



Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba

**RELATÓRIO FINAL – VOLUME 2
POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS**

DEZEMBRO 2 002

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

SUDERHSA Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

**PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA
PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO RIO IGUAÇU
NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

**RELATÓRIO FINAL - VOLUME 2
POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS**

RELAÇÃO DE VOLUMES

- Volume 1 SISTEMA INSTITUCIONAL
Propõe um sistema institucional para a concretização e gestão do Plano Diretor de Drenagem.
- Volume 2 POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS
Apresenta a um elenco de políticas e ações para o controle do uso do solo urbano com o objetivo de promover a redução das vazões de águas pluviais e dos impactos das cheias.
- Volume 3 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS - RELATÓRIO GERAL (4 tomos)
Apresenta as questões relacionadas às linhas de inundação, capacidade do sistema de macrodrenagem e medidas estruturais de controle de cheias comuns a toda área de projeto. Abrange os seguintes assuntos: metodologia, critérios e parâmetros de modelagem; caracterização do sistema; pesquisa sobre inundações; estudo da evolução da mancha urbana; programas de melhorias; análise geral de impactos ambientais e medidas mitigadoras; integração com o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu.
- Volume 4 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS - MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO (30 tomos)
Apresenta, para cada bacia de afluente do rio Iguaçu, as linhas de inundação para diversos cenários e períodos de retorno, um diagnóstico das inundações, as medidas estruturais de controle propostas, o anteprojeto dessas medidas, orçamentos estimativos e programas específicos. Apresenta também um estudo sobre os impactos das medidas de controle propostas para os afluentes, nas cheias do rio Iguaçu.
- Volume 5 PLANO DE AÇÃO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA (2 tomos)
Identifica as áreas críticas sob risco de inundação; analisa os planos de ações emergenciais existentes; propõe uma logística operacional baseada no Sistema de Monitoramento e Alerta de Cheias e no Sistema Metropolitano de Defesa Civil identificando os estados de alerta e as ações de emergência com os respectivos responsáveis.
- Volume 6 MANUAL DE DRENAGEM URBANA
Apresenta critérios para elaboração de projetos, com sua fundamentação teórica, dentro dos princípios do Plano Diretor de Drenagem. Apresenta também a regulamentação por distrito de drenagem das ações a serem implementadas.
- Volume 7 SUBSÍDIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS (2 tomos)
Avalia os benefícios das intervenções propostas para a redução das enchentes em uma bacia piloto através da metodologia da disposição a pagar, a partir da valoração dos imóveis beneficiados.
- Volume 8 CAPACITAÇÃO TÉCNICA
Apresenta o roteiro e a análise dos resultados do curso de capacitação ministrado para técnicos da SUDERHSA, das prefeituras e das entidades responsáveis pela implantação do Plano Diretor de Drenagem.
- Volume 9 SISTEMA DE DIVULGAÇÃO E INTERAÇÃO COM OS USUÁRIOS
Desenvolve o projeto de quatro folderes, de um cartaz e de um sítio na internet para a divulgação do Plano Diretor de Drenagem e abertura de canais de comunicação com a população.
- Volume 10 SÍNTESE
Apresenta o resumo do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu com a síntese dos trabalhos elaborados e das ações propostas.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	O PLANO DIRETOR DE DRENAGEM	01
1.2	SÍNTESE DAS POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS PROPOSTAS	06
2	AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS	11
2.1	ÁREAS DE APLICAÇÃO	11
2.2	AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS NAS ÁREAS RIBEIRINHAS	12
2.3	AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	17
3	GESTÃO DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS	22
3.1	NÍVEIS DE DECISÃO	22
3.2	IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS	22
3.3	PROGRAMA DE EDUCAÇÃO	25
3.4	INTEGRAÇÃO DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS	25
4	REFERÊNCIAS	26
 ANEXOS		
A1	IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS SISTEMAS DE DRENAGEM	A 01
A2	BASES PARA A POLÍTICA DE CONTROLE	A 23
A3	EXEMPLOS DE LEGISLAÇÕES DE PORTO ALEGRE E SÃO PAULO	A 42
A4	BASES PARA ELABORAÇÃO DE LEI MUNICIPAL DE CONTROLE DE DRENAGEM URBANA PARA OS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU	A 49
A5	MAPEAMENTO DAS ÁREAS PROPÍCIAS À IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE CHEIAS	A 61
A6	DESENHO - NÍVEL DE IMPACTO DO ADENSAMENTO OU EXPANSÃO URBANA SOBRE A MACRODRENAGEM	A 74

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as propostas para as “Políticas e Ações Não-Estruturais” do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba. Contém o resultado das atividades previstas no item 3.2 do Termo de Referência do Contrato nº 04/99, firmado entre a SUDERHSA e a CH2M HILL em julho de 1.999.

1.1 O PLANO DIRETOR DE DRENAGEM

O objetivo do Plano Diretor de Drenagem é fornecer às instituições públicas e à comunidade da Bacia do Alto Iguaçu subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir os impactos das cheias na sua área de abrangência.

O Plano compreende o sistema de macrodrenagem das bacias dos afluentes do Rio Iguaçu desde seus formadores, rios Irai e Atuba, até as bacias dos rios Itaqui 2 e Maurício. Inclui também partes de bacias de afluentes do rio Capivari, na vertente do rio Ribeira do Iguape. O conjunto destas bacias, denominado neste trabalho como Bacia do Alto Iguaçu, abrange 14 municípios da Região Metropolitana de Curitiba:

Almirante Tamandaré	Curitiba
Araucária	Fazenda Rio Grande
Balsa Nova	Mandirituba
Campina Grande do Sul	Pinhais
Campo Largo	Piraquara
Campo Magro	Quatro Barras
Colombo	São José dos Pinhais

Os municípios de Curitiba, Fazenda Rio Grande e Pinhais estão integralmente dentro da área de abrangência do Plano. Os demais são cortados pelo divisor de água da bacia do Alto Iguaçu e, portanto, não estão totalmente na área estudada. Mesmo assim, praticamente todas as áreas urbanizadas desses municípios, onde se constatam os principais problemas de macrodrenagem, são englobadas pelo Plano.

Para efeito do Plano Diretor são considerados como pertencentes ao sistema de macrodrenagem, o rio Iguaçu e seus afluentes de primeira e segunda ordem. Em alguns casos especiais, por sua importância, são considerados também alguns afluentes de terceira ordem tal como acontece com alguns rios das bacias dos rios Barigui, Atuba, Belém, Miringuava e Irai.

A Figura 1.1, apresentada na próxima página, mostra a área de abrangência do Plano Diretor de Drenagem, indicando as principais bacias estudadas e os municípios nela contidos.

Figura 1.1

Área de Abrangência

O Plano Diretor de Drenagem beneficia a parte da Região Metropolitana de Curitiba contida na bacia do Alto Iguaçu e em parte da Bacia do Ribeira, abrangendo cerca de 2.500 km² e uma população, no ano 2000, de aproximadamente 2,6 milhões de habitantes. A área marrom representa a ocupação urbana.



As bacias estudadas no Plano Diretor de Drenagem são relacionadas, de montante para jusante, no Quadro 1.1 na próxima página.

Deve-se observar que nos estudos de medidas de controle estruturais e linhas de inundação (Volume 4), por suas dimensões e importância, a bacia do rio Iraí foi desmembrada nas bacias de seus afluentes: rio do Meio, Rio Iraizinho, rio Palmital e rio Piraquara. Pela mesma razão, na bacia do rio Verde, o rio Cambuí é estudado à parte.

Quadro 1.1 Principais rios pertencentes ao sistema de macrodrenagem estudado no Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu

Bacia Hidrográfica	Municípios Presentes na Bacia Hidrográfica
<i>Afluentes da Margem Direita do Rio Iguaçu</i>	
Rio Atuba	Almirante Tamandaré, Colombo, Curitiba e Pinhais
Rio Belém	Curitiba
Rio Alto Boqueirão	Curitiba
Ribeirão Padilha	Curitiba
Ribeirão Ponta Grossa	Curitiba
Arroio do Espigão	Curitiba
Arroio do Prensa	Curitiba
Rio Barigui	Almirante Tamandaré, Araucária, Colombo e Curitiba
Rio da Cachoeira	Araucária
Rio Passaúna	Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Curitiba
Rio Verde	Araucária, Balsa Nova, Campo Largo e Campo Magro
Rio Itaquí 2	Balsa Nova e Campo Largo
<i>Afluentes da Margem Esquerda do Rio Iguaçu</i>	
Rio Itaquí	Piraquara e São José dos Pinhais
Rio Irai	Campina Grande do Sul, Colombo, Pinhais, Piraquara e Quatro Barras
Rio Pequeno	São José dos Pinhais
Rio da Ressaca	São José dos Pinhais
Rio Avariú	São José dos Pinhais
Rio Miringuava	São José dos Pinhais
Rio Cotia	Fazenda Rio Grande e São José dos Pinhais
Rio do Moinho	Fazenda Rio Grande

(continua)

Quadro 1.1 Principais rios pertencentes ao sistema de macrodrenagem estudado no Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu (continuação)

Bacia Hidrográfica	Municípios presentes na bacia hidrográfica
<i>Afluentes da Margem Esquerda do Rio Iguaçu</i>	
Ribeirão da Divisa	Fazenda Rio Grande
Arroio do Mascate	Fazenda Rio Grande
Rio do Maurício	Araucária, Mandirituba e Fazenda Rio Grande
<i>Afluentes da Margem Direita do Rio Irai</i>	
Rio do Meio	Pinhais
Rio Palmital	Colombo e Pinhais
<i>Afluentes da Margem Esquerda do Rio Irai</i>	
Rio Iraizinho	Piraquara
Rio Piraquara	Piraquara
<i>Afluente da Margem Direita do Rio Verde</i>	
Rio Cambuí	Campo Largo
<i>Afluentes da Margem Direita do Rio Capivari</i>	
Rio do Cerne	Campina Grande do Sul e Quatro Barras
Rio do Engenho *	Campina Grande do Sul

* Trata-se na realidade de um afluente de segunda ordem. O rio do Engenho é afluente do rio Palmeirinha que, por sua vez, é afluente direto do rio Capivari.

Fonte: CH2M HILL

O Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu possui algumas características importantes, que o distingue de trabalhos que tratam as inundações unicamente como problemas de engenharia. A linha metodológica adotada considera diversos aspectos da questão, propondo soluções globais e articuladas entre si.

Procurando tratar a questão da macrodrenagem de forma integrada, o Plano se desenvolve em dez módulos de trabalho, cada qual orientado para um aspecto diferente. Mesmo abordando as principais questões envolvidas no problema das inundações, o plano Diretor não esgota o assunto. Abre a possibilidade de que seja aprofundado e ampliado através dos estudos que o seguirão e que deverão consolidar o Plano de Bacia para o Alto Iguaçu.

O Quadro 1.2, na próxima página, apresenta um resumo do conteúdo dos dez módulos de trabalho que compõem o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu.

Quadro 1.2 Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu
Módulos de Trabalho

Módulo de Trabalho	Volume	Tema	Objetivos Principais
Módulo 01	Volume 1	Sistema Institucional	Definir o arranjo institucional que apoie a implementação do Plano.
Módulo 02	Volume 2	Ações Não-Estruturais	Propor medidas e ações de controle do impacto de novos empreendimentos sobre a macrodrenagem.
Módulo 03	Volumes 3 e 4	Avaliação da Capacidade do Sistema de Drenagem Atual	Caracterizar o sistema de macrodrenagem, efetuar sua modelagem matemática e mapear as áreas de risco de inundação.
Módulo 04	Volumes 3 e 4	Medidas de Controle de Cheias	Estudar, otimizar e propor medidas estruturais de controle.
Módulo 05	Volume 5	Plano de Ação para Situações de Emergência	Organizar um plano para atender a população afetada por inundações.
Módulo 06	Volume 6	Manual de Drenagem Urbana	Fornecer subsídios técnicos às entidades responsáveis pela implementação do Plano.
Módulo 07	Volume 7	Subsídios Técnicos e Econômicos	Desenvolver estudos de benefício-custo para uma bacia piloto.
Módulo 08	Volume 8	Capacitação Técnica	Ministrar curso sobre o Plano Diretor aos técnicos responsáveis por sua implementação
Módulo 09	Volume editado à parte *	Sistema de Proteção contra Enchentes do Jardim São Judas Tadeu	Desenvolver o projeto de um sistema de proteção para área habitada situada em cota inferior à cota de inundação.
Módulo 10	Volume 9	Sistema de Divulgação e Interação com os Usuários	Projetar quatro folderes e um sítio na internet para divulgar o Plano Diretor, estimulando a participação da população.

* O projeto do Sistema de Proteção Contra Enchentes do Jardim São Judas Tadeu foi apresentado à parte por se tratar de um projeto desenvolvido para um problema específico de uma área restrita.

Fonte: CH2M HILL

- Além dos 9 volumes relacionados, há também o volume 10 que contém a síntese de todos os trabalhos elaborados.

Fonte: CH2M HILL

O Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu possui também alguns aspectos singulares, os quais são destacados a seguir:

- A unidade de planejamento é a *bacia hidrográfica* e a unidade de regulamentação é o *distrito*. O distrito é definido como a interseção da bacia com o território do município;

- As soluções propostas dão ênfase ao controle do escoamento superficial junto à sua origem. Portanto, a redução das inundações em um determinado Município pode depender de medidas de controle implantadas nos municípios vizinhos situados a montante. Isto significa que o sucesso do plano está condicionado à ação articulada entre os municípios, o Estado e entidades representativas da sociedade, através da Associação dos Usuários da Bacia;
- O Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba é um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos instituída pela Lei/PR 12.726/99, pois trata da prevenção, defesa da população e da economia contra eventos hidrológicos críticos de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Por esse motivo integrará o Plano de Bacia, definido pela mesma Lei e a ser aprovado pela Associação dos Usuários da Bacia do Alto Iguaçu;
- Alterações de quantidade e qualidade das águas superficiais ocorrem com a implantação de sistemas artificiais de drenagem de águas pluviais. Desta forma, esta implementação está sujeita à outorga pelo direito do uso da água, conforme a Lei 12.726;
- Novos empreendimentos não poderão causar impacto sobre o sistema de macro-drenagem. Portanto a viabilidade do Plano está também condicionada a alterações das legislações municipais, as quais deverão incorporar este princípio;
- As principais medidas de controle a serem implantadas consistem em obras de retenção, ocupação das várzeas de inundação por parques lineares, alterações dos códigos e leis que regulam o zoneamento, as edificações e o parcelamento do solo;
- Tratando-se de um Plano Diretor, as soluções são apresentadas em nível de planejamento e, no caso das medidas de controle estruturais, em nível de anteprojeto. Para sua concretização é necessário que as medidas de controle propostas sejam detalhadas em projetos executivos, que deverão ser elaborados a partir das realidades específicas de cada município.

Face à complexidade das questões tratadas pelo Plano Diretor, o relatório aqui apresentado, que se concentra nas políticas e ações não-estruturais, não deve ser analisado isoladamente, mas dentro do contexto do Plano Diretor como um todo.

Pela mesma razão, deve ser também analisado no contexto do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, pois ambos os planos deverão ser incorporados ao Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu (SEGRH/PR), onde serão estabelecidas as prioridades e as ações integradas de controle da quantidade e da qualidade das águas pluviais.

1.2 SÍNTESE DAS POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS PROPOSTAS

Conforme abordado detalhadamente no Volume 6, Manual de Drenagem, as medidas de controle de inundações podem ser classificadas em *estruturais* e *não-estruturais*.

As *ações* ou **medidas estruturais** são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco das enchentes. Estas medidas podem ser *extensivas* ou *intensivas*.

As medidas *extensivas* são aquelas que agem no contexto global da bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia.

As medidas *intensivas* são aquelas que agem numa escala menor, nos cursos d'água e superfícies, e podem ser obras de contenção como diques e pôlderes, de aumento da capacidade de descarga como retificações, ampliações de seção e corte de meandros de cursos d'água, de desvio do escoamento por canais e de retardamento e infiltração, como reservatórios, bacias de amortecimento e dispositivos de infiltração no solo.

As medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa ao sistema, pois isto exigiria um dimensionamento contra a maior enchente possível, o que é física e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode, em alguns casos, como o de um reservatório de amortecimento a montante, criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos.

