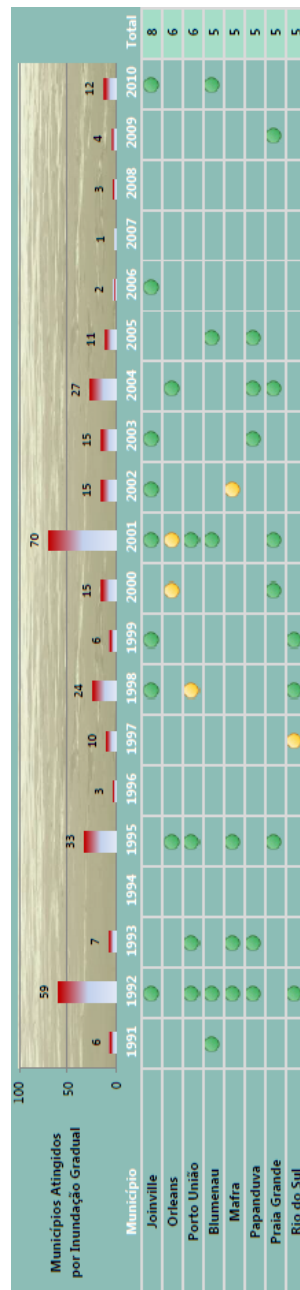
Rio do Sul está entre as 10 cidades que mais sofreram com esses dois tipos de fenômenos em Santa Catarina no período de 1991 até 2010, contabilizando 10 ocorrências de inundações bruscas e 5 de inundação gradual (UFSC, 2011), conforme se vê na Figura 20 e Figura 19 respectivamente.

Figura 20 - Colocação de Rio do Sul quanto às inundações bruscas em Santa Catarina no período de 1991 até 2010



Fonte: Adaptado UFSC (2011).

Figura 19 - Colocação de Rio do Sul quanto às inundações graduais em Santa Catarina no período de 1991 até 2010



Fonte: Adaptado UFSC (2011).

As maiores enchentes e inundações que marcam a história do município de Rio do Sul tiveram início em 1983, quando a população foi surpreendida pela maior inundação já sofrida pela cidade. Na ocasião, o nível do rio atingiu 13,58 m e no ano seguinte, em 1984, 12,8 m (DEFESA CIVIL, 2014). Após as inundações de 1983 e 1984, a cidade de Rio do Sul e toda a região do Vale do Itajaí vêm enfrentando um número regular de inundações anuais porém em diferentes proporções (ver Figura 21).

Figura 21 - Enchentes ocorridas em Rio do Sul

Ano	Mês	Índice de precipitação (mm)	Cota atingida (m)	Dias de chuva
1983	Julho	606,7	13,58	20
1984	Agosto	324,6	12,80	14
1992	Maio	295,1	8,52	12
1997	Fevereiro	297,0	8,72	16
1997	Outubro	247,0	7,33	22
1998	Abril	198,0	7,96	10
1999	Julho	183,0	7,00	15
2001	Outubro	159,5	9,10	12
2002	Novembro	225,3	7,14	14
2004	Setembro	110,3	6,89	4
2005	Maio	187,5	6,87	9
2005	Setembro	234,3	7,64	19
2007	Novembro	142,9	6,76	12
2009	Setembro	292,0	8,55	13
2010	Abril	254,0	7,53	7
2011	Fevereiro	211,5	6,31	18
2011	Julho	72,2	6,50	3
2011	Agosto	143,4	8,83	5
2011	Agosto	344,2	8,76	17
2011	Setembro	300,6	12,96	6
2013	Agosto	55,0	6,17	2
2013	Setembro	131,1	10,39	4
2014	Janeiro	95,5	6,24	3
2014	Junho	147,5	7,76	4
2014	Junho	152,6	9,42	6

Fonte: Acervo da Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina.

Para tomar conhecimento da proporção que esses números representam, os níveis do rio, para a cidade de Rio do Sul, e a situação que cada um evidencia são encontrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de situação do rio Itajaí-Açu para a cidade de Rio do Sul

Situação	Normal	Atenção	Alerta	Emergência
Nível (metros)	Até 4	4 à 5	5 à 6,5	Acima 6,5

Fonte: Adaptado CEOPS/FURB (2010).

Essa Tabela mostra qual a situação que a cidade se encontra dependendo do nível que o rio atinge, por exemplo, quando o nível do rio chega a 6 m, a cidade automaticamente está em estado alerta. O nível do rio que não preocupa os moradores da cidade é até 4 m, acima desse valor, para o nível do rio, a situação fica cada vez mais preocupante.

De acordo com o CEOPS – Centro de Operação do Sistema de Alerta do rio Itajaí-Açu (2010), o primeiro registro de enchente na cidade de Rio do Sul foi no ano de 1911, atingindo a cota de 12,2 m, (Figura 22), a partir da enchente do ano de 1983 com 13,58 m os dados da Defesa Civil e o CEOPS são homogêneos.

Figura 22- Picos de enchentes registrados na bacia do Rio Itajaí-Açu

Ano	Data	Rio do Sul
Década de 1910		
1911	29/mai	12,2m
Década de 1920		
1927	18/jun	10m
1928	15/ago	8,13m
1928	02/mai	8,63m
Década de 1930		
1931	18/set	7,54m
1931	25/mai	10,18m
1933	29/set	9,12m
1935	27/nov	6,2m
1939	03/ago	8,8m
Década de 1940		
1948	17/out	9m
Década de 1950		
1950	31/out	8,75m
1953	31/out	8,25m
1954	19/mai	6,85m
1954	22/out	10,7m
1955	19/mai	8,3m
1957	21/jul	7,37m
1957	02/ago	9,65m
1957	18/ago	10,65m
1957	16/set	7,2m

Ano	Data	Rio do Sul
Década de 1960		
1961	12/set	8,2m
1961	01/nov	9,75m
1966	13/fev	10
1969	06/abr	7,45m
Década de 1970		
1971	10/jun	7m
1972	29/ago	9,15m
1973	25/jun	6,6m
1973	22/jul	7,15m
1973	29/ago	8,1m
1975	04/out	7,88m
1977	18/ago	8,85m
1978	26/dez	6,75m
1979	10/mai	5,6m
1979	09/out	5,9m
Década de 1980		
1980	22/dez	7,2m
1983	04/mar	5,8m
1983	20/mai	7,35m
1983	09/jul	13,58m

Fonte: Adaptado de FURB (2010).

Essas medidas aproximadas do nível do rio Itajaí-Açu são realizadas pelo CEOPS, que possui 16 (dezesesseis) estações telemétricas (Figura 23), instaladas em diferentes cidades, que coletam em tempo real o nível dos rios e a precipitação ocorrida, conseguindo então mensurar o nível do rio (FURB, 2010).

Figura 23- Pontos de localização das estações telemétricas



Fonte: FURB (2010).

Apesar de contar com esse sistema de monitoramento da CEOPS/FURB desde 2010, Rio do Sul já decretou mais de 10 vezes situação de emergência, porém não se sabe ao certo o motivo por isso ter acontecido, pode ser que o sistema de alerta seja eficiente, entretanto faltam medidas estruturais associadas a ele. Dessas dez ocorrências, apenas 8 estão registrados no sistema (que não consta os 5 anos consecutivos desde 2009).

Em cada um desses decretos o cenário é praticamente o mesmo (ver Figura 25), nível do rio, prejuízos, falta de recursos, esses condicionantes são quase idênticos em todas as ocorrências de enchentes e inundações na cidade.

