



Campus de São Carlos

**MODELO DE SEGURO PARA RISCOS HIDROLÓGICOS
NO CONTEXTO DE MANEJO INTEGRADO DE BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

Julian Margarido Righetto

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiolo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

MODELO DE SEGURO PARA RISCOS HIDROLÓGICOS NO CONTEXTO DE MANEJO INTEGRADO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

JULIAN MARGARIDO RIGHETTO

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço.....21/12/05.....
Ass.:..... <i>leson</i>

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências da Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mario Mendonço

DEDALUS - Acervo - EESC



31100053637

SÃO CARLOS -SP
2005



Class.	TESE-EESC
Cutt.	4836
Inclu	1 CD-ROM
Tombo	T 330/05
Sysno	1488868

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

R571m

Righetto, Julian Margarido

Modelo de seguro para riscos hidrológicos no contexto
de manejo integrado de bacias hidrográficas / Julian
Margarido Righetto. -- São Carlos, 2005.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 2005.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mario Mediondo.

1. Modelo de seguro. 2. Enchentes. 3. Manejo integrado
de bacias hidrográficas. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO


Candidato: Bacharel **JULIAN MARGARIDO RIGHETTO**

Dissertação defendida e julgada em 15-09-2005 perante a Comissão Julgadora:



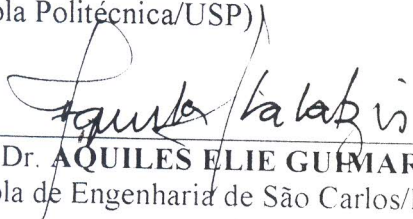
Prof. Dr. **EDUARDO MARIO MENDIONDO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO



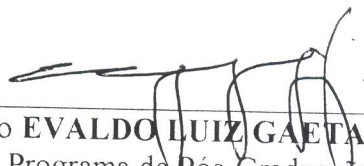
Prof. Associado **SÉRGIO ROCHA SANTOS**
(Escola Politécnica/USP)

Aprovado

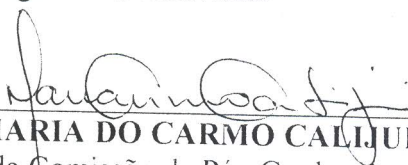


Prof. Dr. **AQUILES ELIE GUIMARÃES KALATZIS**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado



Prof. Associado **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Engenharia Ambiental



Prof. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

DEDICATÓRIA

Em especial, aos meus pais, Antonio Righetto e Maria do Carmo, aos meus irmãos Giovanni, Carolina e Marcos pela compreensão, amor e estímulo, que permitiram a conclusão desta obra;

Ao Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiando, pela confiança depositada, oportunidade de tê-lo sempre presente e atento às minhas incertezas, dúvidas, incentivo e orientação.

E, finalmente, a minha namorada Juliana pelo amor, compreensão, paciência dedicação e amizade que proporcionou nos momentos mais difíceis.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Para a concretização deste trabalho de pesquisa, foi possível contar com a colaboração e apoio de entidades e pessoas a quem gostaria de externar meus melhores agradecimentos.

A FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou a realização deste trabalho.

A USP, pelo acolhimento e infra-estrutura.

Aos amigos do NIBH (Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas) pelo incentivo e pela parceria em vários trabalhos realizados.

*E por fim, aos queridos amigos que tenho neste nosso querido planeta azul.
meus sinceros agradecimentos.*

À Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, sou profundamente grato pela oportunidade de cursar o Mestrado em Engenharia Ambiental, PPG-SEA, o que me habilitará a busca de novos horizontes na luta profissional do amanhã;

meu eterno reconhecimento.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Apresentação.....	10
1.2 Contextualização Do Trabalho	12
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Considerações Iniciais.....	17
3.2 Enchentes.....	17
3.3 Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.....	20
3.4 Gestão de Risco de Inundação Urbana.....	21
3.5 Possíveis ações em áreas urbanas.....	23
4. BACIA HIDROGRÁFICA.....	25
4.1 A Ausência de Visão Integrada.....	25
4.2 Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.....	29
5. CONTROLE DE CHEIAS A NÍVEL MUNDIAL.....	34
5.1 Uma Visão Histórica.....	34
5.2 Principais Enchentes.....	35
5.2.1 Bangladesh	35
5.2.3 Alemanha.....	35
5.3 Uma Nova Abordagem.....	35
5.4 Elementos a considerar.....	36

6. BACIA HIDROGRÁFICA:	
PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO.....	37
6.1 Considerações Iniciais	37
6.2 A bacia hidrográfica como sistema.....	38
6.3 Mecanismo de Coordenação.....	39
6.3.1 Descentralização	40
6.3.2 Participação	40
6.3.3 Integração.....	40
6.3.4 Coordenação.....	41
6.3.5 Financiamento	41
6.4 Síntese.....	41
7. DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
7.1 Considerações Iniciais	43
7.2 Determinação dos Indicadores.....	46
8. METODOLOGIA.....	48
8.1 Considerações Iniciais.....	48
8.2 Classificação dos Riscos.....	49
8.3 Simulação do Modelo	55
8.4 Simulações Hidrológicas.....	56
8.5 Cálculo do Prêmio e Funcionamento do Fundo.....	57
8.6 Área de Estudo.....	60
9. RESULTADOS.....	62
9.1 Simulação Hidrológica.....	62
9.2 Volume de Inundação.....	63
9.3 Prejuízos causados pela Inundação.....	64
9.4 Simulação de Inundações e Perdas Anuais.....	65

9.5 Simulação do Prêmio.....	65
9.6 Otimização dos prêmios de seguro.....	66
9.7 Análise Geral dos Prêmios.....	67
10. CONCLUSÕES.....	76
11. RECOMENDAÇÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXO 1	
ANEXO 2	

FIGURAS

FIGURA 1.1 - Percentual de Catástrofes Naturais no Mundo.

FIGURA 1.2 - Perdas Financeiras.

FIGURA 1.3 - Percentual Assegurado.

FIGURA 1.4 – Fatalidades.

FIGURA 3.1 – Gestão de Risco para Enchentes.

FIGURA 4.1 - Mecanismo para o Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.

FIGURA 7.1 -Área de estudo e de inundação.

FIGURA 7.2 - Inundação na Sub-Bacia do Gregório em 30 de janeiro de 2004. À direita, Mercado Municipal inundado. Vista para jusante. Fonte: Projeto FINEP-CT-HIDRO, 2002.

FIGURA 7.3 - Coeficiente de correlação entre o Patrimônio X Prêmio seguro e Patrimônio X Perdas pelas enchentes. Fonte: Righetto e Mendiondo (2004).

FIGURA 7.4 - Patrimônio X Perdas pelas enchentes.

FIGURA 8.1 - Classificação geral dos Riscos.

FIGURA 8.2 - Esquema de funcionamento do modelo de seguro proposto para Renda Líquida Mínima e Garantida. Fonte: PILAR et al (2001).

FIGURA 8.3 – Bacia do Gregório.

FIGURA 8.4 - Distribuição de Frequência das Perdas.

FIGURA 9.1 – Hidrograma de cheia. T = 2 anos (anexo1).

FIGURA 9.2 – Hidrograma de cheia. T = 5 anos (anexo1).

FIGURA 9.3 - Hidrograma de cheia. T = 10 anos (anexo1).

FIGURA 9.4 – Hidrograma de cheia. T = 20 anos (anexo1).

FIGURA 9.5 – Hidrograma de cheia. T = 50 anos (anexo1).

FIGURA 9.6 – Volume de Inundação X Período de retorno.

FIGURA 9.7 – Distribuição de frequência dos Prêmios para o caso sem restrição (anexo1).

FIGURA 9.8 – Prêmios obtidos nas 30 simulações para o caso sem restrição (anexo1).

FIGURA 9.9 – Distribuição de frequência dos Prêmios para o caso em que $P < R\$200.000$ (anexo1).

FIGURA 9.10 – Prêmios obtidos nas 30 simulações para o caso $P < R\$200.000$ (anexo1).

FIGURA 9.11 – Distribuição de frequência dos Prêmios para o caso em que $P < R\$300.000$ (anexo1).

FIGURA 9.12 – Prêmios obtidos nas 30 simulações para o caso $P < R\$300.000$ (anexo1).

FIGURA 9.13 – Distribuição de frequência dos Prêmios para o caso em que $P < R\$400.000$ (anexo1).

FIGURA 9.14 – Prêmios obtidos nas 30 simulações para o $P < R\$400.000$ (anexo1).

FIGURA 9.15 – Distribuição de frequência dos Prêmios para o caso em que $P < R\$500.000$ (anexo1).

FIGURA 9.16 – Prêmios obtidos nas 30 simulações para o caso $P < R\$500.000$ (anexo1).

FIGURA 9.17 – Distribuição de frequência dos Prêmios para o caso em que $P < R\$600.000$ (anexo1).

FIGURA 9.18 – Prêmios obtidos nas 30 simulações para o caso $P < R\$600.000$ (anexo1).

FIGURA 9.19 – Exemplo de evolução do fundo de seguros a partir das quatro primeiras simulações para um prêmio de R\$200.000,00. Cada prêmio ótimo corresponde a uma diferente simulação do fundo.

FIGURA 9.20 – Número de falhas para cada caso e para as 30 simulações realizadas.

FIGURA 9.21 - Otimização do Prêmio de Seguro de R\$200.000,00.

FIGURA 9.22 - Otimização do Prêmio de Seguro de R\$300.000,00.

FIGURA 9.23 - Otimização do Prêmio de Seguro de R\$400.000,00.

FIGURA 9.24 - Otimização do Prêmio de Seguro de R\$500.000,00.

FIGURA 9.25 - Otimização do Prêmio de Seguro de R\$600.000,00.

FIGURA 9.26 – Eficiência de cada tipo e limitação superior do valor do Prêmio.

FIGURA 9.27 – Margem de lucro do sistema de seguro para os casos estudados.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - Maiores Catástrofes de Enchentes no Mundo (1990 – 1996).

TABELA 7.1- Entrevistas obtidas para avaliação de perdas e disponibilidade a pagar, conforme inundações ocorridas no Micro-Centro de São Carlos.

TABELA 8.1 – Dados da Bacia Hidrográfica do Gregório.

TABELA 8.2 – Perdas e Frequências das lojas.

TABELA 9.7 – Simulação de Inundações máximas anuais e as perdas correspondentes (anexo1).

TABELA 9.8 – Simulação do Prêmio para o caso sem restrição (anexo1).

TABELA 9.9 - Simulação do Prêmio para o caso em que $P < R\$200.000$ (anexo1).

TABELA 9.10 - Simulação do Prêmio para o caso em que $P < R\$300.000$ (anexo1).

TABELA 9.11 - Simulação do Prêmio para o caso em que $P < R\$400.000$ (anexo1).

TABELA 9.12 - Simulação do Prêmio para o caso em que $P < R\$500.000$ (anexo1).

TABELA 9.13 - Simulação do Prêmio para o caso em que $P < R\$600.000$ (anexo1).

TABELA 9.14 – Valores dos Prêmios relacionados aos casos estudados e aos 30 cenários simulados.

TABELA 9.16 – Capitalização do sistema de seguro através do lucro.

LISTA DE SÍMBOLOS

R = Risco.

Pr = Probalabilidade.

C = Conseqüências (R\$).

E (R) = Risco Esperado.

H = Altura (m).

K = Coeficiente Médio (500.000).

T = Período de Retorno (anos).

N = Seqüência de anos (50).

Q = Vazão(m³).

V = Volume (m³).

S = Armazenamento de capital do fundo do seguro.

J(t) = Juros Capitalizados pelo Fundo do Seguro para pagamento de indenizações.

O(t) = Extração do fundo do seguro para pagamento de indenizações.

D = Taxa de Juros adotada. (mensal)

H = Altura Média de Inundação (metros)

A = Área inundada fixada (m²).

RESUMO

RIGHETTO, J. M. (2005). *Modelo de Seguro para Riscos Hidrológicos no Contexto de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

O presente estudo aborda a questão da introdução de um modelo de seguro contra prejuízos causados pelas enchentes em uma micro-bacia hidrográfica localizada em São Carlos, SP, dentro de um contexto de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas (MIBH), devido à frequência com que vêm ocorrendo enchentes em algumas das grandes cidades brasileiras motivou o desenvolvimento deste estudo. É desenvolvido um modelo de seguro associado ao MIBH (Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas) baseado no modelo de seguro agrícola proposto por Pilar e Mendiondo (2001). nas proximidades do córrego do Gregório. Dentro dessa nova abordagem, é apresentado um estudo de caso onde se avalia o efeito das enchentes e com o intuito de quantificar os acréscimos nas vazões de cheia decorrente dos avanços da urbanização, caracterizada principalmente pelo aumento de áreas impermeáveis, foi escolhida uma área de teste na cidade de São Carlos, a região do micro-centro no córrego do Gregório. São propostos diferentes valores de prêmios. A análise dos resultados das simulações dos prêmios indica que são viáveis do ponto de vista do fundo do seguro conforme seu valor aumenta.

Palavras-chave: modelo de seguro, enchentes, manejo integrado de bacias hidrográficas.

ABSTRACT

RIGHETTO, J. M. (2005). *Model of Insurance for Hydrologics Risks in the Context of Integrated Handling of Hydrographics Basins*. M.Sc. Dissertation - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

This work treats the introduction of an insurance model against damages caused by the floods in a personal hydrographic basin located in São Carlos, SP, inside of a context of Integrated Handling of hydrographics basins (MIBH), due to the frequency with that come happening floods in some of the great Brazilian cities it motivated the development of this study. An insurance model associated to MIBH is developed (Integrated Handling of hydrographics basins) based on the model of safe agricultural proposed by Pilar and Mendiondo (2001). Inside of that new approach, a case study is presented where is evaluated the effects of the flood and with the intention of quantifying the increments in the discharge of full due to the progresses of the urbanization, characterized mainly by the increase of impermeable areas, it was chosen a test area in the city of São Carlos, the area of the personal hydrographic basin in Gregório's. Different values of prizes are proposed. The analysis of the results of the simulations of the prizes indicates that are viable of the point of view of the fund of the in accordance insurance its value it increases.

Word-key: Model of insurance, inundations, integrated handling of hydro logics basins.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A identificação de riscos em áreas propícias a inundações e a utilização de medidas estruturais e não-estruturais para o controle, mitigação e/ou recuperação de passivos sócio-ambientais são prioridades para estabelecer planos de bacia, em especial naquelas sem dados ou com dados escassos (SIVAPALAN et al, 1993; TUCCI & BERTONI, 2003).

Essas medidas, quando forem aliadas à operacionalização das premissas do desenvolvimento sustentável, podem-se tornar apropriados instrumentos da Política Ambiental e da Política de Recursos Hídricos (SILVA e PRUSKI, 2000; SOUZA, 2000).

Como os instrumentos de controle contra sinistros ainda são escassos, há necessidade de se controlar o crescimento desordenado das cidades que contribuem negativamente de forma direta ao meio ambiente.

Temperaturas em elevação e a força das tempestades têm uma relação direta. À medida que a temperatura da superfície do mar se eleva, particularmente nas regiões tropicais e subtropicais, o calor adicional que se irradia para a atmosfera provoca tempestades mais destrutivas. Temperaturas mais altas significam maior evaporação. A água que sobe forçosamente terá que cair. O que não está claro é o local exato onde essa água

adicional se precipitará. Munich Re (MÜNCHENER RÜCK. MUNICH RE. 1997), companhia de seguros, possui dados mundiais detalhados sobre catástrofes naturais, principalmente tempestades, enchentes e terremotos, referentes à segunda metade do século XX. Durante os anos 60, os prejuízos econômicos causados por catástrofes naturais em larga escala totalizaram US\$ 69 bilhões; durante os anos 90, atingiram US\$ 536 bilhões, quase oito vezes mais (PAULA & SILVA 2002).

Nos anos recentes, ocorreram tempestades tropicais extraordinariamente destrutivas. Entre elas, o Furacão Andrew, que devastou uma grande faixa através da Flórida em 1992. Alertas de tempestades mantiveram a perda de vidas humanas em 65, porém Andrew destruiu 60.000 lares e outros prédios, causando danos de cerca de US\$ 30 bilhões. Além dos prédios destruídos, também levou consigo sete companhias de seguros, que se tornaram insolventes com o acúmulo de indenizações. Seis anos depois, o Furacão Georges uma forte tempestade com ventos que chegaram próximos a 320 quilômetros por hora permaneceu ao largo do litoral da América Central devido a um sistema de alta pressão que bloqueou seu trajeto normal para o norte. Ceifou 4.000 vidas e causou um prejuízo gigantesco de US\$ 10 bilhões a El Salvador e Nicarágua. Uma tempestade que atingiu a Venezuela, em meados de dezembro de 1999, causou grandes enchentes e deslizamentos, ceifou 20.000 vidas e registrou perdas econômicas de US\$ 15 bilhões, inferior apenas ao Furacão Andrew. No final de setembro de 1999, o Tufão Bart atingiu a ilha densamente habitada de Kyushu, no Japão. O custo em vidas humanas foi mantido em apenas 26, porém causou prejuízos de US\$ 5 bilhões.

Desde 1985, o hemisfério norte sofreu quase 80 tempestades anuais, o dobro em 50 anos. Ao longo da última década, a Europa Ocidental foi assolada por inúmeras tempestades altamente destrutivas. Em 1987, o Reino Unido e a França sofreram o peso de uma tempestade de inverno que ceifou 17 vidas e causou prejuízos de US\$ 3,7 bilhões. Em 1999, a Europa Ocidental sofreu o impacto de três tempestades de inverno de rara potência: Anatole, Martim e Lothar. Mataram 150 pessoas e causaram danos de US\$ 10,3 bilhões. Lothar, que assolou o continente durante os feriados de 26 de dezembro, deixou um rastro de danos, totalizando US\$ 7,5 bilhões na França, Alemanha e Suíça (PAULA & SILVA 2002). Os danos causados por tempestades estão se escalando, tanto devido à maior densidade populacional quanto pelo aumento inusitado de investimentos per capita em habitações ou outras estruturas vulneráveis a danos por tempestades. Há também um aumento desproporcional de construções em regiões

costeiras, muito mais vulneráveis a tempestades e ressacas. O fato é que as tempestades estão aumentando tanto em quantidade quanto em capacidade destrutiva. Tempestades mais poderosas significam maiores danos.

1.2 Contextualização do Trabalho

Algumas situações de risco estão relacionadas com aumento populacional, uso e ocupação do solo que contribuem de forma direta aos problemas ambientais, dentre eles, o das enchentes que causam perdas materiais e financeiras. Ações mitigadoras são essenciais para combater a degradação do solo, reverter a deterioração do meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentado.

As enchentes se comparadas com outras catástrofes naturais, ocupam posição de destaque quanto às perdas em termos econômicos e de fatalidades (Fig.1). Diversos especialistas em resseguro prevêem um número cada vez maior de catástrofes naturais, alertando os países industrializados a estabilizarem o desenvolvimento, ao invés de impulsioná-lo.

A maior resseguradora do mundo, a empresa alemã Münchener Rück, há 30 anos pesquisa o comportamento humano e como ele contribui para aumentar o número das catástrofes e, como as seguradoras podem reagir a elas. Alguns especialistas em catástrofes, mais conhecidos como “master of disaster” (mestre do desastre), estudam há, pelo menos três décadas, as mudanças climáticas pelas quais passa o Planeta. Uma das conclusões a que chegaram é a de que as catástrofes naturais provocaram, entre 1993 - 1997, prejuízos no valor de 333 bilhões de Euros, um montante 6 vezes maior do que há 50 anos, e as catástrofes relacionadas as enchentes ocupam lugar de destaque em relação aos demais sinistros naturais (Fig. 1.2). Uma das razões deste aumento é o aquecimento provocado pelo efeito estufa.

A temperatura média da Terra no século XXI segundo alguns especialistas, subirá entre de 1,5°C e 3°C. Isso significa que as temperaturas ficaram altas, aliadas, obviamente, a um aumento sensível das temperaturas extremas.

O aumento dos danos a serem cobertos pelas seguradoras e resseguradoras não se dá única e exclusivamente em função das mudanças climáticas, mas também como consequência do crescimento populacional global, que se duplicou nos últimos 50 anos. Além disso, as cidades não se tornam apenas maiores no número de habitantes, mas

também na superfície que ocupam. Isso significa que a probabilidade de que um fenômeno natural atinja uma área urbana torna-se cada vez maior. Segundo os especialistas, as grandes aglomerações urbanas são especialmente suscetíveis às catástrofes: somos completamente dependentes de uma infra-estrutura que funcione. Se surge aí algum problema – efeito típico de uma catástrofe natural – então faltará energia, gás, petróleo. Com isso, interrompe-se o tráfego e a comunicação, ou seja, fatores de extrema importância para o fluxo econômico. Cerca de 20% dos danos causados por catástrofes naturais são cobertos por seguradoras, sendo que seis mil dessas empresas têm um resseguro feito pela Münchner Rück (Fig. 1.3). Isso explica porque a maior resseguradora do mundo precisa reagir às mudanças climáticas, mesmo que os próprios assegurados tenham que assumir parte dos riscos.

É necessário esclarecer aos clientes que o futuro nos reserva danos ainda maiores, o que faz com que os resseguradores tenham que acumular reservas de capital mais sólidas, pensando nas catástrofes que estão por vir.

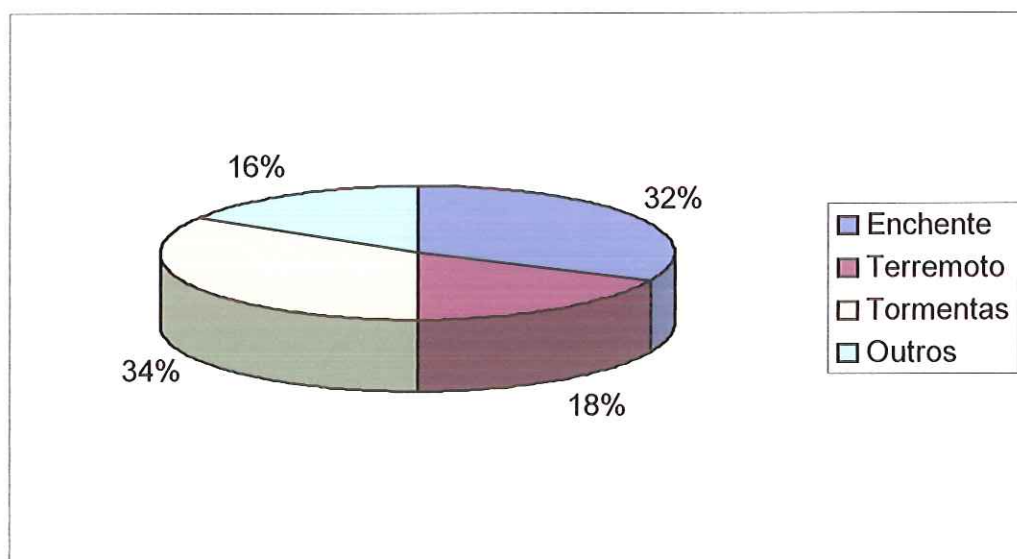


Figura1.1 Percentual de Catástrofes Naturais no Mundo (MÜNCHENER RÜCK. MUNICH RE.(1997) *Flooding and Insurance*. Alemanha

Entretanto, o número de perdas por enchentes que são asseguradas, continua baixo quando comparado com outras catástrofes naturais, como tornados, tormentas e terremotos, e também os bens segurados em comparação as quantidades perdidas,

devido à dificuldade de se estimar os prejuízos causados pelas enchentes.