As ações ou medidas **não-estruturais**, em contraponto, procuram reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais, e em alguns casos, estipular princípios que revertam os riscos artificialmente majorados por ações antrópicas às condições naturais.

As ações não estruturais em drenagem urbana abrangem os mecanismos de estipulação dos princípios básicos (filosofia), de estabelecimento de como estes princípios devem ser respeitados (legislação, normas e manuais técnicos) e de preparação da sociedade para que eles venham a ser implantados e obedecidos na atualidade e no futuro. O custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais, em geral, é superior ao de medidas não-estruturais.

Assim, as ações não-estruturais propostas neste Plano Diretor têm como objetivo a redução dos impactos ambientais das inundações causadas pelo desenvolvimento urbano.

As medidas não-estruturais foram agrupadas nos seguintes elementos principais:

- Legislação estadual e municipal para controle dos impactos;
- Previsão em tempo real da ocorrência das inundações;
- Plano de Defesa Civil;
- Administração;
- Educação.

LEGISLAÇÃO

A *legislação* é uma das principais medidas não-estruturais propostas pois busca disciplinar o desenvolvimento urbano considerando os impactos futuros relacionados com as águas pluviais, evitando que se agravem. Dentro destas medidas se destacam:

- Restrições a ocupação das áreas de risco de inundação ribeirinha
- Restrição a ocupação das áreas de risco de erosão;

- Restrições ao aumento da vazão de inundação devido a urbanização;
- Incentivos a preservação das áreas permeáveis;
- Preservação das faixas de proteção da drenagem natural e urbana segundo o código florestal.

PREVISÃO EM TEMPO REAL

Quanto à *previsão em tempo real*, existe um programa em desenvolvimento pela SUDERHSA, através do PROSAN, para previsão de níveis de inundação ao longo do rio Iguaçu. Este programa, embora não seja aqui abordado, complementa as medidas de controle de inundação propostas no Plano Diretor de Drenagem.

MEDIDAS DE DEFESA CIVIL

As Medidas de *Defesa Civil* devem apoiar o deslocamento da população afetada por inundações nas áreas ribeirinhas com um mínimo de perdas ou prejuízos, nas seguintes situações:

- Inundações que continuarão a acontecer até que as medidas de controle previstas no Plano Diretor de Drenagem sejam implementadas;
- Eventos de inundação na macrodrenagem para cheias superiores as cheias de projeto.

Este componente também não é tratado neste relatório. Já existe um sistema de Defesa Civil atuante na RMC que deverá ser complementado com medidas previstas no “PASE- Plano de Ação para Situações de Emergência”, objeto do Volume 5 do Plano Diretor de Drenagem.

ADMINISTRAÇÃO

A *administração* representa a gestão do processo de implementação das medidas de controle do Plano de Drenagem através de um *Sistema Institucional* apropriado. Nesta gestão são previstas atuações coordenadas do Estado, da Agência de Bacia (UED- Unidade Executiva Descentralizada) e dos Municípios. O processo de gestão da drenagem urbana foi amplamente discutido com os envolvidos na questão, e é apresentado no Volume 1 do Plano Diretor de Drenagem.

EDUCAÇÃO

A *educação* sobre os diversos fatores que envolvem a drenagem urbana e sobre as proposições do Plano Diretor é fundamental para que se alcance o sucesso desejado. A educação deve envolver todos os níveis de agentes e beneficiários:

- população em geral;
- administradores públicos;
- engenheiros e arquitetos responsáveis pelas obras no ambiente urbano;

- engenheiros que atuam diretamente na gestão, planejamento e operação de sistemas de drenagem;
- fiscais de obras e serviços urbanos.

Como início do processo educacional, o Plano Diretor contempla um curso de capacitação técnica voltado principalmente aos técnicos de entidades públicas que atuam sobre a drenagem (Volume 8). Contempla também um projeto de folderes e website voltados à população, apresentado no Volume 10.

Como parte de um processo educativo mais especializado foi elaborado, também como parte do Plano Diretor de Drenagem, um “Manual de Drenagem Urbana”, apresentado no Volume 6, que contém as principais diretrizes técnicas recomendadas aos gestores da drenagem, a partir dos conceitos desenvolvidos no Plano Diretor.

Embora todas as ações mencionadas se constituam em ações não-estruturais, o presente volume apresenta um diagnóstico geral dos impactos dos processos de urbanização sobre a drenagem e um programa voltado ao disciplinamento do desenvolvimento urbano, incluindo os seguintes assuntos:

- Impactos da urbanização sobre os sistemas de drenagem;
- Base para políticas de controle de drenagem;
- Projeto de lei, em tramitação na cidade de Porto Alegre e uma lei recentemente promulgada em São Paulo, ambas com o objetivo de controlar os impactos da urbanização sobre a drenagem;
- Programa de ação, a ser conduzido pela SUDERHSA, visando à criação de leis similares nos diversos municípios da bacia do Alto Iguaçu, respeitando-se suas realidades específicas;
- Bases para elaboração dessas leis e uma minuta que procura abranger os diversos aspectos a serem contemplados pelos municípios em suas legislações;
- Mapeamento das áreas onde o disciplinamento do uso do solo, voltado à redução das inundações, pode surtir maior efeito. Trata-se de um trabalho elaborado a partir da tecnologia desenvolvida no Plano Diretor de Drenagem para o mapeamento dos parâmetros hidrológicos da Bacia do Alto Iguaçu utilizando-se ferramentas de SIG- Sistema de Informações Georreferenciadas.

É importante salientar que, na maioria dos casos, as medidas não-estruturais requerem investimentos baixos para serem implementadas, se comparadas com as medidas estruturais. Em contrapartida exigem ações de gestão que muitas vezes esbarram em limitações legais, políticas e institucionais que exigem o empenho do administrador público e da sociedade para que sejam contornados.

O Quadro 1.3, apresentado na próxima página, sintetiza as principais medidas e ações não-estruturais, destacando suas características, os benefícios que trazem e a necessidade ou não de legislação para sua aplicação.

Quadro 1.3 Síntese das Medidas Não-Estruturais

Medida	Características	Benefícios	Necessidade de Legislação
Previsão e Alerta em Tempo Real	Prever com antecedência de algumas horas ou até 1 dia as cotas de inundações no rio Iguaçu.	Redução das perdas pela remoção da população e seus bens.	Não
Plano de Defesa Civil	Preparar a Defesa Civil para as conseqüências das inundações ribeirinhas e para as áreas críticas urbanas.	Minimização dos impactos sobre a população pela antecipação de ocorrências através da previsão e alerta em tempo real.	Não
Zoneamento de Areas de Inundação Ribeirinhas	Mapeamento das áreas de risco;Relocação da população instalada em áreas de risco. Desenvolvimento de projetos para uso público tais como parques lineares.	Preservação de áreas naturais de amortecimento e verde e de lazer próximas à malha urbana.	Sim
Controle da Vazão Máxima	A vazão máxima de um novo desenvolvimento não pode exceder a de condições de pré-desenvolvimento.	Evitar a transferência de aumento de cheias para jusante na drenagem.	Sim
Restrições à Ocupação de Áreas de Risco de Erosão	Mapeamento das áreas de risco; Desenvolvimento de projetos de sistemas de contenção. Relocação da população instalada em áreas de risco;. Controle e fiscalização de obras de terraplenagem.	Redução do assoreamento do sistema de macrodrenagem e do impacto sobre a população e suas propriedades.	Sim
Incentivo à Manutenção de Áreas Permeáveis	Incentivar a Manutenção de uma área permeável nas áreas desenvolvidas.	Redução do aumento do escoamento; Melhoria da qualidade da água; Melhoria do ambiente urbano.	Sim
Controle da Qualidade da Agua	Avaliação da qualidade da água; controle da qualidade da água na macrodrenagem.	Melhoria da qualidade das águas a jusante.	Sim
Educação e Capacitação Técnica	Educar a população, profissionais que desenvolvem a cidade; projetistas de drenagem urbana.	Melhor entendimento dos impactos e apoio no controle e fiscalização do planejamento das cidades.	Não
Manual de Drenagem Urbana	Elaborar um Manual de Drenagem Urbana voltado aos engenheiros responsáveis pela aprovação de novos empreendimentos e pelo desenvolvimento de projetos de drenagem na RMC.	Possibilitar a aplicação dos princípios propostos no Plano Diretor de Drenagem através de um instrumento de apoio técnico para projetos de obras de drenagem.	Não
Atualização do Cadastro do Sistema	Implantar programa de cadastro do sistema de macrodrenagem inserindo as informações levantadas no SIGRH- Sistema de Informações de Recursos Hídricos.	Melhorar o conhecimento do sistema existente possibilitando uma atuação mais eficaz sobre seus pontos críticos.	Não
Programa de limpeza urbana	Avaliar a carga de resíduos que chega a drenagem; planejar a sua redução pelo aumento da freqüência de limpeza e disposição final do lixo.	Evitar o entupimento do sistema de drenagem e inundações localizadas em trechos obstruídos.	Não
Administração	Avaliação dos projetos, fiscalização e operação e manutenção dos sistemas de drenagem e ocupação das áreas ribeirinhas.	Preservar o que foi planejado para a cidade, dentro da sua sustentabilidade.	Não

Fonte: CH2M HILL

2 AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS

2.1 ÁREAS DE APLICAÇÃO

Conforme citando anteriormente, as medidas não-estruturais, abrangem:

- Legislação;
- Previsão e prevenção de impactos;
- Plano de Defesa Civil
- Administração: fiscalização e planejamento do sistema de drenagem;
- Educação.

Dentro de cada área de impactos de inundação as medidas não-estruturais foram as seguintes:

- Nas faixas ribeirinhas :
 - . Legislação para *ocupação da várzea de inundação do rio Iguaçu e tributários na Região Metropolitana de Curitiba* que deverá ser incorporado pelos municípios com base no mapa de inundação desenvolvido neste Plano;
 - . Previsão em tempo real desenvolvida no programa do PROSAM para a área ribeirinha do rio Iguaçu que envolve a operação de modelo matemático de previsão pela SUDERHSA. Este componente está sendo desenvolvido em outro projeto;
- Nos sistemas de drenagem urbana:
 - . Proposta Legislação para controle do impacto da expansão da urbanização na drenagem e no sistema fluvial nas cidades da área urbana das cidades da RMC;
 - . Normas e padrões técnicos para projetos de drenagem urbana.
 - . Plano de defesa civil para eventos superiores a capacidade de projeto na drenagem urbana e para as áreas ainda sem controle.

Para os dois componentes será necessário um programa de Gestão administrativa para:

- Educação sobre inundação urbana para a população em geral;
- Formação de engenheiros e arquitetos que projetam dentro do ambiente urbano a ocupação do espaço em conjunto com a drenagem e as áreas de risco;
- Engenheiros projetistas de drenagem urbana e hidrólogos dentro dos conceitos de planejamento da drenagem e ocupação das áreas de risco deste Plano;
- Desenvolver um programa para capacitação de profissionais dos municípios para atuarem na fiscalização e acompanhamento da implementação dos Planos das cidades.

Cada município, em função das suas peculiaridades, incorporará em sua legislação aspectos que promovam o controle e a prevenção das enchentes conforme este Plano Diretor de Drenagem. Um elenco de sugestões relativo a estes aspectos está no Anexo 4 - *Bases para a Elaboração de Lei Municipal de Controle de Drenagem Urbana para os Municípios do Alto Iguaçu*.

Municípios que adotarem as medidas preventivas em suas leis municipais poderão ser elegíveis para a obtenção de recursos a fundo perdido, destinados a situações de calamidades públicas; caso contrário, somente contarão com empréstimos a juros de mercado.

2.2 AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS NAS ÁREAS RIBEIRINHAS

2.2.1 Critérios para o Zoneamento das Áreas de Risco de Inundação

O mapa de inundação das áreas ribeirinhas para a RMC foi desenvolvido neste plano e é apresentado no volume 4. O mapa apresenta os riscos de cheia para as diferentes áreas vizinhas aos rios. Cabe aos municípios o desenvolvimento de legislação específica de ocupação deste espaço de risco.

Para o estabelecimento das áreas de ocupação dentro da área urbana das cidades são utilizados os seguintes elementos, obedecidos os condicionantes do código florestal:

- *Zona de passagem da enchente:* esta é a parte da seção que não deve ser obstruída por aterros, estreitamentos ou qualquer tipo de construção que produza elevação no nível de inundação. A definição da seção do rio (nível de influência) de ocupação restrita corresponde à seção que produza aumento no nível de inundação menor ou igual a 30 cm para a vazão de 100 anos de tempo de retorno, veja definições na Figura 2.1. Qualquer construção nesta área reduzirá a área de escoamento, elevando os níveis de água a montante desta seção. Esta parte da seção deve ficar desobstruída.
- *Zona com restrições:* apesar do risco de inundação, é a parte da superfície inundável que pode ser ocupada, desde que atenda restrições específicas. Geralmente nesta parte da seção a velocidade do escoamento é muito baixa. Consequentemente, a energia cinética e as perdas de carga localizadas também são reduzidas. A seção pode ser parcialmente ocupada desde que se garanta a segurança da população.
- *Zona de baixo risco:* esta zona possui pequena probabilidade de ocorrência de inundação, sendo atingida em anos excepcionais (maior que 100 anos e menor que a maior inundação observada na região).

O risco adotado para projetos define a dimensão dos investimentos envolvidos e a segurança quanto a enchentes. A análise adequada envolve estudo de avaliação econômica e social dos impactos das enchentes para a definição de riscos. No entanto, essa prática é inviável devido ao custo do próprio estudo para pequenas áreas. Dessa forma, os períodos de retorno usualmente adotados para o zoneamento de áreas ribeirinhas podem variar de 100 a 5 anos. Na modelagem das linhas de inundação dos afluentes do rio Iguaçu foram definidas “áreas de risco de inundações” com base em eventos com períodos de retorno de 25 e 10 anos, tendo em vista as soluções preconizadas no Plano.

Para normatização da Região Metropolitana de Curitiba, no caso das bacias de afluentes dos afluentes, foi também sugerido utilizar o tempo de retorno de 10 anos, através de metodologia simplificada de cálculo de volumes proposta pelo Prof. Tucci.

2.2.2 Regulamentação

As definições do zoneamento são realizadas de acordo com a realidade de cada município e são inseridas no Plano Diretor Urbano de cada município, de acordo com os critérios do item anterior. Os principais pontos que devem ser considerados são os seguintes (ver Figura 2.1):

- *Zona de passagem da enchente:* Nesta faixa não será permitida nenhuma nova construção. Os cenários de ocupação geralmente são os seguintes:
- *Áreas de risco ocupadas:* quando isto ocorrer na área de passagem da inundação deve-se procurar criar um programa de relocação paulatina desta população através de recursos próprios ou criando um mercado para as áreas de inundação. O mercado pode ser criado através de projeto de lei do município com os seguintes componentes:
 - (a) eliminar o imposto desta área para lotes não ocupados;
 - (b) para os lotes ocupados o m² de área construída na área de inundação tem seu valor convertido em m² de solo criado em outras áreas do município;
 - (c) da mesma forma o m² de lote na área de inundação terá um outro fator de conversão para solo criado.

Estas condições permitirão criar um mercado de troca com a Prefeitura sem que recursos sejam utilizados. As definições de valores deve ser realizada em cada município através de avaliação imobiliária. A área de passagem da inundação deve possuir um plano de ocupação pública com parques, agricultura, horto florestal ou qualquer outro uso sem obstrução ao fluxo. Na medida que um lote seja trocado com a Prefeitura deverá implementado o plano evitando-se invasões.

