



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL**

**RAFAEL FABIÃO SETTI**

**GESTÃO DE RISCOS DE ENCHENTES: MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS EM  
DRENAGEM URBANA**

Niterói/RJ

2016

i

RAFAEL FABIÃO SETTI

**GESTÃO DE RISCOS DE ENCHENTES: MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS EM  
DRENAGEM URBANA**

Trabalho de conclusão na modalidade artigo apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de gestão para a redução de riscos de desastres.

Orientadora:

Prof<sup>a</sup> Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora, D.Sc.

Niterói/RJ

2016

RAFAEL FABIÃO SETTI

**GESTÃO DE RISCOS DE ENCHENTES: MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS EM  
DRENAGEM URBANA**

Trabalho de conclusão na modalidade artigo apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de gestão para a redução de riscos de desastres.

Aprovada em dezembro de 2016

Banca Examinadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora  
Universidade Federal Fluminense - UFF

---

Prof. Dr. Antonio Ferreira da Hora  
Universidade Federal Fluminense - UFF

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Pires  
Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP

# AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Claudete Fabião e Paulo Setti, por terem me ensinado os caminhos da vida, pelos exemplos de humildade e pela paciência em momentos difíceis no curso de mestrado.

Ao meu irmão, Daniel Fabião, pelos estudos compartilhados desde à infância e pelas palavras de apoio no decorrer do curso.

A minha namora Ana Clara Lopes que compreendeu minhas ausências para dedicação às disciplinas e elaboração do trabalho de conclusão, pela ajuda na composição do trabalho e pelas palavras de incentivo e carinho durante os cursos de graduação em Engenharia Civil e pós-graduação na UFF.

Aos meus colegas de turma do ano 2015 do Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil, que compartilharam suas experiências na atuação, diretamente ou indiretamente, na Defesa Civil e que contribuíram para valorização das disciplinas do programa.

Aos professores do mestrado pelos ensinamentos apresentados às sextas-feiras e sábados durante o ano letivo.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica da Hora, atual Coordenadora do curso de mestrado, pela dedicação na orientação do trabalho de conclusão final e no artigo enviado, pelos grandes ensinamentos e pela sua paciência na trajetória do curso.

OBRIGADO!!!

# **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

COBRADE ó Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

PNDEC ó Política Nacional de Defesa Civil

PNPDEC ó Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

# SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Objetivo geral.....	2
1.3 Justificativa.....	2
1.4 Organização do Trabalho.....	2
CAPÍTULO II.....	3
REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Ciclo hidrológico.....	3
2.2 Urbanização.....	4
2.3 Impacto das inundações.....	8
CAPÍTULO III.....	9
RISCOS DE DESASTRES NO AMBIENTE URBANO.....	9
3.1 Avaliação dos riscos de enchentes.....	9
3.2 Gestão de riscos.....	9
3.3 Política Nacional de Defesa Civil.....	10
3.4 Classificação e codificação brasileira de desastres.....	11
CAPÍTULO IV.....	14
4.1 Medidas de controle de enchentes.....	14
4.2 Medidas estruturais.....	15
4.3 Medidas não estruturais.....	19
4.4 Premissas e diretrizes adotadas na cidade do Rio de Janeiro.....	20
CAPÍTULO V.....	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
CAPÍTULO VI.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
APÊNDICE A.....	25

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo hidrológico em situação normal .....	3
Figura 2: Balanço hídrico em uma bacia urbana .....	5
Figura 3: Alteração do hidrograma com o aumento da urbanização .....	6
Figura 4: Alteração do leito do rio com o aumento das ocupações .....	6
Figura 5: Série histórica do prejuízo anual devido às inundações nos Estados Unidos como porcentagem do PIB.....	8
Figura 6: Estrutura da gestão do risco.....	10
Figura 7: Resumo com a classificação e codificação.....	12
Figura 8: Tipos de medidas de controle de enchentes.....	15
Figura 9: Bacia de percolação .....	17
Figura 10: Pavimento poroso.....	17
Figura 11: Exemplo de reservatórios de retenção de usos múltiplos .....	18

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Conceito de canalização versus conceito de reservação .....	16
Tabela 2: Categorias de medidas não estruturais .....	19

## RESUMO

Este trabalho apresenta as medidas não convencionais de controle na fonte que são caracterizadas como alternativas ao modelo hidráulico de canalização da drenagem urbana nas cidades brasileiras. São apresentadas soluções não estruturais como medidas integradoras para o sistema urbano, como forma de atuação no combate das enchentes, além da técnica de reservação do volume escoado. Buscou-se discorrer sobre os problemas de ocupação irregular, em função da expansão urbana, e a gestão de riscos para minimização das enchentes. O trabalho conclui pela necessidade de articulação entre a sociedade e o poder público no fortalecimento das soluções para redução e/o atenuação de desastres de origem hídrica.

**Palavras-chave:** drenagem urbana, enchentes, gestão de riscos.

## **ABSTRACT**

This paper presents the unconventional control measures at source that are characterized as alternatives to the hydraulic model of urban drainage canalization in Brazilian cities. Non-structural solutions are presented as integrative measures for the urban system, as a form of action in the fight against floods, in addition to the technique of reserving the drained volume. It was sought to discuss the problems of irregular occupation, due to the urban expansion, and the risk management to minimize the floods. The study concludes that there is a need for a partnership between society and public authorities to strengthen solutions to reduce and / or reduce water-related disasters.

**Key-words:** urban drainage, floods, risk management.

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações iniciais

Na passagem do final do século XIX e início do século XX, visando obter melhores condições de vida, passam a acontecer no Rio de Janeiro e São Paulo as grandes migrações da população do campo para as cidades, transformando-as em metrópoles desestruturadas e sem condições de abrigar o inchaço populacional com estrutura e saneamento adequado. A busca de empregos com boa remuneração, a mecanização da produção rural, a fuga dos desastres naturais, tais como secas e enchentes, a falta de escolas e necessidade de infraestrutura e serviços como hospitais, transportes, educação, fizeram com que a população rural começasse a debandar em massa para as metrópoles (GOMES, 2005).

Segundo Tucci (2007), alguns dos principais problemas ligados à infraestrutura no ambiente urbano são: ausência de rede coletora de esgoto com lançamento dos efluentes domésticos na rede de drenagem pluvial; rede de drenagem insuficiente e ocupação das margens dos cursos d'água.

Com a expansão territorial, os problemas de alagamentos e inundações vão se intensificando e se distribuindo ao longo das linhas de escoamento dos deflúvios superficiais em função da altitude da cidade e do grau de impermeabilização da área de drenagem (SANTOS e MAMEDE, 2013). A população, principalmente de baixa renda, tende a ocupar áreas de risco de inundações (TUCCI, 2008).

A solução para controle das enchentes e minimização das inundações é a utilização de sistema não convencional de controle na fonte, impedindo o aumento do escoamento e da carga de poluição hídrica. Dentre as soluções estruturais, diversas cidades brasileiras vêm adotando os reservatórios de amortecimento para controle das cheias urbanas, sendo um importante dispositivo destinado à redução dos riscos enchentes e inundações. De acordo com Baptista *et al.* (2005), os reservatórios de amortecimento se apresentam como uma solução compensatória aos efeitos da urbanização, pois permitem uma redistribuição do volume escoado, no intervalo de tempo em que ocorre o evento chuvoso.

## **1.2 Objetivo geral**

O objetivo do estudo é de apresentar e analisar, de maneira sucinta, medidas não convencionais de controle da fonte para minimização das enchentes na cidade do Rio de Janeiro, com foco nos reservatórios de controle à jusante, suas principais características e funcionamento, destacando a importância em atender aos requisitos previstos para atenuação dos impactos no ambiente urbano.

## **1.3 Justificativa**

A frequência de ocorrência das enchentes na cidade do Rio de Janeiro está aumentando devido à intensificação das ocupações residenciais, principalmente em regiões em que a infraestrutura urbana não esteja nas condições mínimas de funcionamento.

Devido aos prejuízos causados pelas enchentes no ambiente urbano, há necessidade de implementação de medidas não convencionais para minimização dos impactos ambientais e socioeconômicos.

## **1.4 Organização do Trabalho**

O presente estudo encontra-se dividido em 6 capítulos. O Capítulo I apresenta a introdução e a justificativa e relevância do tema escolhido.

O Capítulo II apresenta os conceitos iniciais da hidrologia urbana e seus impactos.

No Capítulo III é apresentado o conceito de risco de desastres do ambiente urbano, a gestão do risco e criação da Política Nacional da Defesa Civil.

O Capítulo IV descreve as medidas não convencionais de controle na fonte, com a apresentação de diretrizes adotadas no município do Rio de Janeiro para drenagem urbana.

No Capítulo V, considerações finais, são apresentadas as conclusões e recomendações deste trabalho.

O capítulo VI, referências bibliográficas, relaciona as bibliografias utilizadas no desenvolvimento do estudo.

O Apêndice A apresenta o artigo publicado no I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres ó "Gestão Integrada em RRD no Brasil e o Marco de SENDAI para a Redução do Risco de Desastres 2015 ó 2030" que aconteceu nos dias 12 a 15 de outubro de 2016 em Curitiba, Paraná.