Figura 24 - Comparativo das enchentes de 1983 (à esquerda) e 2011 (à direita)



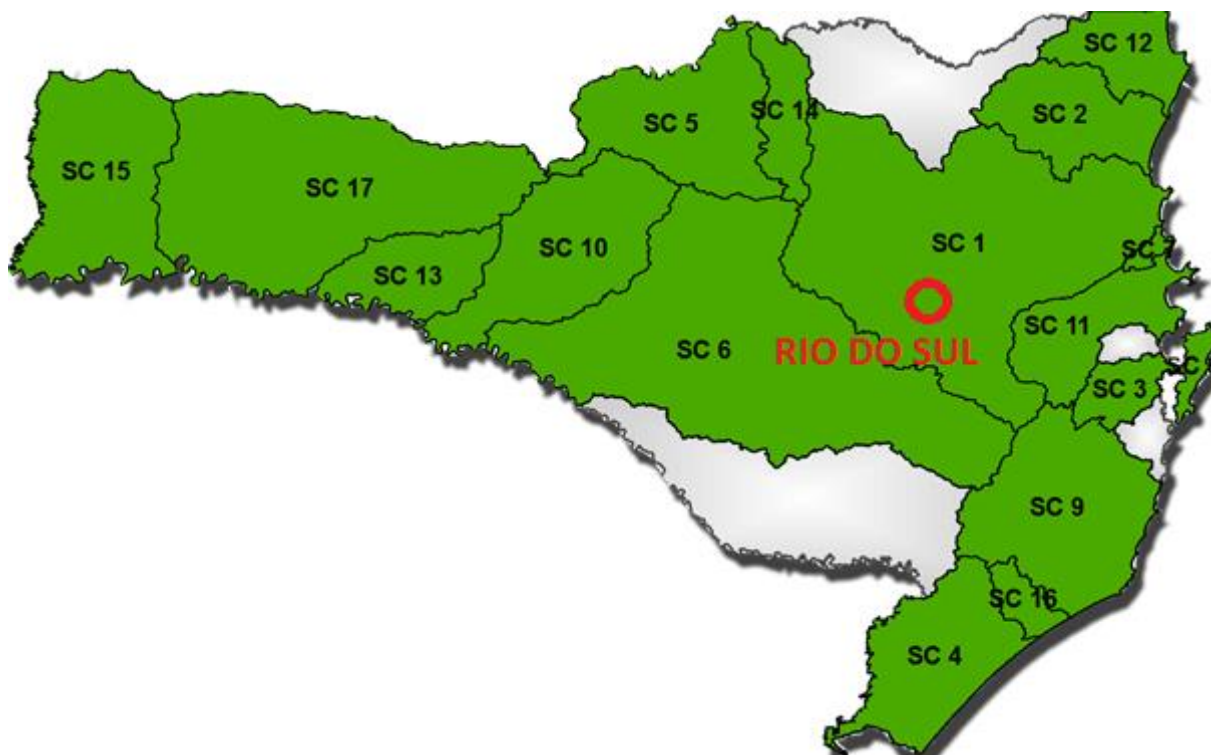
Fonte: Defesa Civil (2008).

As inundações urbanas já causaram prejuízos vultosos, não só para a cidade de Rio do Sul, quanto para todo o estado de Santa Catarina. Esses danos são contabilizados por intermédio da Defesa Civil através do AVADAN- Avaliação de Danos, uma espécie de relatório cujo permite mensurar os prejuízos causados devido às enchentes. Nesses documentos a Defesa Civil relata os danos ambientais, sociais, econômicos e materiais e, a cada um deles é associado um valor, variando de acordo com o tipo de prejuízo, que quando somados, obtêm-se uma estimativa do cálculo do prejuízo total que a enchente analisada causou.

4.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ-AÇU

Na bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, a urbanização aconteceu às margens do rio, pois naquela época, as dificuldades de meios de transportes forçaram o rio a ser utilizado como via principal (DNAEE/MME/CPRM, 1987, p.7-8). Analisando o caso de Santa Catarina, as bacias hidrográficas estão divididas em 17, como pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Divisão das principais bacias hidrográficas de Santa Catarina



Fonte: CBH (2012).

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu está situada na Vertente Atlântica do Nordeste Catarinense, tem área de aproximadamente 15.000 km² e é considerada uma das bacias mais expressivas de Santa Catarina, tanto em aspectos de hidrografia quanto nos sócios-econômicos (FRAGA, 2000, p. 82).

Essa bacia possui relevo bastante acidentado, com poucas áreas planas no alto e médio curso, e a faixa delimitada como crítica, referente ao potencial erosivo do solo, está presente nas porções mais baixas dos vales, onde quando intemperizadas, as rochas argilosas do local originam solos argilosos plásticos, que saturados de água se tornam impermeáveis e heterogêneos (DNAEE/MME/CPRM, 1987). A densidade populacional nesta área é alta, o que provoca efeitos danosos devido às ações do homem, principalmente no trecho entre as cidades de Rio do Sul e Lontras, onde são encontrados alguns loteamentos nas encostas dos platôs, onde foram executados serviços de terraplenagem não criteriosos (DNAEE/MME/CPRM, 1987).

A região do Vale do Itajaí completou 164 anos neste ano de 2014 e já foram registradas mais de 70 enchentes ao longo de sua existência, portanto, o desafio visado, face a esses dados é, como conviver com o rio Itajaí-Açu sem que ele cause desastres catastróficos nas cidades onde se faz presente (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010). O primeiro passo dado pelo já extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento, foi a construção de três barragens, (Sul, Norte e Oeste) devidamente ilustradas na Figura 26 abaixo, contudo, elas não foram suficientes para evitar as enchentes dos anos de 1983 e 1984 (FURB, 2010).

Figura 26 - Localização das barragens



Fonte: FURB (2010).

De acordo com o Comitê do Itajaí (2010), ao longo de sua existência, algumas modificações tiveram interferência sobre a bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, seguindo uma ordem cronológica estão assim divididas:

- A extinção do DNOS que fez com que houvesse um esquecimento no sistema de contenção das cheias por parte do poder público, e em 1995 algumas entidades (públicas e privadas) promoveram mobilizações e conseguiram, por

meio de uma articulação regional, criar e instalar oficialmente em 1998, o Comitê do Itajaí.

- Este órgão ficou encarregado de orientar o uso e a proteção da água em toda a Bacia do Itajaí de forma a promover ações de defesa contra secas e enchentes, garantindo assim o fornecimento de quantidade e qualidade da água para todos os fins. Quando o assunto é prevenção de enchente, o Comitê tem praticamente a função de manutenção das barragens de contenção e integração a um sistema de informação dos dados de monitoramento.
- Em 1998 o Comitê do Itajaí realizou a chamada Missão Europa, constituída por uma viagem à estudos para Suíça e Alemanha a fim de visitar órgãos envolvidos com a bacia hidrográfica do rio Reno e afluentes buscando contribuições viáveis, tais como bacias de retenção de água, meandragem dos rios e faixas ciliares, para uma possível aplicação na Bacia do Itajaí.
- No ano seguinte, em 1999, a JICA – Japan International Cooperation Agency, foi pioneira nos estudos realizados para desenvolver um plano diretor de contenção de cheias perante às obras de melhoramento fluvial, e o governo de Santa Catarina assinou o protocolo para financiar o projeto, porém devido a críticas voltou atrás e rescindiu o contrato, fazendo com que o próprio Comitê buscasse uma solução mais integrada, gerando o chamado Pacto de proteção e controle de enchentes.
- Em 2005 novas mudanças ocorreram e com o apoio do Ministério da Integração Nacional criaram a Câmara Técnica de Cheias do Comitê do Itajaí, que devido à funcionalidade, foi modernizada a partir de 2008, mesmo ano em que ocorreu a maior de todas as enchentes sobre o médio vale e a foz do rio Itajaí. Só então uma nova atenção foi dada à proteção contra desastres naturais, elaborando um novo acordo com a JICA chamado “Plano integrado de prevenção e mitigação de riscos de desastres naturais na bacia hidrográfica do rio Itajaí”.
- Somente no ano de 2009 foi lançado um documento que visava à orientação, aos municípios e entidades envolvidas em ações de recuperação ambiental, sobre o procedimento após a ocorrência dos desastres, dando ênfase ao ocorrido no ano de 2008. O documento elaborado pela CTTEEMMA/SC -