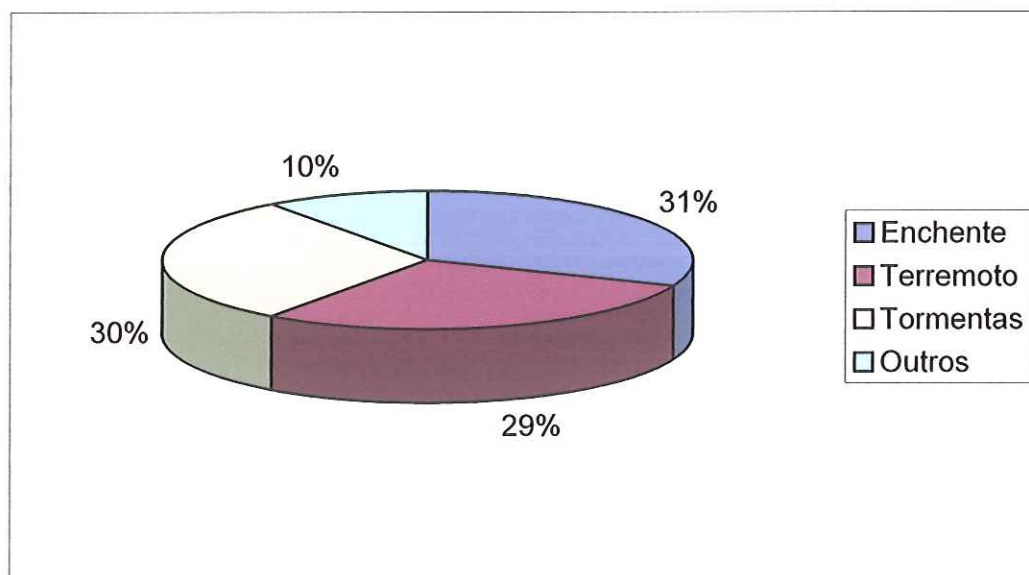


Figura 1.2. Perdas Financeiras (MÜNCHENER R.-G., 1997).

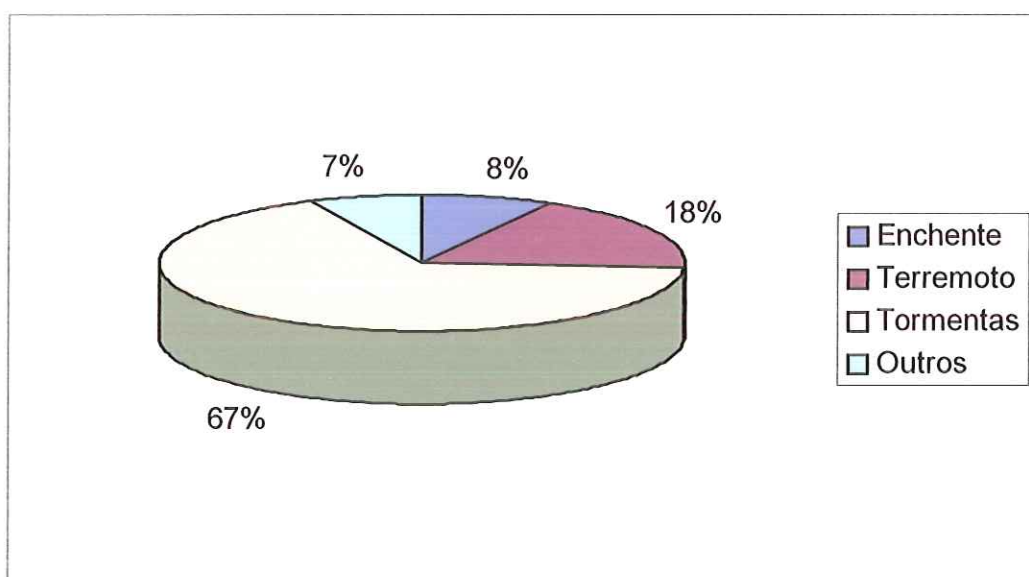


Figura 1.3. Percentual Assegurado (MÜNCHENER R.-G., 1997).

A maioria das mortes por inundação ocorre na Ásia; em 1991 na região de Bangladesh, as enchentes causadas pelo ciclone 2B, foram responsáveis pela morte de 140.000 pessoas. Entre 1986-1995, 365.000 mil pessoas morreram em catástrofes naturais e mais da metade desse número pelas enchentes (MENDES et al, 2004).

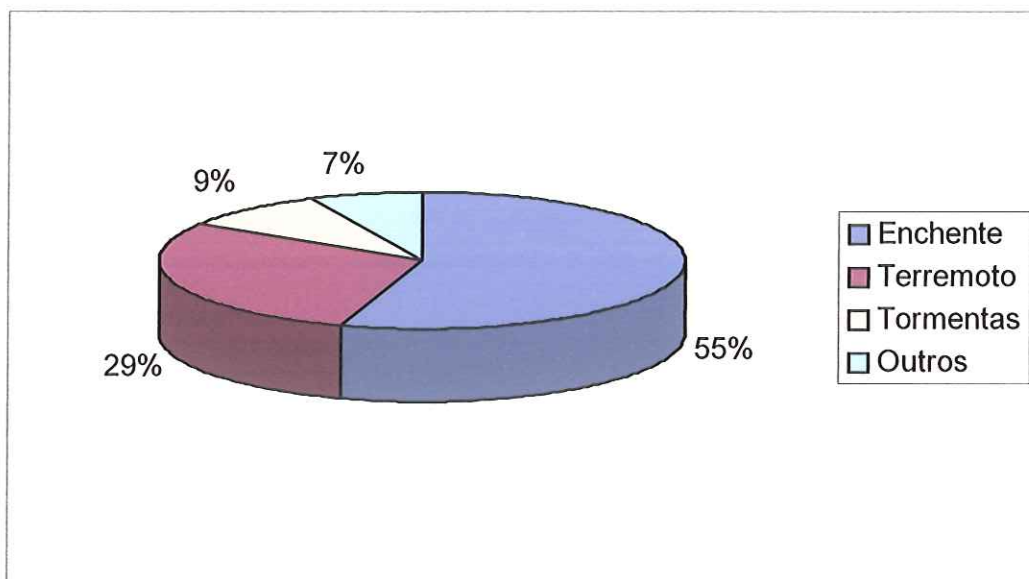


Figura 1.4. Fatalidades (MÜNCHENER R.-G., 1997).

Tabela 1.1 Maiores Catástrofes de Enchentes no Mundo (1990 – 1996).

Ano	País	Mortes	Perdas Globais Milhões U\$	Perdas Asseguradas
1990	Japão	43	220.000.000,00	235.000.000
1991	Bangladesh	140.000	3.000.000.000,00	100000000
1992	Paquistão	1.500	7.500.000.000,00	0
1993	Índia	953	200.000.000,00	0
1994	Itália	64	12.500.000.000,00	65.000.000
1995	Coréia do Norte	68	360.000.000,00	0
1996	China	2.700	26.500.000.000,00	386.000.000

Fonte: MÜNCHENER RÜCK. MUNICH RE.(1997) *Flooding and Insurance*. Alemanha.

Vemos, dessa forma, a importância de um sistema de seguro frente aos problemas causados por sinistros naturais e, por isso, a necessidade de se desenvolver o sistema tomando como abrangência espacial a Bacia Hidrográfica, que aliada ao sistema de Gestão Integrada, criará condições para que a implantação do sistema possa ser viável.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um modelo de seguro associado ao risco de enchentes em bacias urbanas. O modelo será utilizado para simular situações de risco no micro-centro da cidade de São Carlos.

2.2 Objetivo Específico

Introduzir no modelo de seguro a gestão de riscos hidrológicos, através do MIBH (Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas) de forma a substituir os prejuízos incertos e de considerável valor por pequenos pagamentos pré-fixados denominados prêmios. Simular o modelo de seguro a fim de se estimar o melhor prêmio que se adapte em decorrência das enchentes e analisar como o fundo se comporta diante dos prêmios pré-fixados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Considerações Iniciais

Com o crescimento acelerado e desordenado da população mundial nas últimas décadas, nas áreas urbanas, a implantação e o desenvolvimento de infra-estrutura urbana não acompanhou o crescimento populacional e a expansão das cidades, de modo a proporcionar condições de vida satisfatórias a toda população.

As conseqüências desse processo inadequado de crescimento foram alterações nas características do meio natural, pois a ocupação do ambiente natural ocorre, geralmente, com a remoção da cobertura vegetal. O desmatamento, quando feito de forma inadequada resulta em vários impactos ambientais, tais como modificações climáticas, danos à flora e fauna, descobrimento do solo e remoção da camada fértil, assoreamento dos recursos hídricos, aumento do escoamento superficial da água, redução das infiltrações e erosão (Mendiondo et. al, 2004).

3.2 Enchentes

Há muitos sinais de mudanças climáticas:

1. Desde 1900, a média das temperaturas de superfície no mundo aumentou cerca de 0,6°.

2. O nível do mar está subindo aproximadamente 1 cm por década.
 3. A espessura do gelo do mar Ártico diminuiu 40% nos últimos 40 anos.
 4. No mundo inteiro, as grandes geleiras estão recuando.
 5. Os lagos estão congelando mais tarde no outono, e descongelando mais cedo na primavera.
 6. O índice pluviométrico do Hemisfério Norte aumentou, especialmente devido a chuvas torrenciais.
 7. O fenômeno do El Niño tornou-se mais comuns e mais intenso.
 8. Em partes da Ásia e da África, os períodos de seca são mais frequentes e intensos.
 9. O pagamento de seguros contra enchentes e tempestades passou de aproximadamente US\$2 bilhões por ano, na década de 80, para US\$30 bilhões no início dos anos 90.
- Fonte:* IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).

O século XXI começou com grandes mudanças climáticas pelo mundo. A Europa foi atingida em 2002, pela maior enchente desde a Idade Média, chegando a US\$ 18,5 bilhões os prejuízos econômicos. Até então, o Brasil, sem registro de grandes desastres naturais, registrou no mesmo período enchentes no Nordeste e longas estiagens e tornados no Sul. O mais recente fenômeno natural, o Catarina, atingiu os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul no fim de março, afetando 408 mil pessoas e causando prejuízos de um bilhão real. Os desastres naturais são inimigos de grande potencial das seguradoras, segundo pesquisa da resseguradora Swiss Re divulgada na internet. As perdas das seguradoras decorrentes de desastres naturais aumentaram consideravelmente nos últimos 30 anos e estima-se que avance ainda mais. Em decorrência das mudanças no clima os conseqüentes desastres poderiam dobrar os gastos em dez anos e atingir US\$ 150 bilhões. Não existe por parte de segurados, seguradoras e resseguradores a consciência da necessidade de se prevenir contra as conseqüências econômicas destes fenômenos.

Desde os primórdios da humanidade o homem demonstrou sua preocupação em se proteger dos infortúnios da vida. As formas de concretizar essa proteção foram evoluindo lentamente até chegarem nos seguros de pessoas, que passaram a cobrir todas as imprevisibilidades ligadas à duração da vida humana. Estes seguros tratam, na essência, dos chamados "riscos sociais" como saúde e morte. A Revolução Industrial teve um papel fundamental para a estruturação destes seguros

em moldes semelhantes aos que conhecemos hoje. Até então, a idade média de sobrevivência era muito baixa (no máximo 45 anos) e as condições sanitárias eram péssimas. Com o *boom* industrial, a migração campo-cidade se acelerou drasticamente e foi necessária uma revisão geral que contemplasse as novas demandas sociais emergentes.

A exposição ao risco é um dos fatores que mais influencia o seguro. Com o decorrer dos anos, o mercado tem desenvolvido sofisticadas técnicas para avaliar a relação do segurado como bem protegido.

Os riscos são os elementos essenciais de um contrato de seguros e estão divididos em riscos ordinários (seguráveis) e riscos extraordinários (não-seguráveis). Estes últimos são assim chamados por não se submeterem a uma regularidade estatística. São incontroláveis e imprevisíveis, os que reduzem ou mesmo anulam as chances de se encaixarem nos planos de seguro. A responsabilidade do segurador é sempre limitada ao risco assumido. Assim, no seguro de uma casa contra incêndio, não há responsabilidade do segurador se a destruição da residência for ocasionada por uma violenta tempestade. Todas as modalidades de seguro, então, apresentam limitações contratuais aos riscos. No seguro de custeio agrícola, por exemplo, as companhias não se responsabilizam pelos danos causados à produção que tenham como origem a falta de práticas adequadas no controle das pragas. No seguro de riscos ambientais existem também algumas ressalvas: a poluição contínua de um rio não está coberta pela apólice. Mas se as nossas praias forem poluídas por um cargueiro, a reparação dos danos causados está prevista.

De forma geral, os riscos extraordinários são associados às convulsões da natureza e às guerras. Em princípio, ambos não podem ser segurados e, se o forem, precisam de condições especiais. Com o tempo, porém, o segurador passou a ampliar gradativamente as coberturas de riscos potencialmente catastróficas, admitindo-os na apólices ordinárias mediante sobretaxa nos prêmios. A Europa, detentora de larga experiência em seguros e catástrofes, conseguiu um modelo estatístico para alguns infortúnios. No início de 1990, para que se tenha uma idéia, os ventos hibernais fustigaram o Velho Mundo e causaram danos de cerca de US\$ 15 bilhões. Quase 2/3 dos prejuízos estavam cobertos.

A pulverização de riscos é um dos princípios operacionais básicos da atividade seguradora. Através desse expediente é possível repartir a responsabilidade de um risco inúmeras vezes. As duas formas de realizar isso são co-seguro e o resseguro.

-Co-seguro - Quando a responsabilidade de um risco é dividida por duas ou mais seguradoras cotizantes, denominadas co-seguradoras cotizantes.

-Resseguro - Quando o segurador transfere a outro segurador parte do risco assumido.

3.3 Seguros Contra Enchentes

A história do Seguro é antiga, consta que os camaleiros da babilônia atravessavam o deserto em caravanas para comercializar seus animais nas cidades vizinhas. Sentindo as dificuldades e os perigos da travessia, como a morte ou o desaparecimento dos animais, estabeleceram um acordo: cada membro do grupo que perdia um camelo tinha a garantia de receber um outro animal pago pelos demais camaleiros. Século XIV d.C.: Em 1347, na cidade de Gênova, Itália, é firmado, pela primeira vez, um Contrato de Seguro com Emissão de Apólice.

Era um contrato de transporte marítimo o que demonstra a grande influência das navegações daquele século na história do seguro século XVII d.C. A fundação do Lloyd's, em Londres, em 1668, que passou a funcionar como bolsa de seguros, assim operando até nossos dias. Século XIX d.C. Com o surgimento de máquinas e da Era Industrial, desenvolveram-se outras modalidades de seguro : incêndio, proteção das máquinas, transportes terrestres e o de vida para garantir um pecúlio familiar.

Em relação aos Seguros contra Enchentes, as seguradoras ainda precisam entender melhor de meio ambiente para avaliar corretamente os riscos de seguros contra enchentes, desabamentos, secas e outros desastres, de alguma forma relacionados ao aquecimento global. Para os segurados, de imediato, diversos seguros são mais caros devido às áreas de maior risco. O Brasil está classificado entre as sociedades mais afetadas por eventos naturais, como: enchentes, deslizamentos de terra, vendavais, tempestades de verão, secas etc, e as perdas são imensas em decorrência das enchentes. E porque não oferecer esse tipo de seguro pelas empresas seguradoras? Se por um lado às seguradoras não oferecem produtos de massa e por um preço barato para garantir estes riscos, de outro, a população ou a grande maioria dela, não tem dinheiro para pagar o custo destes seguros.

Dessa forma, o projeto visa através de uma integração com mecanismos do meio ambiente, introduzir um modelo que funcione com facilidade em regiões aonde haja um

interesse por parte da população atraída pelo bom funcionamento e praticidade, sem a necessidade de um grande dispêndio financeiro.

3.4 Gestão de Risco de Inundação Urbana

De acordo com a UNESCO de cada \$100, gasto pela comunidade internacional em risco e desastres, \$96 vão para alívio de emergência e reconstrução, e só \$4 em prevenção. Ainda, cada dólar investido em prevenção de inundação reduz por até \$25 as perdas incorridas no caso de desastres naturais.

Perigos de inundação são provocados pela força externa de natureza e ambiente, mas, desastres de inundação são causados por perigos de inundação que interagem com atividades humanas.

No assunto de águas urbanas em trópicos úmidos, gestão de risco de inundação é derivada de um passo das diretrizes em estimativa de inundação. Deste modo, a Gestão de risco de inundação envolve ações operacionais antes, durante e depois que as inundações aconteçam. Respectivamente, estas ações descrevem advertência, planos de contingência e restauração.

Os princípios estatutários de desastre de inundação são: controle, Gestão, infraestrutura urbana e logística urbana, em termos de administração de qualidade como: 1) avaliação de risco de inundação, metodologia de prevenção de desastre de inundação e Gestão (qualidade de segurança), 2) apresentação de infra-estrutura de multi-fonte e logísticas e sua informação (qualidade da sociedade), 3) adquirir estratégia de controle de segurança de inundação de espaço urbano e função urbana (qualidade de vida), e 4) plano em desenvolvimento, considerando a medida de prevenção de desastre com desenvolvimento social e mudanças ambientais (qualidade de ambiente).

Planejamento urbano integrado e Gestão para risco de desastre são os passos-adiante do processo para conter a vulnerabilidade de áreas urbanas, especialmente em cidades tropicais, exposto a água extrema dos desastres relacionados como inundações. Cidades modernas consistem em sistemas complexos grandes, e os efeitos de um desastre também tendem a ser muito complexo. Deste modo, a vulnerabilidade de inundação urbana é a suscetibilidade das áreas urbanas (áreas propensas, sistemas de esgoto velhos, pessoal mal treinada para desastres de inundação, etc.) para influências de inundação prejudiciais à balança da bacia de rio.

A Gestão de risco de inundação (Figura 3.1) é proposta para inspecionar os perigos de inundação (Mendiondo & Valdes, 2000,; Tucci & Bertoni, 2003,; Sivapalan et al, 2003).

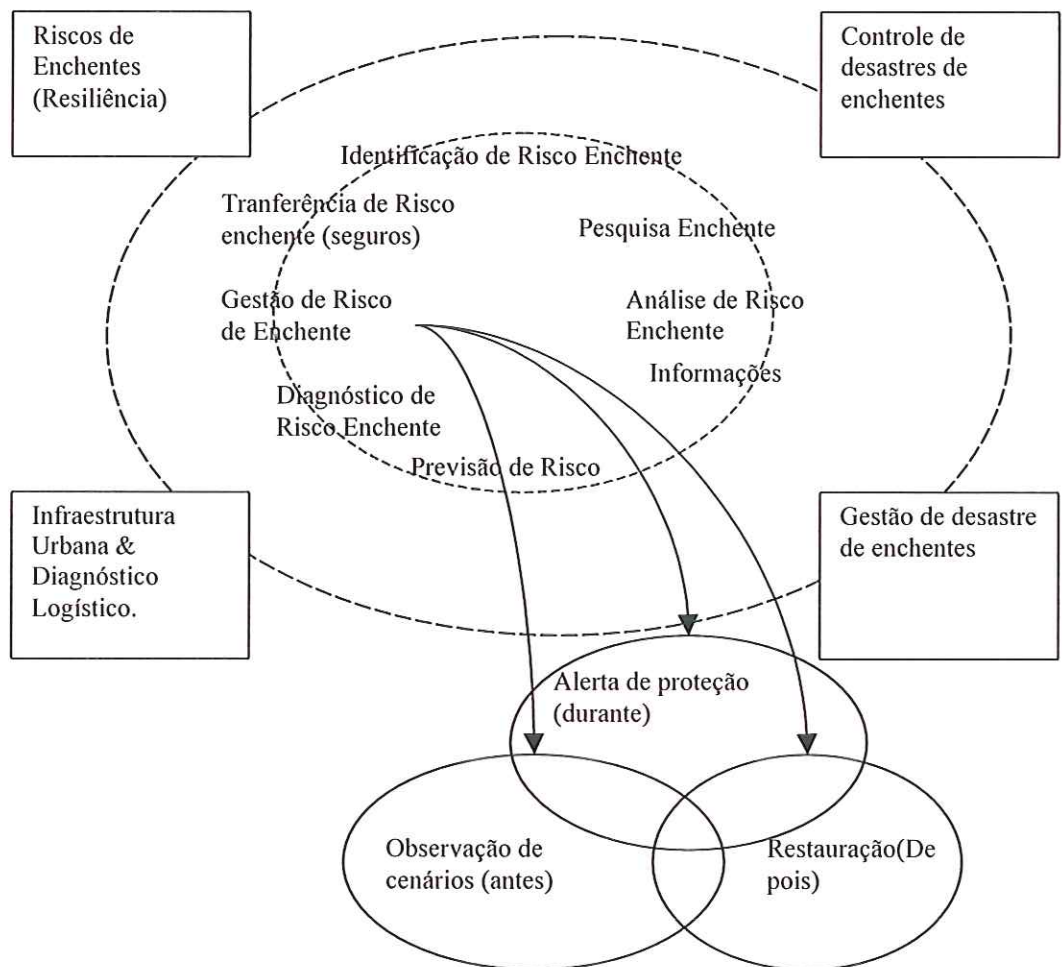


Figura 3.1 - O conceito de Gestão de risco de inundação em águas urbanas (interseção de elipse), relacionado a diretrizes em estimativa de inundação (ciclo interno) e cercado por princípios estatutários de desastre de inundação (ciclo exterior). Fonte: Mendiondo (2005).

3.5 Possíveis ações em áreas urbanas

Quase todos os lugares urbanos em trópicos úmidos estão desprotegidos das inundações. Eles acontecem em intervalos regulares ao longo de rios, mas também longe deles. As áreas afetadas são faixas de terra lineares em lugar de expansões largas de forma que se é dificilmente possível representar-las em mapas de perigo em pequena

escala. Os dois tipos principais de inundação são inundação de rio e enchente repentina, os riscos e Gestão.

- Enchente repentina: é um evento de inundação de duração curta com rapidamente onda de inundação ascendente e subindo bruscamente o nível de água. Enchentes repentinas são causadas por precipitação pesada, normalmente curta, como uma chuva torrencial, em uma área que é freqüentemente muito pequena, tipicamente junto com um temporal. Enchentes repentinas acontecem em trópicos úmidos e são, dessa forma, responsável pelos custos indiretos mais-freqüentes das inundações.

- Inundação de rio: o transbordamento de cursos de rio normalmente é o resultado de precipitação prolongada, em cima de uma área grande. Normalmente, uma advertência pode ser dada alguns horas ou dias anteriormente em base de previsões de inundação. Inundações de rio acontecem associadas a sistemas de rio grandes em trópicos úmidos e, são, então, responsável pelos custos diretos menos-freqüentes de inundações.

- Risco: em geral condições, é a possibilidade de uma perda que é o resultado de exposição a um perigo. Especificamente, risco é o valor provável de perda. A perda às vezes é determinada como o produto do valor exposto vulnerável. Em seguro, risco é o objeto a ser assegurado. Em Gestão de risco de inundação, risco é a contribuição ao sistema de decisão.

- Gestão de risco de inundação: é o processo composto de integrar Gestão e operação de advertir, controle de inundação e reabilitação, em ordem de domesticar inundações e os riscos associados delas.

Águas urbanas são especialmente importantes em Gestão de risco de inundação, devido à concentração de pessoas nas áreas urbanas e em áreas de risco de inundação.