- *Áreas não ocupadas:* Deve-se procurar incentivar o uso agrícola ou hortifrutigranjeiro eliminando os impostos municipais do uso da terra e dos produtos gerados nestas áreas. Para as outras propriedades particulares também deve-se utilizar os incentivos citados no item anterior sobre a troca com solo criado. Buscar outros incentivos para a preservação das áreas por particulares sem afetar o seu valor econômico.
- *Zona de Restrições :* esta zona pode ser sub-dividida em sub-áreas, mas essencialmente os seus usos podem ser:
 - . Parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo;
 - . Uso agrícola;
 - . Habitação com mais de um piso, onde o piso superior ficará situado, no mínimo no nível da cheia de 100 anos e estruturalmente protegida contra enchentes;

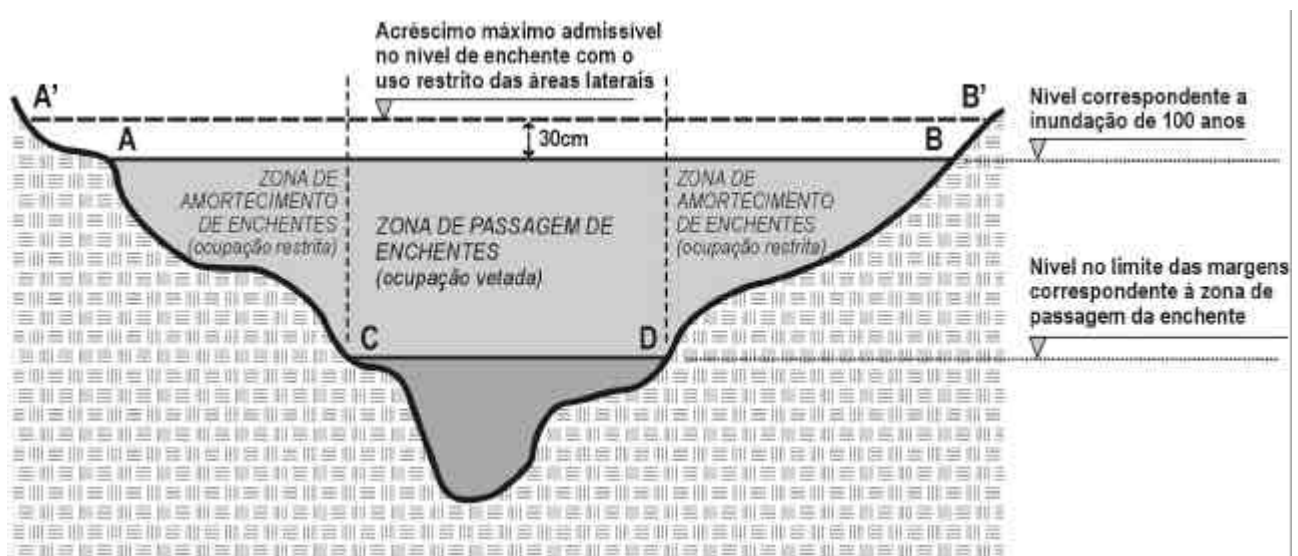
- . Industrial ou comercial, como áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeitos a danos de cheia;
- . Não permitir a ocupação de armazenamento de artigos perecíveis e principalmente tóxicos;
- . Serviços básicos desde que corretamente projetados para considerar as condições de cheia;
- . Evitar a ocupação de qualquer serviço público como hospitais, escolas, prédios públicos em áreas de risco de inundação.

Nos anexos são apresentados alguns elementos que podem ser utilizados para inserção das medidas de regulamentação no Plano Diretor Urbano de cada cidade. Esta situação pode variar de cidade para cidade, devendo os elementos apresentados serem considerados como exemplo.

Figura 2.1

Regulamentação das Áreas Ribeirinhas

No exemplo, a área sobre o segmento CD tem ocupação vetada. As áreas sobre AC e BC têm ocupação restrita. Podem ser ocupadas desde que o nível A'B' esteja no máximo 30 cm acima do nível AB.



2.2.3 Sistema de Alerta e Defesa Civil – PASE

O Plano de Ação em Situações de Emergência – PASE foi elaborado com o intuito de articular sistemas e estruturas institucionais de alerta de enchentes e de defesa civil, existentes na Região Metropolitana de Curitiba. O PASE prevê um conjunto de medidas de prevenção de acidentes de caráter não-estrutural, que possibilitem a convivência, de forma menos vulnerável, com situações de anormalidade associadas aos processos de natureza hidrológica. O crescimento da ocupação urbana em áreas naturalmente inundáveis, e a impossibilidade de solução da maior parte dos problemas a curto e médio prazo, tornam o PASE um importante instrumento de ação para

minimizar os impactos das cheias, nas áreas urbanas consolidadas e em consolidação, sujeitas ao risco de acidentes de enchentes e inundações.

As atividades contempladas no estudo para a elaboração do PASE foram as seguintes:

- a) Identificação e mapeamento das manchas críticas de enchentes e inundações;
- b) Reconhecimento e análise da gravidade do problema associado aos cenários de risco de enchentes e inundações;
- c) Análise de planos de ações emergenciais existentes;
- d) Contatos com representantes das principais instituições participantes do PASE;
- e) Montagem da logística de funcionamento do PASE, baseada no Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias e no Sistema Metropolitano de Defesa Civil, existentes na Região Metropolitana de Curitiba.

A área objeto deste estudo, abrange 14 municípios da Região Metropolitana de Curitiba: Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais.

A maior parte da área de estudo, compreende terrenos das bacias dos afluentes do rio Iguaçu desde seus formadores, rios Iraí e Atuba, até as bacias dos rios Passaúna e Maurício. O conjunto destas bacias, é denominado neste trabalho como Bacia do Alto Iguaçu. Dos municípios acima apenas Curitiba, Fazenda Rio Grande e Pinhais estão integralmente dentro da área de abrangência dos estudos do Plano Diretor. Os demais possuem apenas parcela do seu território na área objeto deste trabalho.

O modelo de abordagem utilizado para a elaboração do PASE, compreende a seguinte seqüência lógica de atividades:

- a) Identificação e mapeamento das áreas críticas a enchentes e inundações na Bacia do Alto Iguaçu;
- b) Reconhecimento e análise dos distintos cenários de risco relacionados aos processos hidrológicos ocorrentes na Bacia do Alto Iguaçu;
- c) Análise da criticidade das bacias, municípios e distritos municipais;
- d) Reconhecimento e análise dos sistemas e estruturas institucionais relacionados às atividades de monitoramento, previsão e alerta de cheias, e dos planos preventivos de defesa civil e de segurança urbana existentes na Região Metropolitana de Curitiba;
- e) Articulação dos sistemas e estruturas existentes, de previsão de cheias e de defesa civil e montagem da logística de desencadeamento de ações do Plano de Ação em Situações Emergenciais – PASE, específico para enchentes e inundações.

A identificação e o mapeamento das manchas de inundação, a partir do levantamento de dados de cada município, possibilitou reconhecer a distribuição espacial das áreas críticas de enchentes e

inundações na bacia. A análise dessas manchas permitiu também uma avaliação preliminar da gravidade do problema de enchentes e inundações em cada município. O trabalho de atualização das informações das manchas de inundação deve ser continuamente realizado, já que boa parte das ocupações de áreas ribeirinhas, relacionadas principalmente à população de baixa renda, é relativamente recente, fruto do processo de urbanização em curso.

Além do trabalho de atualização permanente, visando manter um banco de dados das manchas críticas de inundação, estudos mais detalhados devem ser realizados para uma caracterização mais precisa e com maior grau de detalhamento dos cenários de risco em cada mancha crítica de inundação. Para isso, recomenda-se a realização de trabalhos de zoneamento e cadastramento de risco objetivando precisar o número de moradias e a população efetivamente em risco de acidente, pois esse tipo de informação é muito importante para melhor balizar as ações logísticas de defesa civil no âmbito do PASE.

O reconhecimento mais detalhado das causas e efeitos das inundações objeto dos estudos dos volumes 3 e 4 integrantes do “Plano de Drenagem” deverão subsidiar ações específicas de caráter estrutural ou não-estrutural, visando a prevenção de acidentes, e até mesmo a concepção de medidas para a solução definitiva do problema.

As ações de defesa civil sugeridas no âmbito do PASE, principalmente aquelas de competência do poder público municipal, foram concebidas a partir do resultado das análises realizadas em relação aos processos hidrológicos ocorrentes e aos cenários de risco existentes em cada município, na região de domínio da bacia do Alto Iguaçu. Os municípios com situações de enchentes e inundações com risco baixo de ocorrência de acidentes que tragam perigo à integridade física das pessoas, e possibilidade elevada de controle ou solução definitiva dos problemas, foram excluídos da operação do PASE.

Por outro lado, o PASE será concebido para funcionar apoiado nas atribuições institucionais, capacitações, recursos e poder de articulação existentes na SUDERHSA, SIMEPAR e na Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, que comporiam e coordenariam respectivamente, o Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias, e o Sistema Metropolitano de Defesa Civil. Estes dois sistemas formarão a base funcional do PASE.

A SUDERHSA e a SIMEPAR, órgãos de natureza técnica nas áreas de hidrologia e meteorologia, seriam responsáveis pela operação e desenvolvimento contínuo do Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias. A CEDEC, órgão coordenador de emergências no Estado do Paraná, faria as articulações institucionais e seria a responsável pela coordenação das ações preventivas e emergenciais a ser desenvolvidas pelas Comissões Municipais de Defesa Civil, nos municípios onde haverá a operação do PASE.

As atribuições específicas das principais instituições participantes do PASE e o seu funcionamento operacional, baseado nos sistemas descritos anteriormente, encontram-se propostas na Tabela 1.2.1, do Volume 5, Tomo 5.1, objetivando o desencadeamento das ações logísticas correspondentes.

Segundo o modelo de abordagem adotado, a proposta do PASE buscou adequar-se à realidade do problema de áreas de risco de enchentes na área de cada município, e considerou as capacitações e as estruturas existentes em relação aos sistemas de previsão meteorológica, previsão de cheias e de defesa civil, presentes na Região Metropolitana de Curitiba. Neste sentido, o PASE foi elaborado considerando os sistemas existentes de previsão meteorológica da

SIMEPAR, o sistema de alerta de cheias da SUDERHSA, e a estrutura operacional do Sistema Metropolitano de Defesa Civil, e os planos de defesa civil existentes, visando poder serem implantados de forma imediata, aproveitando as atuais capacitações institucionais.

Logicamente, tanto em relação aos sistemas de monitoramento, previsão e alerta, quanto à atual estrutura de operação das Defesas Civas Municipais, ajustes e aprimoramentos devem ser continuamente realizados no âmbito do PASE. Há condições porém de se proceder à implantação e operação do PASE, em caráter piloto, segundo a formulação apresentada e utilizando as capacitações e condições atualmente existentes na Região Metropolitana de Curitiba, no sentido de avaliar na prática as potencialidades, lacunas e deficiências do PASE proposto.

2.3 AÇÕES NÃO-ESTRUTURAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

2.3.1 Legislação

No Anexo 2 são apresentadas as restrições legais a níveis federal, estadual e municipal e relativas a aspectos de uso e ocupação do solo. No Quadro 7.1., daquele anexo é apresentado um resumo das legislações municipais existentes e no Quadro 7.2, os limites de adensamento previstos em áreas de preservação.

No Anexo 4 são apresentadas as bases para a elaboração de leis municipais de controle de drenagem nos municípios da bacia do Alto Iguaçu e no seu final, uma minuta de lei. Essa minuta deverá ser avaliada pelos municípios visando a implementação de legislação específica que atenda às peculiaridades de cada um.

Os componentes principais da legislação municipal para controle da drenagem urbana deverão se basear nos seguintes pontos:

- Controle do volume na fonte, ou seja, manter a vazão depois do desenvolvimento menor ou igual a que ocorria antes do desenvolvimento;
- Na recuperação do volume de infiltração das áreas construídas;
- Controle do material sólido depositado na drenagem;

Neste sentido recomenda-se que a legislação municipal contemple o seguinte:

- Limitar a vazão dos novos empreendimentos (loteamentos) as vazão natural pré-existente aqui definida (veja manual de drenagem) em $27 \text{ l/(s.km}^2\text{)}$; Limitar também as vazões provenientes da ocupação do lote sempre que o lote for superior a 500 m^2 ou edificação multifamiliar; A manutenção das condições de pré-desenvolvimento no lote ou no parcelamento do solo deve ser demonstrada à Prefeitura.
- A precipitação proveniente de telhados e superfície impermeável projetada nos lotes urbanos devem passar por filtro, valos ou superfícies gramadas, trincheiras antes de captadas pelo sistema de drenagem público;
- Toda obra deve apresentar para o canteiro de serviços, um plano de retenção do material sólido gerado durante as chuvas;

- A área de preservação marginal do sistema fluvial deve obedecer o código florestal. Para isto recomenda-se que o município tenha um projeto paisagístico para estas áreas. Para que a mesma possa ser considerada dentro da cota pública no loteamento o município deve exigir a implementação do projeto paisagístico. Desta forma, o risco de invasão desaparece e os parques lineares são implementados sem custos;
- Os dispositivos legais referentes à drenagem devem constar nas guias de licenciamento para empreendimentos em lotes ou loteamentos
- Toda a edificação que resulte em superfície impermeável, aprovada pelo poder público municipal, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública pluvial igual a 27 l/(s.ha), conforme explicitado no Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba;
- Na edificação dentro de cada lote, a área impermeável deve ser menor ou igual à prevista para cada lote aprovada pela Prefeitura na implantação do loteamento;
- Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitem a infiltração da água para o sub-solo, como existente antes da construção;
- Os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo incluirão obrigatoriamente as áreas permeáveis a serem mantidas* (a critério do município, dentro dos seus condicionantes de área crítica e necessidade de controle da densificação);
- Após a aprovação por parte da Prefeitura, do projeto de drenagem urbana da edificação ou do parcelamento, é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície;
- É vedada edificação que cubra trecho do sistema público de drenagem pluvial, mesmo em trecho de propriedade privada;
- Transferência total do potencial construtivo aos que doarem ao Município os imóveis necessários à implantação de medidas visando o bom escoamento das águas e de unidades de conservação;
- O controle técnico de projetos e obras de drenagem, nos termos do inciso V do Artigo 31º da Lei/PR 12.726 e do inciso X do Artigo 4 do Decreto/PR 2317/00, far-se-á com base no estabelecido no Manual de Drenagem;
- Com vistas a promover a integração de gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e com a gestão e proteção de mananciais, os projetos de parcelamento do solo deverão receber manifestação quanto à drenagem;
- São parâmetros de controle técnico de projetos e obras que interferem nos sistemas hídricos: área de contribuição, coeficiente de escoamento superficial e vazão natural*;
- A drenagem específica gerada por um novo empreendimento não poderá aumentar a vazão máxima de saída em relação a essa mesma vazão nas condições atuais (naturais) da área*, nem transferir vazões de cheias para jusante do empreendimento;

* Consultar Manual de Drenagem
SUD0102RP-WR001-FI

Entende-se por empreendimento, qualquer parcelamento de solo urbano, desmembramento ou loteamento, ou a edificação em lote urbano que necessite de licenciamento.

Estes aspectos estão consolidados na proposta de legislação municipal apresentada no anexo, a qual deverá ser analisada pelas diversas prefeituras, julgando qual a melhor forma de adotar os diversos itens.

As figuras 2.2 e 2.3 mostram dispositivos utilizados para o controle dos impactos gerados por novos empreendimentos sobre sistemas de drenagem.

Figura 2.2

Exemplo de dispositivo de redução de impactos gerados por novos empreendimentos

Reservatório subterrâneo patenteado, construído em tubos corrugados, utilizado para a redução de picos de vazão em grandes áreas pavimentadas (CONTECH Construction Products Inc.).



Figura 2.3

Exemplo de dispositivo de redução de impactos gerados por novos empreendimentos
Pavimento poroso (Hager, Mary Catherine, 2001).



2.3.2 Normas e Procedimentos – Principais Aspectos do Manual de Drenagem

O Manual de Drenagem apresentado no âmbito do “Plano Diretor”, Volume 6, busca orientar os profissionais que planejam e desenvolvem estudos e projetos relacionados a drenagem urbana e a ocupação de áreas ribeirinhas ao longo dos fundos de vale da bacia do Alto Iguaçu.

Os princípios que nortearam a elaboração do “Manual de Drenagem” e também do “Plano Diretor” são bastante inovadores, pois se diferenciam das diretrizes usualmente adotadas em estudos e projetos de drenagem urbana no país. Como princípios básicos adotados mais importantes destacam-se:

- Retenção das vazões de cheias nas bacias geradoras de forma a evitar a simples transferências de enchentes para regiões de jusante, através de instalações e dispositivos apropriados;
- Ênfase no planejamento urbano com objetivo de articular o desenvolvimento das áreas urbanas com o planejamento do controle de cheias;
- Ênfase na aplicação de medidas “não estruturais” abrangendo mecanismos como legislação de uso e ocupação do solo, normas, manuais técnicos, programas de proteção da população em situações de emergência, etc.