Comissão Técnica Tripartite Estadual de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina com a participação da secretaria executiva do Comitê do Itajaí em conjunto com os professores da FURB – Universidade Regional de Blumenau e da UNIVALI- Universidade do Vale do Itajaí, foi denominado Caminhos da recuperação. O mesmo foi publicado na forma de cartilha pela FECAM - Federação Catarinense de Municípios e pelo Projeto Piava sendo lançado em junho de 2009.

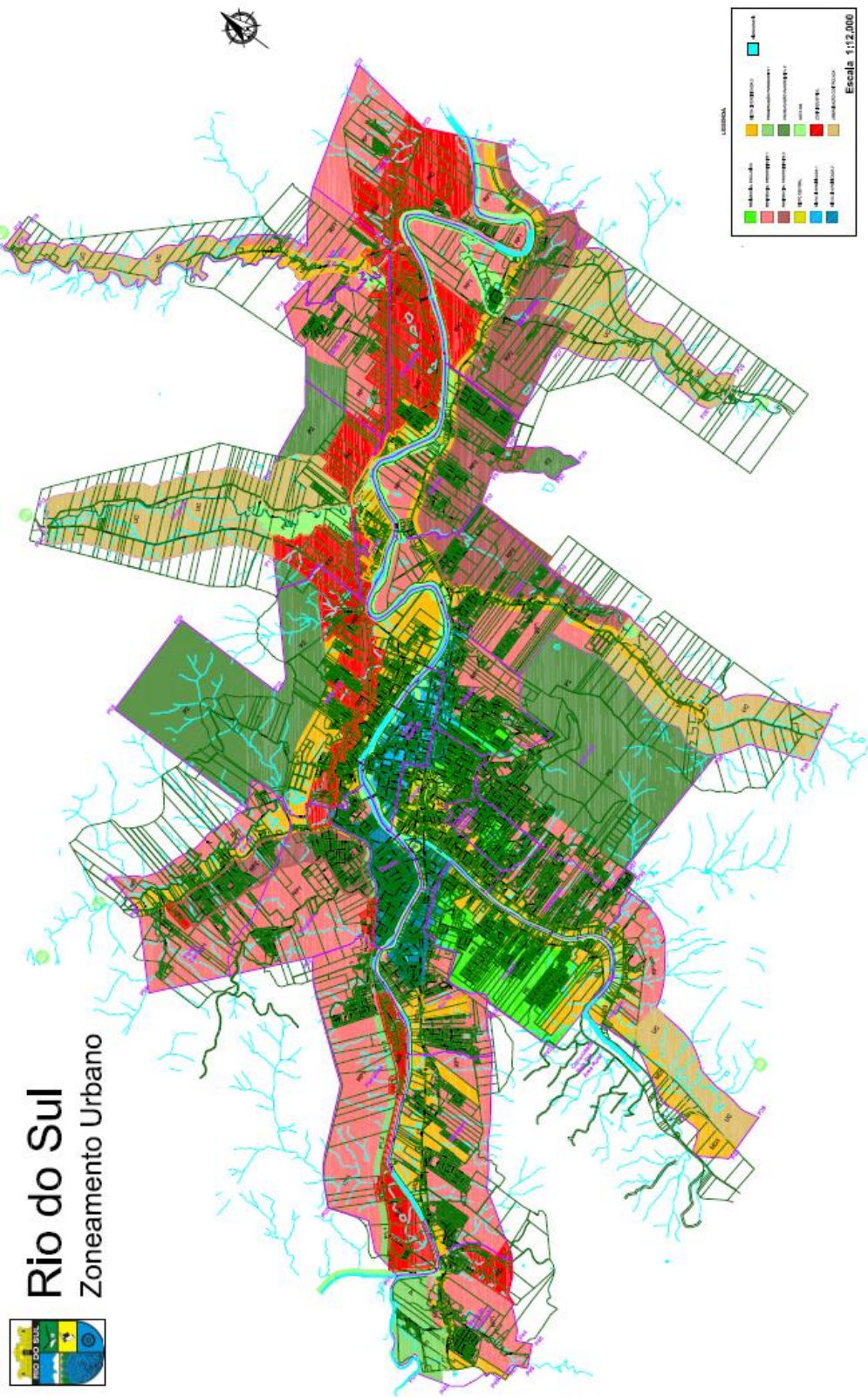
4.3 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS APLICADAS EM RIO DO SUL

Entre as medidas não estruturais existentes no município, pode ser citado o Plano Diretor, que indica as áreas residenciais e de preservação permanente que devem ser respeitadas. Como mostra a Figura 27, a ocupação da cidade de Rio do Sul aconteceu ao longo das margens do rio Itajaí-Açu.

Além do Plano Diretor, o município conta com sistemas de alerta, através do apoio da CEOPS/FURB, que controlam as medições do nível do rio Itajaí-Açu. Esse sistema vem sendo aprimorado para melhor mensurar as estimativas dos índices pluviométricos e principalmente metragem do rio.

Em 1984 foi instalado o primeiro sistema por telemetria (DNAEE/MME/CPRM, 1987), que passou por diversas fases de operação, sendo alvo de discussões do Comitê do Itajaí desde 1997. Em 2005, a SDS - Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Sustentável financiou o estudo para o melhoramento do antigo sistema de alerta, em 2008 iniciou a execução com a FURB frente à coordenação do projeto, que por sua vez, era constituído pela instalação de 16 novas estações telemétricas e divulgação em tempo quase real do monitoramento hidrometeorológico da bacia do Itajaí garantido pelo Centro de Operações do Sistema de Alerta da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí (CEOPS/FURB) o qual está funcionamento até o momento.

Figura 27 - Mapa de zoneamento da cidade de Rio do Sul



Rio do Sul
Zoneamento Urbano



Fonte: Adaptado do acervo da Defesa Civil (2009).

Com o intuito de solucionar e prevenir as inundações na bacia hidrográfica do Rio Itajaí, foi criado o Comitê do Itajaí. Este Comitê é um colegiado composto por empresas públicas e privadas que visa proteger a bacia de secas e inundações, e também garantir o fornecimento de água com qualidade para todos os usos, através de debates sobre questões referentes à bacia do Itajaí (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010).

4.4 MEDIDAS ESTRUTURAIS APLICADAS EM RIO DO SUL

Dentre as medidas estruturais que a bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu experimentou, estão as barragens de retenção, que tiveram o início das obras em 1957, após a ocorrência de várias enchentes, em busca do controle das cheias no Vale do Itajaí.