## CAPÍTULO II

### REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é formado pelos fenômenos evaporação, condensação, precipitação, interceptação, infiltração e escoamento subterrâneo e superficial; esses fenômenos são impulsionados fundamentalmente pela energia solar, associada à gravidade e rotações terrestres.... As águas da precipitação caem e podem ser interceptadas por vegetais; infiltrar no solo e escoar superficialmente para rios e lagos. As águas infiltradas podem alimentar os aquíferos, que podem contribuir e alimentar os rios, por meio do fluxo subterrâneo. (FINOTTI, 2009, p. 40)

A Figura 1 ilustra o ciclo hidrológico em situação normal.

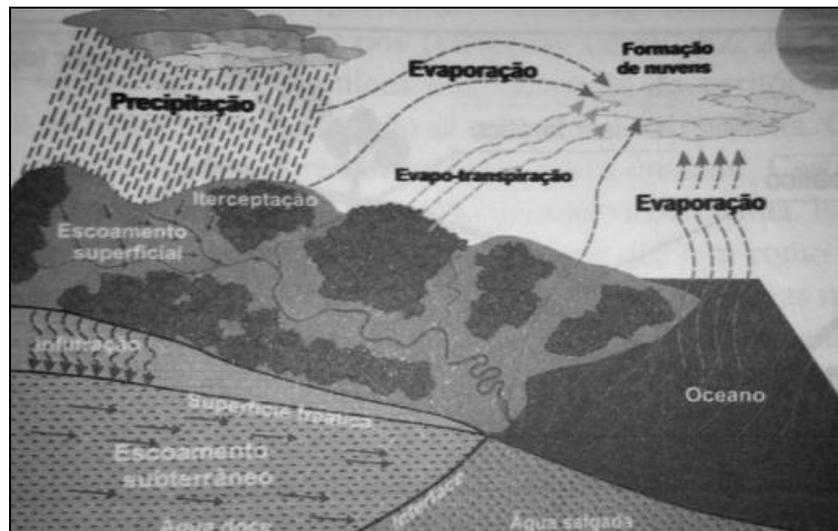


Figura 1: Ciclo hidrológico em situação normal  
Fonte: Adaptado de Finotti (2009)

Finotti (2009, p. 41) menciona que *o a precipitação é formada pela condensação do vapor presente na atmosfera, em pequenas gotículas, que, quando atingem determinada dimensão, precipitam-se na forma de chuva*. O conhecimento das condições da região é indispensável, pois o comportamento das chuvas permite que sejam desenvolvidos planos de estudos capazes de minimizarem o efeito danoso. Esse conhecimento consiste, também, na elaboração da frequência histórica das chuvas nos últimos anos, a partir na observação de longos períodos.

Com relação à interceptação, Finotti (2009, p. 41) descreve que *o no trajeto em direção à superfície, parte do volume precipitado fica retido na superfície da vegetação no processo*

*denominado interceptação*. As folhas têm por objetivo de reter a água das chuvas, diminuindo o escoamento superficial na bacia de contribuição. As áreas desprovidas de vegetação possuem um grau de interceptação muito pequeno, o que ocasionará maiores escoamentos devido ao elevado volume de água no solo.

Já a infiltração caracteriza-se pela penetração de água para as camadas superficiais e sua intensidade depende da característica do solo, da umidade e topografia do terreno. Se o solo estiver na condição seca, a absorção de água será elevada e à medida que a chuva no local aumenta o grau de saturação do solo, a capacidade de infiltração diminui e o escoamento superficial aumenta na região. Villela e Mattos (1975) descrevem que *“a capacidade de infiltração só é atingida durante uma chuva se houver excesso de precipitação. Caso contrário, a razão de absorção da água do solo não é máxima”*.

O escoamento superficial representa a parcela de precipitação que não infiltra no solo e não é interceptada pela vegetação. Finotti (2009) menciona que *“a água drena pela superfície do solo da bacia hidrográfica e alcança as linhas de maior declividade do terreno até atingir o leito dos rios”*. Com isso, o volume de água que escoar para os rios aumenta seu nível após as chuvas. Os problemas ligados às infraestruturas urbanas, com o crescimento desordenado da população, ocorrem pelo inadequado dimensionamento do escoamento superficial na cidade.

A última parcela do ciclo hidrológico corresponde à evaporação. Finotti (2009) descreve que *“para que se processe é preciso que haja uma fonte de energia (radiação solar), e o ar circundante não pode estar saturado.”* Se o ar estiver mais seco, maior será sua capacidade de evaporação.

## **2.2 Urbanização**

Com o crescimento da população dos últimos, o planejamento urbano buscou proporcionar maiores condições reais de habitação, e por isso, surgiram novos problemas de infraestrutura devido ao crescimento desordenado das cidades brasileiras. A ocupação territorial gerou problemas de impermeabilização no solo, o que aumenta as vazões de escoamento, causando impactos significativos na área urbana e alterando padrão de escoamento superficial da região.

Ao se avaliar a Figura 2 é possível analisar dois cenários distintos, de acordo com os efeitos do processo de urbanização da cidade. O primeiro cenário é considerado no período de pré-urbanização, com 40% sendo destinado para evapotranspiração, 10% para escoamento

superficial e 50% para água subterrânea. No segundo cenário, considerando os efeitos da expansão urbana na cidade, a parcela de 100% da precipitação foi dividida da seguinte maneira: 25% para evapotranspiração (o aumento da impermeabilização do solo reduziu a interceptação pela vegetação), 45% são coletados pelas redes pluviais implantadas no ambiente urbano, 30% para água subterrânea e 15% em escoamento de telhados.

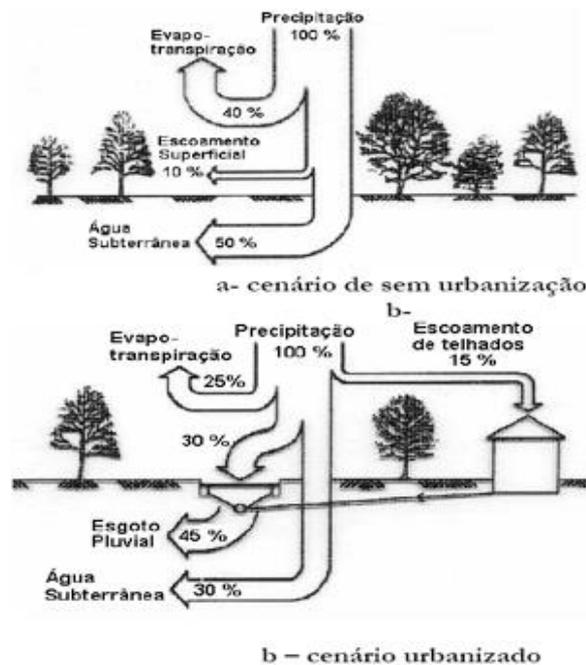


Figura 2: Balanço hídrico em uma bacia urbana

Fonte: Adaptado de Tucci (2005)

Finnoti (2009) menciona que *o processo de impermeabilização reduz drasticamente a infiltração e a interceptação; além disso, as superfícies impermeabilizadas como pavimentos, calçadas e telhados escoam rapidamente a área precipitada para as redes de drenagem urbana, que concentram esses valores nos rios principais.* Este processo de impermeabilização gera uma variação rápida da vazão do deflúvio, conforme ilustrado no hidrograma na Figura 3.

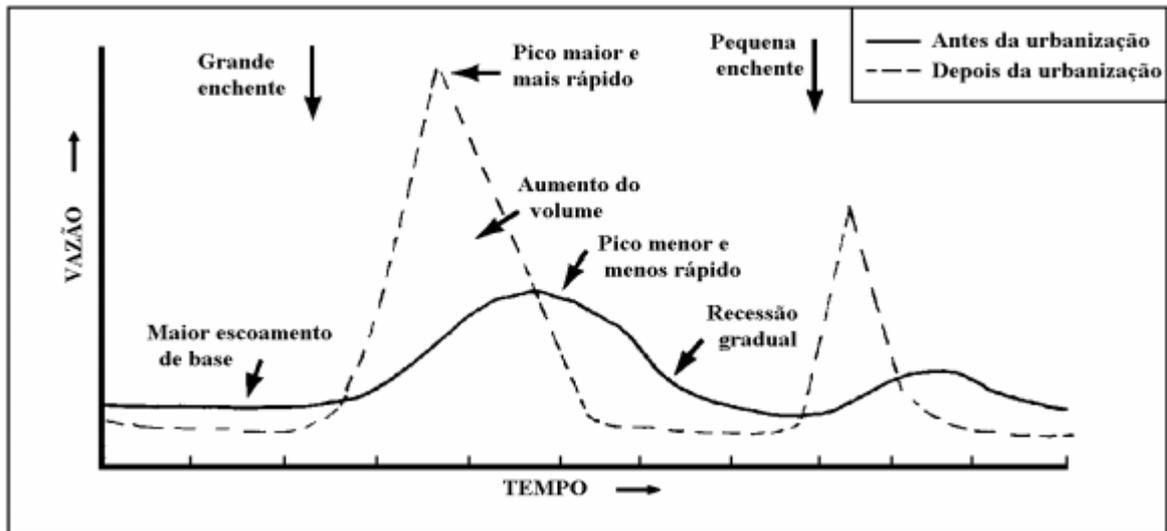


Figura 3: Alteração do hidrograma com o aumento da urbanização  
 Fonte: Adaptado de Schueller (1987)

O hidrograma apresentado em região urbanizada apresenta grandes picos, sendo um indicador de possíveis enchentes na região, pois o alcance da vazão máxima no intervalo de tempo pequeno está atrelado à região povoada em que o grau de impermeabilização do solo é elevado e a capacidade de infiltração é reduzida. Esse hidrograma é típico de algumas capitais brasileiras que possuem grande parte da população se concentrando em centros urbanos.