Conforme salientado no Volume 6, a tendência da urbanização das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos têm deteriorado a qualidade de vida da população, através do aumento da frequência e o nível das inundações, redução da qualidade de água e aumento de materiais sólidos na água.

Este processo é desencadeado principalmente pela forma como as cidades se desenvolvem e pelos projetos de drenagem urbana e ocupação das áreas ribeirinhas. A tendência atual é a seguinte:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia *o escoamento da água precipitada o mais rápido possível para fora da área projetada*. Este critério aumenta de algumas ordens de magnitude as vazões máximas, a frequência e o nível de inundação de áreas a jusante;
- As áreas ribeirinhas, inundadas pelo curso d'água durante os períodos de cheia, têm sido ocupadas pela população durante a estiagem. Os prejuízos resultantes são evidentes.

Para alterar esta tendência o “Plano Diretor de Drenagem da RMC” propõe a adoção de princípios de controle de enchentes, que considerem o seguinte:

- O aumento de vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante;
- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos;
- O horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas;
- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas dentro de um zoneamento que contemple as condições de enchentes;
- As medidas de controle poderão incluir medidas estruturais e não-estruturais.

O Manual de Drenagem está estruturado dentro dessas premissas.

3 GESTÃO DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

3.1 NÍVEIS DE DECISÃO

Para que as medidas não estruturais sejam efetivas é necessário o desenvolvimento de gestões nos diferentes níveis de decisão, pois a conclusão deste plano sem que os municípios e entidades de governos estejam mobilizados para a sua execução não resultará no atendimento dos seus objetivos. Na Figura 3.1 é apresentada uma configuração dos níveis de decisão relacionados com as inundações e a drenagem urbana, abrangendo:

- *Nível estadual:* envolve as entidades que atuam em recursos hídricos e meio ambiente e o Plano Estadual de Recursos Hídricos que agrega os objetivos do Estado do Paraná e o Fundo de Investimentos em Recursos Hídricos FEHIDRO;
- *Nível da bacia hidrográfica:* envolve o Comitê de Bacia/Agência ou Unidade Executiva Descentralizada, que gerenciarão os recursos hídricos no Estado e o desenvolvimento de um Plano de bacia hidrográfica. No Alto Iguaçu este Plano ainda não foi realizado, mas deverá englobar a Região Metropolitana de Curitiba.
- *Nível municipal:* onde as decisões envolvem a jurisdição de um município e a suas ações locais. As medidas estruturais municipais são principalmente a legislação para controle do impacto da urbanização, ocupação de espaço de risco, educação, fiscalização e operação e manutenção do sistema de drenagem.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

3.2.1 Nível de Estado e Agência de Bacia

A proposta deste Plano é que o Estado do Paraná através da entidade que atua em recursos hídricos, a SUDERHSA, crie um programa com o objetivo de implementação das medidas não-estruturais nos municípios.

A maioria dos municípios não terá capacidade de desenvolver as ações previstas devido à falta de estrutura e pessoal especializado. Nesse programa será também necessário criar uma indução à implementação das medidas, já que a maioria das medidas não-estruturais atinge interesses imobiliários locais e a tendência é de os municípios postergarem qualquer ação nesse sentido.

Poderão ser definidas as medidas de indução que serão politicamente possíveis. As recomendações são as seguintes:

- Na legislação do comitê da bacia foi previsto que a SUDERHSA deveria desenvolver normas técnicas para outorga de efluentes provenientes de áreas que alteram a quantidade e qualidade dos rios. Nesse sentido, basta utilizar a legislação e dar prazos para as cidades se adequarem as normas;
- Nas áreas ribeirinhas o Estado pode sinalizar que recursos a fundo perdido para mitigar

inundações somente seriam fornecidos caso na cidade tenha regulamentação da ocupação das áreas de inundação.

- É fundamental a regulamentação por Distrito de Drenagem, como descrito no Capítulo 8 do Manual de Drenagem da Região Metropolitana de Curitiba, possibilitando a identificação das propostas do Plano Diretor de Drenagem para cada distrito. Assim, os municípios da bacia poderão ter condições para desenvolver e detalhar seus próprios planos municipais de drenagem em consonância com as realidades locais, planejando as ações em seu território de forma a considerar os efeitos dessas ações sobre a bacia e os municípios vizinhos. Caberá ao Comitê da Bacia do Alto Iguaçu e à Associação dos Usuários, também denominada UED – Unidade Executiva Descentralizada, a coordenação dos esforços no controle de impactos e a gestão de investimentos aplicados no sistema de macrodrenagem, administrando conflitos e interesses municipais e assegurando a aplicação das determinações do Plano de Bacia a ser desenvolvido.

Para a implantação do Plano é necessário que a SUDERHSA crie uma equipe de apoio do Estado, ou terceirizada, que atue no desenvolvimento do programa e na implementação das ações a exemplo de estratégia já adotada no passado com o programa de erosão e drenagem dos municípios paranaenses para dar suporte técnico às municipalidades menores.

Esta equipe da SUDERHSA também teria como tarefa orientar sobre todos os aspectos relacionados com este plano e apoiar o entendimento de normas de controle entre mais de um município numa mesma bacia. A proposta de atuação para a SUDERHSA objetivaria:

- Apoiar a implementação das medidas previstas no Plano em cada uma das cidades da RMC;
- Apoiar a formação de equipe adequada nos municípios para atuar na análise e aprovação de projetos de drenagem, fiscalização e operação e manutenção da rede;
- Preparar normas e critérios para os efluentes proveniente dos municípios que alterem a sua qualidade e quantidade. Estas normas estão previstas na outorga de efluentes da legislação do comitê das bacias hidrográficas. Estes condicionantes deveriam ser perseguidos pelos municípios como impacto a jusante do municípios e critérios negociados dentro do comitê da bacia;
- Apoiar as ações de implementação do Plano em cada cidade;
- Apoiar a solução de questões entre os municípios.

O Programa previsto pode ser financiado pelo FEHIDRO ou por uma entidade internacional como o Banco Mundial dentro da continuidade das ações de Plano também financiado pela entidade.

É essencial que exista este mecanismo de indução econômica financeira as ações nos municípios, caso contrário este Plano poderá não será implementado nos diferentes municípios.

3.2.2 Nível de Município

Este programa somente terá sucesso se houver uma administração municipal que atue nos seguintes setores:

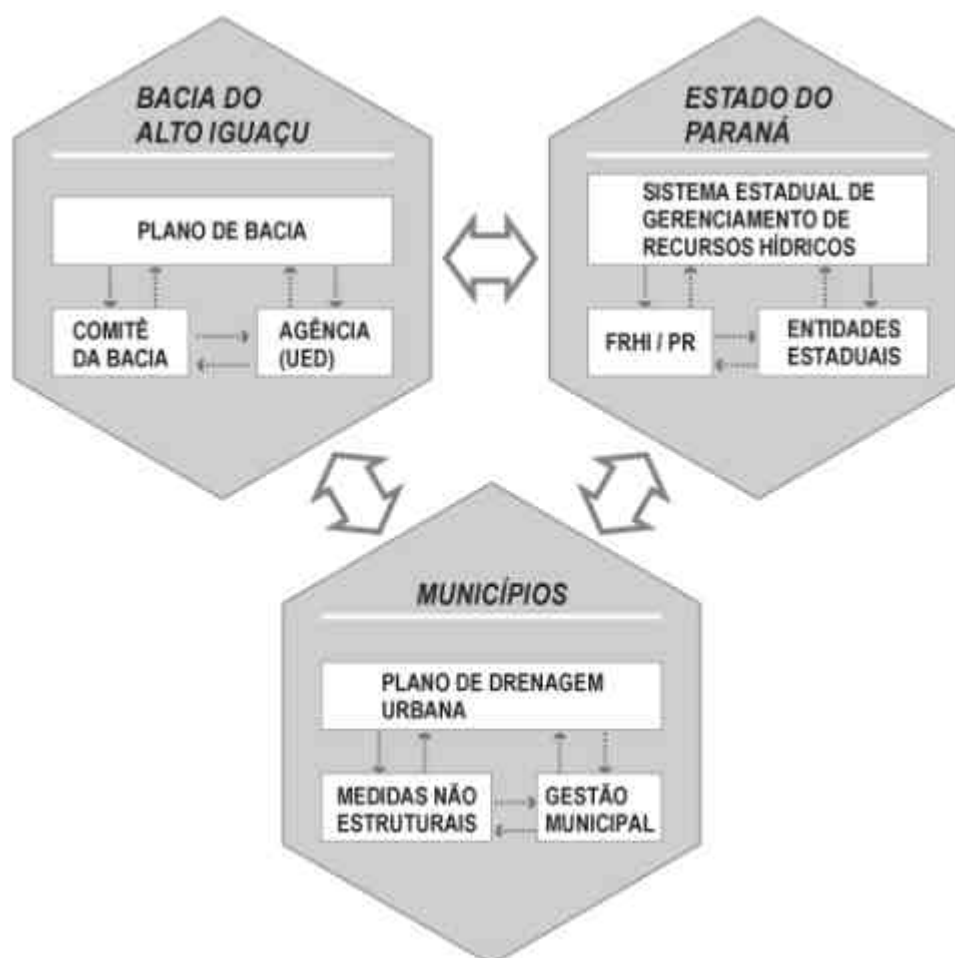
- *Aprovação de projetos*: envolve a aprovação dos projetos dentro da cidade dentro das normas previstas no Manual de drenagem e no Plano como um todo;
- *Fiscalização*: a atuação do município na verificação do cumprimento das medidas aprovadas nos projetos de drenagem e ocupação do espaço de risco;
- *Operação e manutenção da drenagem*: uma parte ponderável da drenagem ocorre dentro do município. A manutenção deste sistema, como a limpeza da rede e a coleta de material que pode chegar a drenagem, recuperação da rede e preservação dos espaços; a operação de sistemas especiais como estações de bomba e sistemas de diques.

Geralmente os municípios não possuem cobrança pela operação e manutenção da drenagem, o que dificulta a manutenção dos serviços. No entanto, deve-se estudar a possibilidade de terceirizar este serviço, agregando a drenagem de mais de um município. No entanto, o município necessita de equipe para fiscalização.

Figura 3.1

Níveis de Decisão

Para que as medidas não-estruturais sejam efetivas é preciso o envolvimento dos diversos níveis de decisão na gestão do Plano Diretor de Drenagem.



3.3 PROGRAMA DE EDUCAÇÃO

A falta de conhecimento quanto aos impactos da urbanização na drenagem é muito grande, tanto no ambiente técnico como na população em geral. Isto dificulta a tomada de decisão num ambiente na RMC.

A viabilização deste Plano depende de aceitação por parte da população e técnicos, independentemente da regulamentação. Portanto, é necessário que todos tenham as informações adequadas para que a gestão seja viável. Assim, os objetivos de um programa de educação abrangem:

- Transmitir conceitos sobre o impacto da urbanização na drenagem urbana para população, engenheiros e arquitetos;
- Treinar técnicos da prefeitura e da iniciativa privada no projeto de técnicas de controle da drenagem urbana.

O programa de educação será realizado através de:

- Campanha de divulgação para a população através da mídia impressa e televisão;
- Palestras nas entidades de classe – arquitetos, engenheiros, construtores, etc;
- Cursos de treinamento de curta duração para projetistas e técnicos da prefeitura sobre drenagem urbana.

3.4 INTEGRAÇÃO DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

A Figura 3.2 mostra o fluxo das atividades externas do Estado, do gestor da bacia e da cidade. Dentro destes elementos estão destacados os programas de apoio aos municípios e as fontes de financiamento para a implementação dos planos de drenagem.

Figura 3.2

Relações das Medidas Não-Estruturais

A aplicação das medidas e ações não-estruturais envolve instâncias estaduais e municipais.



Existe dentro deste processo um grande desafio que é o de gerar um mecanismo mobilizador para os municípios aderirem ao programa. Com esse objetivo, o Comitê de bacia e os órgãos estaduais responsáveis devem estabelecer os mecanismos de financiamento para as atividades de planejamento e apoio, a partir da implementação da cobrança pelo uso da água e cobrança da outorga de efluentes.

Além disso, é imperioso que o mecanismo de decretação de “Estado de Calamidade Pública” durante uma inundação e o recebimento de recursos público a fundo perdido, deve ser revisto, pois tem beneficiado os municípios que não adotam medidas preventivas.

4 REFERÊNCIAS

ASCE (1969) Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. American Society of Civil Engineer. 753p.

SCHUELER, T. 1987. *Controlling Urban Runoff*. Washington Metropolitan Water Resources Planning Board. 210p.

TUCCI, C.E.M (2000) Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. RBRH Vol5 n.1.

URBONAS, B.R.; GUO, C.Y.; TUCKER, L.S. (1990) Optimization of Stormwater quality capture volume. Urban Stormwater Quality Enhancement. ASCE New York, NY.

URBONAS, B; STAHR, P. (1993) Stormwater Best Management practices and detention, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

WILKEN, P.S., 1978. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB 477p.

ANEXO 1
IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS SISTEMAS DE DRENAGEM

ANEXO 1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS SISTEMAS DE DRENAGEM

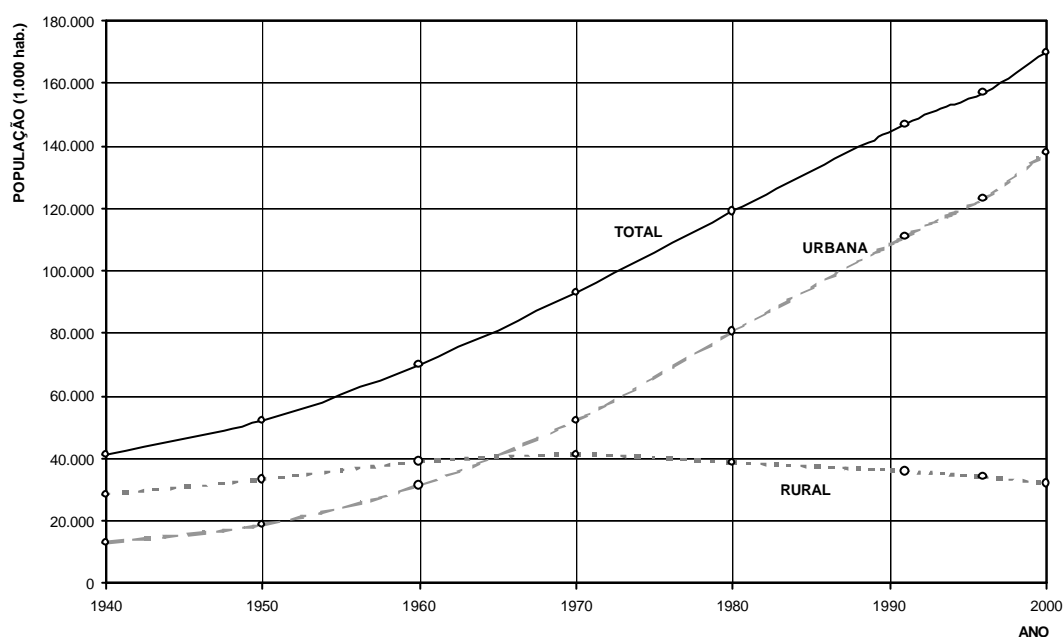
1 DESENVOLVIMENTO URBANO

Nos últimos 60 anos, segundo a Fundação IBGE, a população total do Brasil cresceu de 41 milhões para 170 milhões de habitantes o que representa um crescimento global de 312%. A população rural, que era de 28 milhões em 1940 passou a ser de 32 milhões em 2000, tendo crescido no período apenas 12%. Já a população urbana nacional cresceu de 13 milhões para 138 milhões o que equivale a um crescimento de 971% nesse mesmo período (Figura 1.1).

Figura 1.1

Evolução da População Urbana, Rural e Total no Brasil.

O gráfico mostra a evolução da concentração da população brasileira nas áreas urbanas segundo dados censitários da FIBGE.



A população urbana no estado do Paraná em 1991 representava 73% da população do Estado. Em 2000 essa porcentagem cresceu para 81%. Para os municípios da RMC contidos na bacia do Alto Iguaçu essa porcentagem, em 1991, já atingia 94% da população tendo permanecido estável na última década apesar de um crescimento de cerca de 33% da população total nesse mesmo período, de 1,94 para 2,59 milhões de habitantes.