Dessa forma, o alerta de inundação é o avanço que avisa que uma inundação pode acontecer em uma certa estação ou em uma certa bacia de rio e, dessa forma, poder controlar a inundação com sistemas e ferramentas disponíveis.

No próximo capítulo trataremos da Bacia Hidrográfica, que através de sua delimitação, poderemos levantar os problemas enfrentados e as alternativas para se acabar com os problemas causados pela ação do homem.

4. BACIA HIDROGRÁFICA

4.1 A Ausência De Visão Integrada

Um fato importante pode ser observado nas políticas de proteção contra enchentes para a bacia do Gregório. Apesar de ocorrerem enchentes de maior ou menor gravidade ao longo do rio, é no centro da cidade que elas assumem as maiores proporções, isto é, ocasionam os maiores prejuízos em valores absolutos. Como consequência, as medidas até hoje adotadas foram orientadas principalmente no sentido de "resolver" o problema. A bacia hidrográfica, com toda sua complexidade e riqueza, é hoje considerada como fundamental para gerir soluções descentralizadas na para o controle de enchentes. Este fato contribui para o ressurgimento de associações de usuários e planos de bacias, inseridos na Lei Federal 9.433/97.

Mesmo quando as soluções propostas focalizam a proteção da Bacia, invariavelmente excluem a população e o governo da co-responsabilidade na maximização do problema, inculcando a culpa somente ao fenômeno natural, e se concentram na busca de medidas mitigadoras que, novamente, excluem a população da co-participação na minimização de sua vulnerabilidade, podendo, inclusive, aumentá-la se as medidas implantadas não forem corretamente aplicadas. Dessa forma:

(1) as enchentes vêm aumentando em magnitude e frequência de ocorrência devido às mudanças havidas no ambiente face à interferência humana;

(2) as tomadas de decisão do poder público são embasadas em prognósticos que maximizam a eficácia das obras de engenharia, em detrimento das medidas ecológicas e de mecanismos de organização dos habitantes;

Sobre o ponto de vista da preservação e a conservação dos recursos hídricos dependem de uma intervenção participativa e educativa que, ao contrário da intervenção legal, tem caráter preventivo (AGUIAR & AGUIAR, 1998) e pode apresentar retorno positivo com relação à participação pública na gestão dos recursos naturais. Porém, é muito pequena e restrita a participação pública em discussões e nas tomadas de decisão envolvendo questões de gerenciamento de recursos naturais, principalmente em países em desenvolvimento. Segundo TUCCI (2001c), somente quando acontecem eventos de maior impacto e de grande repercussão há maior mobilização e participação popular na gestão pública o que acontece com pequena duração.

O Plano Diretor é um instrumento necessário para o desenvolvimento das cidades que pode solucionar os problemas decorrentes do crescimento desordenado, dentre os quais estão os impactos causados pela ausência de planejamento e de gerenciamento dos recursos hídricos e os problemas de drenagem urbana conseqüentes (TUCCI, 2001a). No caso da drenagem urbana, o Plano Diretor deve buscar: a) planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana relacionando o desenvolvimento urbano com o impacto sócio-ambiental; b) controlar e restringir a ocupação em áreas de risco de inundação e; c) estabelecer as áreas de baixo risco de enchentes para convivência (TUCCI, 2001c).

O processo participativo de elaboração do Plano Diretor de São Carlos tem permitido discutir a questão da drenagem urbana e do gerenciamento dos recursos hídricos e áreas potenciais para a recuperação ambiental de corpos d'água e suas margens dentro da área urbana, seguindo uma abordagem ambientalista

Desta forma, em São Carlos tende-se a promover uma melhor gestão dos impactos do desenvolvimento urbano sobre os recursos hídricos e, segundo SILVEIRA (2001), transcendendo um simples receituário de obras-padrão e remetendo a uma abordagem mais complexa incluindo aspectos técnicos de engenharia, sanitários, ecológicos, legais, econômicos e sociais, tornando o ciclo hidrológico um elemento essencial na avaliação das questões de saneamento e de drenagem urbana. Com isso, diretamente, relacionam-se as questões de melhoria das qualidades ambiental e de vida.

Não adianta aplicar as soluções técnicas e fazer grandes investimentos financeiros sem que haja integração dos diferentes atores sociais participantes do processo de reestruturação dos espaços urbanos

A proposta de apoiar projetos de pesquisa e de intervenção para a recuperação de corpos d'água e matas ciliares em áreas degradadas pelo processo de desenvolvimento urbano pela atual gestão administrativa da Prefeitura Municipal de São Carlos demonstra a preocupação que as questões ambientais vêm representando para administradores públicos com percepção mais apurada sobre as inter-relações entre qualidade ambiental e qualidade de vida humana e sobre as conseqüências de uma má gestão dos recursos naturais.

O Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos em processo de implantação no país, principalmente através dos Comitês de Bacias Hidrográficas, fórum de negociação privilegiado, nos quais a comunidade deve contribuir para as decisões referentes a normalização e disciplinamento dos usos da água, visando compatibilizá-los com os diferentes usos do solo nas bacias hidrográficas, de forma a reduzir e a prevenir conflitos entre usuários e garantir a recuperação, proteção e conservação das águas (LEAL & SUDO, 1998), exercendo seus direitos na gestão dos recursos hídricos.

Segundo LIMA (2003), uma parcela significativa (90%) da população são-carlense considera de grande importância participar de atividades relacionadas a questões ambientais, porém a auto-avaliação que cada entrevistado quanto a sua participação na geração e na solução dos problemas ambientais indica que é comum às pessoas entenderem a falta de divulgação como principal motivo para justificar a ausência das pessoas em atividades para promover melhorias em prol do ambiente (35% dos entrevistados).

Também é comum às pessoas atribuírem suas faltas com relação às atividades ambientais com o valor de “um compromisso não cumprido pela falta de tempo”, enquanto atribuí à mesma ação por parte dos outros como reflexo da “falta de educação ambiental”. Isto está relacionado ao fato de que existe a aceitação habitual das pessoas de se isentarem de sua responsabilidade como ator das questões ambientais, seja como promotor dos problemas, seja das soluções (LIMA, 2003).

Segundo MIRANDA (2001), as principais dificuldades para a participação popular encontradas são a falta de força política e a desarticulação em relação ao funcionamento

burocrático das discussões públicas. Outro problema apontado é o não envolvimento do cidadão comum.

O distanciamento da população em geral com a tomada de decisões que acontecem no fórum do Comitê de Bacia Hidrográfica, gerado por fatores diversos (LIMA, 2003), diante da crescente preocupação pública com a gestão das águas leva a uma situação de demanda de criação de novos espaços e fortalecimento dos espaços existentes para a discussão das questões ambientais e esclarecimento da população sobre a importância e das de participação pública na gestão dos recursos naturais e para o desenvolvimento da Educação Ambiental junto à comunidade em geral. Uma proposta para minimizar este problema e procurar soluções é a criação de *Associações de Bacia Urbana*.

De forma clara e objetiva, as Associações de Bacia Urbana seriam organizações sem fins lucrativos, com reconhecimento legal de pessoa jurídica, que, amparada por um corpo técnico qualificado, realizariam a tarefa de aproximação da população com as questões ambientais pertinentes e a prática da Educação Ambiental, sob orientação de equipes interdisciplinares orientadas por profissionais diversos.

Para a implantação destas Associações é necessário haver o estabelecimento de uma parceria entre a Prefeitura Municipal, o Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMDEMA), o CBH Tietê-Jacaré, as universidades e escolas públicas e particulares, e as empresas privadas e estatais com sede no município para promover ações visando recuperar e conservar os corpos d'água e suas matas ciliares e preservar suas nascentes, de forma a renovar e direcionar os esforços em busca da melhoria da qualidade ambiental das bacias urbanas. Esta parceria deve seguir um plano operacional que relacione a participação de cada parceiro envolvido de forma a assegurar os recursos financeiros e humanos necessários às ações ambientais planejadas (LIMA, 2003).

A discussão sobre a proposta de criação de uma Associação de Bacia, a questão da viabilização de programas que possibilitem a aplicação de Educação Ambiental seria facilitada com a existência de espaço físico adequado, equipamentos apropriados e infra-estrutura básica, a Educação Ambiental apresenta-se como a linha-guia para as transformações sociais necessárias para o desenvolvimento da consciência ambiental, fundamental no processo de motivação individual para a participação nas atividades em prol da melhoria da qualidade ambiental.

Esta percepção traz ao indivíduo novos dados para a compreensão de seu entorno ao estabelecer relações com o ambiente no qual está inserido.

De acordo com SANTOS et al. (1996), a investigação da percepção nas relações ser humano-ambiente contribui para a utilização menos impactante dos recursos ambientais, possibilitando o estabelecimento de relações mais harmônicas entre o ser humano e o ambiente. Existe uma reconhecida escassez de pesquisas sobre os recursos hídricos e seu gerenciamento que leve em consideração qualquer forma de consulta ou participação popular. Assim, a população tem pequena participação na tomada de decisões administrativas em relação aos bens públicos, incluindo-se a gestão dos recursos hídricos.

A sociedade, ao buscar alternativas para a solução dos problemas relacionados aos recursos hídricos, exerce um papel fundamental na gestão ambiental compartilhando com o Governo os objetivos de garantir a qualidade e a quantidade da água e sua disponibilidade para consumo imediato e futuro (BRASIL, 1999).

Procurando tornar as decisões da gestão pública mais democráticas, a população deve ser consultada, obtendo suas opiniões e sugestões a partir de levantamentos de dados que podem ser sob formatos diversos (p.ex.: audiências ou consultas públicas, entrevistas e questionários, participação em assembléias), a fim de subsidiar, com mais informações, novas reflexões para a tomada de decisões (LIMA, 2003).

É longo o caminho entre a conscientização e a mudança de comportamento coletivo, que deve corresponder à população de toda a bacia e não apenas àquela mais diretamente atingida pelas cheias.

4.2 Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

O manejo adequado das bacias hidrográficas cada vez mais é compreendido como uma iniciativa indispensável tanto para a preservação ambiental como para a garantia qualidade de vida da população e a continuidade exploração econômica, principalmente no meio rural. A utilização desordenada dos recursos naturais nos meios rural e urbano é hoje uma das questões mais sérias e urgentes em todo o mundo, provocando não apenas degradação ambiental e perda de qualidade de vida como a diminuição da produção e produtividade no campo, com reflexos econômicos preocupantes.

O manejo integrado de bacia hidrográfica consolida critérios legais na preservação do meio ambiente. As ações dos órgãos ambientais ajudam a combater os “excessos” da urbanização através da Educação Ambiental, cujo objetivo é o de conscientizar a população a preservar e conservar o máximo possível à natureza em sua forma *in natura*. As ações de recuperação e proteção ambiental estão intimamente relacionadas com o espaço local (PERES e MENDIONDO, 2004; MENDIONDO et al, 2004); portanto, é de importância fomentar as atitudes locais que promovam profundas mudanças culturais e que resultem na conscientização da importância do zelo pelo meio ambiente.

Quanto aos recursos hídricos, TUCCI (1998) afirma que o gerenciamento dos recursos hídricos é um campo de ação multidisciplinar e que o planejador necessita, de forma clara e sucinta, compreender quantitativamente as diferentes fases dos processos intervenientes para a tomada das decisões que melhor atendam a sociedade e a proteção dos recursos naturais. Para que esses processos sejam quantificados adequadamente é necessário analisar as diversas alternativas existentes no planejamento dos recursos hídricos de forma a auxiliar a tomada de decisões.

A degradação de solos, resultante de ações incorretas de uso e ocupação configura-se como situação de riscos: geológico (acidentes ambientais), econômico (prejuízos decorrentes). Na etapa de identificação de riscos toma-se como referência o verdadeiro desenvolvimento econômico-social, também chamado desenvolvimento sustentável, que se baseia na conservação dos recursos naturais para aproveitamento atual e futuro, princípio fundamental para a manutenção equilibrada da sociedade. Por razões ainda desconhecidas, a grande maioria das pessoas geralmente tende a valorizar somente bens, serviços e amenidades expressas em valor monetário.

Nesse contexto, através de cenários de planejamento de recuperação ambiental, é possível analisar critérios e estratégias de adequação de Modelos de Seguro que permita gerar garantias de segurança para que o sistema ambiental funcione adequadamente e que seja financeiramente viável.

A avaliação de cenários de inundações depende da sistematização da informação coletada, sobretudo de fontes regionais e continentais. Por exemplo, estimativas preliminares das inundações no Brasil entre janeiro e março de 2004 apontam impactos diretos da ordem de US\$ 500 milhões e impactos indiretos de até US\$ 5 bilhões (MACEDO et al, 2004). As inundações urbanas são as mais expressivas. Casos de

inundações urbanas são reportados em (TUCCI & BERTONI 2003). Embora as maiores catástrofes de enchentes não terem ocorrido no Brasil, as perdas decorrentes em termos monetários segundo alguns autores chegaram a U\$ 1 bilhão por ano (PAULA & SILVA, 2002), e U\$ 5 bilhões (MACEDO 2004), o que demonstra a importância de ter instrumentos de transferência de risco que minimize os impactos deste tipo de sinistro. O poder público municipal pode e deve atuar como agente transformador da cultura local, introduzindo conceitos de preservação ambiental, fundamentais para a melhoria da qualidade de vida. Nesse quadro de conscientização, surgem claras oportunidades de se criar seguros hídricos que visam minimizar as perdas sofridas por danos e desastres hídricos dentro de uma ótica de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas (MIBH).



Figura 4.1. Mecanismo para o Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Reestruturação com ação ambientalista, a fim de garantir sustentabilidade econômica.

A Secretaria de Municipal de agricultura esta desenvolvendo diversos projetos voltados para a identificação dos focos de degradação ambiental, através de parcerias com as demais Secretarias, órgãos e entidades ligados à questão. O objetivo é evitar agravamento dessas condições e promover a melhoria das condições de aproveitamento da água e do solo pelos empreendimentos agropecuários do Distrito Federal.

-Projeto Educação para o Meio Ambiente - Desenvolve ações educativas para conscientizar a população rural da co-responsabilidade na conservação dos recursos naturais, divulgar legislação ambiental, com ênfase para a criação dos comitês de bacias hidrográficas e a divulgação de orientações sobre o descarte de embalagens de agrotóxicos e resíduos agroindustriais.

-Projeto Conservação e Manejo do Solo e da água - Visa apoiar de forma intensiva a execução de praticas voltadas ao manejo e conservação do solo e da água tais como: terraceamento, plantio direto, preservação de matas ciliares, dentre outras, objetivando garantir o uso permanente desse dois importantes recursos do patrimônio natural do DF e entorno.

A execução de programas de investimentos em bacias hidrográficas é uma tarefa difícil. Isto porque envolvem normalmente dimensões distintas de avaliação de seus impactos e diferentes interesses, além de problemas de ordem financeira, sócio-econômica e político-institucional.

Entre esses entraves destaca-se a dificuldade de se conseguir financiamentos e os investimentos mal dirigidos, além da carência de informações atualizadas. A dificuldade em viabilizar recursos financeiros e humanos e a carência de informações atualizadas são entraves que requerem instrumentos e mecanismos capazes de orientar as decisões para a definição de como implantar as ações de intervenção (programas de investimentos). Face às limitações de recursos, esses instrumentos devem fornecer aportes para que os recursos disponíveis sejam alocados de forma eficiente. Esta alocação permite que todas as bacias hidrográficas sejam contempladas por um conjunto de ações, segundo suas necessidades. Além disso, os investimentos realizados em uma sub-bacia podem gerar benefícios às bacias a jusante.

Nesse contexto, o uso de indicadores de gestão de recursos hídricos e da análise multicritério tem por finalidade auxiliar o processo de decisão na alocação de recursos (financeiros e humanos). Esses instrumentos podem auxiliar o processo decisório, uma vez que possibilitam hierarquizar um grupo de ações prioritárias em determinada bacia

hidrográfica e/ou, ainda, serem utilizados para indicar grau de necessidade de uma bacia hidrográfica em relação à outra(s), por uma determinada ação de intervenção. Face às limitações de dados e informações, definiu-se dentro dos limites e do escopo do trabalho, o uso de indicadores de sustentabilidade para classificar bacias hidrográficas por prioridades de intervenção em relação a categorias de ações pré-estabelecidas.

No caso estudado, essas ferramentas poderão, assim, dar suporte ao Comitê de Bacias Hidrográficas.

A seguir será apresentado algumas formas de como é possível se controlar e melhorar de forma significativa o território atingido através de mecanismos de controle de enchentes.

5. CONTROLE DE CHEIAS NO ÂMBITO MUNDIAL

5.1 Uma visão histórica

A concepção tradicional do controle de enchentes, que se pretende aqui questionar, é muito antiga. O início das preocupações com a defesa contra enchentes data de 6000 anos atrás, ou seja, desde que os agrupamentos humanos se tornaram sedentários. A proteção contra enchentes abrange a construção de diques, proteção de margens, desvios fluviais e canais extravasores, enquanto que o controle é alcançado através de reservatórios de contenção, polders e redução dos picos das ondas de cheias.

Desde os primórdios da História até meados do século XIX ocorreram poucas inovações na engenharia fluvial. Nesta época iniciou, na Europa Central, a era das retificações de rios, cujas conseqüências negativas não podiam ainda ser avaliadas. Hoje é sabido que os efeitos das intervenções radicais nos rios consistem, além da depreciação da paisagem e da intervenção na estabilidade ecológica, sobretudo na perda de espaços de retenção, na concentração do deflúvio, na elevação das enchentes, num incremento adicional do transporte de sedimentos com a conseqüência de maior aprofundamento da calha e na destruição das margens dos rios.

O aumento da população mundial até hoje, concentrada principalmente nos últimos 50 anos e a conseqüente ocupação sempre mais intensa dos espaços foram exigindo cuidados e proteção contra enchentes em áreas cada vez maiores. E é exatamente aí que fracassou a concepção tradicional de obras de proteção e/ou controle de cheias.

5.2 Principais Enchentes

A consideração das enchentes ocorridas em 1988 em Bangladesh e, em 1993, no rio Mississípi, levanta o questionamento se tais fenômenos podem ou devem ser controlados ou amenizados. Os casos do rio Emme e do rio Reno dão uma idéia dos problemas gerados pelas obras de controle e contenção de enchentes. (MÜNCHENER R.-G., 1997).

As enchentes no Bangladesh passaram a ser tema de discussão internacional após a catástrofe de 1988, em que 46% do território foi inundado, 2500 pessoas morreram e 30 milhões de pessoas foram temporariamente deslocadas de suas moradias.

5.2.1. Alemanha

A enchente do Rio Reno ocorrida em dezembro de 1993 ressuscitou a discussão em torno do tema. As alternativas ecologicamente aceitáveis se baseiam essencialmente na devolução de várzeas de inundação ao rio, para que se disponha, ao longo do seu curso, de áreas suficientemente extensas para a retenção de volumes excessivos de água. A dificuldade maior para a viabilização destas medidas é que tanto os estados alemães como os departamentos franceses destinaram áreas mínimas para espaços de retenção de cheias, em parte porque algumas cidades e comunidades ribeirinhas se omitem ou se opõem à execução de medidas razoáveis de controle de cheias.

5.3 Uma nova abordagem

No Brasil, pelo menos em princípio, as técnicas adotadas internacionalmente para o controle de cheias são conhecidas (TUCCI, 1993a), mas carecem totalmente da consideração de aspectos ecológicos. Os métodos estrangeiros mostram de forma inequívoca que, primeiro, obras fluviais de proteção e/ou controle de cheias tornaram-se desacreditadas e, segundo, soluções universais inexistem. Daí a necessidade de propostas de solução caso a caso. Trata-se, então, de rever a concepção de proteção e/ou controle de enchentes, partindo do entendimento da relação da enchente com o espaço onde ela ocorre.

5.4 Elementos a Considerar

Para encerrar esta retrospectiva, é bom sintetizar os principais aspectos levantados, com vistas à elaboração de propostas de solução para o caso do Rio Gregório.

Em primeiro lugar, a gestão oficial do controle das enchentes sempre foi inercial e aleatória, dependendo da disposição momentânea do governo em exercício.

Em segundo lugar, observa-se que o Gregório, como região ou como sociedade, até hoje não foi capaz de enfrentar o problema das enchentes, mesmo que importantes iniciativas neste sentido tivessem surgido em diversas épocas. Por razões institucionais, políticas, econômicas ou culturais, tais iniciativas iam sendo esvaziadas. Enquanto isto, o problema das enchentes foi se agravando, sem ter atingido, possivelmente, a gravidade necessária para motivar uma mudança de comportamento coletivo em relação ao uso do solo e dos recursos naturais.

Afinal, os exemplos externos são claros ao mostrar que não é possível importar soluções: elas devem ser criadas com base na realidade física e ecológica da bacia hidrográfica, sem deixar de focar a estrutura sócio-econômica existente. Isto implica o desenvolvimento de uma concepção mais abrangente de gerenciamento ambiental, que tenha o controle de enchentes como uma de suas metas. Há, portanto, muito a ser esclarecido para definir novas estratégias e caminhos para lidar com a realidade da bacia.

6. A BACIA HIDROGRÁFICA: PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO

6.1 Considerações Iniciais

O presente capítulo principia-se com uma revisão sobre regiões e política regional, a fim de visualizar a questão específica e setorial - enchentes - a partir de seu contexto político-administrativo e de um espaço de decisão razoável. Deste modo, o espaço geográfico em que ocorre o problema adquire uma outra dimensão: passa a ser caracterizado como região. No intuito de elaborar estratégias plausíveis, os processos regionais pertinentes hão de ser entendidos e evidenciados.

Na seqüência, é introduzido o modelo de seguro contra enchentes que oferece uma abordagem sistêmica para tratar de um espaço geográfico com inúmeras componentes. Com base neste modelo são elaboradas proposições para a análise e a compreensão do problema das enchentes do Gregório.

A internalização de efeitos externos na área do meio ambiente (WACHTER, 1989 e 1991) poderia ser interpretada como um modelo inovativo, baseado no seguinte raciocínio. A teoria econômica explica a degradação ambiental através das externalidades, isto é, das influências mútuas de sujeitos econômicos que não são abrangidos pelo mercado. Sempre que os custos e utilidades individuais se distanciam dos totais, aparecem os efeitos externos. A diferença entre os custos e os benefícios particulares e sociais são designados como efeitos externos negativos (no caso de custos) e positivos (no caso de benefícios). Os efeitos externos de quase todos os

produtos aparecem quando a assimilação dos resíduos se torna limitada. Os resíduos são impostos à natureza, sem que haja necessidade de pagar um preço por este serviço. Apesar de os efeitos externos negativos predominarem, há exemplos de externalidades positivas. Exatamente por isto as externalidades ambientais podem adquirir importância na economia regional, particularmente quando se trata de uma bacia hidrográfica. No âmbito de uma estratégia de internalização, o espaço rural poderia ser remunerado de acordo com as funções de compensação que ele exerce para o espaço urbano.

Deve ser ressaltado que uma estratégia de internalização significa o acoplamento das políticas ambiental e regional, ou seja, a absorção das externalidades ambientais pelo sistema sócio-econômico. Este acoplamento é atualmente reconhecido como uma necessidade (WACHTER, 1991), pois, sem a consideração dos interesses político-regionais na política ambiental, muitas tarefas de proteção ambiental podem ser refutadas com argumentos político-regionais.