O aumento da população gera o aumento das áreas impermeáveis e redução do tempo de concentração. Tucci (2007) menciona que *o tempo de concentração é o tempo que leva o escoamento superficial se deslocar do ponto mais extremo até a seção de saída da bacia hidrográfica.* Ele é reduzido quando ocorre impermeabilização do local, a partir da ocupação do solo pela população, favorecendo a aumento da frequência de inundações, a partir de vazões máximas maiores que as vazões verificadas em períodos não urbanizados. A Figura 4 apresenta a resposta da geometria de escoamento devido às consequências do aumento da urbanização.

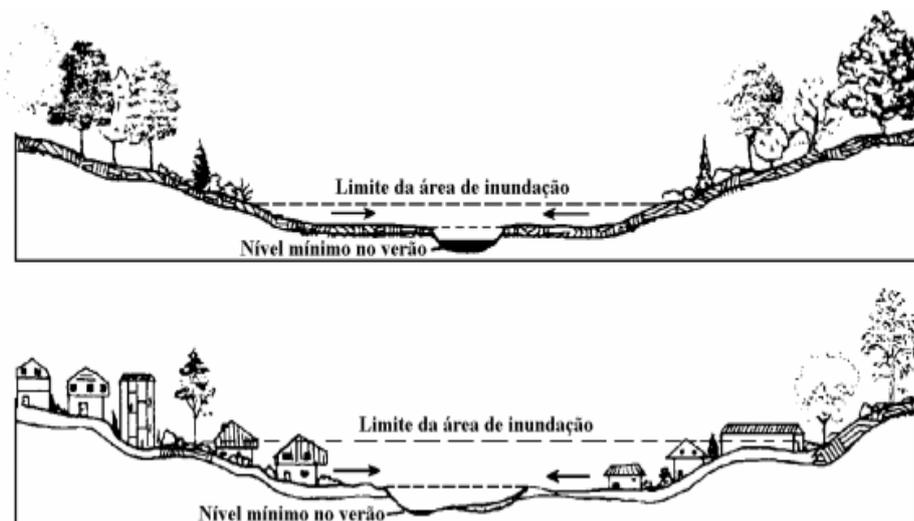


Figura 4: Alteração do leito do rio com o aumento das ocupações  
 Fonte: Adaptado de Schueller (1987)

Além de problemas relacionados com o aumento do nível de água em áreas densamente povoadas, trazendo consequências negativas para a população, há a preocupação com a qualidade da água após a chuva. Segundo Tucci (2007), a contaminação das águas pluviais pode ocorrer pelas seguintes formas:

- a) Absorção dos poluentes atmosféricos;
- b) Lavagem das superfícies urbanas permeáveis ou impermeáveis;
- c) Poluentes acumulados no sistema de escoamento como condutos e canais ou qualquer outro sistema de condução;
- d) Lavagem de depósitos de conteúdos contaminados.

A contaminação da água, a partir da deposição de material, pode chegar aos rios e lagos, alterando o ciclo hidrológico.

O impacto da cidade na qualidade das águas dos rios ocorre tanto em aspectos de alteração da qualidade quanto na alteração do ciclo hidrológico, com mudanças nos padrões de fluxo e quantidade da água... O ciclo hidrológico sofre alterações significativas que acabam influenciando também a qualidade das águas. (FINOTTI, 2009, p. 46)

Tucci (2007) menciona que *õa qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana.* Os parâmetros que caracterizam a poluição do ambiente são os principais indicadores da qualidade da água pluvial.

### 2.3 Impacto das inundações

A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do seu leito menor de escoamento e escoam através do leito maior que foi ocupado pela popula o para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recrea o, comércio, indústria, entre outros. Isto ocorre quando a precipita o   intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, parte do volume escoo para o sistema de drenagem, superando a capacidade do leito menor... Estes eventos chuvosos ocorrem de forma aleatória em fun o dos processos climáticos locais e regionais. (TUCCI, 2007, p.125)

A ocorrência das inunda es está relacionada às condi es meteorológica e hidrológica da região e, para as condi es hidrológicas que produzem inunda o, há a divisão em condi es naturais ou artificiais. Tucci (2007) descreve que * as condi es naturais são aquelas cuja ocorrência   propiciada pela bacia em seu estado natural.* O relevo, o tipo de precipita o, a cobertura vegetal (intercepta o) e a capacidade dos dispositivos de drenagem são algumas dessas condi es. Quando o relevo possui uma topografia acidentada, a popula o tende a ocupar as áreas mais planas da região que são mais propícias a inunda es. As condi es artificiais são provocadas pela a o humana e apresentam alguns exemplos como: a implanta o de obras hidráulicas, a urbaniza o da cidade e o desmatamento da região.

Diante da ocupa o urbana desordenada, o planejamento do espaço para implanta o de infraestrutura básica de rede de drenagem não ocorre de maneira adequada, e os prejuízos pelas inunda es em áreas mal planejadas são significativos. Para Tucci (2007), os prejuízos causados pelos impactos das inunda es ocorrem devido   falta de planejamento da ocupa o do espaço e conhecimento do risco das áreas de inunda es. A Figura 5 apresenta o prejuízo devido às inunda es nos Estados Unidos, representado como porcentagem do PIB do país.

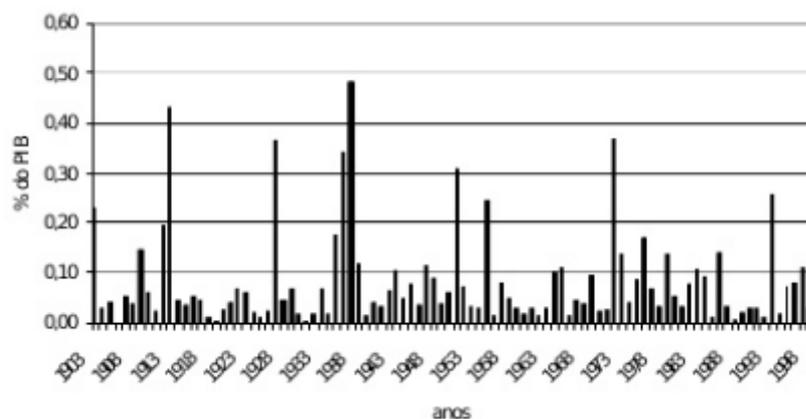


Figura 5: Série histórica do prejuízo anual devido às inundações nos Estados Unidos como porcentagem do PIB do país.  
Fonte: Priscoli *et. al* (2011)

## CAPÍTULO III

### RISCOS DE DESASTRES NO AMBIENTE URBANO

#### 3.1 *Avaliação dos riscos de enchentes*

De acordo com Castro (1998), risco é a *ôprobabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos*. A sociedade, inserida no ambiente urbano, está propensa ao alto risco de enchentes devido aos diversos fatores relacionados com a oferta de recursos naturais, seus impactos e ocupação das áreas de risco.

A tendência crescente nos últimos anos de aumento dos desastres e das pessoas afetadas está relacionada principalmente *ao acréscimo populacional* em áreas de risco (áreas de inundação); *aumento do crescimento urbano e pressão* sobre o meio ambiente como urbanização; *variabilidade e mudança climática* que altera os condicionantes de convivência da população com os recursos naturais. (TUCCI, 2007, p.17)

A avaliação do risco torna-se um trabalho complexo, pois existem muitas incertezas, de acordo com Tucci (2007), algumas das principais incertezas podem ser organizadas nos seguintes grupos:

- a) Mudança na tendência climática: pode ocorrer devido à variabilidade dos efeitos naturais do clima.
- b) Uso do solo: o desmatamento e a urbanização podem produzir alterações na superfície do solo e na qualidade da água.
- c) Demanda da água e poluição: o aumento da população e a redução da qualidade da água, devido às fontes de poluição após um evento chuvoso, podem produzir a diminuição da disponibilidade de água.

Esse aumento da incerteza produz, também, aumento dos impactos sociais, econômicos e ambientais.

Para reduzir o risco, a gestão utiliza: da previsão ou da predição: que são técnicas para antecipar os eventos; das medidas preventivas para atuar sobre um eminente risco; e a mitigação que é a medida tomada para reduzir os prejuízos depois de ocorrido o evento visando recuperar as condições prévias. (TUCCI, 2007, p.19)

#### 3.2 **Gestão de riscos**

Tucci (2007) menciona que *õa estrutura geral da gestão de risco se baseia na identificação das causas predominantes, ações para reduzir a vulnerabilidade e as metas a*

serem atingidas em cada setor identificado como vulnerável. A Figura 6 apresenta as etapas das ações e as relações para atingir as metas de redução de riscos.