A tendência do crescimento demográfico dos últimos anos mostra a seguinte situação: redução das taxas de crescimento populacional do país; baixas taxas de crescimento nas cidades-núcleo das regiões metropolitanas (Quadro 1.1) e aumento das taxas de crescimento na periferia; aumento da população em cidades que são pólos regionais de crescimento. Cidades acima de

1 milhão de habitantes crescem a uma taxa média de 0,9 % ao ano, enquanto que os núcleos regionais, como cidades entre 100 e 500 mil habitantes, crescem a taxa de 4,8%. Portanto, todos os processos inadequados de urbanização e impacto ambiental que se ocorreram nas RM (Regiões Metropolitanas) estão se reproduzindo nestas cidades de médio porte. Na RMC este processo é claro, como se pode observar na Figura 1.2.

Este crescimento urbano tem sido caracterizado pela expansão das periferias, sem obediência aos Planos Diretores Urbanos e normas de loteamentos, além da ocupação irregular de áreas públicas por população de baixa renda. Esta tendência dificulta o ordenamento das ações não-estruturais de controle do ambiente urbano. Exemplo deste processo de desenvolvimento é a ocupação não regulamentada das áreas de mananciais, que compromete a sustentabilidade hídrica das cidades.

Quadro 1.1 População e Crescimento de Algumas Cidades Brasileiras

Cidade	População em 1996 (milhões)	Aumento do núcleo entre 1991 e 1996 (%)	Aumento da periferia entre 1991 e 1996 (%)
São Paulo	16,667	2,0	16,3
Rio de Janeiro	10,532	1,3	7,1
Belo Horizonte	3,829	3,5	20,9
Porto Alegre	3,292	2,0	9,4
Recife	3,258	3,7	7,4
Salvador	2,776	6,6	18,1
Fortaleza	2,639	11,1	14,7
Curitiba	2,349	12,3	28,2
Belém	1,629	-8,1	157,9

Fonte: IBGE, 1998.

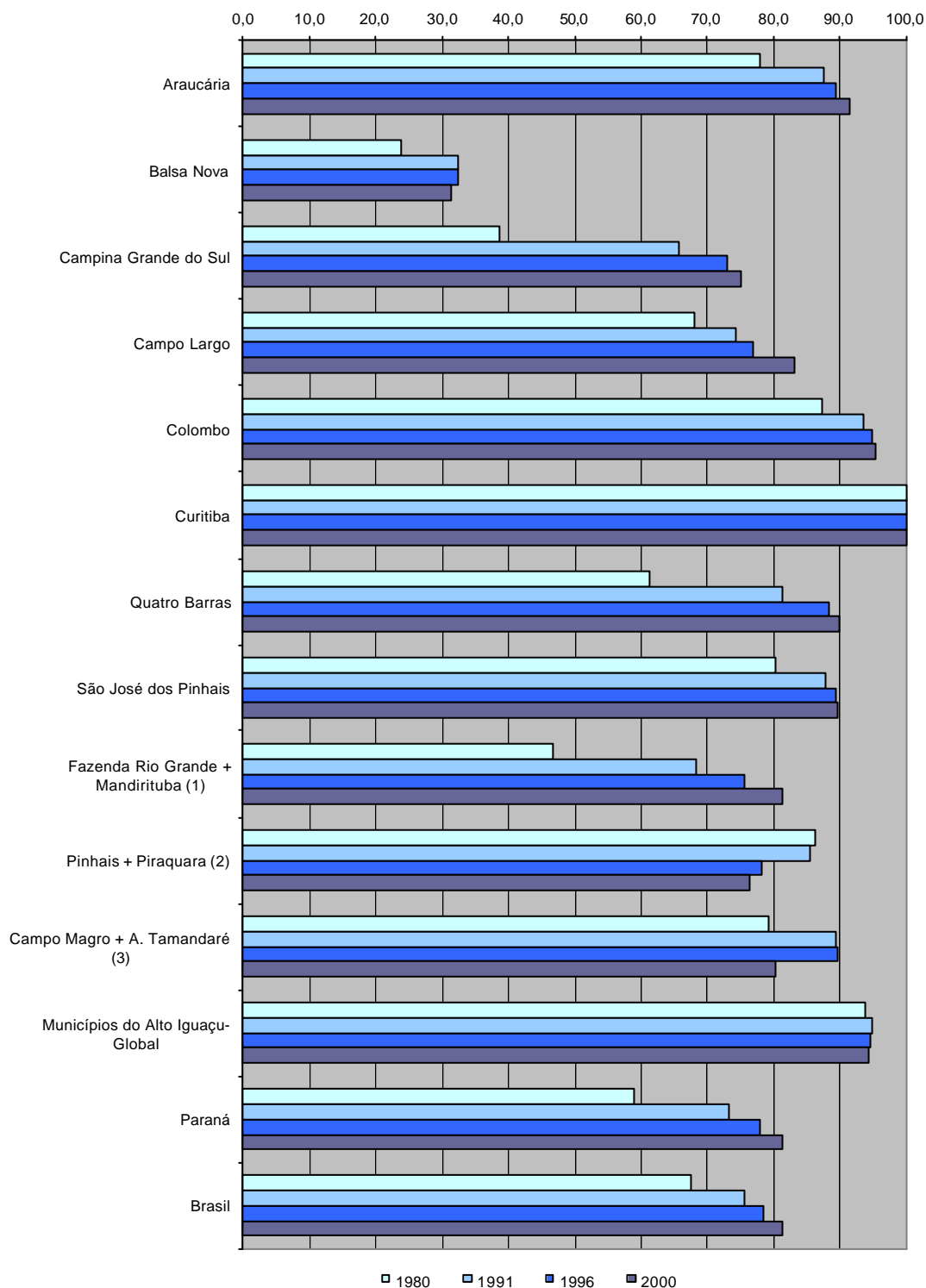
Algumas das principais causas deste processo são as seguintes:

- Baixa renda da população, agravada nos períodos de crise econômica e desemprego significativo;
- Investimento e planejamento insuficientes: como o preço da infraestrutura exigida para um lote é inferior, ou próximo do valor de mercado do próprio lote, a mesma não é implantada em empreendimentos voltados à população de baixa renda ficando para o poder público o ônus da regularização e implementação futura da infra-estrutura;
- Medidas restritivas incompatíveis com a realidade brasileira. As leis de proteção de mananciais são em geral excessivamente restritivas e, por isso, acabam não sendo respeitadas. Estas leis impedem o uso das áreas de mananciais sem que o poder público tenha obrigação de adquirir as propriedades situadas nas áreas de proteção. O proprietário é então penalizado já que, na maioria das vezes, deve continuar pagando impostos além de ter como obrigação preservar sua área quase intacta. A desobediência acaba ocorrendo devido ao aumento do valor econômico das áreas vizinhas.

Existe assim no Brasil a cidade legal e a cidade ilegal que necessita de ordenamento, controle, de políticas mais realistas quanto às áreas de mananciais e de riscos de inundação.

Figura 1.2**Taxas de Urbanização dos Municípios da Bacia do Alto Iguaçu**

Na maioria dos municípios da Bacia do Alto Iguaçu as taxas de urbanização aumentaram entre 1980 e 2000. A taxa global, considerando todos os municípios da bacia, permaneceu estável, mas muito alta nessas duas décadas (em torno de 94%).



(1) O Município de Fazenda Rio Grande foi criado em 29/01/1990, através de desmembramento de Mandirituba.

(2) O Município de Pinhais foi criado em 18/03/1992, através de desmembramento de Piraquara.

(3) O Município de Campo Magro, foi criado em 01/01/1997, através de desmembramento de Almirante Tamandaré.

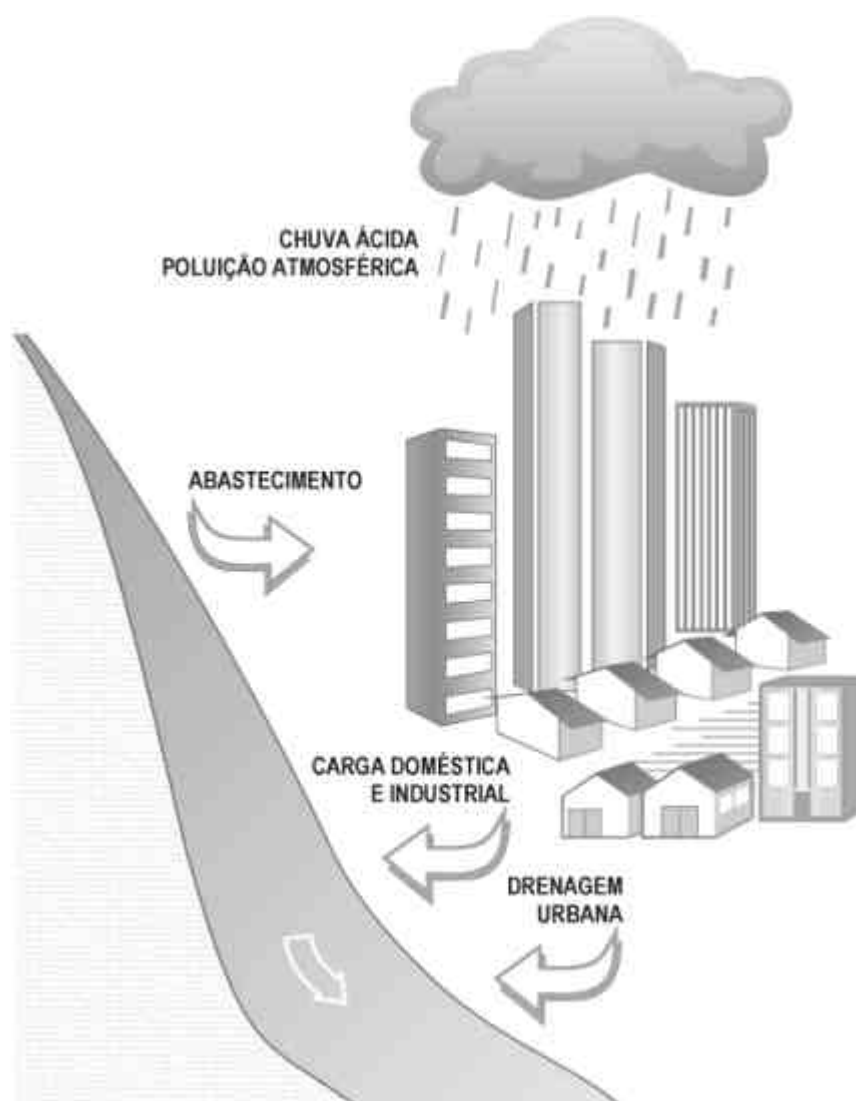
2 CICLO DE CONTAMINAÇÃO

As águas captadas para o abastecimento das cidades retornam ao meio ambiente na forma de esgotos. Os esgotos são dispostos no solo, através de fossas sépticas, ou lançados no sistema coletor. Nas cidades onde não existe sistema de coleta, ou quando esse sistema apresenta deficiências, o esgoto é transportado pelo sistema de drenagem pluvial. Na maioria das cidades brasileiras a maior parte da água captada retorna aos rios sem passar por um tratamento adequado, provocando a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos.

Figura 2.1

Ciclo de Contaminação (adaptado de Tucci, 2002)

Quando esgotos e águas pluviais da cidade são despejados nos rios sem tratamento prévio, contaminam os rios e degradam o meio ambiente.



As águas pluviais também são contaminadas, seja pela lavagem das superfícies urbanas, seja pelo carreamento de poluentes presentes no ar. Essa contaminação, conhecida como *poluição difusa*, é agravada na medida em que se investe na canalização de rios. Com a impermeabilização do solo e a aceleração do escoamento, a água poluída, que normalmente se infiltrava no subsolo,

passa a escoar pela superfície e pela rede de drenagem alcançando os rios com uma concentração maior de carga poluidora.

A Figura 2.2 mostra uma experiência realizada nos Estados Unidos para a visualização da poluição das águas pluviais em uma área urbana.

Figura 2.2

Poluição das Águas Pluviais.

Amostras de Águas Pluviais extraídas durante uma chuva em área urbanizada. O tempo zero está na posição 10:00 h. A cada 10 min. foram tomadas duas amostras (no sentido horário). A chuva terminou após 40 min, por isso os dois últimos frascos estão vazios (Hager, Mary Catherine, 2001).



Como consequência das inundações, surgem também as doenças provocadas pelas águas pluviais contaminadas como, por exemplo, a leptospirose, transmitida pela urina dos ratos presente nas águas de inundação.

Os processos de produção de resíduos sólidos são também associados à drenagem urbana. Com o desenvolvimento das cidades a vegetação original é removida expondo o solo às intempéries e à erosão. Solos frágeis, como os presentes na bacia do Alto Iguaçu, são mais suscetíveis à erosão e necessitam de maiores cuidados quando passam a ser ocupados pelas cidades. O material erodido, somado aos resíduos sólidos produzidos e dispostos inadequadamente pela própria população, é transportado pelas águas pluviais através do sistema de drenagem e se acumulam, por decantação, nos trechos de menor velocidade de escoamento. Como consequência, reduzem a capacidade hidráulica do sistema e contribuem para a poluição do sistema hídrico.

O ciclo de contaminação se fecha quando o conjunto dos impactos citados afeta rios e lençóis, contaminando os mananciais. Nas grandes cidades esta situação já ultrapassa os limites de sustentabilidade ambiental chegando a comprometer a situação da saúde pública que está retrocedendo às condições de higiene do início do século vinte.

Algumas soluções para a redução da poluição das águas pluviais vêm sendo utilizadas com sucesso em outros países. Além do tratamento e disposição adequados dos esgotos sanitários,

são implantados, ao longo do sistema de drenagem, dispositivos que atuam diretamente na redução das cargas poluidoras presentes nas águas pluviais. Alguns desses dispositivos têm finalidades múltiplas, servindo também como amortecedores das vazões de pico e elementos paisagísticos. As figuras 2.3 e 2.4 mostram exemplos de sistemas empregados em cidades americanas.

Figura 2.3

Exemplo de Sistema Utilizado para a Redução da Poluição Difusa
Vala Gramada (Hager, Mary Catherine, 2001).



Figura 2.4

Exemplo de Sistema Utilizado para a Redução da Poluição Difusa
Retentor de detritos ("armadilha") em boca-de-leão nas proximidades do Indian River no Sul da Califórnia (Hager, Mary Catherine, 2001).



3 URBANIZAÇÃO E OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

A urbanização sem um planejamento adequado da ocupação dos espaços e do desenvolvimento da infra-estrutura gera forte impacto sobre o meio natural e a população. Os principais impactos são:

- Aumento da frequência da inundação devido a impermeabilização do solo e canalização, com prejuízos distribuídos pela cidade;

- Transporte de material sólido para o sistema fluvial obstruindo o escoamento e contaminando o sistema;
- Contaminação do sistema fluvial com compostos tóxicos e nutrientes devido ao escoamento pluvial pela lavagem de superfícies urbanas contaminadas;
- Prejuízos por inundação devido a ocupação de áreas de risco de inundação (*áreas ribeirinhas*) e de encostas sujeitas a deslizamento.

3.1 Inundações Ribeirinhas

CASOS TÍPICOS

As cidades, no passado, localizavam-se próximas a rios de médio e grande porte, para uso do transporte fluvial. A parcela do leito maior ocupada pela população sempre dependeu da memória dos habitantes e da frequência com que as enchentes ocorrem. Uma seqüência de anos sem inundação era motivo para que a sociedade pressionasse a ocupação do leito maior do rio. Na cidade de Blumenau, por exemplo, existem registros de cotas de inundações que atingem o leito maior desde 1852. No período de 1912 a 1982 (71 anos), não ocorreu nenhuma enchente com cota superior a 13,00 m. Nos anos mencionados a seguir ocorreram cotas muito superiores à mencionada: em 1852, 16,50m; em 1880, 17,10m; em 1911, 16,90m. Setenta e um anos depois, em 1983, 15,34m e em 1984 15,50m.

No período de baixas enchentes, houve grande ocupação do vale do rio Itajaí, o que resultou em significativos prejuízos com a enchente de 1983, da ordem de 16% do PIB de Santa Catarina na época. A Cia. Hering, fundada no ano da maior enchente, 1880, manteve na memória o nível dessa enchente (17,10 m), sempre buscou espaços em cotas acima da mencionada, e não sofreu com as inundações posteriores. As informações sobre as enchentes existem, mas é necessário utilizá-la tecnicamente no planejamento da cidade.