Em resumo, pode-se deduzir que, sob a ótica da problemática das enchentes e exatamente por causa dela, a bacia hidrográfica do Gregório pode ser considerada uma região. Contudo, os diferentes objetivos e ações que tenham efeitos sobre o território, devem ser analisados com vistas à sua compatibilidade, no sentido de evitar conflitos futuros. A congruência aqui não se refere aos limites regionais, mas, sim, à essência das decisões estratégicas a serem tomadas em relação aos objetivos fixados - proteção contra enchentes, proteção ambiental, desenvolvimento regional.

A articulação desejada evidencia, portanto, a necessidade de coordenação. A discussão do mecanismo de coordenação, entretanto, deve ser precedida da análise da região em questão. Diante disto, a próxima questão a ser enfocada diz respeito à compreensão ou aproximação da complexidade da bacia, bem como a Educação Ambiental.

6.2 A bacia hidrográfica como sistema

O entendimento da complexidade da bacia hidrográfica implica evidenciar suas relações internas, ou seja, mostrar como um sub-sistema atua sobre o outro. No caso da bacia do Gregório, a indagação inicial é se ocorreu ou não um agravamento do problema das enchentes. Sua resposta exige a inclusão da variável tempo: o sistema regional deve ser analisado sob o prisma das suas transformações. Deste modo, a indagação inicial dá

origem a outras perguntas, tendo em vista cada uma das relações internas, e, mais precisamente, de que forma estas relações vieram se desenvolvendo nos últimos anos.

A formulação de perguntas constitui um passo importante na aplicação do modelo de seguro, pois contorna a habitual etapa dos diagnósticos das metodologias de planejamento. Ao invés de levantar muitas informações, em parte, às vezes, desnecessárias, a pesquisa é dirigida para questões precisas previamente definidas pelo pesquisador, em função do conhecimento que detém sobre a área de estudo.

A análise sistêmica deverá, enfim, proporcionar os elementos necessários para alcançar uma compreensão das inter-relações mais gerais no interior da bacia do Gregório, sugerir uma regionalização por problemas e indicar uma série de estratégias que possibilitem a recuperação da bacia, isto é, a redução dos efeitos retroativos negativos do sistema natural e das mudanças no uso do solo sobre o sistema sócio-econômico.

6.3 Mecanismo de Coordenação

As estratégias decorrentes dos resultados das análises poderão ser adotadas para a implementação, a nível regional, de uma política ambiental que traga o controle das cheias.

Surge, então, a necessidade da escolha entre política regional tradicional e nova política regional, tendo em vista: 1) as críticas da política regional tradicional; 2) a "gestão inercial das enchentes" que apresenta enormes descompassos e falta de coordenação; e 3) a imprescindível integração das populações na elaboração e execução de planos de gerenciamento do meio ambiente na ótica do desenvolvimento sustentado, a opção pela nova política regional parece óbvia e imediata (Plano Diretor). Isto implica que as estratégias devem privilegiar a justiça social, a motivação interna, a diversidade na moldagem das paisagens e os modelos inovativos de financiamento.

Entre os quatro aspectos, o que sobressai na fase inicial do processo, é a motivação interna, estreitamente relacionada com autodeterminação. No presente contexto, a autodeterminação pode significar que a comunidade que vive na bacia do Gregório deva despertar para a necessidade de agir e resolver o problema das enchentes. Todavia, soluções legítimas e efetivas são aquelas que não apenas surgem de dentro da própria região, mas são também por ela conduzidas. A autodeterminação subentende, pois, (1)

conscientização, (2) decisão e (3) ação por parte da sociedade regional. Como estruturar um mecanismo que viabilize tais processos passa a ser a questão central.

Como referência convém revisar o mecanismo de coordenação implantado na França, que teve suas características estabelecidas pela Lei nº 62/1245, de 1964. O modelo francês de gerenciamento de bacias hidrográficas vem sendo intensamente difundido a nível internacional, inclusive no Brasil.

Segundo SARMENTO (1995), as principais características da experiência francesa de gestão de recursos hídricos são:

6.3.1 Descentralização

O planejamento e a gestão são descentralizados e ocorrem a nível da bacia hidrográfica. As decisões sobre os programas e intervenções a serem realizados são tomados pelo comitê de bacia, e executados sob o controle da agência de bacia.

6.3.2 Participação

O gerenciamento é compartilhado pelos seguintes segmentos da sociedade:

- a) As diferentes categorias de usuários da água da bacia (industriais, agricultores, pescadores, associações de proteção à natureza, concessionárias de serviços públicos de saneamento básico, etc.) e personalidades de notória experiência no assunto (ex-ministros, técnicos renomados, etc.);
- b) Comunidades locais;
- c) Administração nacional

6.3.3 Integração

Para integrar os atores intervenientes existem duas instituições: o comitê de bacia e a agência de bacia. O comitê é um órgão político colegiado, representativo da sociedade regional e dotado de grande autonomia, poder de decisão e negociação. Ela não executa obras nem é proprietária delas, não devendo conflitar com as atribuições tradicionais dos usuários da água. A agência atua como catalizadora do esforço regional de

planejamento e alavancagem de recursos, funcionando como instância executiva do comitê.

6.3.4 Coordenação

A instituição coordenadora, para o conjunto de bacias hidrográficas, é o órgão de gestão ambiental.

6.3.5 Financiamento

A autonomia financeira da bacia hidrográfica é baseada na constatação de que a água não é um recurso natural ilimitado, representando, portanto, um patrimônio público de valor econômico (PEREIRA, 1992). Adotou-se uma cobrança direta pelo uso da água na bacia, para cobrir os custos crescentes de projetos e programas de interesse comum, indispensáveis ao fornecimento, em nível quantitativo e qualitativo, de recursos hídricos disponíveis.

A cobrança pelo uso da água é uma aplicação do princípio usuário/poluidor pagador; o mecanismo implantado corresponde a uma estratégia de internalização das externalidades ambientais negativas decorrentes do uso da água.

6.4 Síntese

Diversos aspectos metodológicos relacionados com o tema gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas foram abordados neste capítulo, permitindo estabelecer alguns parâmetros essenciais para a análise da bacia e para o desenvolvimento da alternativa de solução. Para contextualizar tais resultados convém, uma vez mais, visualizar o objetivo do trabalho: propor um Seguro Ambiental e uma metodologia de gerenciamento ambiental para a bacia do Gregório, com ênfase na prevenção de enchentes.

Uma abordagem de gerenciamento viável é aquela em que a bacia hidrográfica é sujeito e objeto de planejamento: objeto durante a análise e sujeito ao decidir pelas estratégias a serem adotadas. Soluções legítimas e efetivas, de acordo com a nova política regional, são as que surgem de dentro da própria região e são por ela

conduzidas. Isto significa que a organização a ser estruturada para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica deve:

- 1) ser participativa, integrativa e ter autonomia financeira;
- 2) ter como objetivo inicial coordenar ações voltadas ao controle e à prevenção de enchentes.
- 3) A organização a ser estruturada para o gerenciamento ambiental da bacia deve ser vinculada, por força da lei nº 9.748, de 30/11/94, ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo.
- 4) No intuito de prover soluções para os problemas detectados na bacia, deve ser adotado um processo de planejamento que parta do nível estratégico de bacia e se aproxime em etapas sucessivas do nível operativo no âmbito de microbacias.

De modo geral as bacias hidrográficas não são estacionárias ao longo do tempo, no que concerne a suas características físicas, em particular em virtude das intervenções humanas. Para o gerenciamento adequado dos recursos, é essencial ser capaz de explicar os efeitos de intervenções como a drenagem agrícola, a irrigação, a urbanização, o deflorestamento, as mudanças de práticas agrícolas, diferentes manejos dos cursos d'água, etc., sobre o regime hidrológico.

Efetivamente, as transformações do uso do solo na bacia hidrográfica influenciaram o regime de escoamento da água: para os diversos eventos selecionados foi detectado um acréscimo dos coeficientes de escoamento ao longo do tempo. O mesmo fenômeno se manifesta em relação a eventos extremos (enchentes), mas neste caso apenas seus efeitos puderam ser computados.

Enfim, as alterações do uso do solo ocorridas na bacia do Gregório em decorrência do processo desordenado de crescimento, possivelmente geraram diversas reações do sistema natural. A reação é a "aceleração" do escoamento da água, gerando um agravamento do problema das enchentes.

7. DIAGNÓSTICO DA ÁREA DE ESTUDO

7.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo, apresenta-se uma breve caracterização da área de estudo, onde são abordados aspectos físicos, socioeconômicos e demográficos. Os aspectos físicos são responsáveis pelos diferentes tipos de drenagem, regimes hidrológicos e disponibilidades hídricas da região. O sistema a ser estudado refere-se ao do micro-centro da cidade de São Carlos, SP. É uma região de grande interesse, pois, há anos sinistros hidrológicos vem causando danos materiais e financeiros diretos aos comerciantes dessa região e, indiretamente, a diversas atividades da cidade.

No que diz respeito a características demográficas e socioeconômicas destacam-se aquelas mais relacionadas com a urbanização, a industrialização.

Esses fatores são os principais responsáveis pelas intensas transformações ambientais que vêm ocorrendo na região. A intensidade e as formas de uso e ocupação da terra também são responsáveis pela degradação do meio físico, principalmente dos recursos hídricos.

A área de estudo será no micro-centro da cidade de São Carlos, SP. O clima da região é o Tropical de Altitude, com verões chuvosos e invernos secos, com seis meses quentes e úmidos e seis meses frios e secos. A temperatura diária máxima média anual é de 26,9°C e a mínima média anual de 16,2 °C. A precipitação pluvial média anual é aproximadamente igual a 1500 mm.

A região do Mercado Municipal, localizada na Sub-Bacia do Gregório, em São Carlos (Figura 7.1), é um dos principais pontos de inundação da cidade. Registros históricos indicam ocorrência de inundações nessa área desde 1947 (Mendes 2004). A área de aplicação do modelo de seguro corresponde à zona entre ruas Alexandrina e Rua Riachuelo, no micro-centro da cidade de São Carlos, atravessada pelo Córrego do Gregório. Esta região possui uma alta concentração comercial.

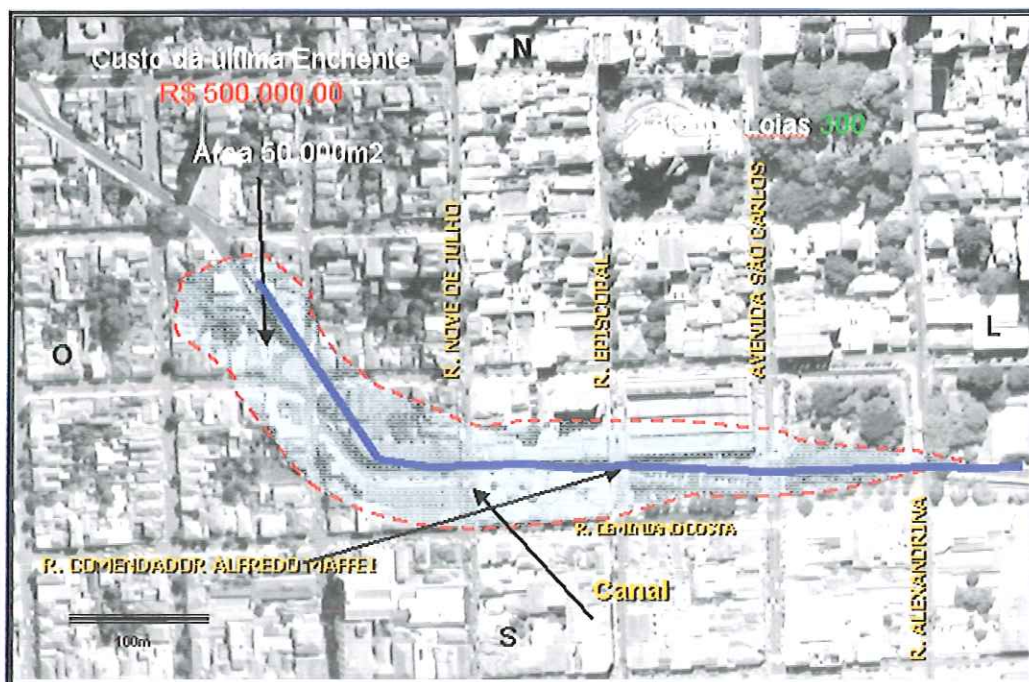


Figura 7.1. Área de estudo com impactos frequentes das inundações. Adaptado de CDCC – Centro de Divulgação Científico-Cultural da USP-São Carlos.

Nessa sub-bacia, as inundações ocorrem rapidamente (Figura 7.2), de 15 a 30 minutos, atingindo de 50 cm a 150 cm no interior das lojas (RIGHETTO *et al*, 2003). As inundações mais frequentes afetam a mais de 300 estabelecimentos comerciais, com perdas estimadas em até R\$ 500.000 por inundação e atingem uma área potencial inundável de 5 hectares aproximadamente (FINEP / FIPAI / EESC-USP / DAEE-SP, 2003). Estudos feitos por BARROS (2005) indicam que a área inundável do micro centro da cidade de São Carlos poderia atingir proporções maiores a 29 hectares. Estes valores foram obtidos a partir de (1) situação anterior às obras de ampliação da calha de escoamento do Córrego de Gregório na embocadura na travessia da Rua Episcopal, (2)

zoneamento realizado a partir de simulação hidrológica com modelos hidrológicos e não-hidráulicos e (3) somente com consulta a alguns poucos lojistas junto ao Córrego.

Nesta atual pesquisa, a justificativa para validar esses valores parte das prerrogativas de: (4) desde novembro de 2003 começam as obras parciais de ampliação da embocadura do Córrego do Gregório na travessia da Rua Episcopal; (5) em Janeiro de 2004 (Figura 7.2) ocorrem novas inundações da região do Micro-Centro, ainda com as obras finalizadas na embocadura da travessia da Rua Episcopal; (6) esse evento de inundação não foi validado pelo modelo hidrológico usado por Barros (2005) e (7) constata-se uma falta de sistematização e de validação das consultas com lojistas do Micro-Centro de São Carlos(Figura7.1).



Figura 7.2 – Vista desde montante para jusante, a partir da Av. São Carlos, da inundação do Gregório em 30 de janeiro de 2004. À direita da foto, Mercado Municipal sendo inundado. Fonte: Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas (2004).

7.2 Determinação dos Indicadores

A determinação de indicadores objetivam obter variáveis explicativas para aplicação de modelo conceitual de seguro para enchentes. Os indicadores foram avaliados em três etapas:

(1) durante 2003: situação prévia a construção de obras hidráulicas de aumento da capacidade de escoamento da embocadura do Gregório na área de travessia da Rua Episcopal, com consultas aos comerciantes e análise expedito (Anexo I);

(2) em Janeiro de 2004, época de chuvas, imediatamente após de ocorrida a inundação de 30/01/2004, quando já estavam executadas as obras de aumento da capacidade de escoamento antes citada, e com uma amostra pequena (N=14 lojas)

(3) semanas após o evento crítico, durante o primeiro semestre de 2004 e com amostra maior (N= 85 lojas).

Durante as três etapas foram realizadas entrevistas com comerciantes, escolhidos aleatoriamente, e que tinham efetivamente verificado prejuízos das inundações como também mostrado interesse em se amparar mecanismos de transferência de riscos para mitigar os efeitos das enchentes.

Para a segunda etapa, após ocorrência das enchentes de 30/01/2004, a Tabela 7.1 mostra os resultados obtidos através de entrevistas feitas com os comerciantes. A tabela mostra a relação entre a quantidade total perdida na determinada enchente com o total de mercadorias existentes. Também esta tabela apresenta qual seria a disponibilidade a pagar do prêmio de seguro que os comerciantes espontaneamente informam. Observa-se que o prêmio de seguro que os comerciantes estão dispostos a pagar é baixo, precisando ser adaptado ao prejuízo médio anual. A fim de viabilizar o Fundo de Seguro, é preciso encontrar um prêmio ótimo a ser cobrado, que receba a aceitação dos segurados e ao mesmo tempo dê sustentabilidade ao Fundo.

Nota-se que o prêmio disposto a pagar dos comerciantes em relação ao total de perdas é muito baixo na maioria dos casos precisando ser adaptado ao prejuízo médio anual. Através desse mecanismo, é possível encontrar um prêmio a ser posteriormente estudado. A figura 7.3 mostra que a correlação entre a disponibilidade a pagar pelo prêmio de seguro e o patrimônio declarado em mercadorias para cada loja, para amostra de 14 lojas e com entrevistas imediatamente após a ocorrência de inundação. Isto é consequência dos diferentes tipos de instalações comerciais, enquanto a tamanho, tipos de mercadoria, serviços internos, custos indiretos, etc. Dessa forma, esses resultados parciais mostram que algumas lojas tendem a perder muito e outras tendem a perder pouco. Estas perdas podem estar relacionadas à posição geográfica com respeito à área de inundação e à existência de estruturais locais de mitigação das enchentes como pisos superiores aos da calçada e lances de escada apropriados.

Tabela 7.1- Entrevistas obtidas para avaliação de perdas e disponibilidade a pagar conforme inundações ocorridas no Micro-Centro de São Carlos em Janeiro/2004.

Data da entrevista	Loja	X1: Mercadorias estocadas (R\$)	X2: Estimativa das perdas de mercadorias (R\$)	X3: Disponibilidade a pagar por prêmio de seguro (R\$/mês)	X4: Disponibilidade a pagar por prêmio de seguro (R\$/ano)	X2÷X1	X2÷X3
31/01/04	#1	20000	500	70	700	2,5%	140%
31/01/04	#3	30000	1500	100	1000	5,0%	67%
31/01/04	#3	40000	2500	120	1200	6,3%	48%
31/01/04	#4	60000	10000	100	1000	16,7%	10%
31/01/04	#5	45000	5000	80	800	11,1%	16%
31/01/04	#6	100000	15000	90	900	15,0%	6%
31/01/04	#7	25000	2000	60	600	8,0%	30%
31/01/04	#8	35000	3500	80	800	10,0%	23%
31/01/04	#9	50000	7500	120	1200	15,0%	16%
31/01/04	#10	35000	3000	80	800	8,6%	27%
31/01/04	#11	30000	4000	65	650	13,3%	16%
31/01/04	#12	150000	1500	250	2500	1,0%	167%
31/01/04	#13	35000	3200	80	800	9,1%	25%
31/01/04	#14	65000	1700	90	900	2,6%	53%
Total:		720000	60900	16620	13850	8,9%	23%

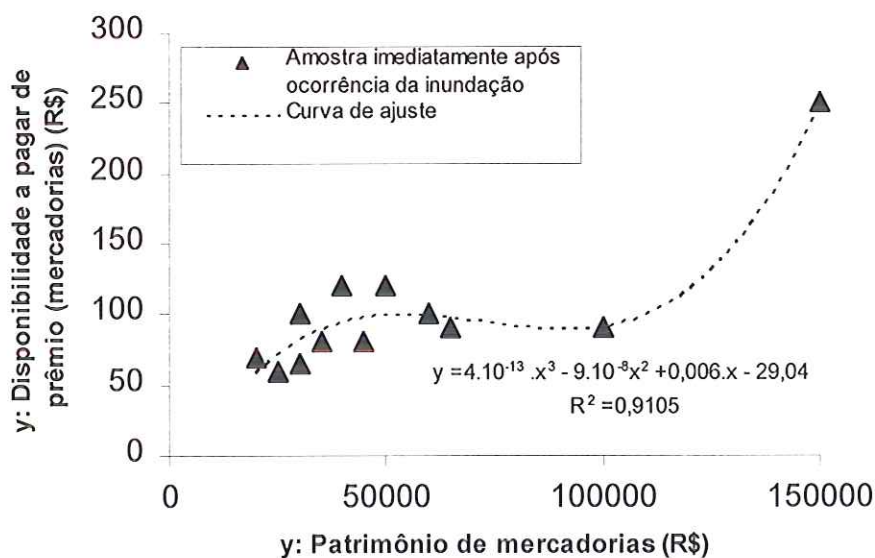


Figura 7.3 – Relação entre o patrimônio de mercadorias com a disponibilidade a pagar de prêmio para seguro, a partir das respostas obtidas imediatamente após a ocorrência de inundações no Centro de São Carlos, Tabela 7.1, enchente de 30/01/2004.

Na terceira etapa de diagnóstico, a amostra de lojistas é ampliada (N=86) e comparada com a etapa anterior. A Figura 7.4 mostra as relações observadas entre as perdas das lojas e o patrimônio declarado pelos lojistas para duas situações: (A) imediatamente

após a ocorrência da inundação (N=14, triângulos) e (B) semanas após a ocorrência do evento (N=85, pontos com X's). É interessante observar que, embora as amostras são diferentes em número, a declaração de perdas devido à enchente tem uma redução na dispersão se comparadas as situações “imediatamente após” e “semanas após” a inundação. Observe-se que as envolventes dos X's são menos dispersas e cuja explicação total de variância é da ordem de 73 %, apresentando uma comportamento estável de perdas entre R\$ 7.500 e R\$ 10.000 por loja.

Estes resultados iniciais do diagnóstico permitiram adaptar a metodologia do modelo de seguro para situações que permitam simular diferentes condições de prêmio, indenizações e evolução temporal de fundo de seguro para diferentes condições de tempo de retorno, a ser apresentados na metodologia a seguir.

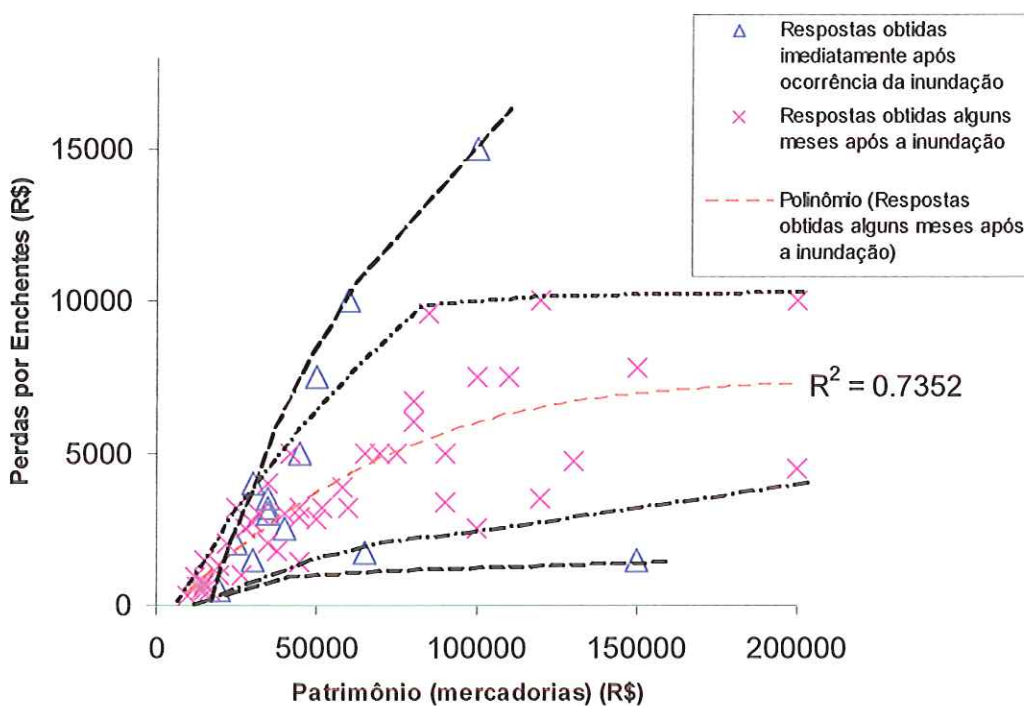


Figura 7.4 – Curvas envolventes de diagnóstico (curvas de traços) da comparação entre patrimônio de mercadorias e perdas respectivas nas lojas no Centro de São Carlos a partir da inundação de Janeiro de 2004, para duas entrevistas: imediatamente após ocorrência e semanas depois do evento.