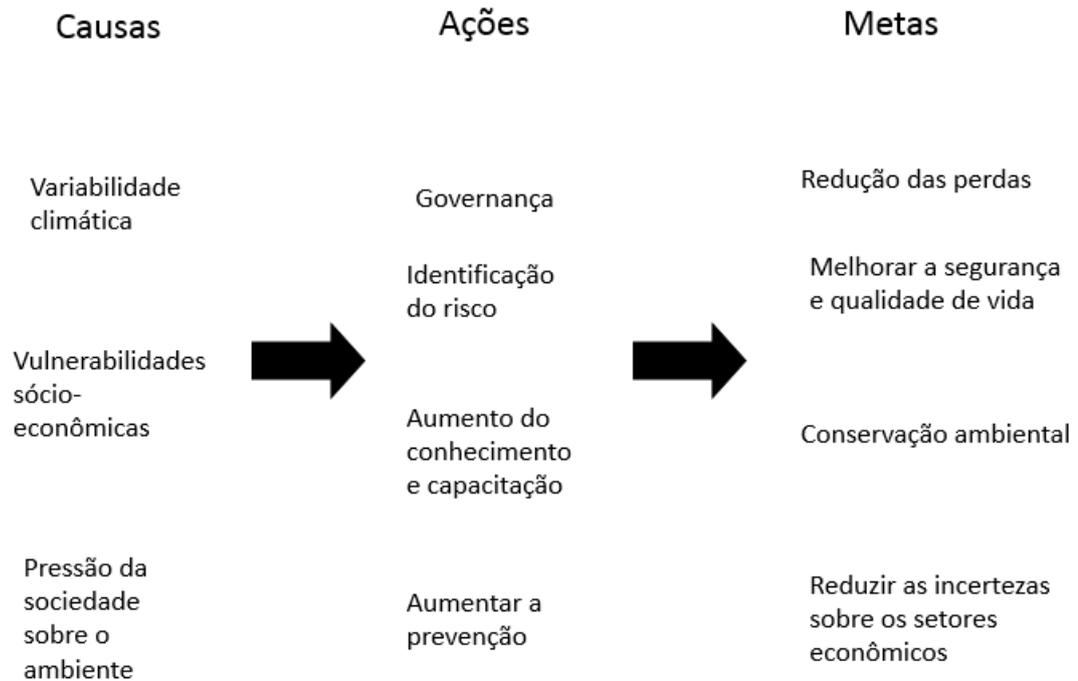


Figura 6: Estrutura da gestão do risco  
Fonte: Adaptado de Tucci (2007)

As metas da gestão de inundações são reduzir os prejuízos preventivamente e quando o evento ocorrer, e prever a redução da vulnerabilidade, limitando os impactos do evento. Depois da ocorrência do evento ocorre a intervenção, acondicionamento e reconstrução que permite limitar a extensão do dano (TUCCI, 2007).

### 3.3 Política Nacional de Defesa Civil

O direito natural à vida e à incolumidade foi formalmente reconhecido pela Constituição da República Federativa do Brasil. Compete à Defesa Civil a garantia desse direito, em circunstâncias de desastre... O objetivo geral da Defesa Civil é a Redução De Desastres. (MIN, 2007, p. 5)

De acordo com MIN (2007), *desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.* Sua intensidade depende da interação entre o evento adverso e a vulnerabilidade do ambiente e pode ser quantificada em danos significativos.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil é a PNPDEC, instituída pela lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação relacionadas a proteção e defesa civil (BRASIL, 2012). De acordo com a lei, a PNPDEC deve integrar-se, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável, às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais.

Art. 4º São diretrizes da PNPDEC:

I - atuação articulada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios para redução de desastres e apoio às comunidades atingidas;

II - abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação;

III - a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres;

IV - adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água;

V - planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco e incidência de desastres no território nacional;

VI - participação da sociedade civil. (LEI nº 12.608, 2012)

A lei possui entre os seus objetivos a redução de riscos de desastres, a recuperação das áreas afetadas por desastres, a prestação de socorro e assistência às populações atingidas por desastres, a incorporação da redução do risco de desastre e as ações de proteção e defesa civil entre os elementos da gestão territorial e do planejamento das políticas setoriais, além de outros objetivos.

### **3.4 Classificação e codificação brasileira de desastres**

De acordo com Castro (1998) *“a Codificação de Desastres diz respeito à tipificação dos desastres, já que o desastre expressa o resultado de um evento adverso, em consequência, para fins de tipificação, define-se em função dos eventos adversos, causadores destes”*. No Brasil, há uma grande diversidade de desastres naturais e tecnológicos e a Figura 7 apresenta um quadro resumo com a classificação e respectiva Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2016).

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
I. NATURAL	1. GEOLÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
		3. Movimento de massa	1. Quedas, Tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
				2. Lascas	1.1.3.1.2
				3. Matacões	1.1.3.1.3
				4. Lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
				3. Corridas de Massa	1. Solo/Lama
		4. Subsídências e colapsos	2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2	
			0	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
				0	1.1.4.2.0
			3. Erosão Continental	1. Laminar	1.1.4.3.1
				2. Ravinas	1.1.4.3.2
	3. Boçorocas		1.1.4.3.3		
	2. HIDROLÓGICO		1. Inundações	0	0
		2. Enxurradas	0	0	1.2.2.0.0
		3. Alagamentos	0	0	1.2.3.0.0
	3. METEOROLÓGICO	1. Sistemas de Grande Escala/Escala Regional	1. Ciclones	1. Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)	1.3.1.1.1
				2. Marés de Tempestade (Ressacas)	1.3.1.1.2
			2. Frentes Frias/Zonas de Convergência	0	1.3.1.2.0
		2. Tempestades	1. Tempestade Local/Convectiva	1. Tornados	1.3.2.1.1
				2. Tempestade de Raios	1.3.2.1.2
				3. Granizo	1.3.2.1.3
				4. Chuvas Intensas	1.3.2.1.4
				5. Vendaval	1.3.2.1.5
		3. Temperaturas Extremas	1. Onda de Calor	0	1.3.3.1.0
			2. Onda de Frio	1. Friagem	1.3.3.2.1
			2. Geadas	1.3.3.2.2	

Figura 7: Resumo com a classificação e codificação  
 Fonte: Adaptado de COBRADE (2016)

De acordo com COBRADE (2016), os desastres naturais associados ao grupo hidrológico são divididos em três subgrupos, a saber:

1. Inundações: Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.
2. Enxurradas: Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada

drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.

3. Alagamentos: Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

## **CAPÍTULO IV**

### **MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS DE CONTROLE NA FONTE**

#### **4.1 Medidas de controle de enchentes**

As medidas para o controle das inundações podem ser classificadas em estruturais, quando o homem modifica o rio, e em não estruturais, quando o homem convive com o rio.

No primeiro caso, estão as medidas de controle através de obras hidráulicas como barragens, diques e canalizações, entre outros. No segundo caso, encontram-se medidas do tipo preventivas, tais como zoneamento de áreas de inundação e sistema de alerta vinculado à Defesa Civil.

Não se pode achar que as medidas poderão controlar totalmente as inundações; as medidas sempre visam minimizar as suas consequências. Para o controle de inundação de forma eficiente torna-se necessária a associação de medidas estruturais e não estruturais, de modo que garanta à população o mínimo de prejuízo possível além de possibilitar uma convivência harmoniosa com o rio. Para as populações ribeirinhas, essa convivência é fundamental para evitar perdas materiais e até, em alguns casos, perdas humanas (BARBOSA, 2006).

Estas medidas podem ser divididas em diferentes tipos, como ilustrado na Figura 8.

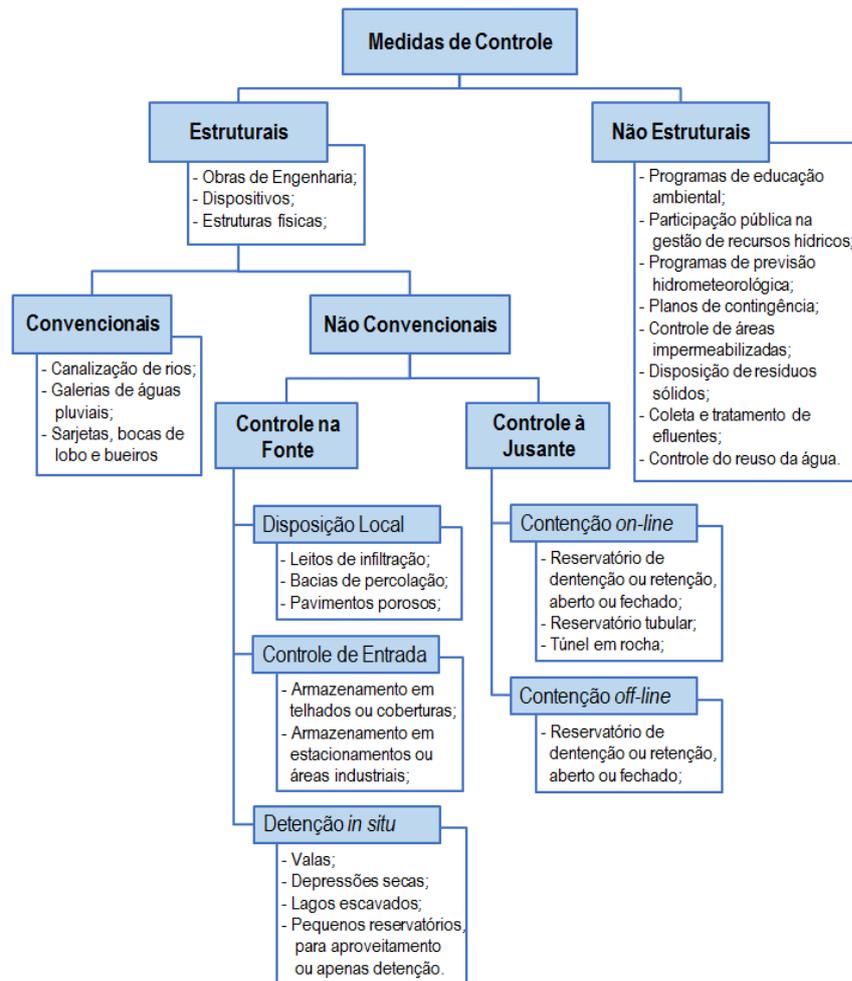


Figura 8: Tipos de medidas de controle de enchentes  
Fonte: Adaptado de Canholi, 2005 e FCTH, 2012

## 4.2 Medidas estruturais

De acordo com Canholi (2005), as medidas não convencionais em drenagem urbana podem ser entendidas como estruturas, obras ou dispositivos. São soluções diferentes do conceito tradicional de canalização, porém para adequação eficiente do sistema, podem estar a ela associadas.