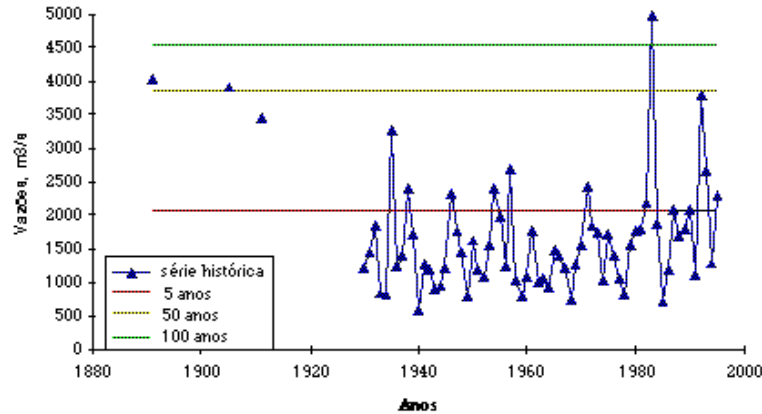
Em Porto Alegre, a grande enchente deste século foi em 1941, e atingiu parte considerável do centro da cidade e algumas áreas ribeirinhas. Em 1967, ocorreu uma enchente de menor porte, mas, depois dessa data, não houve nenhuma cheia importante. Na década de 70 foi construído um sistema de diques para a proteção para a cidade. A necessidade desse sistema de proteção vem sendo questionada por parte significativa da população, já que, há muitos anos, não ocorre nenhuma enchente que atinja a cota de proteção.

Em São Paulo, as avenidas marginais do rio Tietê são exemplos de desconexão entre planejamento do sistema de macrodrenagem, planejamento urbano e planejamento viário. Ao privilegiar o transporte individual e a produção de energia elétrica, o poder público acabou por desconsiderar a questão das inundações. Com a retificação do rio Tietê, a expansão urbana descontrolada na sua bacia e o aproveitamento de suas margens para a implantação de grandes avenidas, as inundações passaram a ser constantes (acontecem invariavelmente diversas vezes ao ano, ver figuras 3.2 e 3.3). Segundo o Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Tietê, somente obras de grande porte que restrinjam as vazões de seus afluentes, somadas à obras pesadas de ampliação da calha e à rígidas medidas de controle não estruturais poderão reverter essa situação.

Figura 3.1

Vazões de Inundação em União da Vitória/ Porto União (Tucci e Villanueva, 1998)

Entre os anos 1959 e 1983 houve apenas uma enchente com período de retorno maior que 5 anos o que favoreceu a ocupação urbana das várzeas nesse período.

**Figura 3.2**

Inundação do Rio Tietê, na região da ponte das Bandeiras.

A opção urbanística de ocupar a várzea do rio Tietê com avenidas de fundo de vale é a principal causa dessa inundação que acontece quase todos os anos apesar do sistema de diques implantado na região.

**Figura 3.3**

Inundação do Rio Aricanduva.

O mesmo conceito urbanístico adotado para as margens do rio Tietê também é empregado em seus afluentes. No caso, as inundações são consequência da ocupação do leito maior.



Os mesmos fenômenos acontecem na Região Metropolitana de Curitiba. O Bairro Cidade Jardim e o Jardim São Judas Tadeu, ambos em São José dos Pinhais e objetos de obras do PROSAN, são exemplos típicos. Embora sejam loteamentos regulares, foram implantados às margens do Rio Iguaçu em zonas sujeitas à enchentes, provavelmente por falta de memória de eventos passados e por falta de condições de se desenvolver estudos prévios que pudessem analisar os riscos de inundação. Hoje são bairros populosos e, por isso despertam os cuidados do poder público. Estudos realizados dentro do PROSAM mostraram que outros locais em situações semelhantes poderiam ser desapropriados e ter suas populações deslocadas, o que acabou por acontecer. Nos dois casos citados, essa solução se mostrou inviável. A alta densidade demográfica desses bairros

tornava a transferência da população uma operação de alto custo como também de alto impacto negativo. Optou-se então pela realização de obras de proteção do tipo polderes, as quais garantem uma segurança maior à população, mas requereram altos investimentos além de custos de manutenção pelo resto de suas vidas úteis.

Figura 3.4

Inundação na várzea do rio Iguaçu.

As áreas de várzea onde as inundações acontecem com menor frequência acabam sendo ocupadas por loteamentos muitas vezes regulares. O zoneamento de enchentes proposto no Plano Diretor de Drenagem pode evitar situações como essas.



O prejuízo médio causado pelas inundações nos Estados Unidos é de cerca de 7 bilhões de dólares anuais (estimativa de 1983, Hudlow et al., apud NRC, 1991). No Brasil, são raros os estudos sobre esse tipo de prejuízos. A JICA (1986) estimou em 7% do valor de todas as propriedades de Blumenau o custo médio anual de enchentes e em 22 milhões de dólares para todo o Vale do Itajaí. No Volume 7 do presente Plano Diretor de Drenagem é apresentada uma estimativa dos prejuízos para a bacia do rio Atuba.

Figura 3.5

Canal Paralelo do Rio Iguaçu no trecho logo a montante do bairro Cidade Jardim, em São José dos Pinhais.

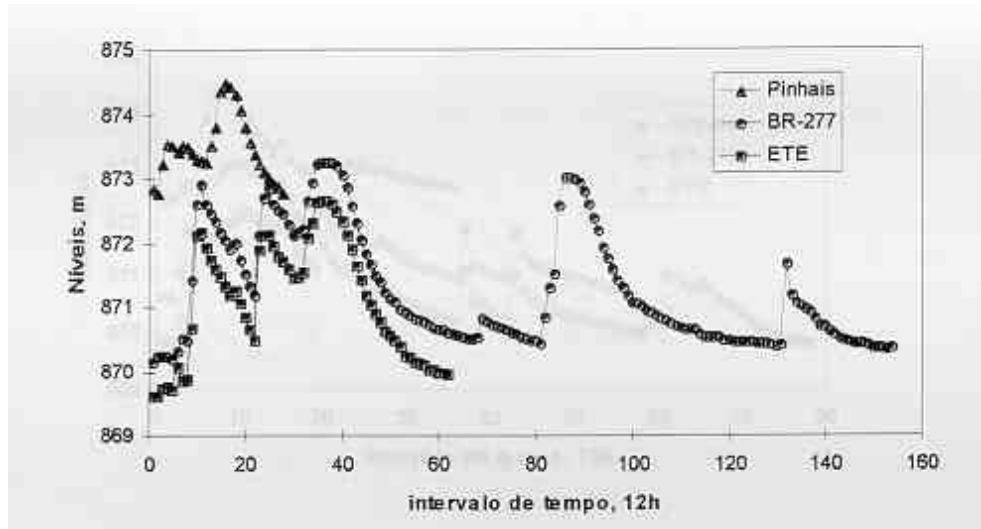
O canal paralelo, que integra o Sistema de Controle de Cheias do Iguaçu tem como uma de suas funções evitar a ocupação das várzeas sujeitas à enchentes. À esquerda vê-se o dique de proteção construído para reduzir os riscos de enchente no bairro Cidade Jardim.



Figura 3.6

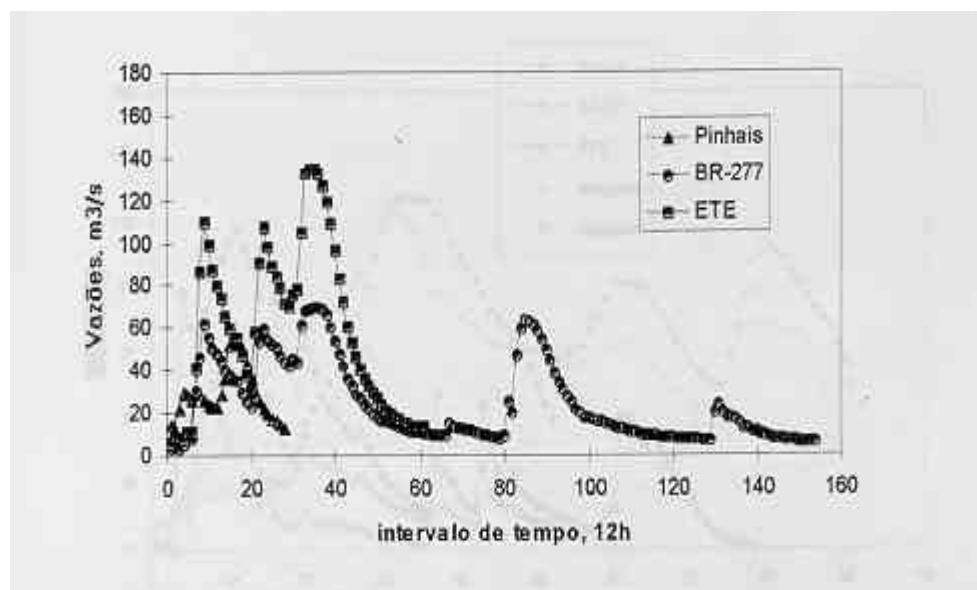
Cotograma da Inundação nos postos fluviométricos BR277 e ETE para a enchente de 1987 (MP03 – Estudos Hidrológicos – Hidrodinâmicos do Rio Iguaçu na RMC – Volume I ,PROSAM,1996)

A cheia de 4/5/1987 a 19/7/87 foi um dos maiores eventos observados nos postos fluviométricos no período de 1956 a 1994.

**Figura 3.7**

Hidrograma da Inundação nos postos fluviométricos BR277 e ETE para a enchente de 1987 (MP03 – Estudos Hidrológicos – Hidrodinâmicos do Rio Iguaçu na RMC – Volume I ,PROSAM,1996)

A cheia de 4/5/1987 a 19/7/87 , chegando a vazão de 135,5 m³/s no posto ETE



CAUSAS

A inundações ribeirinhas ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a dois anos; este tipo de enchente, normalmente, ocorre em bacias grandes, sendo decorrência de processo natural do ciclo hidrológico.

Em condições naturais, os rios ocupam dois leitos: o leito menor, onde a água escoar na maior parte do tempo, e o leito maior que é inundado em média a cada dois anos; o impacto devido às *enchentes* ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita às *inundações*.

Para o entendimento do fenômeno das inundações convém, inicialmente, precisar o significado do termo *inundação* da forma em que é usado neste trabalho.

Há uma diferença conceitual entre *enchente*, ou *cheia*, e *inundação*. Todo rio dispõe de um leito principal cuja forma e dimensões são determinadas pela natureza em função das características físicas do terreno e das vazões que transporta. O leito principal é tecnicamente chamado de *leito menor*. Porém, diante de uma tormenta, quando o rio recebe uma vazão superior à capacidade de seu leito menor, as águas extrapolam os limites físicos desse leito passando a escoar também pela *várzea* do rio, também chamada de *leito maior*. A esse processo natural de alagamento do leito maior se dá o nome de *enchente*, ou *cheia*.

Com a ocupação das várzeas naturais pelo homem e com o aumento das vazões de cheia, decorrentes de intervenções nas bacias hidrográficas, surgem as *inundações*. As inundações são, portanto, as enchentes naturais em condições adversas ao homem.

O leito menor é criado pelo próprio ao longo de milhares de anos e representa a região do rio no qual o mesmo se encontra com maior frequência. O limite do leito menor geralmente possui um tempo de retorno entre 1,5 e 2 anos.

As principais causas que resultam na ocupação do leito maior dos rios urbanos são:

- Falta de planejamento ou zoneamento das áreas de risco de inundação. Conforme visto, é comum a população ocupar áreas ribeirinhas após um período sem enchentes. O zoneamento das áreas de risco pode evitar esse tipo de ocupação;
- A população de baixa renda, premida pela falta de alternativas de baixo custo nas cidades, acaba ocupando áreas de risco, sujeitas a enchentes naturais, geralmente de baixo valor imobiliário ou abandonadas pelo poder público. Essa ocupação pode acontecer de forma ilegal, quando as áreas de várzea são consideradas de ocupação restrita pela legislação municipal, ou mesmo legalmente, quando essa restrição não é prevista. No primeiro caso configuram-se situações de invasão que teoricamente poderiam ser resolvidas por meio de instrumentos legais. O segundo caso, quando a ocupação de várzeas é permitida na legislação de uso do solo, reflete uma deficiência no gerenciamento das cheias por parte do poder público ou a falta de alternativas para a expansão urbana. A defesa civil é, constantemente, acionada para proteger essa parte da população. A questão com a qual o administrador municipal depara-se, nesse caso, é que, ao transferir essa população para uma área segura, outros se alojam no mesmo lugar, como resultado das dificuldades econômicas e das diferenças sociais;
- Em muitos casos o poder público não prioriza o planejamento do controle de cheias, tentando administrá-las quando acontecem. Um dos mecanismos empregados é o da

declaração de Calamidade Pública. Com esse artifício a cidade pode receber recursos a fundo perdido para a contratação de obras e serviços de emergência sem concorrência pública o que acaba sendo utilizado como um meio de angariar verbas para o município.

ATRIBUIÇÕES INSTITUCIONAIS

A população quando afetada por inundações, pressiona seus dirigentes por soluções do tipo estrutural, como canalização, barragens, diques, etc. Essas obras, muitas vezes, têm um custo que os municípios e até mesmo os Estados, não têm condições de suportar. Até 1990, o DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento-, a nível federal, atendia parte desses problemas. Com a criação da Secretaria de Recursos Hídricos no governo atual essa atribuição passa a ser dessa entidade pois, o artigo 21 da Constituição, expressa que "*competete à União ... planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações*".

As administrações estaduais, em geral, não estão preparadas técnica e financeiramente para planejar e controlar esses impactos, já que os recursos hídricos são, normalmente, tratados de forma setORIZADA (energia elétrica, abastecimento urbano e tratamento de esgoto, irrigação e navegação), sem que haja maior interação na administração e no seu controle. A regulamentação do impacto ambiental envolve o controle da ação do homem sobre o meio ambiente e não a prevenção e controle de enchentes. Os municípios foram pressionados a estabelecerem o Plano Diretor Urbano, o qual, na sua quase totalidade, não contempla os aspectos de prevenção contra a ocupação dos espaços de risco de enchentes. Observa-se que os Planos Diretores já tratam de aspectos de preservação ambiental do espaço, disseminados pela divulgação da proteção ambiental, mas, por falta de conhecimento e orientação, raramente se observam dispositivos de regulamentação da ocupação das áreas de risco de enchentes.

3.2 Impactos Sobre o Sistema de Drenagem Urbana

Com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas, pátios, entre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pela superfície e pelos condutos. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo ficava retido na vegetação e nas depressões naturais do terreno, com a urbanização, passa a escoar pelo sistema de macrodrenagem, exigindo maior capacidade de escoamento das seções. O hidrograma típico de uma bacia natural e aquele resultante da urbanização são apresentados na Figura 3.6.

Os efeitos principais da urbanização são:

- Aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial. Na bacia do rio Belém em Curitiba, com área de drenagem de 42 km² e áreas impermeáveis da ordem de 60% foi obtido um aumento de 6 vezes na vazão média de cheia das condições rurais para a condição atual de urbanização. Na 3.7 é apresentada a vazão média de cheia em função da área de drenagem para bacias rurais e para a bacia do rio Belém, Palmital e Atuba. A tendência dos valores das bacias rurais permitiu estimar a vazão média de cheia da sua situação de pré-desenvolvimento;

- Aumento da frequência de inundações. Segundo pesquisa realizada em Belo Horizonte por Ramos, o número de eventos de inundações nos últimos anos cresceu a taxas similares ao crescimento da população na região metropolitana, conforme indicado na Figura 3.9;
- Aumento da produção de sedimentos pelo efeito da erosão e do assoreamento dos cursos de água pela deposição desses sedimentos;
- Deterioração da qualidade das águas superficiais pelo aumento do transporte de sedimentos, lavagem das superfícies impermeabilizadas e ligações clandestinas de esgotos (veja Quadro 3.1);
- Redução das taxas de recarga dos aquíferos subterrâneos pela alteração do ciclo hidrológico natural por causa da maior quantidade de água que passa a escoar pela superfície em relação e da menor quantidade que infiltra;
- Contaminação de aquíferos devido a aterros sanitários, uso de fossas sépticas com sumidouros, infiltração de águas pluviais contaminadas e pela própria redução da recarga
- Deterioração das condições de vida das populações afetadas pelas inundações que sofrem prejuízos materiais, interrupção das atividades econômicas, interrupção de tráfego, desabrigo, risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica e até mesmo perdas humanas, entre outros.