No próximo capítulo tratará da metodologia empregada para simular cenários de prêmios que sejam realistas de acordo com o grau de intensidade das enchentes dando uma visão de como o fundo se comporta mediante cenários com prêmios diferentes.

8. METODOLOGIA

8.1 Considerações Iniciais

O seguro-enchente é o ramo de seguro que indeniza o segurado por eventuais danos decorrentes de sinistros hidrológicos. Apesar de sua importância, o seguro-enchente vem sendo utilizado somente nos países europeus, em locais de alto risco onde a incidência de cheias é um evento comum, muitas vezes, perdas catastróficas, alcançando cifras de bilhões de dólares e milhares de mortes.

O sistema de seguro em geral possui as seguintes características (FENS, 1990):

- i) Transferência de risco
- ii) Massa segurada
- iii) Fundo de seguro
- iv) Redistribuição das perdas.

A proposta deste projeto é propor determinado modelo de seguro, de forma a viabilizar sua utilização através de um estudo de caso.

Como ponto de apoio ao desenvolvimento do modelo, pretende-se utilizar as premissas do modelo de seguro agrícola apresentado por Pilar et al. (2001), criando novas variáveis adaptáveis ao modelo de modo a se aplicar a casos de sinistros hidrológicos.

Nesta nova proposta de seguro, considera-se que:

- O sistema de seguro deve ser auto-sustentado.

- Que as perdas dos segurados sejam minimizadas através da escolha adequada do prêmio de seguro.

- Que a série de enchentes observada ou simulada seja utilizada como informação básica para a fixação dos valores dos prêmios a serem pagos, de modo a se viabilizar o autofinanciamento do fundo de seguro para o pagamento das possíveis indenizações.

Duas condições justificam o seguro enchente: a incerteza e o risco.

Com a incerteza não se podem prever deterministicamente os possíveis danos e ocorrências das enchentes. Já o risco é um conceito concreto dos possíveis danos e prejuízos baseados em fatos históricos.

Em outras palavras, como não se pode avaliar deterministicamente as ocorrências de sinistros, tem-se a incerteza. O risco advém da possibilidade de que um evento natural ou criado pelo homem afete direta ou indiretamente o meio físico, provocando perdas materiais e de produção econômica, danos à saúde ou até mesmo perdas de vidas humanas.

8.2 Classificação dos Riscos

Os riscos são os elementos essenciais de um contrato de seguros e estão divididos em riscos ordinários (seguráveis) e riscos extraordinários (não-seguráveis). Estes últimos são assim chamados por não se submeterem a uma regularidade estatística. São incontáveis e imprevisíveis os que reduzem ou mesmo anulam as chances de se encaixarem nos planos de seguro. Na prática, as apólices refletem esta classificação, contendo uma cláusula com os riscos cobertos seguida de outra em que se mencionam as exclusões.

A responsabilidade do segurador é sempre limitada ao risco assumido. Assim, no seguro de uma casa contra incêndio, não há responsabilidade do segurador se a destruição da residência for ocasionada por uma violenta tempestade (a não ser que esteja incluído na apólice o risco adicional de tempestade).

Todas as modalidades de seguro, então, apresentam limitações contratuais aos riscos. No seguro de custeio agrícola, por exemplo, as companhias não se responsabilizam pelos danos causados à produção que tenham como origem a falta de práticas adequadas no controle das pragas. No seguro de riscos ambientais existem também algumas

ressalvas: a poluição contínua de um rio não está coberta pela apólice. Mas se as nossas praias forem poluídas por um cargueiro, a reparação dos danos causados está prevista.

De forma geral, os riscos extraordinários são associados às convulsões da natureza e às guerras. Em princípio, ambos não podem ser segurados e, se o forem, precisam de condições especiais.

Com o tempo, porém, o segurador passa a ampliar gradativamente as coberturas de riscos potencialmente catastróficas, admitindo-os nas apólices ordinárias mediante sobretaxa nos prêmios. A Europa, detentora de larga experiência em seguros e catástrofes, conseguiu um modelo estatístico para alguns infortúnios. No início de 1990, para que se tenha uma idéia, os ventos hibernais fustigaram o Velho Mundo e causaram danos de cerca de US\$ 15 bilhões. Quase 2/3 dos prejuízos estavam cobertos.(FENS, 1990).

Em suma, os riscos não-seguráveis poderão vir a serem protegidos, sob condições especiais. No exterior, há seguradoras especializadas em riscos homoganeamente agravados. São companhias que trabalham com riscos de guerra, para citar o caso mais conhecido, e que atuam com grande eficiência devido à sofisticada técnica que possuem.

A pulverização de riscos é um dos princípios operacionais básicos da atividade seguradora. Através desse expediente é possível repartir a responsabilidade de um risco inúmeras vezes. As duas formas de realizar isso são co-seguro e o resseguro.(FENS, 1990).

Eis suas definições: Co-seguro - Quando a responsabilidade de um risco é dividida por duas ou mais seguradoras cotizantes, denominadas co-seguradoras cotizantes. Neste caso é emitida uma única apólice pela seguradora líder, onde consta a participação de cada seguradora no total da importância segurada. Para proteger o Museu de Arte Moderna do Rio, por exemplo, utilizou-se o co-seguro. Resseguro - Quando o segurador transfere a outro segurador parte do risco assumido. Diz-se, então, que o segurador contratou um ressegurador; para tanto, deve pagar a este último um certo prêmio e, na hipótese de um sinistro, com ele divide, proporcionalmente, a responsabilidade de indenizar o segurado.



A Figura 8.1 ilustra como surge o Risco Ambiental.

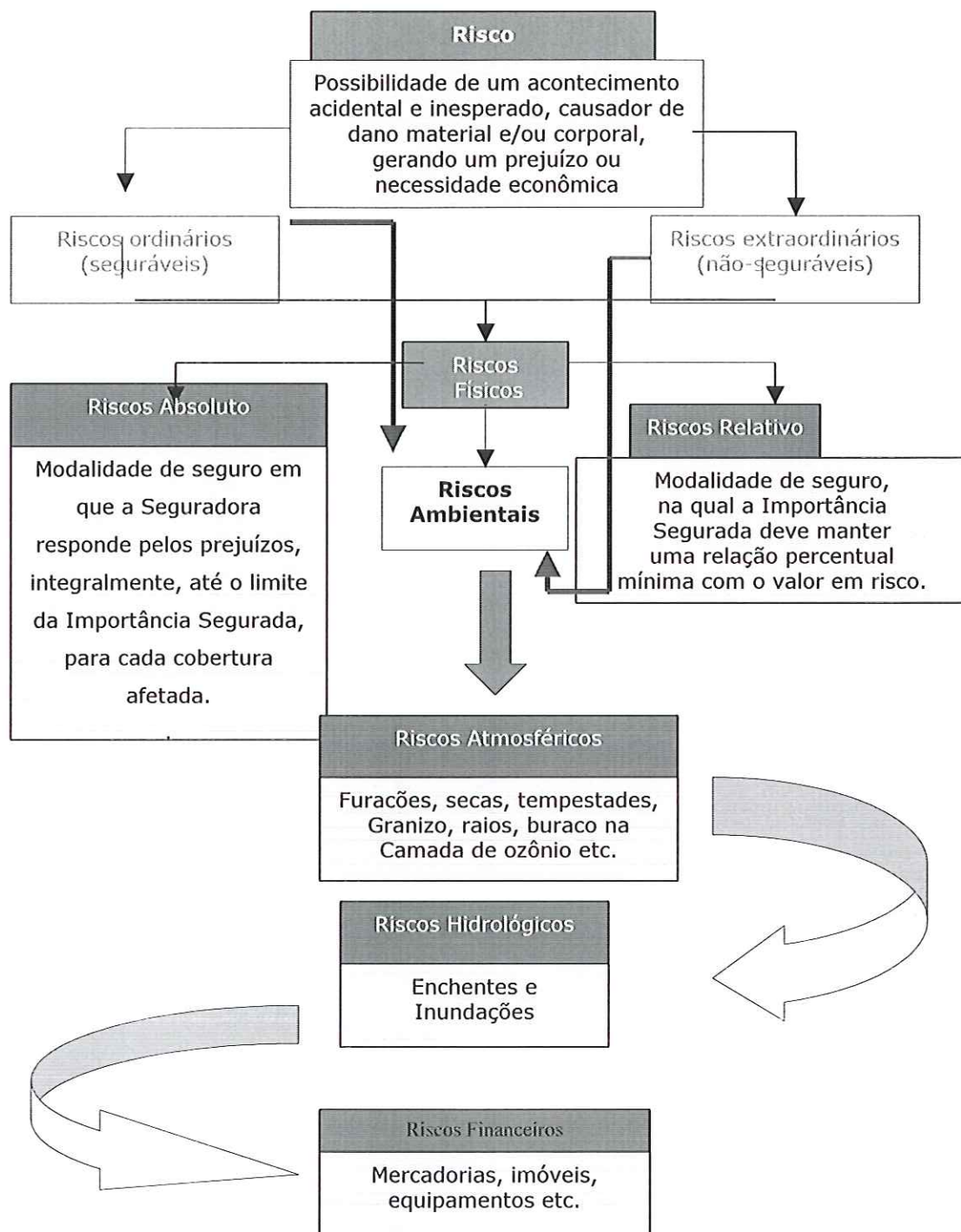


Figura 8.1 - Classificação de Riscos. Mudanças do autor indicando a origem do risco financeiro. Fonte: CERRI e AMARAL (1998 p. 302).

A quantificação do risco (R) pode ser feita pela previsão de ocorrência de enchente através da seguinte expressão:

$$R = Pr.C \quad (8.1)$$

sendo que Pr é a probabilidade de ocorrência da enchente e C as conseqüências sociais e/ou econômicas potenciais.

Esse Risco indica qual o mínimo necessário arrecadado para que a seguradora possa criar o fundo e poder assumir possíveis riscos. Neste caso, o Risco passa a ser:

R : Prejuízo médio anual a ser desembolsado anualmente a fim de cobrir eventuais prejuízos causados por enchentes. Nessa concepção de seguro, esse valor deve ser inferior ao valor anual a ser arrecadado pela seguradora através dos prêmios a serem cobrados dos segurados. Essa é a situação, que daria sustentabilidade de longo prazo ao sistema de seguro, não evitaria possíveis empréstimos para cobrir prejuízos significativos que possam ocorrer principalmente no início de implantação do sistema de seguro. Evidentemente, os prejuízos estão associados aos períodos de retornos de ocorrência das enchentes.

Um evento x que causa danos e prejuízos pode ser definido através do evento crítico x^* , ou seja, qualquer evento $x > x^*$ causa danos e prejuízos; por outro lado, para eventos $x < x^*$ são eventos de cheia devidamente controlados pela infra-estrutura existente. As conseqüências sociais C são expressas em termos da relação entre o valor financeiro das perdas e a avaliação financeira das instalações existentes sujeitas a danos e prejuízos. Assim, em termos percentuais, o risco associado a um evento qualquer x de enchente com danos e prejuízos é expresso por:

$$R = 100.Pr[x].C(x) \quad (8.2)$$

e o risco esperado $E[R]$ por:

$$E[R] = 100 \sum_{x_i > x^*} Pr[x_i].C(x_i) \quad (8.3)$$

A Figura 2 ilustra as relações entre o evento de cheia, x , a probabilidade de ocorrência, $\Pr(x)$, e a consequência, $C(x)$. Nessa figura, a variável x representa a vazão de pico e C a consequência em termos de prejuízos decorrentes da inundação. Admite-se que a consequência C possa ser avaliada por:

$$C = k.h \quad (8.4)$$

sendo h a altura d'água de inundação causada por uma enchente que atinge o interior dos estabelecimentos, sendo possível, dessa forma, estimar as perdas financeiras; e k , o coeficiente médio igual à consequência relativa a uma enchente que atinge 1 metro de inundação.

A probabilidade de ocorrência de vazão de pico menor ou igual a x é expressa pela função de probabilidade acumulada F , ou seja:

$$\Pr[X \leq x] = F(x) \quad (8.5)$$

Sendo que a probabilidade de ocorrência de $X > x$ é dada por:

$$\Pr[X > x] = 1 - F(x) \quad (8.6)$$

Assim, considerando-se os valores máximos anuais de eventos de cheia, o período de retorno, T , em anos, é uma medida da frequência de ocorrência de enchentes e equivale ao inverso da probabilidade de ocorrência de um evento superior a x , ou seja:

$$T = \frac{1}{\Pr[X \geq x]} = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (8.7)$$

Baseado em informações colhidas de eventos de cheia observados é possível expressar as perdas em função dos níveis d'água e do mapeamento da área inundada. Neste trabalho, foi adotada uma relação baseada em eventos observados, com estimativa da área atingida e de valores de prejuízos dos lojistas, avaliados através de entrevistas com os comerciantes da região do Mercado Municipal da cidade de São Carlos, SP.

Nesse estudo, é adotada uma ótica do ponto de vista de Manejo Integrado de Bacia Hidrográfica (MIBH), o qual considera-se a dinâmica de aplicação de um Plano Diretor para garantir sustentabilidade ambiental e de recursos hídricos de longo prazo, com condicionantes de gestão sujeitas a incertezas hidrológicas (Mendiondo e Valdés, 2002). Com o MIBH, o funcionamento do fundo dependerá das perdas líquidas obtidas em determinado ano pelos comerciantes, obtidas pelo cálculo da Perda Total(t) descontada o prêmio, P , que se destina ao fundo de seguro.

O esquema abaixo se aplica para o caso do seguro proposto por PILAR et al (2001), e que será modificado neste trabalho, para que as novas variáveis se adaptem ao novo mecanismo proposto.

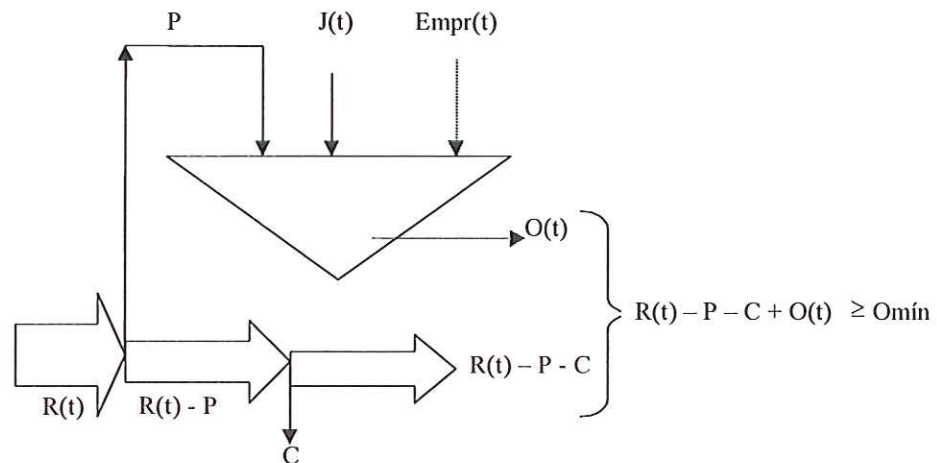


Figura 8.2 - Esquema de funcionamento do modelo de seguro proposto para Renda Líquida Mínima e Garantida . Fonte: PILAR et al (2001).

A proposta do modelo de seguro contra enchentes a ser testada neste trabalho consiste nos seguintes procedimentos:

Através de modelagem hidrológica da bacia hidrográfica, obter hidrogramas de cheia na região de interesse, associando-os a períodos de retorno.

Em função da capacidade de vazão do canal avaliar para cada período de retorno, os volumes de extravasamento ou de inundação.

Com os volumes de inundação e com uma relação empírica entre este volume inundação e o prejuízo da enchente correspondente, associar os períodos de retorno com os prejuízos.

Através de simulação Monte Carlo, gerar valores de períodos de retorno anuais para uma seqüência de anos de comprimento N. No estudo de caso deste trabalho, foi adotado N=50 anos.

Para cada ano da seqüência gerada, em função de T estimar o volume de inundação e o prejuízo associado.

Para cada cenário constituído de uma seqüência de N anos, determinar um valor de Prêmio mínimo que consiga gerar um capital de forma a cobrir as indenizações causadas pelos sinistros.

Realizando-se N cenários, obter a estatística dos prêmios a fim de se avaliar o número de eventos cujos prejuízos não poderão ser integralmente cobertos pelo sistema de seguro.

8.3 Simulação do Modelo

O Modelo de Seguro contra enchentes é utilizado para simular cenários constituídos de séries de 50 anos. Na construção de cada série, começa-se com o Capital do Fundo de Seguro igual a zero. São testados diferentes valores de prêmio para que se chegue a uma margem aceitável pelo mercado e, também, que seja viável quanto ao fundo ser capaz de cobrir as possíveis indenizações.

Através da geração de probabilidades, obtém-se os períodos de retorno associados aos anos considerados para os cenários. Com o modelo hidrológico, transfere-se as chuvas máximas anuais especificadas pela equação de intensidade-duração e frequência em hidrogramas de cheia e, a partir desses hidrogramas, obtêm-se os volumes de inundação, as perdas e a movimentação financeira do fundo de seguro.

A precipitação máxima anual é calculada pela relação de intensidade-duração-frequência, dada por:

$$i = \frac{aT^m}{(t_0 + d)^n} \quad (8.8)$$

em que a , m , t_0 , n são parâmetros para a localidade estudada, e a duração da chuva crítica, d , fixada em 1 hora (Esteves & Mendiondo, (2003). Adotando-se vários períodos de retorno (T) = 2, 5, 10, 20 e 50 anos obtêm-se as intensidades da chuva associadas a esses períodos de retorno. A partir desses dados são simuladas as transformações chuva-vazão através de um modelo hidrológico calibrado para a bacia em estudo, obtendo-se

os hidrogramas $Q2(t)$, $Q5(t)$, $Q10(t)$, $Q20(t)$, $Q50(t)$ e, conhecendo-se a capacidade de transporte do sistema de drenagem, os volumes transbordados: $V2$, $V5$, $V10$, $V20$, $V50$. Na seqüência temporal anual de cada cenário, verifica-se em cada ano a ocorrência de transbordamento. Se $V > 0$ há transbordamento, enquanto que, se $V = 0$ não há inundação.

Admitiu-se a seguinte relação entre o volume de inundação e altura de água da área alagada:

$$V_T = a.h_T^m \Rightarrow h_T = \left(\frac{V_T}{a}\right)^{1/m} \quad (8.9)$$

Como já foi mencionado, o modelo de seguro contra enchentes foi utilizado com diferentes valores de prêmios a fim de se adequar o valor da indenização a ser pago pelo fundo, compatível com sua capacidade, com a expectativa dos segurados de receber indenizações com cobertura integral em relação aos prejuízos causados pelas indenizações.

Através das simulações é possível encontrar um T aceitável que atenda as necessidades do sistema de seguro, e que seja viável. O período de retorno é uma medida indireta de probabilidade, ou seja, o seu valor inverso é igual a probabilidade de ocorrer uma cheia maior ou igual a um determinado valor pré-fixado. Assim, para cada T tem-se um valor de cheia. Para cada T tem-se um valor correspondente de cheia. Essa cheia gera inundação a partir de um determinado valor (X^*). Assim, para cada valor de T tem-se uma inundação e uma conseqüência. A estratégia será definir para qual período de retorno será construído o sistema de seguro. Ou seja, se quisesse proteger a região para um período de retorno de 100 anos, provavelmente o valor de seguro fosse muito alto. A idéia então é achar o maior período de retorno para o seguro dentro de uma viabilidade financeira através de diferentes valores estipulados para os prêmios.

8.4 Simulação Hidrológica

Neste estudo, foi utilizado resultados da aplicação de um modelo hidrológico calibrado para as condições da bacia hidrográfica do córrego Gregório da cidade de São Carlos, SP.

Com o modelo de simulação hidrológica (IPHS1 – Instituto de Pesquisas Hidráulicas), foram obtidos os hidrogramas de cheia gerados cada período de retorno

considerado. Admitiu-se que inundações irão ocorrer na região do mercado municipal de São Carlos, toda vez que o hidrograma simulado apresentasse vazões superiores a $60 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, admitiu-se que a capacidade de transporte do sistema de drenagem principal nessa região fosse igual a $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

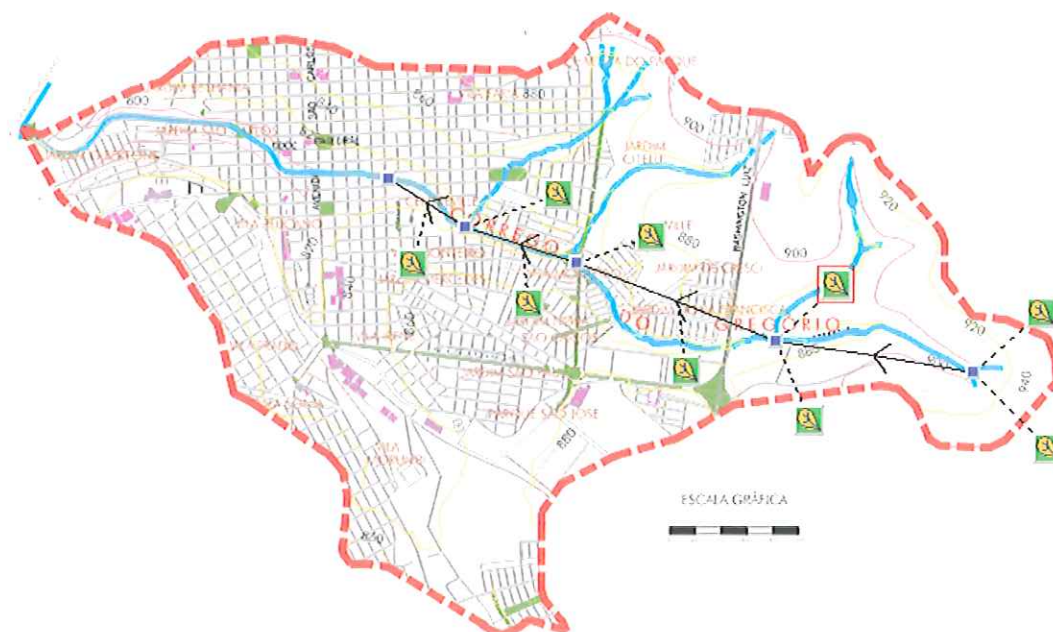


Figura 8.3 – Bacia do Gregório: Sub-bacias. Fonte: NIBH (Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas) -EESC/USP.

8.5 Cálculo do Prêmio e Funcionamento do Fundo

Para cada ano gera-se o T (tempo de retorno) e avalia se há enchente, o prejuízo, a indenização e as mudanças de capital acumulado do fundo.

Através de testes preliminares, verificou-se que as simulações deveriam contemplar os seguintes valores totais anuais para os Prêmios: R\$200.000,00; R\$300.000,00; R\$400.000,00; R\$500.000,00; R\$600.000,00 e o Prêmio resultante mínimo que garantisse Indenização total. No caso da indenização cobrir integralmente os prejuízos, verifica-se a existência de um valor ótimo. Abaixo desse valor, o fundo entra em colapso por causa do endividamento, e, acima, o fundo começa a acumular progressivamente capital.