Para a realização dessas obras, a prefeitura da cidade contratou uma empresa para efetuar estudos de aproveitamento do Rio Itajaí e seus afluentes. A empresa propôs inicialmente a construção de seis barragens, entretanto, algumas delas foram canceladas, sendo construídas a Barragem Oeste, Barragem Sul e Barragem Norte conforme ilustrado nas Figura 27, 28 e 29 respectivamente.

Figura 28 - Barragem Oeste



Fonte: Defesa Civil (2009).

Figura 29 - Barragem Sul



Fonte: Defesa Civil (2009).

Figura 30 - Barragem Norte



Fonte: Defesa Civil (2009).

Segundo DEOH (2001), apud, Silva (2003), a Barragem Oeste foi a primeira a ser construída e está em operação desde o ano de 1973 com capacidade de $83 \times 10^6 \text{ m}^3$, em seguida, no ano de 1975, a Barragem Sul entra em vigor, atingindo um volume de reservatório de $93,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, e por último a Barragem Norte, que levou 16 anos para ser concluída, mas que possui o maior reservatório se comparada com as anteriores, alcançando $357 \times 10^6 \text{ m}^3$ de armazenamento.

As demais características individuais de cada barragem podem ser analisadas na Figura 30. A Barragem Norte por estar localizada à jusante da cidade de Rio do Sul não consta na Tabela 3, contudo, os tempos de influência das barragens Oeste e

Sul sobre a cidade de Rio do Sul podem ser consultados na Tabela 3, portanto, por estar localizada à jusante da cidade de Rio do Sul, a Barragem Norte não consta nesta tabela.

Figura 31 - Características das barragens do Alto Vale do Itajaí

CARACTERÍSTICAS DAS BARRAGENS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ				
DISCRIMINAÇÃO		BARRAGEM SUL	BARRAGEM NORTE	BARRAGEM OESTE
HIS TÓ RI CO	1. LOCALIZAÇÃO	Ituporanga	José Boiteux	Taió
	2. BACIA	Rio Itajaí	Rio Itajaí	Rio Itajaí
	3. INSTALAÇÃO (RIO)	Itajaí do Sul	Hercílio / Itajaí do Norte	Itajaí do Oeste
	4. FINALIDADE	Controle de cheias	Controle de cheias	Controle de cheias
	5. INÍCIO DE OPERAÇÃO	Ano de 1976	Ano de 1992	Ano de 1973
CA RAC TE RÍS TI CAS TÉC NI CAS	1. ÁREA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO	1.273,00km ²	2.318,00km ²	1.042,00km ²
	2. ALTURA DO BARRAMENTO	43,50m	58,50m	20,00m
	3. COTA DE COROAMENTO	410,00m	309,00	364,50m
	4. COTA DO VERTEDOURO	399,00m	302,00m	360,00m
	5. NÍVEL MÍNIMO	372,90m	259,20m	340,00m
	6. NÍVEL MÁXIMO	408,00m	304,25m	363,00m
	7. TIPO DE BARRAGEM	Enrocamento	Enrocamento	Concreto estrutural
	8. VOLUME DO RESERVATÓRIO	93.500.000,00m ³	357.000.000,00m ³	83.000.000,00m ³
	9. COMPRIMENTO NO COROAMENTO	390,00m	400,00m	422,00m
	10. ÁREA DO RESERVATÓRIO	8.400.000,00m ²	14.000.000,00m ²	8.550.000,00m ²
	11. DESCARREGADORES	De fundo, em nº de 5, diâmetro de 1,5m e controle hidrodinâmico.	Possui 2 túneis, controle hidromecânico das comportas, 1 galeria com 3 células estranguladas.	De fundo, em nº de 7, diâmetro de 1,5m e controle hidrodinâmico.
OBSERVAÇÕES :				
1. As comportas da Barragem Norte possuem dimensões de 2,60mx2,60m e as células estranguladas de 1,65mx1,65m.				
2. As cotas de tomadas d'água da Barragem Norte são : 260,00m - 268,00m				
<small>268,00m - 274,00m</small>				

Fonte: DEOH 2001, apud, Silva 2003.

Tabela 3 - Tempo Estimado de Influência das Barragens

DA BARRAGEM	PARA A CIDADE	TEMPO DE VIAGEM
Sul	Rio do Sul	8 HORAS
Oeste	Rio do Sul	10 HORAS

Fonte: Adaptado de CEOPS (2010).

De acordo com Planalto (2013), a ampliação das Barragens Sul e Oeste no Vale do Itajaí, fazem parte do Plano de Prevenção de Desastres Naturais de Santa Catarina e os investimentos são divididos igualmente entre os governos estaduais e federais totalizando R\$ 60 milhões.

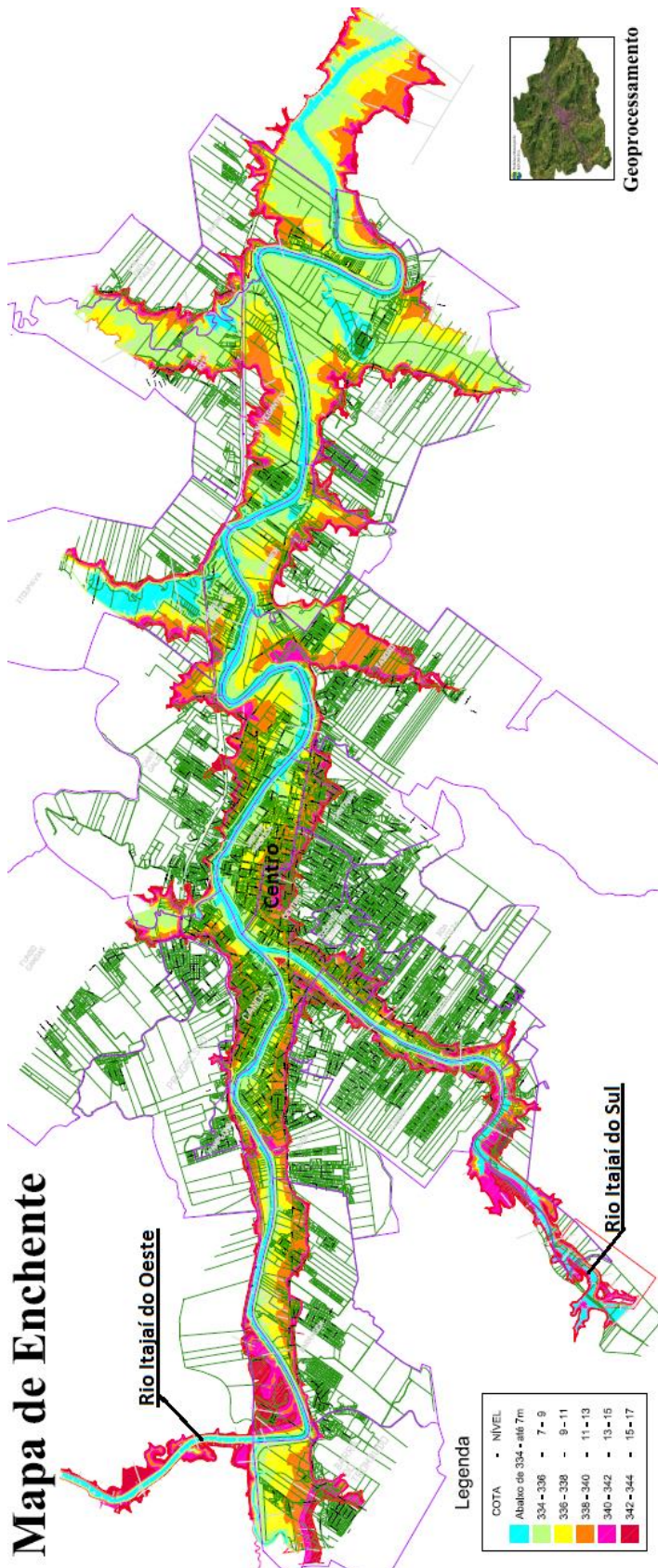
O Plano de Enfrentamento de Enchentes visa combater estrategicamente as cheias através da ampliação em dois metros de altura em cada barragem, totalizando um

aumento de 35 bilhões de metros cúbicos de volume retidos (o equivalente a 14 mil piscinas olímpicas), aumentando em 18% a capacidade dos reservatórios para poder conter o excesso, posteriormente controlar a liberação das águas e por fim aumentar todo o sistema com a criação de mais oito barragens espalhadas pelo estado (PLANALTO, 2013).