O desenvolvimento urbano produz aumento de sedimentos devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas. A produção de sedimentos devido a construções sem que ocorra controle dos sedimentos produzidos é de 8 a 12 toneladas por hectare por ano, enquanto que para áreas naturais sem alterações 0,24 toneladas por hectare por ano (Novotny e Chester, 1981 e Leopold, 1968).

As principais consequências ambientais da produção de sedimentos são as seguintes:

- Assoreamento das seções da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos. A lagoa da Pampulha é um exemplo de um lago urbano que tem sido assoreado. O arroio Dilúvio em Porto Alegre, devido a sua largura e pequena profundidade, durante as estiagens, tem depositado no canal a produção de sedimentos da bacia e criado vegetação, reduzindo a capacidade de escoamento durante as enchentes;

- Transporte de poluente agregado ao sedimento, que contaminam as águas pluviais.

A medida que a bacia é urbanizada e a densificação consolidada, a produção de sedimentos pode reduzir, mas um outro problema aparece, que é a produção de lixo. O lixo obstrui ainda mais a drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Esse problema somente é minimizado com adequada frequência da coleta e educação da população com muitas pesadas.

A qualidade da água do pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto *in natura*. Esse volume é mais significativo no início das enchentes.

Os esgotos podem ser combinados (cloacal e pluvial num mesmo conduto) ou separados (rede pluvial e cloacal separadas). No Brasil, a maioria das redes é do segundo tipo; somente em áreas antigas de algumas cidades existem sistemas combinados. Atualmente, devido a falta de capacidade financeira para ampliação da rede de cloacal, algumas prefeituras tem permitido o uso da rede pluvial para transporte do cloacal, o que pode ser uma solução inadequada a medida que

esse esgoto não é tratado, além de inviabilizar algumas soluções de controle quantitativo do pluvial.

Os poluentes que ocorrem na área urbana variam muito, desde compostos orgânicos a metais altamente tóxicos. Alguns poluentes são colocados para diferentes funções no ambiente urbano como inseticidas e fertilizantes, como chumbo proveniente das emissões dos automóveis e óleos de vazamento ou de caminhões, ônibus e automóveis são resultados de atividades dentro do ambiente urbano. A fuligem resultante das emissões de gases dentro do ambiente urbano dos veículos, das indústrias, queima de resíduos se depositam na superfície e são lavados pela chuva. A água, resultante desta lavagem chega aos rios contaminada.

Os principais poluentes encontrados no escoamento superficial urbano são : sedimentos, nutrientes, substâncias que consomem oxigênio, metais pesados, hidrocarbonetos de petróleo, bactérias e vírus patogênicos. Os valores médios americanos são apresentados na Tabela abaixo

Quadro 3.1 Qualidade da Água Pluvial - Concentração para escoamento médio para alguns usos da terra urbano baseado no Programa Nacional de Escoamento Urbano (americano).

Parâmetro	Residencial	Comercial	Industrial
TKN (mg/l)	0,23	1,5	1,6
NO ₃ + NO ₂ (mg/l)	1,8	0,8	0,93
Total P (mg/l)	0,62	2,29	0,42
Cobre (µmg/l)	56	50	32
Zinco (µmg/l)	254	416	1.063
Chumbo (mg/l)	293	203	115
COD (mg/l)	102	84	62
TSS (mg/l)	228	168	106
DBO (mg/l)	13	14	62

Fonte: Whalen e Cullum (1989).

Como referência apresenta-se a seguir a tabela 3.4 com a concentração de poluentes no escoamento superficial urbano na bacia do Córrego Mandaqui cuja área é de aproximadamente 16 km² apresentando-se quase que totalmente urbanizada.

Quadro 3.4 Concentração de Poluentes no Escoamento – Córrego Mandaqui – São Paulo

Poluente	Média (mg/l)	Desvio Padrão (mg/l)
Demanda. Bioquímica de Oxigênio	166	181
Demanda Química de Oxigênio	447	462
Sólidos Totais	669	473
Sólidos Sedimentáveis	6,98	5,86
Fosfato	0,341	0,392
Nitrogênio Total	23,9	26,9
Coliformes Fecais (x 10 ⁴ /ml)	3,55	5,42
Coliformes Totais (x 10 ⁴ /ml)	2,98	6,42

Fonte: Tucci, La Laina e Barros (1995).

SUD0102RP-WR001-FI

Figura 3.6

Características das alterações de área rural para urbana (de Schueler, 1987).

A impermeabilização do solo reduz a infiltração e a retenção das águas pluviais aumentando o volume que escoam pela superfície e os picos das vazões de cheia.

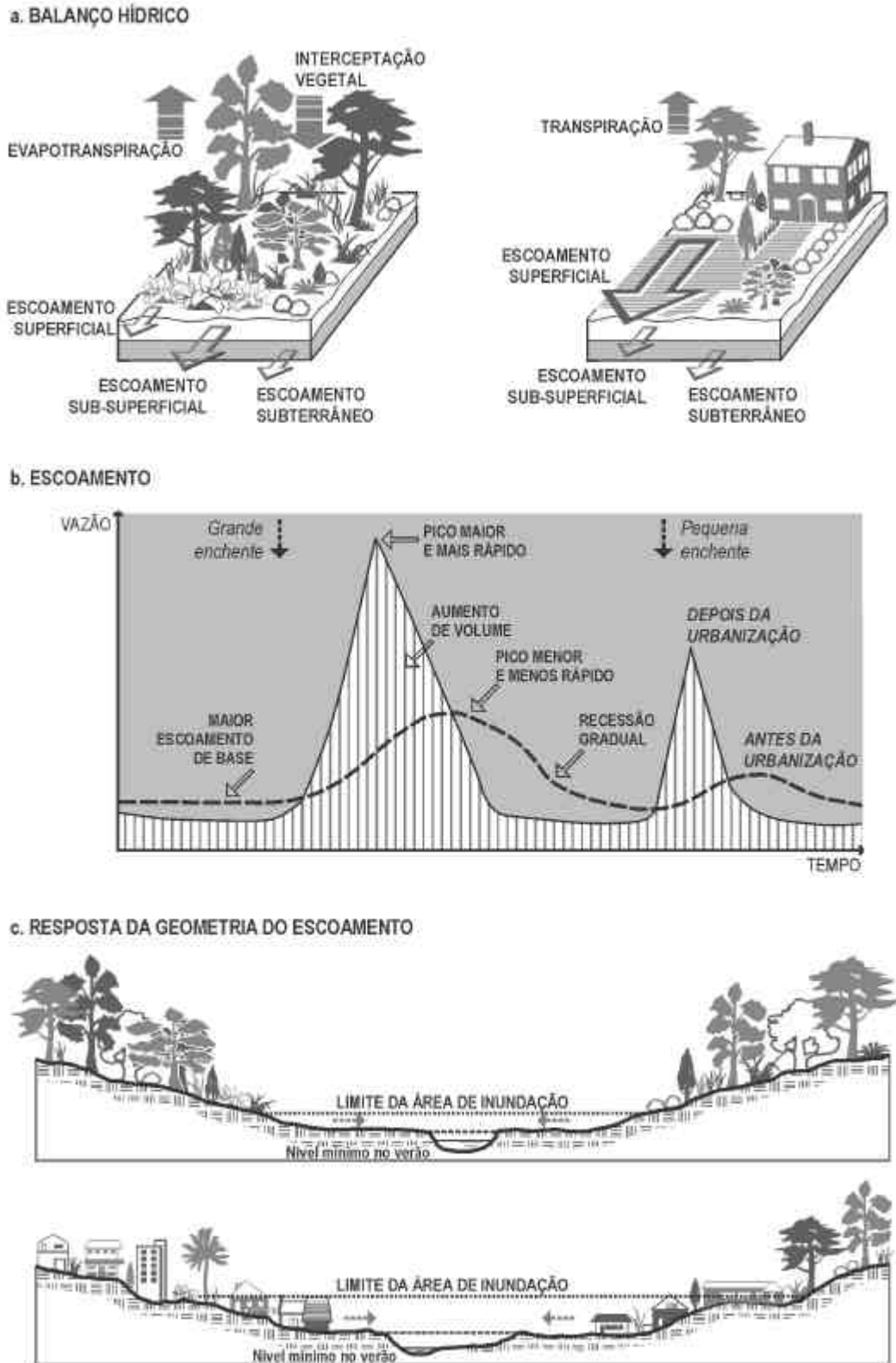


Figura 3.7

Vazão média de enchente em função da área de drenagem para bacias na Região Metropolitana de Curitiba. A tendência da reta foi obtida para bacias rurais.

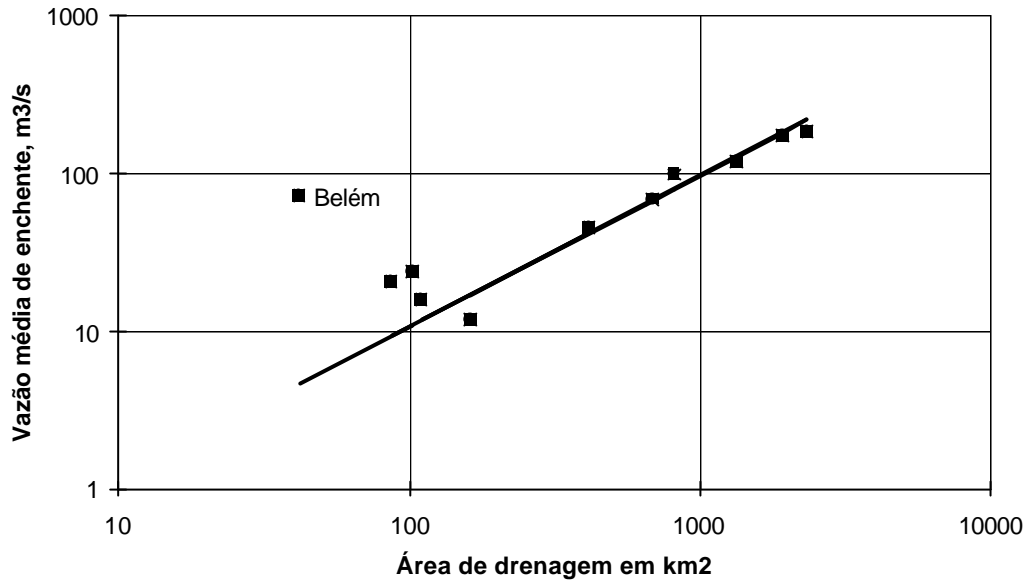


Figura 3.8

Taxa de incremento da vazão média de cheia em função do aumento da impermeabilização e da canalização das águas pluviais (Leopold, 1968).

O gráfico mostra que a vazão pluvial pode, por exemplo, aumentar cerca de 5 vezes em uma bacia com 80% de área urbanizada e 80% das águas pluviais canalizadas.

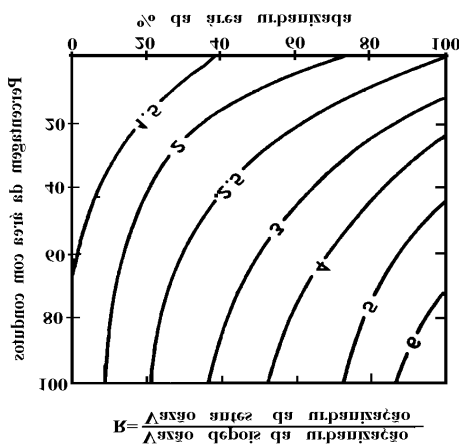
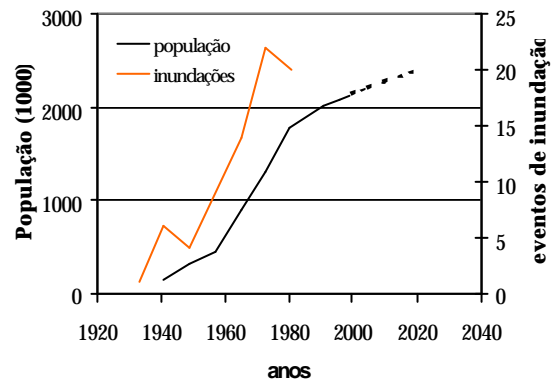


Figura 3.9

Crescimento da população urbana e dos eventos de inundação noticiados em Belo Horizonte (adaptado de Ramos, 1998).

O gráfico leva à concluir que a taxa de crescimento das inundações segue padrão similar à taxa de crescimento da população urbana.



A impermeabilização e a implantação de condutos para o afastamento das águas pluviais reduzem o volume de água que seria armazenado ou infiltrado no solo em condições naturais e aceleram o escoamento das águas precipitadas. Isso aumenta o volume e a velocidade das águas de chuva, que escoam pelo sistema de drenagem. Conseqüentemente, em situações de chuvas intensas, as águas pluviais passam a ocupar áreas mais extensas ao longo dos rios, ultrapassando com maior frequência o espaço natural definido pelos leitos menores e maiores, colocando em risco regiões ribeirinhas antes não afetadas, ou raramente atingidas, pelas enchentes. Se um determinado rio extravasava sob chuvas de período de retorno de dois anos, quando sua bacia sofre um processo de urbanização, esse rio pode passar a extravasar, por exemplo, com chuvas de recorrência de 1 ano ou menor. Para chuvas de mesma intensidade, nesse caso, as cheias passam a atingir níveis mais altos do que antes do desenvolvimento urbano da bacia.

Para viabilizar a implantação de um empreendimento urbano, muitas vezes são feitas intervenções em leitos de rios que podem também reduzir suas capacidades de escoamento e provocar inundações. É o caso de bueiros, pontes e alterações bruscas de traçado executados, por exemplo, para a acomodação do sistema viário. Estas intervenções, chamadas de *singularidades*, introduzem perdas de carga localizadas que, para serem vencidas pelo escoamento, provocam a elevação do nível de água a montante. Para uma situação de cheia, quando essa elevação e o remanso resultante, são incompatíveis com as cotas altimétricas das áreas urbanizadas situadas a montante da singularidade, ocorre a inundação dessas áreas.

O processo de urbanização pode ainda favorecer a erosão quando o solo desprotegido fica exposto à ação das águas pluviais. O material erodido se deposita nos trechos de menor declividade dos rios, onde a velocidade de escoamento é menor, reduzindo a área de escoamento e, por conseqüência, sua capacidade hidráulica. Esse processo é agravado quando, ao material erodido, se soma o lixo e detritos dispostos inadequadamente pela população ou não coletado pelo município.

Poucas cidades, no Brasil, têm-se preocupado em desenvolver um planejamento efetivo de controle das enchentes. Na maioria das vezes buscam-se soluções estruturais baseadas no conceito de afastamento das águas pluviais, para a remediação dos efeitos da urbanização não controlada. Essas soluções consistem geralmente na ampliação das capacidade hidráulica dos leitos menores dos rios com a eliminação de singularidades, aumento da seção transversal e redução da rugosidade com o revestimento da calha. Estas soluções são efetivas na redução das inundações das áreas adjacentes e a montante dos trechos onde são aplicadas. Entretanto, provocam o aumento das vazões escoadas pelo sistema de drenagem, aumentando o risco de inundação em áreas a jusante. Surgem então novas áreas inundáveis e novamente a necessidade de obras estruturais que aumentem a capacidade do sistema de drenagem.