A prática tradicional de canalização, exercida por muitos anos, apresentava alguns inconvenientes, pois com o deslocamento rápido do escoamento, o problema era transportado para a jusante dos rios e córregos, causando sérios danos à população localizada nesse ponto da bacia. Como forma de atenuação do volume escoado e minimização das inundações, surgiu o conceito de reservação em substituição à prática de canalização (CANHOLI, 2005). A Tabela 1 resume as diferenças principais entre conceitos de canalização e reservação.

**Tabela 1:** Conceito de canalização versus conceito de reservação

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	Remoção rápida dos escoamentos.	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes Principais	Canais abertos/galerias.	Reservatórios a superfície livre. Reservatórios subterrâneos. Retenção subsuperficial.
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas. Construção por fases. Baixa capacidade de ampliação.	Áreas novas (em implantação). Construção por fases. Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas).
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes. Maiores obras nos sistemas de jusante.	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero. Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com a capacidade disponível.
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente.	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação e dos sólidos em suspensão, pelo processo de decantação.
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo). Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso).	Limpeza periódica. Fiscalização. Operação/manutenção dos sistemas de bombeamento. Desinfecção eventual (insetos).
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente.	Requer definição dos hidrogramas (volume das enchentes).

Fonte: Adaptado de Canholi, 2005.

Canholi (2005) menciona que *as obras e os dispositivos aplicados para favorecer a reservação dos escoamentos constituem o conceito mais significativo e de amplo espectro no campo das medidas inovadoras em drenagem urbana.* O objetivo da adoção dessas obras é a redução do pico das enchentes, a partir do amortecimento de parte do volume escoado. As obras de reservação podem ser classificadas em duas categorias distintas, contenção na fonte e contenção a jusante.

a) Contenção na fonte:

De forma generalizada, esses dispositivos são de pequenas dimensões e localizados próximos aos locais onde os escoamentos são gerados (fonte), para melhor aproveitamento do sistema de condução do fluxo a jusante. Esse tipo de solução apresenta algumas vantagens e desvantagens, como o fato de tais dispositivos serem normalmente compostos por pequenas unidades de reservação, que podem ser padronizadas. A alocação dos custos pode ser simplificada, por causa da menor sobrecarga para cada área controlada e da relação direta que é possível estabelecer entre a área urbanizada e deflúvio. (CANHOLI, 2005)

Um dos principais objetivos da instalação dos dispositivos é reduzir os picos das vazões para a rede de drenagem urbana. Com o intuito de utilizar o conceito de reservação do volume escoado pela chuva, Canholi (2005), apresenta exemplos de elementos de controle de disposição no local:

a.1) Bacias de percolação: *é construída por escavação de uma valeta que, posteriormente, é preenchida com brita ou cascalho, e sua superfície reaterrada. O material*

*granular promove a reservação temporária do escoamento.* ☐ A Figura 9 é um exemplo de bacia de percolação.

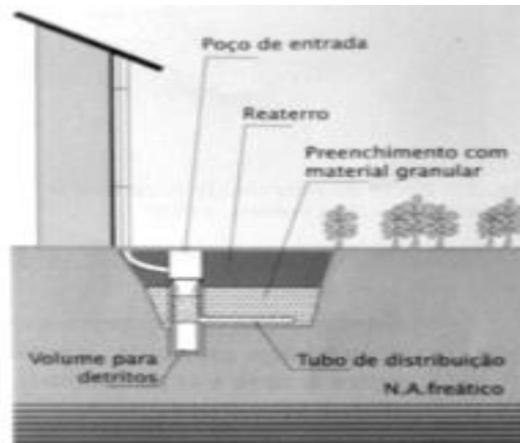


Figura 9: Bacia de percolação  
Fonte: Adaptado de Canholi, 2005

a.2) Pavimentos porosos: *õsã constituídos normalmente de concreto ou asfalto convencionais, dos quais foram retiradas as partículas mais finas. Adicionalmente, podem ser construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de material granular.* ☐ A figura 10 representa um pavimento poroso.



Figura 10: Pavimento poroso  
Fonte: Plinio Tomaz, 2009

#### b) Contenção a jusante:

Refere-se às obras para reservação dos deflúvios a jusante, representadas pelos reservatórios destinados a controlar os deflúvios provenientes de partes significativas da bacia. Os reservatórios são classificados, de acordo com o seu

posicionamento e função nos sistemas de drenagem, em on-line, ou seja, na linha principal do sistema ou a ele conectado em série, e off-line, quando implantados em paralelo, para desvio dos escoamentos. (CANHOLI, 2005)

As estruturas de retenção dos deflúvios situadas a jusante são de maior importância e significado para a intervenção urbana (CANHOLI, 2005). O conceito de reservação dos volumes escoados está se difundindo pelas cidades, fazendo, também, com que os reservatórios sejam de usos múltiplos. A utilização da reservação em drenagem urbana transformou-se em um conceito multidisciplinar, pois o aspecto paisagístico tem fundamental importância para a população, transformando, também, as obras hidráulicas em áreas de lazer. A Figura 11 exemplifica uma utilização da obra hidráulica como local para recreação.



Figura 11: Exemplo de reservatórios de retenção de usos múltiplos  
Fonte: TIJUCA-RJ, 2008

As obras de reservação podem ser segmentadas em bacias de retenção e bacias de retenção.

As primeiras referem-se aos *reservatórios de superfície que sempre contêm volume substancial de água permanente para servir a finalidades recreacionais, paisagísticas, ou até para abastecimento de água ou outras funções* (CANHOLI, 2005). Os escoamentos são retidos não somente para minimizar os efeitos das enchentes.

Já as bacias de retenção são projetadas somente para reter as águas superficiais nos períodos chuvosos. Canholi (2005) descreve que *o tempo de retenção guarda relação apenas com os picos máximos de vazão requeridos a jusante e com os volumes armazenados.*

Sobre o conceito das principais obras de reservação, os reservatórios são enquadrados em dois tipos, em *on-line* e *off-line*. Os reservatórios *on-line* estão na linha principal do

sistema e têm a finalidade de restituir os escoamentos de forma retardada ao sistema de drenagem, por gravidade. Reservatórios do tipo *off-line* retêm volumes de água desviados da rede de drenagem quando ocorre um transbordamento, devolvendo ao sistema em seguida, e seu funcionamento ocorre, geralmente, por bombeamento.

### 4.3 Medidas não estruturais

As medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa. Isto exigiria a proteção contra a maior inundação possível. Esta proteção é fisicamente e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos. As medidas não-estruturais, em conjunto com as anteriores ou sem essas, podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor. (TUCCI, 2007)

Como forma de atuação em conjunto com as medidas estruturais, há a introdução de medidas de caráter não estruturais que não englobam obras civis, e que podem minimizar substancialmente os impactos, além de apresentarem um custo relativamente menor em relação às anteriores. Na prevenção de desastres, essas medidas envolvem meios naturais para redução do escoamento superficial, pois utilizam a transmissão de informações sobre o risco de enchentes locais para a população, com o intuito de reduzir os prejuízos causados pelos eventos. O principal objetivo é a promover a mudança no comportamento tradicional da população, através de programas de conscientização de ocupação do solo, da disposição adequada do lixo doméstico, de adoção de dispositivos de drenagem com a capacidade de infiltração necessária para evitar inundações, uso de materiais alternativos que não contaminem o meio ambiente, maior fiscalização e manutenção dos dispositivos de drenagem e disseminação da prática de reuso de água pluvial. A tabela 2 apresenta as categorias de medidas não-estruturais.

**Tabela 2:** Categorias de medidas não estruturais

PRINCIPAIS CATEGORIAS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento.
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada. Superfícies com vegetação. Áreas impermeáveis desconectadas. Telhados verdes. Urbanização de pequeno impacto.
Uso de materiais e produtos	Uso de produtos alternativos não poluentes.

químicos	Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas.
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varrição das ruas. Coleta de resíduos sólidos. Limpeza dos sistemas de filtração. Manutenção das vias e dos dispositivos. Manutenção dos canais e cursos d'água.
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção controle a conexão ilegal. Fiscalização: detecção, retirada e multa. Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos.
Reuso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos. Sistema predial. Fontes e lagos.