As obras das barragens de Ituporanga (Sul) e Taió (Oeste) já foram iniciadas e estão na fase de secagem do concreto até o desenvolvimento do trabalho, os custos estimados são de R\$ 19 milhões (RIC TV RECORD, 2014).

A Figura 32 apresenta a cidade com as respectivas cotas de enchente, representando a situação atual da cidade. Com essas medidas pertencentes ao Plano de Enfrentamento de Enchentes, a busca pelo combate a esse tipo de fenômeno natural está se desenvolvendo cada vez mais, e tomando uma proporção adequada para conseguir amenizar os problemas causados por eles.

Figura 32 - Mapa com as cotas de enchente de Rio do Sul



Fonte: Adaptado do acervo Defesa Civil (2009).

5. PROPOSTAS PARA RIO DO SUL

Neste capítulo são indicadas algumas diretrizes de adaptação da cidade de Rio do Sul, apontando os locais adequados para as ações estruturais futuras. Essas diretrizes são baseadas na análise dos mapas de zoneamento da cidade (Figura 27) e de enchente (Figura 32), onde é possível identificar os pontos mais críticos à vulnerabilidade diante das enchentes e inundações, levando em conta a concentração da população.

A análise desses mapas forneceu os subsídios para a indicação dos principais pontos de interferência para a proposta de intervenção estrutural. Cada um desses pontos foram nomeados de acordo com a sua função maior dentro do sistema de controle de águas e de proteção para as áreas mais críticas.

Desse modo são propostos três pontos de interferência ordenados de modo sequencial, pensado para minimizar os impactos causados pelas enchentes e inundações na cidade de Rio do Sul. A sequência de funções das intervenções obedece a seguinte ordem: armazenamento hidráulico, armazenamento e direcionamento da água e, por fim, desaceleração do escoamento. A Figura 33 mostra os locais de intervenção estrutural propostos sobre o mapa de enchentes de Rio do Sul.

Figura 33 – Localização dos pontos de interferência em Rio do Sul



Fonte: Adaptado do acervo da Defesa Civil (2009).

Os três pontos estratégicos são assim descritos:

1. Armazenamento hidráulico: esse ponto tem função de armazenar um determinado volume de água através de um grande reservatório, diminuindo assim a vazão do rio;
2. Armazenamento e Direcionamento das águas: além da função de armazenar a água de ambos os rios que se encontram no centro da cidade, esse ponto também consegue direcionar essa quantidade retida no reservatório para o canal paralelo do ponto 3;
3. Desaceleração do escoamento: aqui a proposta é realizar um canal paralelo, com o intuito de retardar o escoamento, promovendo um aumento no percurso percorrido pela água através de um caminho alternativo. E ainda controlar esse canal através da inclusão de comportas na saída dele.

O primeiro ponto de armazenamento é localizado ainda no rio Itajaí do Oeste, antes do encontro dos rios e também do bairro Canoas, que é o primeiro a sofrer com as enchentes e inundações. A medida estrutural nesse ponto é de armazenamento, para segurar certa quantidade de água da chuva vinda da barragem de Taió. Essa medida faz com que o mesmo volume de escoamento superficial, antes de existir o

ponto de armazenamento, escoar, agora, para a cidade de Rio do Sul num intervalo de tempo maior, diminuindo o pico da vazão da cheia.

No ponto seguinte, localizado um pouco depois do encontro dos rios, é realizada a contenção do volume de escoamento, ou seja, uma medida que visa também armazenamento de uma quantidade de água, além de conseguir direcionar esse volume para o caminho alternativo. Nesse caso, optou-se por utilizar uma bacia de contenção, propondo utilizar a área do local como reservatório em período de cheias, e lazer no restante dos dias.

Já o terceiro ponto se refere, a uma intervenção no Parque Harry Hobus, local destinado à prática de esportes e lazer composto também por área verde. A função desse ponto é criar um caminho paralelo para o escoamento superficial, de forma a contornar o parque e encontrar o rio Itajaí-Açu paulatinamente através da liberação das comportas. Essa decisão causa uma diminuição na velocidade do escoamento, e conseqüentemente, no pico da vazão de cheia, contribuindo para que a região residencial das proximidades (bairros Jardim América e Centro) não sofra alagamentos expressivos.

5.1 AÇÃO 1: PONTO DE ARMAZENAMENTO HIDRÁULICO

Com a função de armazenar parte do volume escoado pelo rio Itajaí do Oeste, a fim de impedir que todo esse volume atinja o bairro Canoas de maneira agressiva, nesse ponto de interferência, situado no bairro Barragem na Estrada das Madeiras, 766-832 (ver Figura 34), optou-se por construir um reservatório, que posteriormente, a água contida nele, possa ser utilizada para fins não potáveis.

Figura 34- Localização da área de intervenção do ponto 1

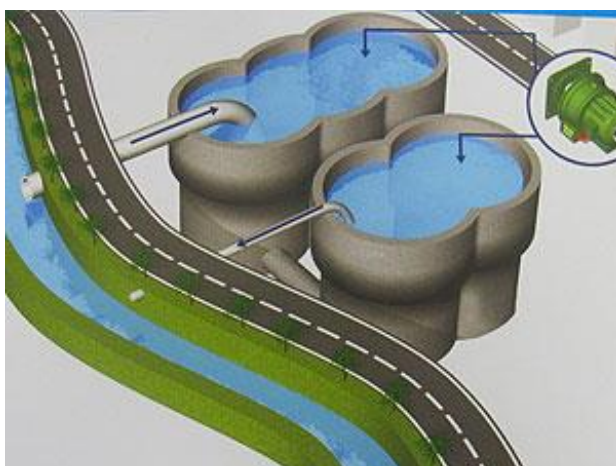


Fonte: Adaptado de Google Maps (2011).

O bairro Canoas, situado ao longo das margens do rio Itajaí do Oeste (ver Figura 33), é o primeiro a sofrer os efeitos das enchentes e inundações por ser um dos pontos mais baixos da cidade de Rio do Sul. Pensando em minimizar esses impactos sofridos pelo bairro, e conseqüentemente pela cidade, a escolha da localização do ponto de interferência foi pensada de forma a antecipar a ação ao problema. Ou seja, tomar medidas de intervenção antes da ocorrência dos eventos catastróficos naturais, localizando o ponto há mais de 1 km antes do bairro Canoas.

A implementação do reservatório nesse local, além da principal função de armazenamento de uma quantidade de volume de água, possui também como objetivo, amortecer a velocidade com que o escoamento superficial chega até o encontro dos rios onde se encontra o ponto crítico da cidade. A Figura 35 ilustra um esquema do reservatório que pode ser aplicado nesse ponto de intervenção.