O capital do fundo é calculado em função do prêmio e das indenizações. O capital acumulado do fundo é o valor calculado no ano anterior acrescido de juro anual mais o

prêmio do ano e decrescida a indenização do ano, sendo o balanço financeiro expresso por:

$$S(t) = S(t-1) + P + J(t) - O(t) \quad (8.10)$$

sendo $S(t)$ e $S(t-1)$ o armazenamento de capital do fundo de seguro ao final dos intervalos de tempo t e $t-1$; P é o prêmio a ser pago pelo segurado; $J(t)$ os juros capitalizados pelo fundo de seguro; $O(t)$ a extração do fundo para pagamento de indenizações. O valor dos juros $J(t)$ é calculado anualmente sobre o saldo ao final do ano anterior, ou seja:

$$J(t) = S(t-1).d \quad (8.11)$$

sendo d a taxa de juros adotada.

O fundo poderá estar com ou sem dinheiro ao final do período $t-1$. No primeiro caso, os juros pagos atuarão incrementando o saldo existente; no segundo, os juros atuarão incrementando a dívida.

O fundo pode ficar sem dinheiro e impossibilitado de pagar às indenizações $O(t)$. Neste caso, será preciso que o sistema mantenha um tipo de crédito $E(t)$ e que gerará dívida de capitais e juros a serem pagos pelo fundo.

Considera-se que a indenização cubra um prejuízo máximo correspondente ao capital acumulado pelo fundo. E que quando o fundo acumular capital para cobrir o limite superior do prejuízo, o excedente seja revertido aos segurados através de bônus. Para que o seguro tenha capacidade para cobrir os prejuízos causados pelas enchentes, ou seja, que a indenização cubra os prejuízos, é preciso arrecadar anualmente um prêmio limite mínimo calculado em 30 simulações através da ferramenta SOLVER do programa EXCEL. E no caso do fundo entrar em valor negativo, então os segurados devem arcar adicionalmente com uma porcentagem do endividamento.

Pela sensibilidade do modelo, é preciso avaliar diversas estratégias de funcionamento. Foram testadas várias alternativas, até encontrar uma adequada, ou seja, que mantenha o capital do fundo em valores razoáveis tanto em termos de acumulação de capital quanto a de endividamento.

As perdas foram calculadas pela expressão:

$$\text{Perdas} = C_p \cdot h^m \quad (8.12)$$

sendo adotado $C_p=500.000$ e $m=1$. Na falta de melhores informações, assumiu-se que para uma altura média de inundação de 1,00 m, o prejuízo seria da ordem de R\$500.000,00. Para o parâmetro m a adoção do valor 1 parece aceitável para esse valor de C_p .

Considerou-se um valor máximo de R\$2.000.000,00 para a indenização. Prejuízos acima desse valor não seriam considerados já que representariam situações muito raras. O limite superior de indenização em um período crítico anual foi considerado como sendo igual a esse valor máximo. Entretanto, para o caso em que o prejuízo fosse inferior a esse valor máximo, a indenização poderia cobrir integralmente todas as perdas havidas durante a enchente.

Caso a indenização leve a um valor negativo do capital do fundo, então o prêmio seria alterado a fim de viabilizar o pagamento da dívida e ao mesmo tempo recuperar o capital do fundo.

O prêmio é fixado num valor presente que permita a sustentabilidade do fundo. Enquanto o fundo acumula capital, isto é, $S>0$, o prêmio anual total seria fixado, por exemplo, em R\$200.000,00. Valores baixos não permitem acúmulo de capital necessário para cobrir eventuais indenizações de vulto. Valores altos levariam a um acúmulo exorbitante de capital e dificultaria a negociação do prêmio com os possíveis segurados.

Caso ocorresse indenização que levasse a um valor negativo do capital, S , portanto, empréstimos bancários, o prêmio anual sofreria um reajuste, cujo valor seria o valor do prêmio padrão mais um percentual da dívida contraída do fundo, digamos, 20% da dívida. Eliminada a dívida, o prêmio voltaria ao valor padrão.

Caso o capital cresça e ultrapasse o valor máximo de indenização, fixado neste trabalho em R\$2.000.000,00, então, os valores de capital acima desse patamar seriam revertidos aos segurados através de bônus ou de investimentos que permitisse aumentar a segurança das obras de drenagem e, conseqüentemente, permitisse reduzir o valor do prêmio. Essa seria uma discussão a ser levada e decidida entre os interessados.

8.6 Área de Estudo

Neste trabalho, o modelo foi desenvolvido para ser aplicado à região de inundação do córrego do Gregório, situada nas imediações do Mercado Municipal da cidade de São Carlos, SP. As cheias são decorrentes das fortes precipitações que ocorrem na bacia hidrográfica do córrego Gregório, com área de drenagem em torno de 18 km². Diversos estudos hidrológicos realizados nessa bacia caracterizam em detalhes a hidrografia, a topografia, o uso e ocupação, as declividades, e as relações de transformação chuva vazão Machado (1981), Barbassa (1991), Righetto et al (1994), Queiroz (1996), Silva (2000), Barros (2005).

Nessa região, existem informações de inundações observadas, com a observação de níveis de inundação ocorridos em 8 eventos de cheia durante o período compreendido entre os anos de 2000 e 2002.

As observações registradas permitem estimar o número de lojas que sofrem os efeitos das inundações com profundidades de água que chegam a ultrapassar 1,00 m cobrindo uma área comercial estimada em 5 ha. Com relação aos hidrogramas observados e enchentes ocorridas, estima-se que a capacidade do córrego do Gregório nas imediações do Mercado Municipal seja em torno de 60 m³/s na rua Episcopal (Barros, 2005). Para uma inundação com profundidade de água em torno de 1,0 m acima da calçada, os prejuízos são estimados de R\$ 500.000,00 conforme aparece na Tabela 8.2 e Figura 8.4.

Tabela 8.2 – Perdas e Freqüências das lojas.

classe	Perdas Médias	Frequência
1	0-1000	50
2	1100-2000	66
3	2100-3000	41
4	3100-4000	36
5	4100-5000	60
6	5100-6000	20
7	6100-7000	15
8	7100-8000	12

As perdas foram distribuídas em 08 classes e suas respectivas freqüências pelas perdas médias. (Figura 8.4).

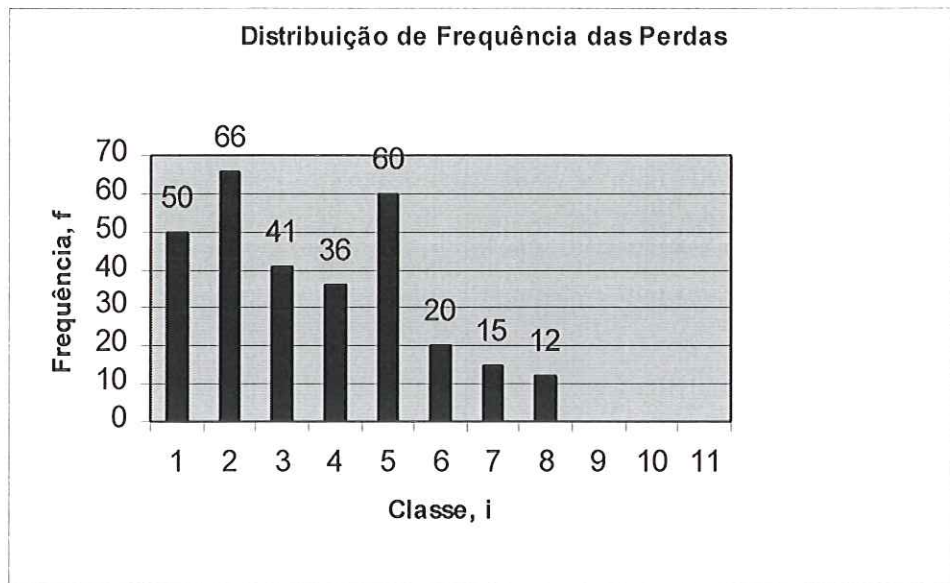


Figura 8.4 Distribuição de Frequência das Perdas

No próximo capítulo é simulado o sistema de seguro e seus respectivos resultados, para que se possa verificar como o fundo do seguro se comporta diante diferentes valores de prêmios e qual seria o melhor prêmio a ser utilizado mediante as variáveis.

9. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação do modelo hidrológico para a bacia urbana do ribeirão do Gregório da cidade de São Carlos, SP, da avaliação das inundações em função do período de retorno, das conseqüências ou prejuízos causados pelas inundações e da aplicação de um sistema de seguro para cobrir os prejuízos, incluindo-se a seleção do valor do Prêmio e simulação Monte Carlo para a avaliação da adequação do Prêmio, do capital acumulado do Fundo e das possíveis falhas desse sistema de seguro.

9.1 Simulação Hidrológica

Utilizou-se o modelo IPH para simular os hidrogramas de cheia do córrego do Gregório na seção do Mercado Municipal, região em que ocorrem inundações e prejuízos decorrentes da área comercial inundada em que se localizam centenas de edificações de lojas e de residências.

O Modelo IPH foi calibrado para as condições hidrológicas da bacia do ribeirão do Gregório e utilizado para simular a transformação chuva-vazão, tomando-se chuvas máximas anuais da cidade de São Carlos, através da fixação do período de retorno T (2, 5, 10, 20 e 50 anos) e da duração da chuva crítica ($t_c = 40$ min) como sendo a duração que gera as maiores cheias decorrentes da distribuição das áreas impermeáveis da bacia

hidrográfica. (Anexo1), são apresentados as chuvas críticas anuais e os hidrogramas simulados.

9.2 – Volume de inundação

Os volumes de inundação foram obtidos, considerando que a capacidade máxima do canal $Q_{\text{máx}} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$. Vazões acima desse valor resultam em volumes de inundação. Através dos hidrogramas de cheia, associados ao período de retorno, T, foram obtidos os volumes de inundação associados ao período de retorno (Tabela 9.6). A Figura 9.6 apresenta a curva de tendência e a equação de regressão obtida através do EXCEL.

Tabela 9.6 – Volumes de inundação V em função do período de retorno T.

T	V(m3)
2	0
5	594
10	21534
20	70272
50	143490

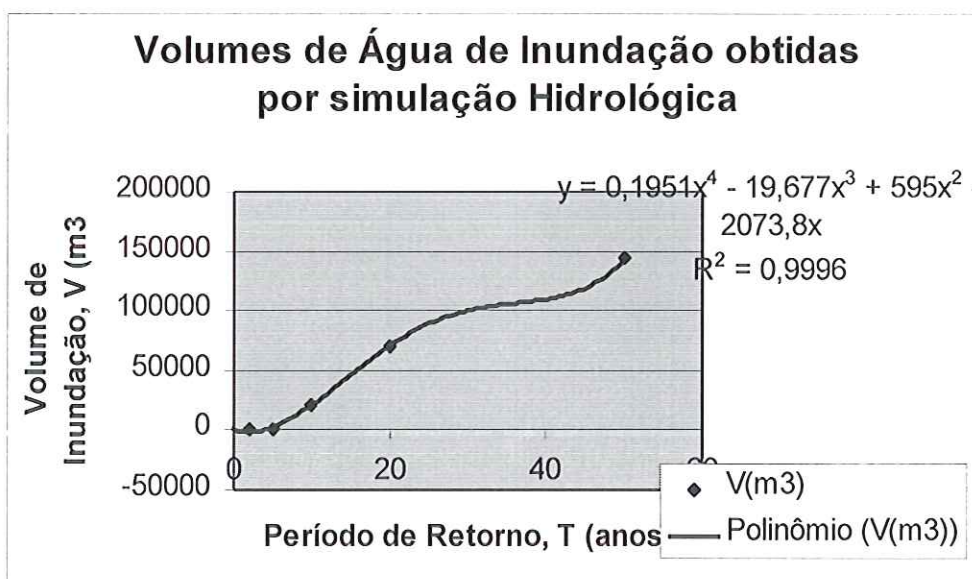


Figura 9.6 - Volume de Inundação X Período de Retorno.

9.3 – Prejuízo Causado pela Inundação

Através de informações levantadas dos prejuízos dos lojistas decorrentes das enchentes ocorridas nos últimos anos, admitiu-se que a profundidade média, h^* , da área inundada possa ser expressa por:

$$h^* = \min \left((V/50000)^{1/3}; 1,6 \right) \quad (9.1)$$

Considerando-se uma profundidade máxima de 1,6 m devido à topografia da área e das imediações. Foi adotado o coeficiente 1/3, por se aproximar melhor do valor de enchente observado com uma altura de inundação de 100cm no interior das lojas.

A área inundada para $h^* = 1,00$ m é igual a $A = 50000$ m² de forma a se obter o volume de inundação:

$$V = A \cdot h^* \quad (9.2)$$

ou

$$V = 50000 \cdot (h^*)^3 \quad (9.3)$$

Saliente-se que essas expressões são bastante aproximadas e devem ser substituídas por ocasião do levantamento plani-altimétrico da área sujeita a inundações.

Com os volumes de inundação associados aos períodos de retorno, obtêm-se imediatamente a associação entre as profundidades médias de inundação, h^* , com os períodos de retorno, T , permitindo dessa maneira, associar o prejuízo causado por uma enchente com o período de retorno.

O prejuízo é decorrente da área de inundação, ou seja, do número de estabelecimentos atingidos e da altura d'água. Para se estabelecer à consequência, busca-se uma relação entre C e A e h^* , ou do próprio V . Assim, uma relação para a consequência C pode ser do tipo:

$$C(h^*) = k \cdot A \cdot h^* \quad (9.4)$$

sendo k o prejuízo decorrente de um volume de inundação unitário. Admitiu-se que as Perdas ou Prejuízos, em R\$, possam ser expressos, para a área de inundação da região do Mercado Municipal de São Carlos, pela seguinte relação linear:

$$\text{Perdas} = 500000h^* \quad (9.5)$$

9.4 – Simulação de Inundações e Perdas Anuais

Com as relações entre o período de retorno T , o volume de inundação e as Perdas decorrentes, pode-se simular seqüências anuais de cheias e as Perdas esperadas.

- Para uma seqüência de anos, geram-se números aleatórios que corresponderão às probabilidades de ocorrência de cheias.

- Para cada valor da probabilidade gerada, associa-se um período de retorno, T , que, por sua vez, estará associado a um volume de inundação e , conseqüentemente, a uma determinada Perda.

A Tabela 9.7 (anexo 1), fornece uma seqüência de 50 anos, com valores gerados de T e com as avaliações das Perdas decorrentes. Nessa tabela, para cada ano t , gera-se aleatoriamente o período de retorno e , em seguida, são calculados os valores do volume de inundação e das Perdas esperadas. Apenas por conveniência de ilustração, são fornecidos os valores da chuva de projeto, em mm, o volume de inundação, em m^3 , a profundidade máxima da água na área inundada, e o valor em R\$ da Perda.

9.5 - Simulação do Prêmio e Análise do Fundo

Foram realizadas simulações de 30 cenários cada um correspondendo a uma série de 50 anos de valores máximos anuais de cheias. Para cada cenário, obteve-se o valor mais adequado para o Prêmio, levando-se em conta a cobertura das indenizações e o acúmulo de capital, conforme descrito na Metodologia. Foram simuladas seis situações restritivas (a) para o valor do Prêmio total anual. Os valores máximos adotados para esse prêmio foram os seguintes: R\$200.000,00; R\$300.000,00; R\$400.000,00; R\$500.000,00; R\$600.000,00. Também foi simulado o caso em que não se restringiu o valor do prêmio. A seguir, são apresentados os resultados de todas essas simulações.

Para cada cenário de 50 anos, o Prêmio foi determinado através da minimização da função objetivo do excel:

a) $\text{Min} [\text{Premio} + \text{Soma}(\text{Perdas})]$

$\text{Premio} \leq \text{Restrição}$

$\text{Soma}(\text{Perdas}) \geq 0$

b) $\text{Min} [\text{Premio} + \text{Soma}(\text{Perdas})]$

$\text{Prêmio} \geq 0$ Integral

$\text{Soma}(\text{Perdas}) \geq 0$

Para o caso em que não se restringiu o valor do Prêmio (b), o SOLVER foi utilizado para se encontrar o menor valor do Prêmio que consegue cobrir integralmente todas as perdas decorrentes das enchentes máximas anuais. Para um caso com restrição, procurou-se determinar o menor valor do Prêmio que consegue minimizar as Perdas não cobertas pelo fundo do seguro, já que existe restrição para o valor do Prêmio e, por este motivo, o capital do fundo torna-se insuficiente para cobrir algumas situações em que grandes prejuízos aconteceram em períodos curtos ou no início de implantação do plano de seguro contra enchentes.

9.6 Otimização dos prêmios de seguro

Na figura 9.19 aparecem 4 primeiras simulações de cenários de 50 anos para um prêmio inicial de R\$200.000,00 / ano com as respectivas otimizações.

Figura 9.19. Exemplo da evolução do fundo do seguro conforme simulações.

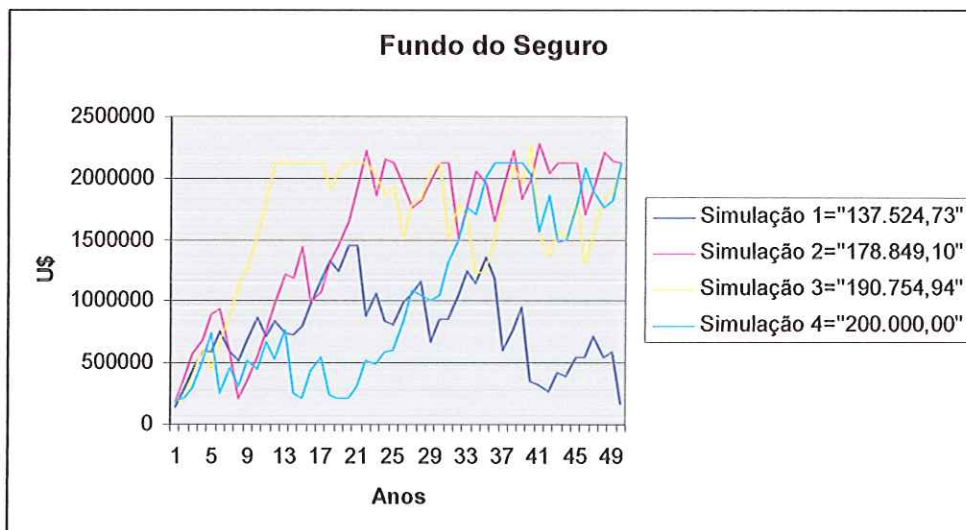


Figura 9.19 – Exemplo de evolução do fundo de seguros a partir das quatro primeiras simulações para um prêmio de R\$200.000,00. Cada prêmio ótimo corresponde a uma diferente simulação do fundo.

Os resultados apresentados (anexo 1), mostram para cada caso e para cada simulação, os valores do Prêmio total anual e mensal e ordenação desses valores para a obtenção da distribuição de frequência, da média e do desvio padrão.

9.7 - Análise Geral dos Prêmios

A Tabela 9.14 apresenta os valores dos Prêmios relacionados aos casos estudados e aos 30 cenários simulados. Para cada caso, tem-se o valor médio e o desvio padrão. Com as distribuições de frequência e parâmetros estatísticos é possível ajustar distribuições de probabilidade de forma a se relacionar o Prêmio com probabilidade de falha do sistema de seguro.

A Figura 9.20 mostra o número de falhas para cada caso para as 30 simulações realizadas. Por exemplo, comparando a curva do prêmio de R\$200.000,00 com o caso de Prêmio sem restrição (integral) vários cenários contemplam prejuízos que não serão totalmente cobertos. Quanto menor o valor do prêmio máximo admissível, maior o número de ocorrências de falhas. À medida que aumenta o valor do prêmio máximo, o número de cenários com falhas vai diminuindo. Nesse gráfico, os pontos que ficarem abaixo do prêmio máximo, serão totalmente cobertos e os que ficarem na linha do Prêmio máximo, não.

Tabela 9.14 - Valores dos Prêmios relacionados aos casos estudados e aos 30 cenários simulados.

Prêmios	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 600.000,00	Integral
1	R\$ 137.524,73	R\$ 137.524,73	R\$ 137.524,73	R\$ 137.524,73	R\$ 137.524,84	R\$ 137.526,68
2	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 325.736,59	R\$ 325.736,59	R\$ 325.736,60	R\$ 325.742,59
3	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 535.263,34	R\$ 535.263,34
4	R\$ 268.000,00	R\$ 268.000,00	R\$ 268.000,00	R\$ 268.000,00	R\$ 268.000,00	R\$ 268.000,00
5	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 316.476,99	R\$ 316.476,99	R\$ 316.476,99	R\$ 632.953,99
6	R\$ 178.849,10	R\$ 178.849,10	R\$ 178.849,10	R\$ 178.849,10	R\$ 178.849,11	R\$ 178.849,58
7	R\$ 165.490,82	R\$ 165.490,82	R\$ 165.490,82	R\$ 165.490,82	R\$ 165.490,82	R\$ 165.490,82
8	R\$ 190.754,94	R\$ 190.754,94	R\$ 190.754,94	R\$ 190.754,94	R\$ 190.754,94	R\$ 190.754,94
9	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 533.839,59	R\$ 533.839,59
10	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 321.383,65	R\$ 321.383,65	R\$ 321.383,65	R\$ 321.383,65
11	R\$ 200.000,00	R\$ 234.291,82	R\$ 234.291,82	R\$ 234.291,82	R\$ 234.291,82	R\$ 234.291,82
12	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 468.783,83	R\$ 468.784,06	R\$ 468.783,83
13	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 309.009,94	R\$ 309.009,94	R\$ 309.009,94	R\$ 309.009,94
14	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 393.317,91	R\$ 393.317,91	R\$ 393.317,91	R\$ 393.317,91
15	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 600.000,00	R\$ 800.000,00
16	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 411.150,12	R\$ 411.150,12	R\$ 411.150,12
17	R\$ 200.000,00	R\$ 290.397,59	R\$ 290.397,59	R\$ 290.397,59	R\$ 290.397,60	R\$ 290.397,59
18	R\$ 200.000,00	R\$ 208.077,38	R\$ 208.077,38	R\$ 208.077,38	R\$ 208.077,40	R\$ 208.077,38
19	R\$ 114.668,05	R\$ 114.668,05	R\$ 114.668,05	R\$ 114.668,05	R\$ 114.668,06	R\$ 114.668,05
20	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 488.198,79	R\$ 488.198,79	R\$ 488.198,79
21	R\$ 200.000,00	R\$ 243.769,04	R\$ 243.769,04	R\$ 243.769,04	R\$ 243.769,04	R\$ 243.769,04
22	R\$ 200.000,00	R\$ 261.935,05	R\$ 261.935,05	R\$ 261.935,05	R\$ 261.935,05	R\$ 261.935,05
23	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 456.388,57	R\$ 456.388,57	R\$ 456.388,57
24	R\$ 200.000,00	R\$ 311.598,39	R\$ 311.598,39	R\$ 311.598,39	R\$ 311.598,39	R\$ 311.598,39
25	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 530.473,85	R\$ 530.473,83
26	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 313.306,12	R\$ 313.306,12	R\$ 313.306,12	R\$ 313.306,12
27	R\$ 200.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 600.000,00	R\$ 734.518,40
28	R\$ 200.000,00	R\$ 230.725,91	R\$ 230.725,91	R\$ 230.725,91	R\$ 230.725,91	R\$ 230.725,91
29	R\$ 168.966,55	R\$ 168.966,55	R\$ 168.966,55	R\$ 168.966,55	R\$ 168.966,55	R\$ 168.966,56
30	R\$ 200.000,00	R\$ 228.477,98	R\$ 228.477,98	R\$ 228.477,98	R\$ 228.477,98	R\$ 228.477,98
MÉDIA/ANUAL	R\$ 194.141,81	R\$ 257.784,24	R\$ 293.758,62	R\$ 317.909,33	R\$ 327.895,23	R\$ 349.595,35
Média/Mensal	R\$ 53,93	R\$ 71,61	R\$ 81,60	R\$ 88,31	R\$ 91,08	R\$ 97,11
Desvio Padrão	24128,78	57066,85	91351,49	122830,19	139289,11	173300,28

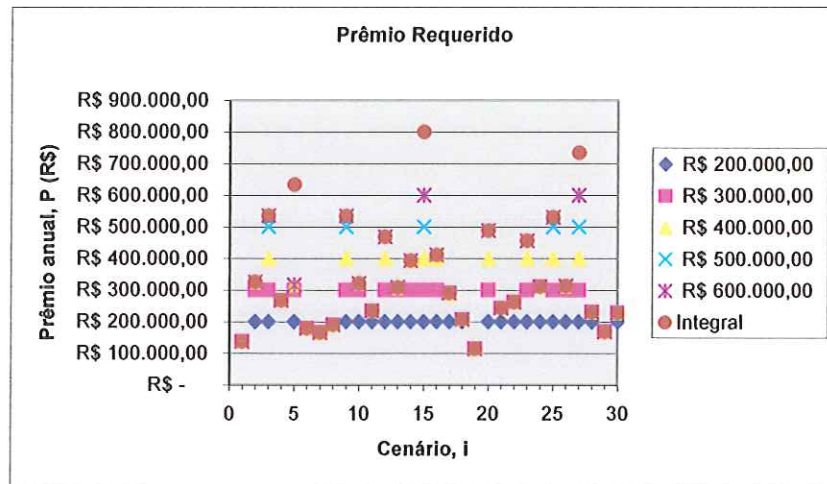


Figura 9.20 - Número de falhas para cada caso e para as 30 simulações realizadas.

a) Se o prêmio máximo for de R\$200.000,00, verifica-se que em apenas 7 cenários o seguro conseguirá cobrir totalmente os prejuízos; Em 22 cenários o seguro cobrirá parcialmente os prejuízos.