Fonte: Baptista *et al.*, 2005.

#### 4.4 Premissas e diretrizes adotadas na cidade do Rio de Janeiro

No Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro o Drenagem e Manejo de Águas Pluviais são apresentadas as principais premissas e diretrizes para fundamentação dos estudos e proposição de alternativas para controle de cheias na cidade do Rio de Janeiro (PCRJ, 2015). Algumas dessas premissas e diretrizes são relacionadas a seguir:

- a) A unidade de planejamento é a bacia hidrográfica: menciona que *independentemente das regiões administrativas e limites territoriais, as bacias foram entendidas como sistemas unitários* com a finalidade de tratar, de maneira integrada, os problemas de enchentes na cidade.
- b) Garantir os limites de ocupação do solo previstos na legislação municipal: a legislação do município prevê que *os terrenos situados nas cotas altimétricas superiores a 60m e inferiores a 2 metros não poderão ser urbanizados*, e tal condicionante precisa ser respeitada para garantir a eficiência do sistema de manejo.
- c) Evitar intervenções em canais consolidados: *quando houver déficit de capacidade em determinados trechos onde o curso d'água encontra-se canalizado, com vias marginais de fundo de vale já implantadas, deve-se priorizar a reservação sobre o reforço da calha existente* devido aos elevados custos e impactos causados no ambiente urbano.
- d) Priorizar sistemas *on-line* e por gravidade no planejamento das estruturas de reservação e o uso de áreas públicas: *os reservatórios a céu aberto e que operam por gravidade são mais baratos de implantar; manter e operar do que as*

*estruturas tamponadas com operação por bombeamento. ∅ Possuem como característica a integração com a paisagem urbana, possibilitando a utilização em atividades de lazer.*

- e) Promover a valorização dos cursos d'água na paisagem urbana: *o manejo das águas pluviais contempla não apenas o controle quantitativo dos escoamentos, mas também a integração dos rios e córregos a paisagem urbana. ∅*Essa premissa permite que a manutenção das calhas com as margens protegidas de ocupações pela implementação de parques ao redor dos canais.

## **CAPÍTULO V**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A implementação de medidas não convencionais de controle na fonte está em pauta devido aos problemas recorrentes de enchentes nas cidades brasileiras e a escolha pelo melhor método caracteriza-se pela análise técnica dos projetos que viabilizam a medida e por avaliações econômicas e financeiras para instalação na região.

As medidas estruturais possuem um custo de operação e manutenção bastante elevado, em comparação às medidas de caráter educativo que têm por finalidade conscientizar a população do risco de habitação em áreas susceptíveis a desastres provocados pelas enchentes nas cidades. A integração entre as medidas estruturais e não-estruturais e sua articulação na implementação é de suma importância para o funcionamento do sistema.

É necessária a realização das atividades de manutenção, fiscalização e operação, pelo poder público, no sistema de drenagem urbana para que seu funcionamento seja correto, minimizando os impactos ambientais nas cidades, além de efetuar a fiscalização sobre o risco de construções em locais inadequados.

Em virtude da criação da lei nº 12.608, a articulação entre os demais órgãos dos municípios deve ocorrer de maneira mais homogênea, com o intuito de auxiliar a Defesa Civil na recuperação e resposta de um desastre. Neste enfoque, os planos municipais devem ser compatibilizados, frequentemente, na busca pela melhoria contínua da atuação das autoridades e na definição de novas metas para contribuírem no desenvolvimento do ambiente urbano e bem-estar social.

## CAPÍTULO VI

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. ABRH, 2005, 318 p.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 2006. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Centro de Tecnologia/Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)>. Acesso em nov. de 2016.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2005, 302p.

CASTRO, A. L. **Glossário de Defesa Civil. Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5ª ed. Brasília: Ed. SEDEC/MI, 1998, 191p.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960)>. Acesso em: 05 Nov. 2016.

GOMES, M. F. C. M. **Política de Habitação e Sustentabilidade Urbana**. In: GOMES, M.F.C.M.; PELEGRINO, Ana Izabel de C. (orgs). **Política de Habitação Popular e Trabalho Social. Coleção Espaços do Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: DP&A, Editora, 2005, 240p.

FCTH. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. Aspectos Tecnológicos: Diretrizes para projetos**. Volume III. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU). São Paulo, 2012, 128p.

FINOTTI, A. R; [et al.] colaboradores: Vânia Elisabete Scneider. **Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas** ó Caxias do Sul, RS: Educs, 2009, 272p.

MATTOS, A; VILLELA S.M. **Hidrologia Aplicada**. 1ª ed. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1975, 245p.

MIN (Secretaria Nacional de Defesa Civil). **A política Nacional de Defesa Civil**. Brasília, 2007. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157)>. Acesso em nov. de 2016.

NETTO, O. M. C. **Técnicas de Minimização da Drenagem de Águas Pluviais**. In: **Gerenciamento do Saneamento em Comunidades Organizadas**, São Paulo, 4 e 5 de maio de 2004. Disponível em: <<http://www.etg.ufmg.br/wp-content/uploads/2016/06/auladrenagem.ppt>>. Acesso em abr. de 2016.

PCRJ. **Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro**. Fundação Instituto das Águas. Rio de Janeiro, 2015.

SANTOS, L. B.; MAMEDE, B. B. **Automação em drenagem pluvial e controle de enchentes: Aproveitamento das águas nos grandes centros urbanos**. *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 2, 2013, pp. 457-475.

SCHUELLER, T. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. 1987.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL (SANTA CATARINA). **Gestão de Risco de Desastres**. Santa Catarina, 2013.

STUDART, T. M. C. **Hidrologia. Capítulo 1 ó Controle de Enchentes e Inundações**. Apostila, 2006. Disponível em: <[http://www.deha.ufc.br/ticiano/Arquivos/Graduacao/Apostila\\_Hidrologia\\_grad/Cap\\_10\\_Con trole\\_de\\_Enchentes\\_e\\_Inundacoes.pdf](http://www.deha.ufc.br/ticiano/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_10_Con trole_de_Enchentes_e_Inundacoes.pdf)>. Acesso em abr. de 2016.

TIJUCA-RJ. **Praça Afonso Pena: Tijuca-RJ ó O seu bairro na Internet**. 2008. Disponível em: <<https://tijucarj.wordpress.com/2008/07/22/praca-afonso-pena/>>. Acesso em mar. de 2016.

TOMAZ, Plinio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais. Capítulo 60 ó Pavimento Poroso**. 2009. Disponível em <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo60\\_pavimento\\_poroso.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo60_pavimento_poroso.pdf)> Acesso em abr. de 2016.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. 1 ed. Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, 2007, 393p.

\_\_\_\_\_. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, 22(63), 2008, 97-112. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.

\_\_\_\_\_. **Gestão de Águas Pluviais Urbanos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: <[www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175](http://www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175)> Acesso em nov. 2016.

## **APÊNDICE A**

**Artigo apresentado no  
I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres**



**I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres:**  
“Gestão Integrada em RRD no Brasil e o Marco de SENDAI para a  
Redução do Risco de Desastres 2015 – 2030”  
**Curitiba, Paraná, Brasil – 12 a 15 de Outubro de 2016**

**MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS DE CONTROLE NA FONTE PARA MINIMIZAÇÃO DAS  
ENCHENTES**

Rafael Fabião Setti<sup>1</sup>, Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora<sup>2</sup>

1 Universidade Federal Fluminense, Mestrando da Pós-Graduação em Defesa e Segurança Civil,  
rafael\_fabiao@yahoo.com.br

2 Universidade Federal Fluminense, Coordenadora do Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil,  
dahora@vm.uff.br

**RESUMO**

A expansão urbana devido à migração por oportunidades de trabalho nos centros das cidades brasileiras desencadeou problemas relacionados à infraestrutura. Como forma de atuação no combate das enchentes e, conseqüentemente, das inundações, o modelo de canalização das águas teve sua substituição pelo conceito de reservação. Este artigo apresenta as medidas não convencionais de controle da fonte que são caracterizadas como alternativas ao modelo tradicional hidráulico, além de apresentar soluções não estruturais como medidas integradoras para o sistema urbano de drenagem. O objetivo consistiu na descrição de soluções para minimização das enchentes em áreas suscetíveis, com uma metodologia baseada na revisão da literatura referente à drenagem urbana.

**Palavras Chave:** impactos ambientais, medidas estruturais, reservatórios de detenção.

**NON-STANDARD MEASURES OF CONTROL IN THE SOURCE FOR FLOOD REDUCE**

**ABSTRACT**

Urban sprawl due to migration for employment opportunities at the centers of Brazilian cities, triggered infrastructure problems related to the urban environment. As a form of action to fight the floods, the waters of the channel model had its replacement by the concept of reservation. This article presents the unconventional measures of source control that are characterized as hydraulic alternatives to the traditional model, and to presenting non-structural solutions such as integrative measures for the urban drainage system. The goal was the description of solutions to minimize flooding in susceptible areas, with a methodology based on the review of the literature related to urban drainage.