Figura 35 - Esquema de um reservatório para controle a amortecimento de enchentes e inundações



Fonte: Aqua Fluxos (2011).

A proposta de amortecer esse escoamento antes de chegar ao ponto crítico é baseada em prevenção, pois se o ponto de armazenamento ficar localizado muito próximo ao ponto crítico estaria correndo o risco de sofrer a inundação esperando ela acontecer, para aí sim tomar alguma medida, e nesse caso a medida seria corretiva e não mais preventiva.

Essa ação não espera a cidade sentir os impactos para depois tomar decisões, e sim, age antes deles ocorrerem, amenizando os prejuízos causados pelas enchentes e inundações.

5.2 AÇÃO 2: PONTO DE ARMAZENAMENTO E DIRECIONAMENTO DAS ÁGUAS

Essa proposta segue a mesma linha de pensamento do primeiro ponto: armazenar um determinado volume de água, através de um reservatório. Porém, nesse caso, o ponto de interferência está localizado depois do ponto crítico (encontro dos rios) e possui uma maior área disponível para a intervenção.

Segundo Corsini (2011), esses reservatórios, usados para o controle de enchente e inundações urbanas diminuindo os impactos causados pelas mesmas, são popularmente chamados de “piscinões”. Ele faz com que algumas características de armazenagem da bacia sejam recuperadas, pois consegue distribuir novamente o escoamento superficial em diferente espaço e intervalo de tempo, podendo também tratar a água contida e reutilizá-la para fins não potáveis (CORSINI, 2011). Um exemplo dessa medida de aplicação no Brasil, em São Bernardo (SP) é demonstrado na Figura 36.

Figura 36 - Piscinão da Vila Pauliceia, em São Bernardo (SP), com capacidade para absorver 380 milhões de litros de água



Fonte: Corsini (2011).

O reservatório, apesar de poder ser fechado, foi escolhido deixá-lo aberto, porque dessa forma requer uma profundidade menor, que acarreta num custo menor, e dispensa o uso de bombas para retirar a água retida nele, conectando-se facilmente com a rede de drenagem do município através da gravidade (CORSINI 2011).

Sua localização (ver Figura 37) no bairro Canoas foi pensada estrategicamente para ocupar o já existente campo de futebol da cidade, pois além de ser uma área facilmente inundável, é também destinada à prática esportiva, podendo facilitar a construção do reservatório de retenção sem muitos entraves.

Figura 37 - Localização da área de intervenção do ponto 2



Fonte: Adaptado de Google Maps (2014).

Com o intuito de aumentar o tempo de retorno das enchentes e inundações que vem ocorrendo na cidade de Rio do sul, a medida estrutural nesse caso em particular, tem duas funções importantes: reter um determinado volume de água e, direcionar esse mesmo volume para o canal paralelo proposto no terceiro ponto de intervenção.

5.3 AÇÃO 3: PONTO DE DESACELERAÇÃO/DESVIO DO ESCOAMENTO

A localização desse terceiro ponto (Figura 38) é bem próxima ao segundo, pelo fato de acontecer uma correlação direta entre eles.

Figura 38 - Localização da área de intervenção do ponto 3



Fonte: Adaptado de Google Maps (2014).

Nesse terceiro ponto, ocorre a desaceleração do escoamento, juntamente com o desvio do mesmo através de um canal paralelo. Um esquema dessa medida de intervenção está representado na Figura 39.

Figura 39 - Demonstração e localização das propostas 2 e 3



Fonte: Adaptado de Google Maps (2014).

A linha tracejada em amarelo representa o canal paralelo a ser construído, partindo da saída do reservatório (proposta 2), contornando o parque e voltando para o rio

Itajaí-Açu novamente. Antes do reservatório está proposto um canal para direcionar parte da água vinda do encontro dos dois rios, esse volume que entra no reservatório será contido e a outra parcela continuará o percurso. Uma entrada secundária para o canal é construída mais a frente, antes do Parque Harry Hobus, essa entrada faz com que não só a água que entrou no reservatório, mas também outra parcela tenha acesso ao canal paralelo percorrendo um trajeto maior até retornar ao curso principal d'água. No final do percurso a água retida encontra as comportas, fazendo com que essa quantidade de água, retida no canal, retorne para o rio Itajaí-Açu de forma suave.

A função principal dessa obra é diminuir a velocidade com que o escoamento superficial alcança até chegar aos próximos bairros que irá percorrer, podendo, em uma situação crítica, ser totalmente inundada. Porém, antes de iniciar as obras, é necessário prever um local de realocação da população que será removida do bairro Canoas. O ponto de realocação mais próximo e disponível, dentro das conformidades da lei, é no bairro Progresso, livre de enchentes e inundações (Figura 40).

Figura 40 - Remoção e Realocação da população



Fonte: Adaptado de Google Maps (2014).

Pelo fato de envolver uma série de burocracia, leis e regimentos municipais quanto à realocação de pessoas, essa medida é pensada para obter melhorias a longo prazo, porém pode ser iniciada juntamente com as intervenções dos pontos 1 e 2.

Além disso, no Parque Harry Hobus, está previsto que sua estrutura será mantida, fazendo com que ele permaneça no mesmo local, e sofra alteração somente na disposição dos diferentes níveis, semelhante ao que foi citado no exemplo da cidade

de Zuera, na Espanha, apresentado no Capítulo 3. Nesta, propõe-se, dois níveis de alcance das águas (Figura 41).

Figura 41 - Parque Harry Hobus com os diferentes níveis



Fonte: Dolzan (2012).

Os níveis para esse ponto de interferência são distribuídos da seguinte maneira: a parte do parque composta por área verde destinada a piquenique, jogos com bola e *playground* compõe o nível mais baixo (nível 1); já no segundo nível (nível 2), o mais alto, estão as pistas, tanto de corrida e caminhada quanto de bicicleta, assim como a academia ao ar livre e o estacionamento.

Com essa ação acredita-se que os impactos sofridos pelo bairro Jardim América (ver Figura 40) será também minimizado, pois o mesmo volume está levando um intervalo de tempo maior para atingir aquela área, o que implica numa menor velocidade e conseqüentemente menor vazão.

5.4 CONSIDERAÇÕES

A respeito dos pontos de interferências que foram propostos e mencionados neste Capítulo, é importante ressaltar que todos eles fazem parte do estudo preliminar pontual do município de Rio do Sul desenvolvido neste trabalho. Portanto, esses três pontos de interferência são ações locais e foram sugeridos pensando na mitigação dos prejuízos causados pelas enchentes e inundações na cidade de Rio do Sul.

Entretanto, é importante indicar que este trabalho não tem a pretensão de solucionar o problema de enchentes e inundações da bacia do Rio Itajaí, e sim apontar ações que o município de Rio do Sul poderia tomar, tendo em vista suas características geográficas e de configuração urbana.

Tomada a proporção da bacia do Rio Itajaí, que atinge 11 municípios, pensa-se que o problema das enchentes e inundações só poderia encontrar uma solução a partir de ações sistêmicas promovidas pelos municípios pertencentes a esta bacia.

Seguindo nessa direção, o cálculo do dimensionamento preliminar, que considera as variáveis como a média de precipitação, tempo de concentração e área da bacia de estudo (conforme o Método SCS – Soil Conservation Service), mostrou que apenas as ações propostas neste trabalho não são eficientes para resolver a problemática que afeta toda a bacia.

6. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

As enchentes e inundações estão presentes na história de Rio do Sul desde o século XX, e a proporção que tem tomado esses eventos fez com que a cidade não conseguisse responder de forma positiva, aumentando ainda mais os danos causados à Rio do Sul por esses fenômenos.

O principal objetivo estabelecido para esse trabalho foi encontrar intervenções estruturais a fim de adequar o município de Rio do Sul, o qual teve sua situação exposta no Capítulo 4, a esses desastres naturais e conseqüentemente minimizar os prejuízos da cidade. Esse objetivo foi atingido apontando 3 pontos de interferência, dispostos conforme o Capítulo 5: ponto de armazenamento hidráulico; ponto de armazenamento e direcionamento das águas; e ponto de desaceleração do escoamento.

Esses pontos estão associados às diferentes medidas de controle de enchentes e inundações existentes que foram apresentadas no Capítulo 2. Cada uma delas possui um grau de importância associado, porém, quando individuais, não alcançam sua máxima eficiência. Alguns exemplos, tomados como referência, que adotaram medidas estruturais e obtiveram sucesso, foram citadas no Capítulo 3.

Diante dessa pesquisa realizada, pode-se afirmar que ainda há alguns condicionantes a serem modificados para que a resposta, às enchentes e inundações, da cidade de Rio do Sul seja mais positiva.

Uma consideração a fazer, é que existem medidas que devem ser executadas paralelamente às medidas de controle de cheia. A dragagem regular, por exemplo, pois o processo de assoreamento do rio é natural, não se pode controlar apenas interferir para que de tempo em tempo seja retirada uma quantidade de detritos,

ajudando o escoamento superficial fluir, caso contrário, esse escoamento permanecerá por mais tempo na cidade, causando maiores estragos.

A limpeza do rio também pode ser citada como exemplo, pois após 7 anos consecutivos de enchentes e inundações, houve um grande acúmulo de lixo no rio, como eletrodomésticos, mas principalmente móveis, provocando um deslocamento ascendente no nível de água do rio. O que facilita ainda mais a ocorrência desses fenômenos naturais, pois precisariam de uma precipitação abaixo da média de costume.

Outra medida paralela que deve ser trabalhada é a conscientização da população, pois não basta o poder público impor legislações do uso e ocupação do solo, é dever dele também, fiscalizar e ressaltar os riscos que a população está sujeita se burlar as regras (NICOLAO, 2011).

Analisando os demais estudos realizados e propostas sugeridas para outros casos semelhantes à Rio do Sul, é possível afirmar que o homem não consegue controlar por completo as enchentes e inundações, somente minimizar os efeitos. Porque elas são desastres naturais e não deixarão de acontecer.

Entretanto, assim como houve intervenções humanas que contribuíram para o decorrer desses desastres, existem também, intervenções humanas que conseguem prevenir e minimizar as enchentes e inundações, conforme mostrado ao longo desse trabalho.

As intervenções propostas por esta pesquisa visam controlar pontualmente, de forma geral, a vazão do volume de água, e o escoamento superficial. Se aplicadas de forma conjunta, essas intervenções podem melhorar a proteção da população do município de Rio do Sul quanto às enchentes e inundações. Além disso, avaliar a condição de saturação do solo do centro da cidade, onde a maioria das vias é pavimentada (asfalto ou paralelepípedo), que dificultam a infiltração da água da chuva e a microdrenagem da cidade.

Também é importante ressaltar que qualquer medida implantada seja ela corretiva ou preventiva, estrutural ou não estrutural, quando aplicada individualmente pode

não conseguir alcançar sua máxima eficiência de resposta às enchentes e inundações.

Além disso, deve-se considerar que ações sistêmicas que busquem solucionar a problemática da bacia do Rio Itajaí, devem ser tomadas por todos os municípios afetados por ela.

O correto é pensar sempre no conjunto, buscando a adaptação dos locais aos eventos naturais dessa tipologia, pois com as informações combinadas de ambas as medidas, fica mais fácil obter resultados positivos e reduzir os prejuízos, sejam eles sociais, econômicos ou estruturais.

BIBLIOGRAFIA

AMAVI (Santa Catarina). Associação dos Municípios do Alto Vale do Itajaí (Org.). **Potencialidades e Oportunidades de Investimentos no Alto vale do Itajaí**: Rio do Sul. 2004. Disponível em: <<http://www.amavi.org.br/amavi40anos/revista40anos/pagina30.php>>. Acesso em: 27 out. 2014.

AQUA FLUXOS (Rio de Janeiro). Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos. **Um reservatório de cheias para o Godzila nadar**. 2011. Disponível em: <<http://aquafluxus.com.br/?p=3612>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **ÁGUAS DE CHUVA**: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3. ed. São Paulo: Edgar BlucherLtda, 2011. 297 p.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302 p.

CAVION, Renata. **Cidade Sob(re) as Águas**: Estratégias de Ação e de Políticas Urbanas. 2014. 191f. Tese (Doutorado)–Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CBH - COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. Brasília –DF. **Santa Catarina**. 2012. Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridSantaCatarina.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

CEOPS-FURB (Santa Catarina). **Histórico das Obras de Contenção e o Sistema de Alerta de Cheia na Bacia do Itajaí**. 2010. Disponível em: <<http://ceops.furb.br/index.php/institucional/historico>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

COMITÊ DO ITAJAÍ. Santa Catarina. Agência de Água. **Histórico das Barragens**: Barragens. 2009. Disponível em: <http://www.comiteitajai.org.br/alerta/index.php?option=com_content&view=section&id=2&layout=blog&Itemid=6>. Acesso em: 18 ago. 2014.

COMITÊ DO ITAJAÍ. Santa Catarina. Agência de Água. **Origem**. 2010. Disponível em: <<http://www.comiteitajai.org.br/portal/index.php/origem.html>>. Acesso em: 09 jun. 2014.

COMITÊ DO ITAJAÍ. Santa Catarina. Agência de Água. **Prevenção de Enchentes**. 2010. Disponível em: <<http://www.comiteitajai.org.br/portal/index.php/prevencaoenchentes.html>>. Acesso em: 09 jun. 2014.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Santa Catarina). Casan - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Bacias Hidrográficas**. 2012. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/bacias-hidrograficas#0>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

CORDERO, Ademar; MEDEIROS, Péricles Alves; TERAN, Albanella Leon. **Medidas de Controle de Cheias e Erosões**. 1999. Disponível em: <<http://ceops.furb.br/index.php/publicacoes/artigos?start=5>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

CORSINI, Rodnei. **Piscinões para controle de cheias**: Dimensionamento, projeto, custos e manutenção de reservatórios de contenção de enchentes em espaços públicos. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220142-2.aspx>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

DEARO, Guilherme. As 5 maiores enchentes e deslizamentos de terra ocorridos nos últimos 12 meses. **Super Interessante**, Rio de Janeiro, 19 jan. 2011. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/blogs/superlistas/as-5-maiores-enchentes-e-deslizamentos-de-terra-do-mundo-ocorridos-nos-ultimos-12-meses/>>. Acesso em: 09 jul.2014.

DEFESA CIVIL. Santa Catarina. Secretaria de Estado da Defesa Civil. **Histórico de Fotos - 2008**. 2008. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/midia/galeria-de-fotos/category/12-2008.html>>. Acesso em: 18 jul. 2014

DEFESA CIVIL. Santa Catarina. Secretaria de Estado da Defesa Civil. **Municípios contabilizam prejuízos**. 2014. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3046-municipios-contabilizam-prejuizos.html>>. Acesso em: 07 jul. 2014.