Figura 9.21. Otimização do Prêmio de Seguro de R\$200.000,00

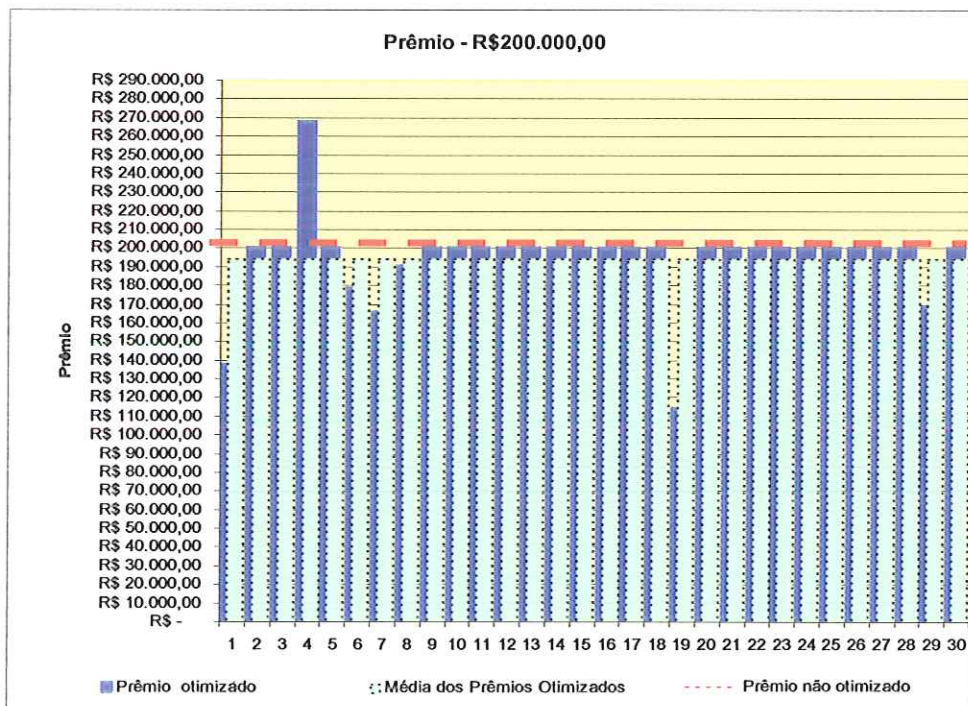


Figura 9.21. Otimização da cobertura do seguro para 30 cenários com Prêmio de R\$200.000,00 em Bacia Urbana experimental de 13km, São Carlos, Brasil.

b) Para um Prêmio de R\$300.000,00, o seguro cobre 15 cenários parcialmente e 15 cenários totalmente.

Figura 9.22. Otimização do Prêmio de Seguro

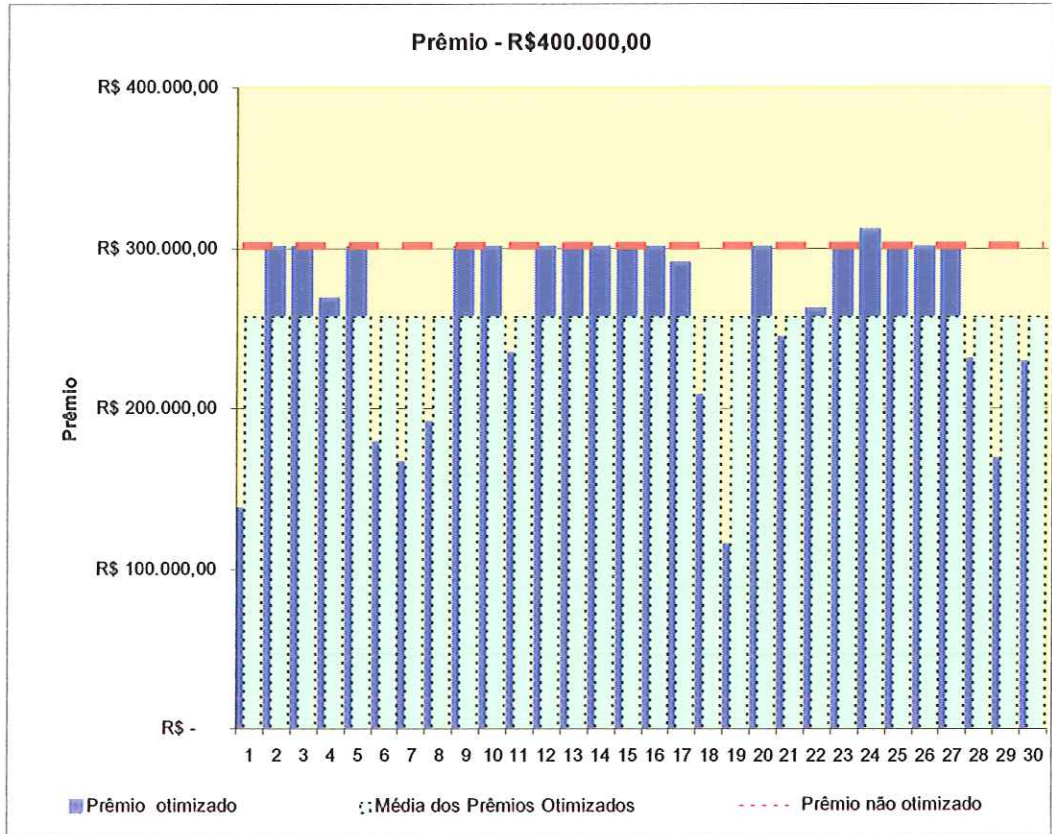


Figura 9.22. Otimização da cobertura do seguro para 30 cenários com Prêmio de R\$300.000,00 em Bacia Urbana experimental de 13km, São Carlos, Brasil.

c) Fixando o prêmio máximo em R\$400.000,00 verifica-se que das 30 simulações, em 10 cenários os prejuízos serão cobertos parcialmente enquanto que em 20 cenários a cobertura será total.

Figura 9.23. Otimização do Prêmio de Seguro

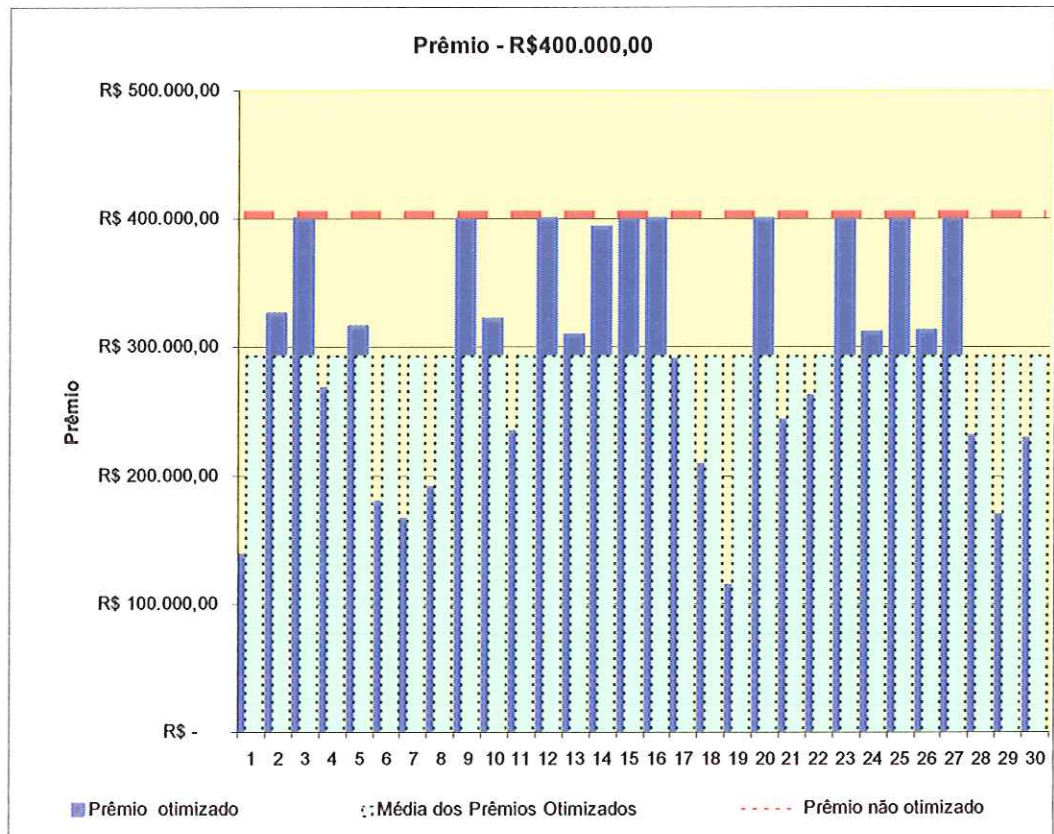


Figura 9.23. Otimização da cobertura do seguro para 30 cenários com Prêmio de R\$400.000,00 em Bacia Urbana experimental de 13km, São Carlos, Brasil.

d) Se o Prêmio for de R\$500.000,00 o seguro cobrirá parcialmente 5 cenários e, em 25 cenários cobrirá totalmente.

Figura 9.24. Otimização do Prêmio de Seguro

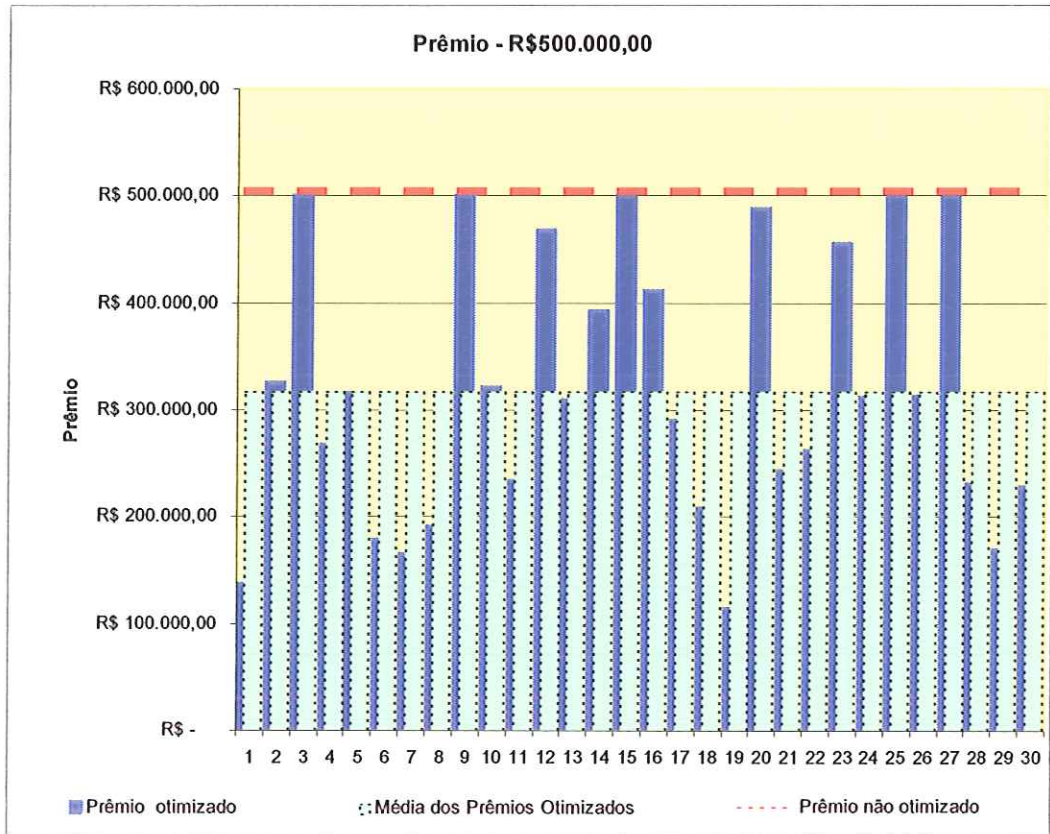


Figura 9.24. Otimização da cobertura do seguro para 30 cenários com Prêmio de R\$500.000,00 em Bacia Urbana experimental de 13km, São Carlos, Brasil.

e) Por fim, para um Prêmio máximo de R\$600.000,00 o seguro cobrirá parcialmente apenas um caso, e cobrirá totalmente 29 cenários das simulações. Ou seja, quanto maior o valor do prêmio, maior será a possibilidade do sistema de seguro indenizar totalmente as perdas decorrentes das inundações.

Figura 9.25. Otimização do Prêmio de Seguro

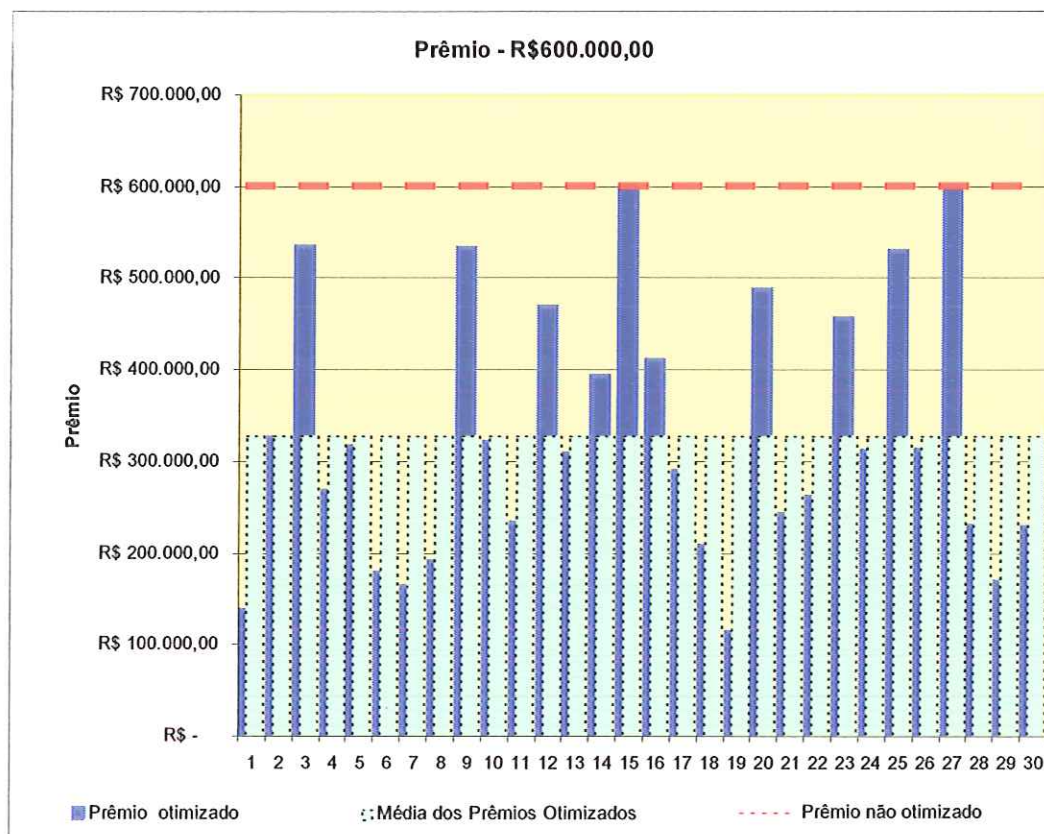


Figura 9.25. Otimização da cobertura do seguro para 30 cenários com Prêmio de R\$600.000,00 em Bacia Urbana experimental de 13km, São Carlos, Brasil.

Evidentemente, com prêmio integral obtido sem restrição do valor máximo admissível, não há cobertura parcial, ou seja, tudo que se perder será ressarcido pelo sistema de seguro.

A Figura 9.26 mostra a eficiência de cada tipo e limitação superior do valor do prêmio. É uma síntese de resultados para que os tomadores de decisão (seguradora e segurados) possam ajustar o valor do prêmio com a capacidade de pagamento. Para cada tipo de

restrição adotada, o lucro do sistema de seguro varia conforme como mostram a Tabela 9.15 e a Figura 9.27.

Para se obter o lucro de determinado tipo de restrição de prêmio máximo, calcula-se a diferença entre o preço pré-fixado e o preço médio. Dessa forma, o sistema de seguro poderá acumular capital, configurando-se em real lucro que poderá reverter ou não aos segurados por ocasião da implantação contratual do sistema.

Convém novamente realçar que os valores básicos utilizados e critérios adotados foram fixados através de uma estimativa subjetiva das perdas por enchentes que podem ocorrer na região em estudo. Com informações mais confiáveis, é possível ajustar o modelo e se obter simulações realistas que permitam as negociações para a implantação do sistema de seguro contra enchentes na região do Mercado Municipal da cidade de São Carlos, SP.

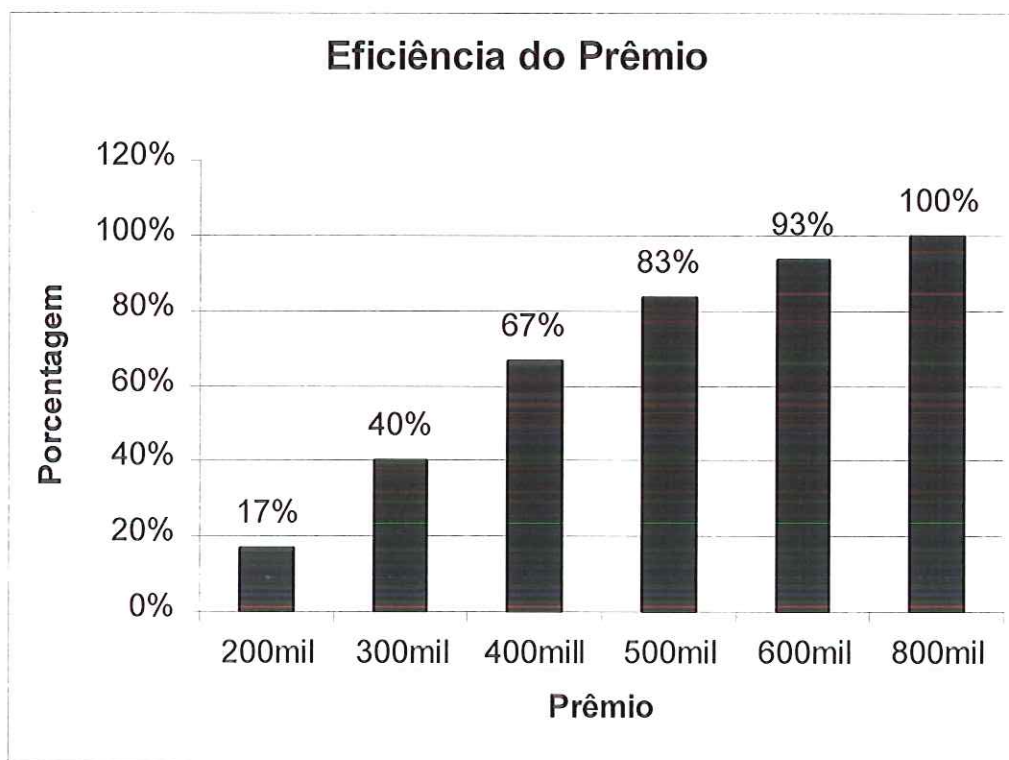


Figura 9.26 - Eficiência de cada tipo e limitação superior do valor do prêmio.

Tabela 9.15 – Capitalização do Sistema de Seguro através do Lucro.

Prêmio Pré-Fixado	Prêmio Médio	Lucro	Lucro%
R\$ 55,56	R\$ 53,93	R\$ 1,63	2%
R\$ 83,33	R\$ 71,61	R\$ 11,72	12%
R\$ 111,11	R\$ 81,60	R\$ 29,51	30%
R\$ 138,89	R\$ 88,31	R\$ 50,58	51%
R\$ 166,67	R\$ 91,08	R\$ 75,59	76%
R\$ 222,22	R\$ 97,11	R\$ 125,11	125%

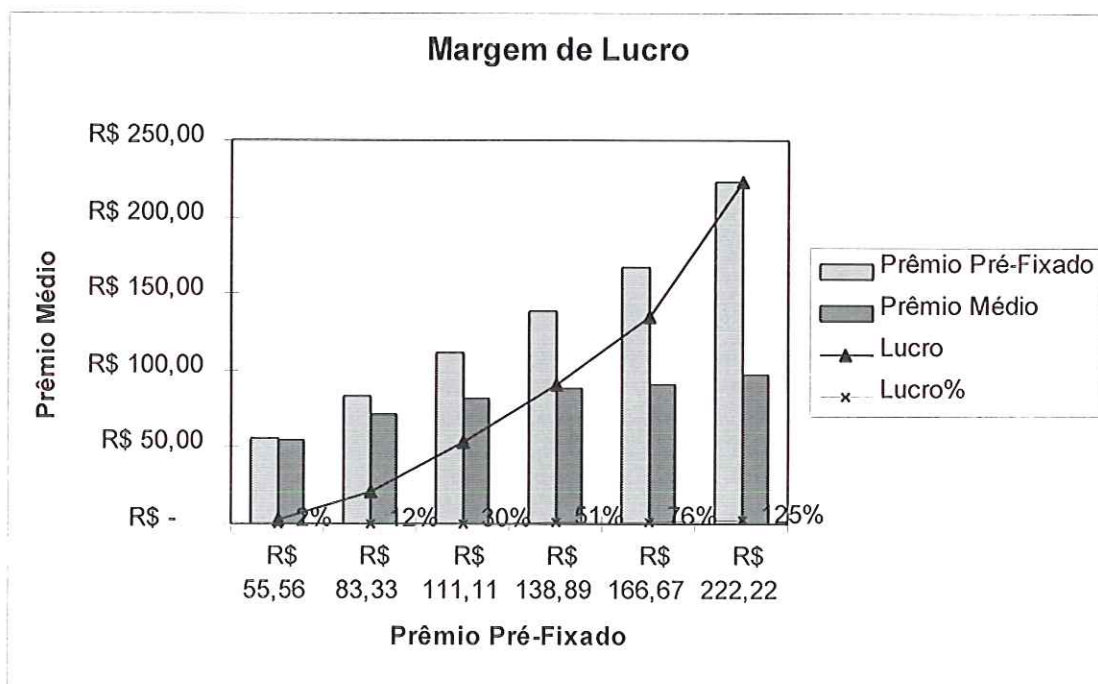


Figura 9.27 – Margem de lucro do Sistema de Seguro para os casos estudados.