**Keywords:** environmental, structural measures, detention basins.

1



## **I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres:**

“Gestão Integrada em RRD no Brasil e o Marco de SENDAI para a Redução do Risco de Desastres 2015 – 2030”

**Curitiba, Paraná, Brasil – 12 a 15 de Outubro de 2016**

### **1. INTRODUÇÃO**

Na passagem do final do século XIX e início do século XX, visando obter melhores condições de vida, passam a acontecer no Rio de Janeiro e São Paulo as grandes migrações da população do campo para as cidades, transformando-as em metrópoles desestruturadas e sem condições de abrigar o inchaço populacional com estrutura e saneamento adequado. A busca de empregos com boa remuneração, a mecanização da produção rural, a fuga dos desastres naturais, tais como secas e enchentes, a falta de escolas e necessidade de infraestrutura e serviços como hospitais, transportes, educação, fizeram com que a população rural começasse a debandar em massa para as metrópoles (GOMES, 2005).

Segundo Tucci (2007), alguns dos principais problemas ligados à infraestrutura no ambiente urbano são: ausência de rede coletora de esgoto com lançamento dos efluentes domésticos na rede de drenagem pluvial; rede de drenagem insuficiente e ocupação das margens dos cursos d'água.

Com a expansão territorial, os problemas de alagamentos e inundações vão se intensificando e se distribuindo ao longo das linhas de escoamento dos deflúvios superficiais em função altitude da cidade e do grau de impermeabilização da área de drenagem (SANTOS e MAMEDE, 2013). A população, principalmente de baixa renda, tende a ocupar áreas de risco de inundações (TUCCI, 2008).

Mattos e Villela (1975) definem o escoamento superficial como a fase que trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, ele abrange desde o excesso de precipitação que ocorre logo após uma chuva intensa e se desloca pela superfície do terreno e quanto maior for o grau de impermeabilização da superfície, maior será a quantidade de água escoada.

A solução para controle das enchentes e minimização das inundações é a utilização de sistema não convencional de controle na fonte, impedindo o aumento do escoamento e da carga de poluição hídrica. Dentre as soluções estruturais, diversas cidades brasileiras vêm adotando os reservatórios de amortecimento para controle das cheias urbanas, sendo um importante dispositivo destinado à redução dos riscos enchentes e inundações. De acordo com Baptista *et al.* (2005), os reservatórios de amortecimento se apresentam como uma solução compensatória aos efeitos da urbanização, pois permitem uma redistribuição do volume escoado, no intervalo de tempo em que ocorre o evento chuvoso.

### **2. OBJETIVOS**

O trabalho consiste em apresentar, de maneira sucinta, medidas não convencionais de controle da fonte para minimização das enchentes, com foco nos reservatórios de retenção, suas características e funcionamento, destacando a importância em atender aos requisitos previstos de atenuação dos impactos no ambiente urbano.

### **3. METODOLOGIA**

Este estudo constitui-se de uma revisão da literatura especializada, no qual se realizou uma consulta a livros e periódicos. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando às seguintes terminologias: drenagem urbana; controle de inundações e escoamento superficial.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Avaliação dos Riscos Causados pelas Enchentes**

O risco é a probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos (CASTRO, 1998). É um termo que atualmente possui destaque no cenário mundial, pois é com base no entendimento do conceito e aplicação das medidas mitigadoras que a probabilidade de ocorrência de um desastre poderá ser reduzida.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, instituída pela lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012, envolve ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil, principalmente das áreas suscetíveis a desastres. Dentre seus objetivos, se destacam: redução de riscos de desastres; recuperação de áreas afetadas por desastres; produção de alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres naturais e busca pela orientação às comunidades por comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situações de desastre.

As características dos riscos têm relação, em muitos casos, com a água e seus efeitos adversos sobre o ambiente urbano e a população. Segundo TUCCI (2007), os principais impactos de natureza hídrica sobre a população podem ser classificados em:

Desenvolvimento urbano: problemas como o risco de falta água e contaminação do sistema de abastecimento de água;

Transporte: falta de água para transporte;

Desenvolvimento rural: problemas ligados à poluição da região e erosão do solo;

Desastres naturais: eventos como inundações, secas e escorregamentos.

Esses fatores podem ser combinados com impactos de outras naturezas, que podem incidir sobre a população, aumentando os efeitos adversos no ambiente natural. Algumas localidades são mais vulneráveis do que outras, tornando a ação dos agentes de fiscalização de extrema importância quanto ao planejamento de medidas para controlar o espaço de risco.

### **4.2 Medidas de Controle de Enchentes**

As medidas para o controle das inundações podem ser classificadas em estruturais, quando o homem modifica o rio, e em não estruturais, quando o homem convive com o rio. No primeiro caso, estão as medidas de controle através de obras hidráulicas como barragens, diques e canalizações, entre outros. No segundo caso, encontram-se medidas do tipo preventivas, tais como zoneamento de áreas de inundação e sistema de alerta vinculado à Defesa Civil. Não se pode achar que as medidas poderão controlar totalmente as inundações; as medidas sempre visam minimizar as suas consequências. Para o controle de inundação de forma eficiente torna-se necessária a associação de medidas estruturais e não estruturais, de modo que garanta à população o mínimo de prejuízo possível além de possibilitar uma convivência harmoniosa com o rio. Para as populações ribeirinhas, essa convivência é fundamental para evitar perdas materiais e até, em alguns casos, perdas humanas (BARBOSA, 2006).

Estas medidas podem ser divididas em diferentes tipos, como ilustrado na Figura 1.

### **4.3 Medidas Não Convencionais de Controle na Fonte**

As medidas de controle visam na redução de danos relativos às inundações em localidades suscetíveis. Como separação do modelo convencional de canalização, soluções diferentes do conceito tradicional têm sido utilizadas atualmente, caracterizando as medidas não convencionais de controle da fonte. A prática tradicional de canalização, exercida por muitos anos, apresentava alguns inconvenientes, pois com o deslocamento rápido do escoamento, o problema era transportado para a jusante dos rios e córregos, causando sérios danos à população localizada nesse ponto da bacia. Como forma de atenuação do volume escoado e minimização das inundações, surgiu o conceito de reservação em substituição à prática de canalização (CANHOLI, 2005). O Quadro 1 resume as diferenças principais entre conceitos de canalização e reservação.

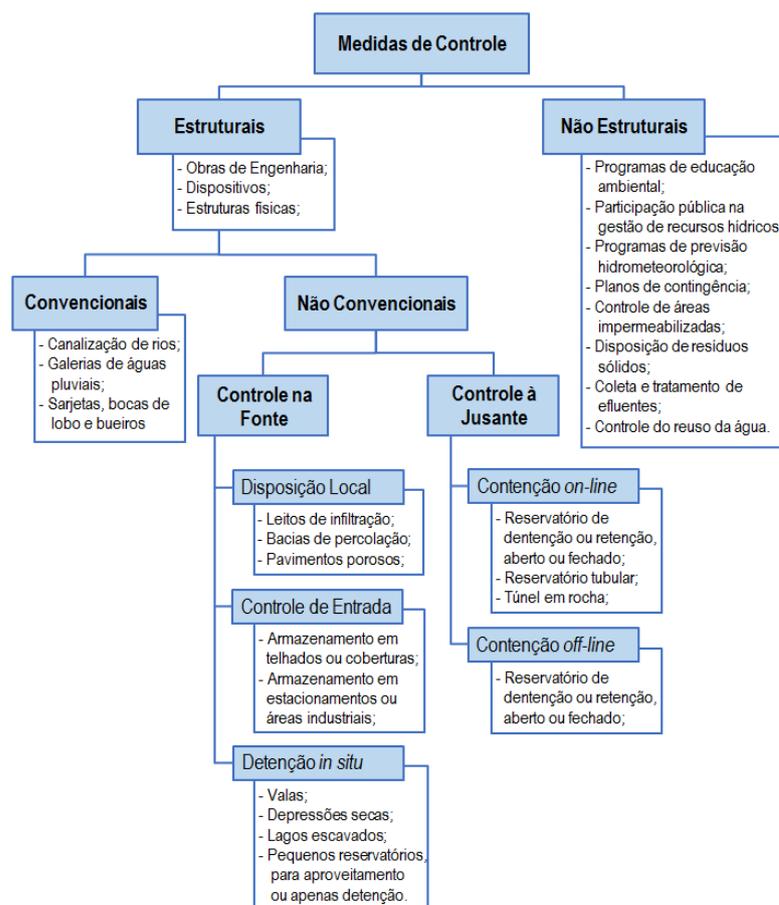


Figura 1: Tipos de medidas de controle de enchentes (Fonte: Adaptado de Canholi, 2005 e FCTH, 2012)

Quadro 1: Conceito de canalização versus conceito de reservação (Fonte: Adaptado de Canholi, 2005)

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	Remoção rápida dos escoamentos.	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes Principais	Canais abertos/galerias.	Reservatórios a superfície livre. Reservatórios subterrâneos. Retenção subsuperficial.
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas. Construção por fases. Baixa capacidade de ampliação.	Áreas novas (em implantação). Construção por fases. Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas).
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes. Maiores obras nos sistemas de jusante.	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero. Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com a capacidade disponível.
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente.	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação e dos sólidos em suspensão, pelo processo de decantação.
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo). Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso).	Limpeza periódica. Fiscalização. Operação/manutenção dos sistemas de bombeamento. Desinfecção eventual (insetos).
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente.	Requer definição dos hidrogramas (volume das enchentes).