DNAEE/MME/CPRM - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica/ Ministério das Minas e Energia/ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Santa Catarina. **Zoneamento de Áreas Inundáveis e do Potencial Erosivo: Cartas de Enchentes para Cidades do Vale do Rio Itajaí-Açu - SC**. Florianópolis: Texto, 1987. 3 v.

DOLZAN. **Harry Hobus**. 2012. Disponível em: <<http://imgcdn.geocaching.com/cache/large/64d72f57-c195-4948-8bc8-05eb247cbf44.jpg>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

EM-DAT - The International Disaster data Base. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED. Disponível em: <<http://www.emdat.be/result-country-profile>>. Acesso em: jul. 2014.

ESCANDIUZZI, Fabrício. SC: Vítimas de enchentes estão em abrigos desde 2008. **Notícias Terra**, Florianópolis, 18 set. 2011. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/sc-vitimas-de-enchentes-estao-em->

abrigos-desde-2008,094c0970847ea310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>.

Acesso em: 07 jul.2014.

FRAGA, N. C. **As enchentes no Vale do Itajaí-Açu/SC: das obras de contenção à indústria da enchente.** Maringá, 2000. 354p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá.

FRAGA, Nilson Cesar; SIMAS, Fernando de Oliveira. **O PLANEJAMENTO DE BARRAGENS PARA A NAVEGAÇÃO FLUVIAL E O CONTROLE DE ENCHENTES NO RIO ITAJAÍ-AÇU EM BLUMENAU (SC): UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM A REGIÃO DE BRAUNSCHWEIG NA ALEMANHA..** 2010. Disponível em: <<http://www.ecsbarragens.ufpa.br/site/cd/ARQUIVOS/GT5-131-36-20101114132231.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2014.

FURB (Org.). **CEOPS - CENTRO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA DA BACIA DO RIO ITAJAÍ:** Ilhéus, 2010. 15 slides, color. Disponível em: <<http://www.abruem.org.br/uploads/foruns/46/palestras/CEOPS.ppt>>. Acesso em: 29 out. 2014.

GOOGLE MAPS. Mapa de Rio do Sul. 2014. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-27.2217641,-49.6518405,14z>>. Acesso em: abr. 2014.

JHA, Abhas K; BLOCH, Robin; LAMOND, Jessica. **Cidades e Inundações: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI..** 2011. Disponível em: <<https://www.gfdr.org/>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

LAPOLLI, Aderbal Vicente. **O PLANO DIRETOR E O PLANO DE GERENCIAMENTO DE ENCHENTES DO MUNICÍPIO DE RIO DO SUL – SC: A CONSTRUÇÃO DE UM TERRITÓRIO SEGURO?** 2013. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental Mestrado Profissional - MPPT, Departamento de Centro de Ciências Humanas e da Educação – FAED, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/872/aderbal_vicente_lapolli.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2014.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Brasil (Org.). **DRENAGEM - PARQUE LINEAR DO RIO RESSACA - SÃO JOSÉ DOS PINHAIS - PR.** 2014. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/obra/24132>>. Acesso em: 15 out. 2014.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Brasil. (Org.). **Sobre o PAC.** Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 15 out. 2014.

NEGRI, Robison. **Bacias Hidrográficas.** Joinville: Robison Negri, 2014. 23 slides, color.

NELSON, Stephen A. **New Orleans & Hurricanes: Why New Orleans is Vulnerable to Hurricanes Geologic and Historical Factors.** 2012. Disponível em: <http://www.tulane.edu/~sanelson/New_Orleans_and_Hurricanes/New_Orleans_Vulnerability.htm>. Acesso em: 14 nov. 2014.

NICOLAO, Camila Pelisser. **ANÁLISE DAS MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS RELACIONADAS À PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO LUIZ TONNEMANN NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE.** 2011. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Centro de Ciências Tecnológicas – Cct, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2011. Disponível em: <<http://www.pergamumweb.udesc.br/dados-bu/000000/000000000013/00001301.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2014.

PENA, Rodolfo Alves. **O Problema das Enchentes:** As enchentes são fenômenos naturais, mas podem ser intensificadas pelas práticas humanas no espaço das cidades. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/enchentes.htm>>. Acesso em: 09 set. 2014.

PITA, Marina. Contra Enchentes. **Infraestrutura Urbana: projeto, custos e construção,** Paraná, v. 4, n. 34, p.26-32, 01 jan. 2014. Mensal.

POLI, Cláudia Maria Basso. **As causas e as formas de prevenção sustentáveis das enchentes urbanas.** 2013. Disponível em: <<http://snscs.imed.edu.br/2013/anais/>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

PLANALTO. Brasil. (Org.). **Ampliação das barragens de Taió e Ituporanga é partida para resolver problema das cheias na região do Vale do Itajaí, afirma Dilma**. 2013. Disponível em: <<http://blog.planalto.gov.br/ampliacao-das-barragens-de-taio-e-ituporanga-e-partida-para-resolver-problema-das-cheias-na-regiao-do-vale-do-itajai-afirma-dilma/>>. Acesso em: 20 set. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL. Rio do Sul. (Org.). **Dados Sobre o Município**. 2010. Disponível em: <<http://177.54.11.72/portal/principal.php?pg=1757>>. Acesso em: 30 out. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL. Rio do Sul. Cátia Dagnoni. **História**. 2013. Disponível em: <<http://www.riodosul.sc.gov.br/index.php/prefeitura/a-cidade/historia>>. Acesso em: 12 set. 2014.

PROAP. **Parque fluvial de Barcelos**. 2009. Disponível em: <<http://www.proap.pt/pt-pt/projecto/riverside-park-of-barcelos-2/>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

PROMINSKI, Martin et al. **River. Space. Design.:** Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Rivers. Switzerland: Birkhauser, Basel, 2012. 295 p.

RIC TV Record. **Obras das barragens de Taió e Ituporanga estão quase prontas: Construções no Alto Vale se aproximam das etapas finais**. 2014. Disponível em: <<http://ricmais.com.br/sc/infraestrutura/videos/obras-das-barragens-de-taio-e-ituporanga-estao-quase-prontas/>>. Acesso em: 20 set. 2014.

SILVA, Benedito C.. **Hidrologia:** Precipitação. 2014. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/1473806/>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

SILVA, Hélio dos Santos. **Análise Sociotécnica da Meteorologia Brasileira:** uma aplicação para o Vale do Itajaí (SC). 2003. 229 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Humanas, Departamento de Centro de Filosofia e Ciências Humanas – Cfh, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em:

<<http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85047/198984.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 31 out. 2014.

STUDART, Ticiana Marinho de Carvalho. **Controle de Enchentes e Inundações**. 2006. Disponível em:

<http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_10_Controle_de_Enchentes_e_Inundacoes.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2014.

TOTH, Mariana. **GEO - Conceição: Bacias Hidrográficas do Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://geoconceicao.blogspot.com.br/2011/08/bacias-hidrograficas-do-brasil.html>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

TUCCI, Carlos E. M.; MARQUES, David M. L. da Motta. Planejamento urbano. In: TUCCI, Carlos E. M.; MARQUES, David M. L. da Motta. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2001. Cap. 3. p. 177-374.

UFCG. **Drenagem**: Capítulo II. 2009. Disponível em:

<<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren02.html>>. Acesso em: 13 jul. 2014.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Santa Catarina**/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011. 89 p. :il. color. ; 30cm. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/e-soll.ceped.atlas.aspx>>. Acesso em: 08 out. 2014.