10. CONCLUSÕES

O Manejo Integrado da Bacia Urbana do Córrego do Gregório permite estabelecer uma relação entre a adequação do sistema drenagem e os possíveis pontos ou áreas de inundação, com possibilidades de existência de perdas financeiras em determinados locais, particularmente, a região próxima ao Mercado Municipal, em que se observam freqüentes inundações e prejuízos significativos dos lojistas.

Através da integração do manejo da bacia, avaliação com confiabilidade dos deflúvios e vazões de cheia, é possível estabelecer um Fundo de Seguro que permita proteger os lojistas contra possíveis prejuízos, principalmente numa área valorizada do Centro Comercial da cidade, em que se exige modernizações freqüentes.

Este trabalho elaborou um estudo integrado entre avaliação de inundações, avaliação de perdas financeiras provocadas pelas enchentes e propôs um método baseado em simulação Monte Carlo para a fixação do Prêmio de um Fundo de Seguro, que propiciasse o crescimento de capital necessário para cobrir os prejuízos causados pelas inundações.

Buscou-se a descentralização dos instrumentos do controle de sinistros através do MIBH (Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas) com vistas a mitigar os efeitos impactantes em nível de micro-bacia de maneira a promover a gestão integrada dos recursos naturais, econômicos, financeiros e sociais e, portanto, o desenvolvimento sustentado.

Através do uso do modelo hidrológico para a bacia do córrego do Gregório, foram simulados cenários constituídos de uma seqüência de 50 anos de períodos de retorno gerados aleatoriamente e, a partir de cada um desses valores, determinada a cheia máxima anual, com possibilidade de ocorrência de inundação. Para cada ano, quando ocorria inundação provocada por vazões superiores à capacidade do canal, era calculado o volume de inundação e, em seguida, avaliada a perda financeira dos lojistas.

Foram simuladas seqüências anuais de operação do fundo de seguro com vários condicionantes para a fixação do Prêmio. Além de se buscar o menor valor do Prêmio para dar garantia de cobertura de qualquer perda assinalada nas simulações realizadas, foram também consideradas situações em que se limitava o valor máximo do Prêmio, de modo a flexibilizar a negociação para a instituição do sistema de seguro.

Os valores encontrados para o funcionamento do Fundo de Seguro contra Enchentes são compatíveis com a capacidade de pagamento dos lojistas, tendo em vista a magnitudes das possíveis perdas, a freqüência relativamente alta de ocorrência de inundações. Para todos os casos estudados, o Prêmio mensal por lojista varia entre R\$50,00 e R\$250,00 considerado adequado para uma situação de risco cujo prejuízo pode alcançar o valor máximo de R\$2.000.000,00 em uma única inundação. Em todas as simulações realizadas, considerou-se esse valor como valor máximo possível para as perdas, de modo que na seqüência de capitalização do fundo, toda vez que o capital atingia essa cifra de R\$2.000.000,00, era introduzido um mecanismo de compensação, seja na forma de bônus, redução do prêmio ou investimento na área ou nos mecanismos de manejo da bacia hidrográfica.

Um dos aspectos importantes aprendidos neste estudo é a necessidade de se ter informações seguras relativas aos processos hidrológicos, áreas inundadas e indicadores econômicos relacionados às perdas decorrentes de inundações. Dentro de um Plano Diretor de Drenagem Urbana com Manejo Integrado da Bacia, há a possibilidade de se construir um banco de dados com informações relevantes aos principais aspectos envolvendo atividades sócio-econômicas na bacia urbana. Essas informações devem estar sendo continuamente sujeita à análise por parte dos especialistas, de modo a se alcançar progressivamente à confiabilidade das informações disponíveis e dos estudos gerados através dessas informações.

Com base nesses princípios, este trabalho teve por finalidade avaliar a aplicabilidade do uso de uma ferramenta financeira frente ao risco de ocorrência de perdas causadas pelas inundações, por meio da aplicação de um seguro hídrico.

A análise dos dados disponíveis e as informações proporcionadas permitiram uma caracterização abrangente da área de estudo em relação aos riscos hidrológicos. Entre outros aspectos, pela revisão de literatura, constatou-se a inexistência desse instrumento no Brasil, tendo sido constatado sua utilização somente em países da Europa. Tais informações serviram de base para a definição dos indicadores e para atribuição dos valores correspondentes para o modelo de seguro contra enchentes.

O seguro-enchente integrado ao MIBH poderá gerar condições de melhorias para o local bem como para a segurança dos comerciantes, que, através de mecanismos de melhorias ambientais e com ferramenta financeira eficaz, tornará o investimento no local mais seguro, gerando emprego e segurança para o segurado.

11. RECOMENDAÇÕES

De modo geral, os resultados foram bastante satisfatórios e coerentes com a realidade da sub-bacia avaliada. Entretanto, constatou-se a necessidade de serem realizadas outras investigações de modo a cobrir com confiabilidade as avaliações hidrológicas das cheias e a quantificação dos prejuízos causados pelas inundações. Seguem-se, algumas recomendações que poderão contribuir para o aperfeiçoamento dessa linha de estudo:

Uma das lições mais importantes aprendida em estudos reais de casos de inundações urbanas é que há uma necessidade de metodologias claras e bem elaboradas e relacionadas para lidar com riscos. Construir estratégias efetivas para risco de desastre de inundação é pesquisa necessária e desenvolvimento baseado na análise de risco e Gestão de risco de inundação.

Iniciar um debate contínuo e permanente sobre a avaliação de riscos de enchentes, através do MIBH, como ferramenta para a aplicação do Modelo de Seguro, a ser disponibilizado através da página do Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas do SHS/EESC/USP(www.shs.eesc.usp.br/laboratorios/hidraulica);

Submeter à proposta do modelo a uma equipe de especialistas do setor de recursos hídricos e seguros, para que os parâmetros possam ser avaliados e ajustados;

Discutir os resultados da simulação com atores envolvidos no processo de decisão para que os parâmetros e respectivas ponderações possam ser devidamente ajustados às reais características e interesses inerentes à bacia hidrográfica em questão;

Aplicar a metodologia proposta em outras áreas de estudo, para avaliar sua aplicabilidade em diferentes contextos ambientais, socioeconômicos e político-institucionais.

Utilizar o procedimento metodológico formulado para hierarquizar ações de intervenção em cada bacia hidrográfica analisada.

Dessa forma, é possível avaliar quais ações de intervenção são as mais prioritárias em determinada bacia ou sub-bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L.S.; AGUIAR, O.A. (1998). *Gestão de recursos hídricos: uma questão de legislação ou de educação?* In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Gramado, RS, 1998. Anais Virtuais. Site da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). <http://www.abrh.org.br>. (download em 09/abr/2002).

ALMEIDA NETO, P., ESTEVES, R., BORGES, A., MENDIONDO, E. M. (2004). *Análise das componentes do balanço hídrico em uma bacia urbana experimental*, In: III Simp. Rec. Hídr. Centro-Oeste, Goiânia (GO), *Anais*, ABRH/Acquacon.

ALVES, E. (2005). *Cenários de medidas não-estruturais na prevenção de enchentes em bacias urbanas: o caso do Córrego do Gregório, SP*. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BARBASSA, A . P. (1991). *Simulação do Efeito da Urbanização sobre a Drenagem Pluvial na Cidade de São Carlos-SP*. São Carlos, 1991. 207 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BARROS, R. M. (2005). *“Previsão de Enchentes para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de São Carlos (PDDUSC) na Bacia Escola do Córrego do Gregório”*. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BENINI, R.M.; MENDIONDO, E.M; MARTIOLI, C; TONISSI, F.B (2003). *Cenários Ambientais visando a Mitigação de Enchentes decorrentes da Implantação do Campus II - USP, São Carlos - SP*. In: XV Simp. Bras. Rec. Hídr., Curitiba (PR), *Anais*, ABRH / Aquacon

BENINI, R.B; MARTIOLI, C.; MENDIONDO, E.M (2004). *Uso de SIG Associado ao Método Racional para Previsão de Vazões na Bacia do Mineirinho, São Carlos, SP*. In: III Simp. Rec. Hídr. Centro-Oeste, Goiânia (GO), *Anais*, ABRH/Acquacon

BENINI, R. M.; MENDIONDO, E. M. (2003). *Análise do balanço hídrico serial na baciada represa do Broa / SP*. In. XV Simp. Bras. Rec. Hídricos, 2003, Curitiba, PR, Anais ABRH,

BOLDRIN, R. S. (2005). *Avaliação de cenários de inundações urbanas a partir de medidas não-estruturais de controle: Trecho da bacia do Córrego do Gregório, São Carlos – SP*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos; Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. (1999). *O estado das águas no Brasil – 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos*. Brasília, DF, ANEEL / MMA / MME.

CERRI, L. E; AMARAL, C. (1998) *Geologia e Engenharia*. São Paulo, SP. Capítulo XII. Edição ABGE.

ESTEVES, R.L MENDIONDO, E.M (2003). *Análise Comparativa entre Equações e Observações do Tempo de Concentração em uma Bacia Urbana de São Carlos, SP*. In: XV Simp. Bras. Rec. Hídricos, *Anais*, Curitiba (PR), ABRH / Acquacon

FENS (1990). Fundação Escola Nacional de Seguros. *Teoria Geral do Seguro*. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 274p.

FINEP-CT-HIDRO/FIPAI-EESC-USP/DAEE-SP (2003) *Experimento piloto de gerenciamento integrado de bacias urbanas para o Plano Diretor de São Carlos, SP*. Conv. 01.02.0086.00 (www.busplanodiretor.hpg.com.br)

FIPAI / PMSC (2003). Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial / Prefeitura Municipal de São Carlos. 1º Relatório, *Implantação do Projeto de Renaturalização de Áreas de Fundo de Vale visando o Plano Diretor de Bacias Hidrográficas Urbanas Degradadas*, Protijucu - Projeto de Recuperação Ambiental das Várzeas, visando o Plano Diretor a montante da Bacia do Tijucu Preto, contrato administrativo N° 019/2003, 12p.

LEAL, A.C.; SUDO, H. (1998). Educação ambiental e gestão de recursos hídricos: experiências na graduação e educação continuada de professores do ensino fundamental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Gramado, RS, 1998. Anais Virtuais. Site da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). <http://www.abrh.org.br>. (download em 09/abr/2002).

LIMA, R.T. (2003). Percepção ambiental e participação pública na gestão dos recursos hídricos: perfil dos moradores da cidade de São Carlos, SP (Bacia Hidrográfica do rio do Monjolinho). Dissertação (Mestrado). São Carlos, SP, 94p. PPG-SEA – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

MACHADO, E. S. (1981). “*Modelo hidrológico determinístico para bacias urbanas*”. 286 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MENDES, Heloisa Ceccato (2004). *Planejamento Urbano e Impactos Ambientais: Histórico das Inundações entre 1940 e 2004 na Bacia do Gregório, São Carlos, SP*. São Carlos: Plano de Pesquisa PPG-SEA. Ciências da Engenharia Ambiental, EESC-USP.

MACÊDO, R.F; SOUZA, A.S; ANDRADE, J, E. M. MENDIONDO. (2004). *Cenários de Políticas de Controle de Impactos devido a Inundações*. In: I Seminário Latino-Americano de Políticas Públicas em Recursos Hídricos, Brasília (DF), ABRH/Acquacon (artigo aceito).

MENDES, H. C., VERÇOSA, M. M. D., MATSUNAGA, S. P., MARCO, G., MACÊDO, R. F., SOUZA, S. A. ANDRADE, J.P., M., MENDIONDO, E. M. (2004). *Reflexões sobre Impactos das Inundações e Propostas de Políticas Públicas Mitigadoras*, Relatório Interno de Hidrologia Física, Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas, SHS/EESC/USP, São Carlos, SP.

MENDIONDO, E. M., J. B. VALDÉS (2002). *Strategies for Sustainable Development Of Water Resources Systems*. 2nd International Conference New Trends in Water and

Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environments. *Proceedings*, Capri (Italy).

MENDIONDO, E. M. (2005). *Flood Risk Management Of Urban Waters In Humid Tropics: Early-Warning, Protection And Rehabilitation*, Invited Paper In: C. Tucci & J. Goldenfum (Orgs.) Workshop On Integrated Urban Water Managmt. In Humid Tropics, Unesco Ihp-Vi (Int. Hydrol. Program), 2-3 April 2005, Foz De Iguaçu, Brazil.

MENDIONDO, E. M., MARTINS, E. S. R., BERTONI, J. C. (2002). *Gestão de incertezas hidrológicas para Auxílio às Políticas Hídricas através do Manejo Integrado de Bacias*, In: XIX Congr. Nac. Água, *Actas*, Córdoba, Argentina.

MENDIONDO, E.M., CLARKE, R. T., TOENSMANN, F. (2000), *River restoration, discharge uncertainties & floods*, In: Toensmann & Koch (eds.) *River Flood Defense*, Kassel: Herkules, Vol. II, (G) p.141-152.

MENDIONDO, E.M; OHNUMA.,A.J; BENINI, R.M; PERES, R.B (2004). *Metodologia Simplificada de Cenários de Planejamento para Recuperação Ambiental de Bacias Urbanas*. In: XXI Congr. Latino-americano de Hidráulica, São Pedro, SP. (aceito).

MIRANDA, C.O. (2001). *O papel político-institucional dos Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado de São Paulo: um estudo de caso*. In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R.C.; LEME, A.A. (orgs.). *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil*. São Carlos, SP, Rima, p.135-148.

MÜNCHENER R.-G.. – Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft (1997) *Flooding and Insurance*. Munich: Alemanha.

MUNICH RE, TOPICS 2000: *Natural Catastrophes. The Current Position* (Munich: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, dezembro 1999), e MRNatCatSERVICE, *Significant Natural Disasters in 1999* (Munich: REF/Geo, janeiro 2000); Nações Unidas, *World Population Prospects: The 2000 Revision* (Nova York: fevereiro: 2001).

MCT/CGE – Ministério de Ciência e Tecnologia/ Centro de Estudos e Gestão Estratégica (2001). *Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, Brasília, DF.

PEARCE, D.W.; TURNER, R.K. (1990) *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990. 378p.

PERES, R. B.; MENDIONDO, E. M. (2004). *Desenvolvimento de Cenários de Recuperação como Instrumento ao Planejamento Ambiental e Urbano - Bases conceituais e Experiências Práticas* In. A questão Ambiental e Urbana: Experiências e Perspectivas, Brasília (DF), *Anais*, NEUR/CEAM, UnB.

PMSC (2002). *Prefeitura Municipal de São Carlos. Conferência da Cidade: processo de elaboração do Plano Diretor do Município de São Carlos*. PMSC, São Carlos, SP, 2002. 1 CD-ROM.

PAULA, G. H., SILVA (2002). *Prevenção Contra Enchentes*. <http://www.polis.org.br/publicacoes/dicas/241438.html> (13/11/2002).

PEREIRA de SOUZA, Marcelo & PIRES, Júlio M. (1992). *A cobrança sobre o uso dos recursos hídricos*. *Ambiente*, São Paulo, v.6, n.1, p.25-36.

PILAR, J. V.; MENDIONDO, E. M.; LANNA A. E. (2001). *Um Modelo de Seguro Agrícola para a Gestão de Riscos na Agricultura em Sequeiro*. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, V.6, n.1, Jan/mar, p.83-84.

QUEIROZ, E. A . (1996). *A Utilização do Sistema de Informações Geográficas no Estudo da Dinâmica do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas: Aplicação na Bacia do Córrego do Gregório*. São Carlos, 1996. 207 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RIGHETTO, A. M., (1998). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. São Carlos. EESC / USP.

RIGHETTO, J. M., MENDIONDO, E. M. (2004). *Avaliação de riscos hidrológicos: principais danos, causas e propostas de seguro contra enchentes*, In: III Simp. Rec. Hídricos do Centro-Oeste, Goiânia (GO), *Anais*, ABRH-Acquacon.

RIGHETTO, A. M.; PORTO, R. M.; VILLELA, S. M. (1994). “*Adequação de Metodologia para Estudos Hidrológicos de Macro Drenagem Urbana – Aplicação para a Cidade de São Carlos*”. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, SinGReH, ABRH, Gramado-RS, 1994.

SARMENTO, Jair (1995) *Tarifação ambiental: instrumento fundamental para a gestão integrada dos recursos hídricos*. Seminário Franco-Brasileiro de Gestão em Bacias Hidrográficas (Curitiba: 31/05 a 02/06/95).

SANTOS, J.E.; JESUS, T.P., HENKE-OLIVEIRA, C., BALLESTER, M.V.R. (1996). *Caracterização perceptiva da estação ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP) por diferentes grupos sócio-culturais de interação*. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 7^o, São Carlos, SP, 1996. *Anais*. São Carlos, SP, UFSCar, p.309-353.

SIVAPALAN, M, K. TAKEUCHI, S. W. FRANKS, V. K. GUPTA, H. KARAMBIRI, V. LAKSHMI, X. LIANG, MENDIONDO E. M, P. E. O’CONNELL, T. OKI, J. W. POMEROY, D. SCHERTZER, S. UHLENBROOK, E. ZEHE (2003). *IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences*. *Hydrological Sciences Journal* 48(6), 857-880

SILVA, D. D., PRUSKI, F. F. (editores) (2000). *Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais*. Brasília, DF: Ministério de Meio Ambiente; Viçosa, MG: Univ. Fed. Viçosa; Porto Alegre: ABRH, 659p.

SILVA, K. A .; RIGHETTO, A . M. (1998). *Modelo Hidrológico Distribuído de Alta Resolução para Bacias Urbanas*. In *Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle*, orgs. BRAGA B.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M., ABRH Editora da UFRGS. Porto Alegre-RS.

SILVA, K. A .; RIGHETTO, A . M. (1998). *Modelo Hidrológico Distribuído de Alta Resolução para Bacias Urbanas*. DRENAGEM URBANA: GERENCIAMENTO, SIMULAÇÃO, CONTROLE . ABRH Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1998.

SILVA, K. A.A . (2002). *Dados hidrológicos monitorados entre Jan/00 e Mar/00 na sub-bacia do Córrego do Gregório./ CD-ROM/Inédito, EESC/USP, São Carlos*.

SILVA, K. A . A . (2003). “*Análise da Variabilidade Espacial da Precipitação e Parâmetros Hidrológicos em uma Bacia Experimental: Estudo Teórico-Experimental da Transformação da Chuva em uma Pequena bacia Hidrográfica Urbana*”. 400 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SILVA, K. A. A., LIRA, A. M.; MENDIONDO, E. M.; PORTO, R. M.; WENDLANDE, E. C.; VECCHIA, F. (2003). “*Monitoramento Hidro-Ambiental de Bacias Hidrográficas Urbanas: Estudo de Caso: A Bacia do Córrego o Gregório, São Carlos, SP*”. IN: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, ABRH, Curitiba-PR. Anais.

SILVEIRA, A.L.L. (2001). Aspectos Históricos da drenagem urbana no Brasil. In:

SOARES, A. K.; OHNUMA JR, A. A.; BORGES, A. C.; PAGNOSSI, A. A.; A NETTO, A.; CORREA FILHO, C. R. R.; BRITO, C. M. S.; VELA, F. J.; LIMA, G.; SOUZA, M. P. (2000). *Instrumentos de Gestão Ambiental: fundamentos e prática*. 1ª. Ed., São Carlos: Ed. Riani Costa, 112p.

THERY, H. (1997) *Bacia hidrográfica como unidade de pesquisa e gestão ambiental*. In: Seminário sobre meio ambiente. École Normale Supérieure e Inst. de Estudos Avançados/USP. Setembro.

TUCCI, Carlos E.M. (1993a). *Controle de Enchentes*. In: Tucci, Carlos E.M. (org) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade. p. 621-658.

209._____(1993b) *Escoamento superficial*. In: Tucci, Carlos E.M. (org) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade. p. 391-441 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; V.4).

TUCCI, C.E.M. et al. (orgs.). *Hidrologia urbana na Bacia do Prata*. Porto Alegre, RS, ABRH. p.11-17.

TUCCI, C. E. M. (2001). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Ed UFRGS-ABRH: Porto Alegre, 943p.

TUCCI, C.E.M. (2001a). *Issues concerning flood control and urban drainage in development countries*. In: TUCCI, C.E.M et al. (orgs.). *Hidrologia urbana na Bacia do Prata*. Porto Alegre, RS, ABRH. p.33-46.

_____. (2001c). *Plano Diretor de Drenagem Urbana: princípios e concepções*. In: TUCCI, C.E.M et al. (orgs.). *Hidrologia urbana na Bacia do Prata*. Porto Alegre, RS, ABRH. p.109-120.

TUCCI, C. E. M. (1998). *Modelos Hidrológicos*. Ed UFRGS-ABRH: Porto Alegre, 669p.

TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. (2003) *Inundações urbanas na América do Sul*, Ed. Universidade, GWP – WMO – ABRH, Porto Alegre, RS.

ANEXO 1: *Entrevista sobre Mapeamento e Seguros contra Enchentes*

Objetivos:

- A) avaliar altura do nível de água na última enchente e/ou da maior enchente sofrida no local (data e referência de nível),
- B) indagar sobre a existência de contrato de seguro contra-enchente (tipo, alcance, etc.),
- C) perguntar sobre a possibilidade de fazer um acompanhamento dos efeitos das enchentes entre Nov/02 e Mar/03.
- D) perguntar quais soluções seriam adequadas (outros tipos de seguro?, novas obras?, prevenção, alerta antecipada?, etc.)
- E) registrar fotos com a câmera digital do SHS de cada enchente,
- F) repetir os passos de A até E em 30 lojas espalhadas entre a rua Dona Alexandrina e Episcopal, tomando como eixo o canal do Córrego do Gregório,

Entrevista:

Data: ___ / ___ / ___ Horário: _____ Nome: _____ Temp
o (anos) _____ Logradouro: _____

Função: _____

Última enchente: Data _____ Nível d'Água: _____ cm Área atingida: _____ %

Perdas: _____ \$

Maior enchente: Data _____ Nível d'Água: _____ cm Área atingida: _____ %

Perdas: _____ \$

Comentários:

Frequência de ocorrência de enchentes:

(___/?/ mês, ___/?/ semana, ___/?/ verão,

Detalhes: _____)

Seguro contra Enchentes: Sim Tipo:

Não. Gostaria de ter?

Qual? _____

Necessita de acompanhamento de enchentes no período Nov./02 – Mar./03. Sim, Não.

Qual?:

Disponibilidade de observar: Níveis (sim, não), Data (sim, não), Tempo entre início de chuva e nível máximo da enchente no local (sim, não). Observações:

Monitoramento desejado. Qual ? _____

Onde? _____

_____ Soluções para as enchentes: Seguros?, Obras?, Alerta antecipada? Plano Diretor de Bacia ?

Detalhes:

Expressão espontânea:

Gostaria acompanhar os resultados destas entrevistas: Sim, Não.

Anexo 2