A procura pelas novas alternativas e conceitos visou à apresentação de possibilidades eficientes para correção das inundações existentes e minimização dos impactos ambientais em uma determinada região. Entre as medidas não convencionais adotadas usualmente, destacam-se aquelas que visam à infiltração e à retenção dos escoamentos em reservatórios. Na categoria de dispositivos para armazenamento do volume escoado, há uma diferenciação com relação à finalidade de operação, que podem ser caracterizadas para amortecer ou retardar o escoamento.

Os reservatórios para acumulação temporária das águas de chuva pode ser realizada através de reservatórios individuais. Há dois tipos de acumulação, independentemente das dimensões do reservatório, não controlada e controlada, Figuras 1 e 2. Na acumulação não controlada, não há regulação da capacidade de deflúvio, as estruturas geralmente dispõem de sangradouro para o deflúvio e as únicas vantagens delas, nas cheias, resultam dos efeitos da modificação e retardamento da armazenagem. Na controlada, as comportas das estruturas de barragem podem regular o deflúvio, do modo que julgar conveniente (STUDART, 2006).

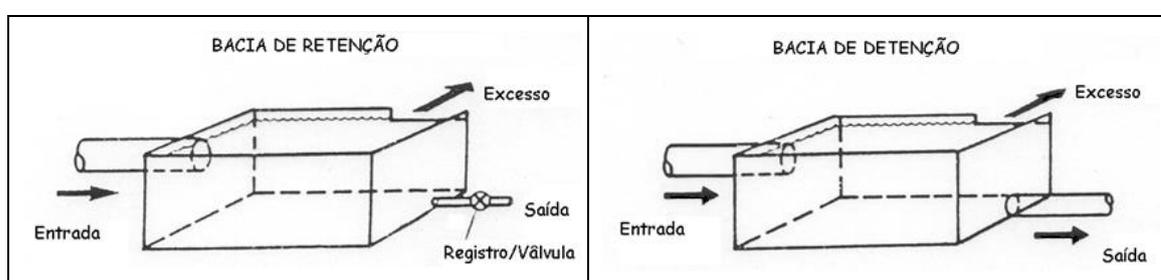


Figura 1. Reservatório de Acumulação com controle    Figura 2. Reservatório de Acumulação sem controle  
Fonte: Netto, 2004.

De acordo com Tucci (2007), os reservatórios e bacias de amortecimento visam amortecer o pico do reservatório, reduzindo as vazões para jusante. São concebidos para funcionar em série com a rede de drenagem, esvaziando-se completamente entre os eventos e são estruturas de amortecimento da vazão máxima lançada no corpo receptor, atenuando os efeitos da inundação e protegendo a rede de drenagem a jusante. Além da solução de reduzir o pico das enchentes, a partir do armazenamento do volume escoado, a estrutura é composta por dispositivos associados a outras utilidades, como o lazer, transformando as obras hidráulicas em locais para recreação (Figura 3).



Figura 3: Exemplo de reservatórios de retenção de usos múltiplos  
Fonte: TIJUCA-RJ, 2008.

A Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, através da Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001, de 27 de janeiro 2005, determina que os reservatórios destinados a reservação das águas captadas nos telhados devem atender aos seguintes critérios: permitir o esgotamento total; serem constituídos de materiais resistentes a esforços mecânicos com superfícies internas impermeáveis; permitir o fácil acesso para inspeção e manutenção do dispositivo; serem dotados de extravasor, de modo que possibilite o deságue do fluxo de água excedente e possuïrem cobertura e vedação adequadas.

Além da retenção em reservatórios para amortecimento das cheias, existem dispositivos que atuam na superfície da bacia para infiltração da água da chuva. O objetivo é combinar a proteção do meio ambiente com a redução da vazão. Segundo TUCCI (2007), algumas medidas extensivas que funcionam para infiltração e que contribuem para minimização dos impactos das inundações são a cobertura vegetal (capacidade de armazenar parte do volume de água precipitado pela interceptação vegetal, reduzindo a velocidade de escoamento superficial pela bacia) e o controle de erosão do solo (reflorestamento, pequenos reservatórios, estabilização das margens e práticas agrícolas corretas).

A adoção de medidas para amortecimento de cheias urbanas tem característica estrutural, visando a implementação de obras hidráulicas para garantir o funcionamento adequado. Porém, tais medidas poderão desencadear o aumento da ocupação das áreas inundáveis, gerando insegurança na população e consequentes danos ao meio ambiente. Como forma de atuação em conjunto com as medidas estruturais, há a introdução de medidas de caráter não estruturais que não englobam obras civis, e que podem minimizar substancialmente os impactos, além de apresentarem um custo relativamente menor em relação às anteriores (Quadro 2). Na prevenção de desastres, essas medidas envolvem meios naturais para redução do escoamento superficial, pois utilizam a transmissão de informações sobre o risco de enchentes locais para a população, com o intuito de reduzir os prejuízos causados pelos eventos. O principal objetivo é a promover a mudança no comportamento tradicional da população, através de programas de conscientização de ocupação do solo, da disposição adequada do lixo doméstico, de adoção de dispositivos de drenagem com a capacidade de infiltração necessária para evitar inundações, uso de materiais alternativos que não contaminem o meio ambiente, maior fiscalização e manutenção dos dispositivos de drenagem e disseminação da prática de reuso de água pluvial.

Quadro 2: Categorias de medidas não estruturais (Fonte: Baptista *et al.*, 2005)

PRINCIPAIS CATEGORIAS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento.
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada. Superfícies com vegetação. Áreas impermeáveis desconectadas. Telhados verdes. Urbanização de pequeno impacto.
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes. Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas.
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varrição das ruas. Coleta de resíduos sólidos. Limpeza dos sistemas de filtração. Manutenção das vias e dos dispositivos. Manutenção dos canais e cursos d'água.
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção controle a conexão ilegal. Fiscalização: detecção, retirada e multa. Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos.
Reuso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos. Sistema predial. Fontes e lagos.

## 5. CONCLUSÃO

As medidas adotadas para controle do escoamento superficial são, atualmente, utilizadas por diversas cidades brasileiras, com o intuito de minimizar as vazões de pico das enchentes. Uma das alternativas apresentadas no processo de controle da fonte é a implantação de reservatórios de amortecimento, os quais são caracterizados como medidas estruturais para atenuação dos eventos extremos. A escolha pelo dispositivo estrutural adequado no sistema de drenagem representa um custo elevado e sua execução dependerá de outros fatores, tais como a definição do local para sua construção e dos impactos ao meio ambiente. Porém, uma medida não estrutural tem caráter educativo, sendo sua implementação mais rápida e com custo reduzido.

Para que o sistema adotado de drenagem seja eficiente, é necessária a integração das atividades de fiscalização e manutenção, à cargo do poder público, de modo que as medidas não estruturais viabilizem a eficiência e eficácia das medidas estruturais.

## 6. REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. ABRH, 2005, 318 p.

BARBOSA, F.A.R. *Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB*. 2006. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Centro de Tecnologia/Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006.

CANHOLI, A. P. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. 1ª ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2005, 302p.  
CASTRO, A.L. *Glossário de Defesa Civil. Estudos de Riscos e Medicina de Desastres*. 5ª ed. Brasília: Ed. SEDEC/MI, 1998, 191p.

GOMES, M.F.C.M. *Política de Habitação e Sustentabilidade Urbana*. In: GOMES, M.F.C.M.; PELEGRINO, Ana Izabel de C. (orgs). *Política de Habitação Popular e Trabalho Social*. Coleção Espaços do Desenvolvimento. Rio de Janeiro: DP&A, Editora, 2005, 240p.

FCTH. *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. Aspectos Tecnológicos: Diretrizes para projetos*. Volume III. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU). São Paulo, 2012, 128p.

MATTOS, A; VILLELA S.M. *Hidrologia Aplicada*. 1ª ed. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1975, 245p.

NETTO, O. M. C. *Técnicas de Minimização da Drenagem de Águas Pluviais*. In: *Gerenciamento do Saneamento em Comunidades Organizadas*, São Paulo, 4 e 5 de maio de 2004. Disponível em: <<http://www.etg.ufmg.br/wp-content/uploads/2016/06/auladrenagem.ppt>>. Acesso em abr. de 2016.

SANTOS, L.B.; MAMEDE, B.B. *Automação em drenagem pluvial e controle de enchentes: Aproveitamento das águas nos grandes centros urbanos*. *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 2, 2013, pp. 457-475.

STUDART, T. M. C. *Hidrologia. Capítulo 1 – Controle de Enchentes e Inundações*. Apostila, 2006. Disponível em: <[http://www.deha.ufc.br/ticianar/Arquivos/Graduacao/Apostila\\_Hidrologia\\_grad/Cap\\_10\\_Controlde\\_Enchentes\\_e\\_Inundacoes.pdf](http://www.deha.ufc.br/ticianar/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_10_Controlde_Enchentes_e_Inundacoes.pdf)>. Acesso em abr. de 2016.

TIJUCA-RJ. *Praça Afonso Pena: Tijuca-RJ – O seu bairro na Internet*. 2008. Disponível em: <<https://tjucarj.wordpress.com/2008/07/22/praca-afonso-pena/>>. Acesso em mar. de 2016.

TUCCI, C.E.M. *Inundações Urbanas*. 1 ed. Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, 2007, 393p.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. *Estudos Avançados*, 22(63), 2008, 97-112. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.