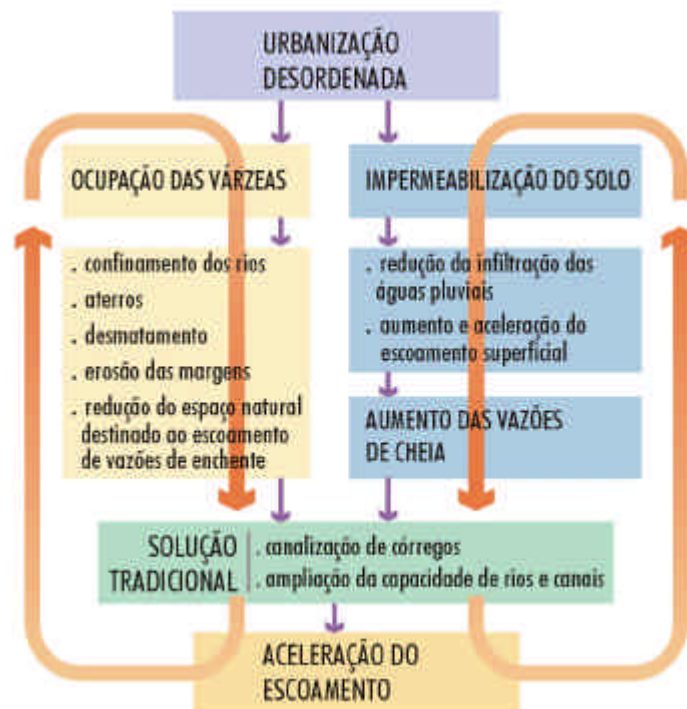
Por outro lado, a canalização de córregos, atrai uma população ainda maior para as regiões ribeirinhas, reduzindo o espaço destinado ao escoamento das vazões de cheia, confinando o sistema hídrico a um espaço cada vez mais reduzido.

Por se tratar também de intervenções que melhoram o aspecto sanitário e urbanístico de uma região e que abrem novos espaços, muitas vezes utilizados para implantação de vias de fundo de vale, a canalização de córregos acaba por se transformar também em um indutor de crescimento urbano. Há então o adensamento da urbanização e, por conseqüência, o aumento da impermeabilização da bacia, alimentando o ciclo vicioso das inundações ilustrado na Figura 3.10.

Figura 3.10

O Ciclo Vicioso das Inundações

O processo de urbanização sem um planejamento que leve em conta a drenagem acaba por alimentar o ciclo vicioso que aumenta as inundações exigindo intervenções cada vez mais custosas para que esse ciclo seja rompido.



4 MEDIDAS DE CONTROLE

4.1 Áreas Ribeirinhas

No Brasil, não existe nenhum programa sistemático de controle de enchentes que envolva seus diferentes aspectos. O que se observa são ações isoladas por parte de algumas cidades. Estrela, no Rio Grande do Sul, implementou, dentro de seu Plano Diretor, a legislação de zonas de uso especial, definidas pela restrição de ocupação e de construções abaixo de determinadas cotas, estabelecidas no zoneamento de inundação previamente elaborado (Rezende e Tucci, 1979).

A experiência de Estrela, já com 22 anos é importante na medida que o município inovou no controle não-estrutural. O município prevê, na legislação, a troca de área de inundação por índice de ocupação em zonas valorizadas, como uma forma de adquirir áreas de risco para uso público.

Em outros estudos, para várias cidades (Uruguiana, São Borja, Itá e Marcelino Ramos no rio Uruguai; 8 cidades no vale do Itajaí, entre outros) foram propostos zoneamentos de áreas de inundação, mas a vontade política da sua implementação tem sido a maior dificuldade.

O DAEE (1990), com o apoio de várias Associações ligadas a Recursos Naturais, desenvolveu recomendações para artigos da seção de Recursos Hídricos nas leis orgânicas dos municípios, onde, no Artigo 2, inciso IV, é prescrito que se deve " *proceder ao zoneamento das áreas sujeitas a riscos de inundações, ..*" e, no inciso VI, é recomendado o seguinte: " *implantar sistema de alerta e defesa civil, para garantir a saúde e segurança públicas, quando de eventos hidrológicos indesejáveis*". Apesar disto nos últimos 12 anos pouco foi realizado neste sentido.

Como se observa, não existe nenhum programa sistemático em qualquer nível para controle da ocupação das áreas de risco de inundação no Brasil. Existem apenas, poucas ações isoladas de alguns poucos profissionais. Em geral, o atendimento a enchente somente é realizado depois de sua ocorrência. A tendência é que o problema fique no esquecimento após cada enchente, retornando na seguinte. Isso se deve a vários fatores, entre os quais estão os seguintes:

- Falta de conhecimento sobre controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;
- Desorganização, a níveis federal e estadual, sobre controle de enchentes;
- Pouca informação técnica sobre o assunto a nível de graduação na Engenharia;
- O desgaste político para o administrador público, resultante do controle não-estrutural (zoneamento), já que a população está sempre esperando uma obra hidráulica;
- Falta de educação da população sobre controle de enchentes.

As áreas ribeirinhas que se constituem em áreas de risco de inundação devem ter sua ocupação controlada, através de mecanismo de ordenamento de uso e ocupação do solo.

4.2 Sistema de Drenagem Urbana

A situação do controle de enchentes nas áreas urbanas brasileiras devido *á urbanização* têm sido realizado de forma equivocada com sensíveis prejuízos para a população. A seguir é realizado um breve histórico deste enfoque e os principais problemas identificados.

A origem dos impactos devido a drenagem urbana que ocorrem na maioria das cidades brasileiras são as seguintes:

- Princípio dos projetos: A drenagem urbana tem sido desenvolvida com base no **princípio equivocado** de que "a melhor drenagem" é a que retira a água excedente o mais rápido possível do seu local de origem.
- Não consideram a bacia como sistema de controle: todos os impactos gerados em cada projeto são transferidos de um ponto a outro dentro da bacia através de condutos e canalizações.

Em conseqüência destes projetos ocorrem os impactos citados nos itens anteriores com elevado prejuízo para diferentes grupos da população e para o poder público.

Na microdrenagem os projetos aumentam a vazão e esgotam todo o seu volume para jusante. Na macrodrenagem A tendência de controle da drenagem urbana é através da canalização dos trechos críticos. Este tipo de solução segue a visão particular de um trecho da bacia, sem que as conseqüências sejam previstas para o restante da mesma ou dentro de diferentes horizontes de

ocupação urbana. A canalização dos pontos críticos acaba apenas transferindo a inundação de um lugar para outro na bacia. Este processo, em geral, ocorre na seguinte seqüência (ver Figura 4.1):

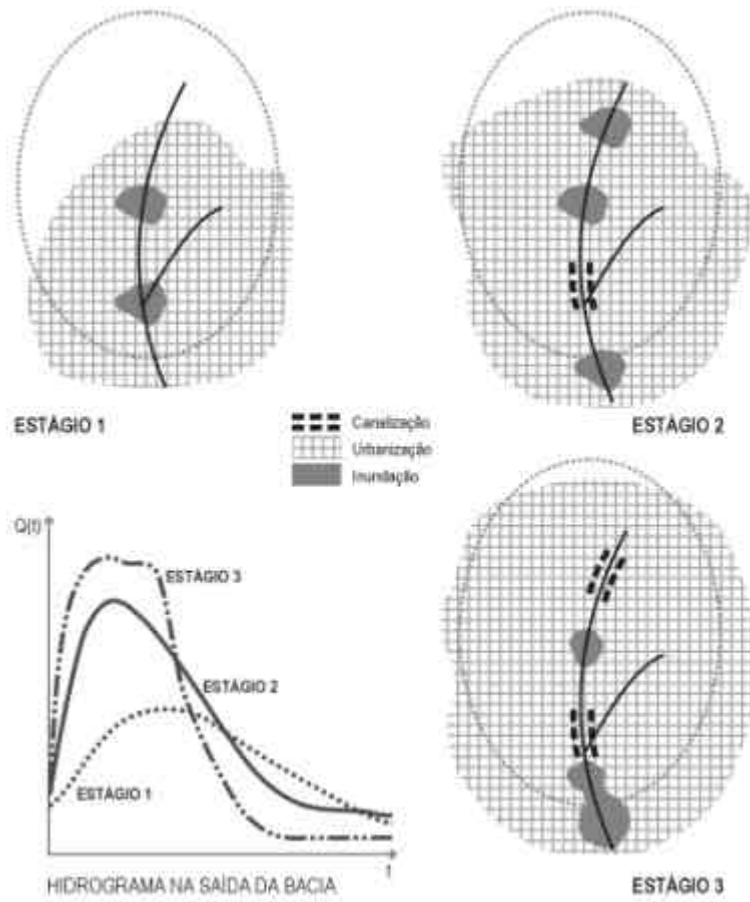
- **Estágio 1:** a bacia começa a ser urbanizada de forma distribuída, com maior densificação a jusante, aparecendo, no leito natural, os locais de inundação devido a estrangulamentos naturais ao longo do seu curso;
- **Estágio 2:** as primeiras canalizações são executadas a jusante, com base na urbanização atual; com isso, o hidrograma a jusante aumenta, mas é ainda contido pelas áreas que inundam a montante e porque a bacia não está totalmente densificada;
- **Estágio 3:** com a maior densificação, a pressão pública faz com os administradores continuem o processo de canalização para montante. Quando o processo se completa, ou mesmo antes, as inundações retornam a jusante, devido ao aumento da vazão máxima, quando esta não tem mais condições de ser ampliada. As áreas de montante funcionavam como reservatórios de amortecimento. Neste estágio, a canalização simplesmente *transfere a inundação para jusante*. Já não existem espaços laterais para ampliar os canais a jusante, e as soluções convergem para o aprofundamento do canal, com custos extremamente altos (podendo chegar a US\$ 50 milhões/km, dependendo do subsolo, largura, revestimento, etc.).

Este processo é prejudicial aos interesses públicos e representa um prejuízo extremamente alto para toda a sociedade ao longo do tempo. A sociedade perde duas vezes paga cerca de 1000% a mais para um controle que aumenta dramaticamente as inundações.

Figura 4.1

Estágios do Desenvolvimento da Drenagem

Os esquemas mostram os impactos típicos da urbanização e da canalização sobre o meio urbano.



ANEXO 2
BASES PARA A POLÍTICA DE CONTROLE

ANEXO 2 BASES PARA A POLÍTICA DE CONTROLE

1 EXPERIÊNCIAS

1.1 Inundações Ribeirinhas

Em 1936, nos Estados Unidos, foi aprovada uma legislação, a nível federal, sobre controle de enchentes, que identificava a natureza pública dos programas de redução de enchentes e caracterizava a implantação de medidas físicas ou estruturais como um meio de reduzir esses danos. Com isso, acelerou-se a ocupação das várzeas, o que resultou em aumento dos danos ocasionados pelas enchentes e o governo verificou que era insustentável economicamente manter a política de proteção estrutural para todos que ocupavam áreas de risco.

Em 1966, o governo reconheceu que as medidas anteriores eram inadequadas, devido ao seu alto custo, e deu ênfase a medidas não-estruturais. No início da década de 70 foi criado um programa de seguros para a população sujeita a inundação. Para todas as cidades com risco de inundação foram elaborados mapas de inundação e determinado o mapa de inundação com os riscos. A cidade adere ao programa de seguros e os habitantes podem comprar o seguro de uma entidade governamental. O seguro de um propriedade avaliada em US \$ 100 mil numa área de risco médio custa anualmente da ordem de US \$300, cerca de 0,3% do valor da propriedade. Nesse programa, toda obra financiada pelo governo e outras entidades particulares exige que o proprietário que ocupa a área de inundação pague um seguro de enchentes. Mesmo assim, existe um número apreciável de pessoas que não fazem o seguro. Quando ocorre o evento de cheia a população segurada recebe os recursos para recuperar sua propriedade, e a que não tem seguro recebe empréstimo. Este programa de seguros até o momento mostra-se superavitário na sua operação.

As obras estruturais são realizadas quando o benefício da redução das inundações é superior aos custos as obras de controle. As obras são implementadas se a comunidade contribuir com pelo menos 35% do total dos investimentos. Os restantes 65% são subsídios do governo federal.

No Japão a base do controle de inundações ainda é quase totalmente estrutural e não são analisados os aspectos de benefício x custo das obras. As obras hidráulicas, como diques de proteção são executados para riscos altos e mesmo assim, existe hoje um programa de ampliação da proteção que investe grande quantidade de recursos. Devido ao reduzido espaço do país para ocupação da população, apenas 30% da área é habitável, sendo 10% áreas com risco de inundação, o governo tende a subsidiar fortemente a proteção da população nas áreas de inundação.

Em praticamente todos os países desenvolvidos, excetuando o Japão, as obras estruturais somente são realizadas se houver benefícios econômicos superiores aos custos. As medidas não-estruturais são as medidas enfatizadas para o controle de áreas ribeirinhas, quando estas condições não são satisfeitas ou não existem recursos para as obras.

1.2 Drenagem Urbana

O processo mobilizador, em diferentes países desenvolvidos, para o controle dos impactos devido a urbanização, partiu de agentes externos como entidades estaduais ou federais, além do próprio

controle de cidades maiores onde existia um corpo técnico mais qualificado.

A experiência americana no processo tem sido aplicado através de um programa nacional desenvolvida pela EPA (Environmental Protection Agency) que obriga a todas as cidades com mais de 100 mil habitantes a estabelecer um programa de BMP (Best Management Practices). As BMPs têm objetivos semelhantes aos nossos “Plano Diretores” de Drenagem Urbana, pois tratam de controlar os impactos quantitativos e qualitativos através de medidas estruturais e não – estruturais dentro da cidade e os exportados para o sistema fluvial a jusante. Este processo contribui para reduzir a poluição difusa dos rios da vizinhança das cidades. A penalidade potencial que pode ser imposta é a ação judicial da EPA contra o município. Recentemente a entidade iniciou o programa no seu segundo estágio, que envolve as cidades com população inferior a 100 mil habitantes.

O controle dentro dos municípios nas cidades americanas geralmente se concentrou em criar uma legislação municipal forte que controlasse os impactos na fonte, não permitindo que novos empreendimentos aumentassem a vazão pré-existente. O controle foi realizado predominantemente a nível de loteamento. As áreas onde o impacto já existia e a população estabelecida o controle adotado foi o estrutural, buscando sempre que possível a distribuição dos controles pela bacia urbana.

A experiência francesa utiliza o comitê de bacia como Fórum básico de decisão no que se refere a tomada de decisão quanto as metas a serem atingidas pelos municípios. Estabelece acordo entre os diferentes municípios quanto aos impactos transferidos dentro do sistema fluvial. O processo francês iniciou na década de 60 e certamente tem muito a avançar, no entanto, observa-se em várias bacias que a tomada de decisão de melhoria dos dispositivos de controle nos municípios são ativados através do comitê da bacia, pressionando as cidades quanto a melhoria de seus efluentes. A experiência francesa é semelhante a americana, mas o controle externo as cidades foi induzido através dos comitês. O crescimento das cidades é menor devido a estabilidade da população. O impacto do crescimento acelerado que ocorre no Brasil praticamente não existe. A ênfase do controle adotado tem sido através de medidas de controle na fonte.

Na Austrália a ênfase do controle foi a nível de lote, ou seja a legislação dos municípios previa que cada nova propriedade deveria possuir um reservatório de retenção. Este tipo de solução tem sido revisto já que o conjunto de reservatório nem sempre garante o controle a jusante de toda a área, considerando o processo de ocorrência das precipitações, a falta de controle das áreas públicas, entre outros problemas.

No Brasil o processo de controle dos impactos da drenagem urbana é muito recente. No passado houveram medidas isoladas como em Belo Horizonte no Plano Diretor Urbano de 1996 que previa a construção de uma retenção em cada lote na base de 30 litros para cada m² impermeabilizado. No entanto houveram dois problemas; (a) a compensação era somente para as áreas previstas como permeáveis que variavam de 20 a 50% do lote, o que não controla efetivamente o impacto; (b) havia um parágrafo que previa que a impossibilidade de construir o reservatório a compensação, a partir de um parecer do engenheiro. O que ocorreu foi que era realizada a impermeabilização e depois era obtido o parecer de um engenheiro indicando a impossibilidade de construir o reservatório. Neste cenário nenhum reservatório foi construído.

Em Porto Alegre no Plano Diretor Urbano de 2000 foi previsto o controle do novo loteamento através de retenção para compensar a urbanização. Dentro do Plano Diretor de Drenagem Urbana em desenvolvimento foram previstos a nível de densificação do lote o seguinte:

- A vazão máxima de saída a ser mantida em todos os desenvolvimentos urbanos como novas edificações ou parcelamentos;
- O volume de retenção necessário a manutenção da vazão máxima citada no item anterior;
- Deixar espaço para uso de pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana pelos empreendedores;
- manutenção da faixa de domínio e condicionantes para novos parcelamentos

Em Curitiba, os problemas de inundação geraram vários impactos para as cidades da RMC. No PROSAM - Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba, foi planejado um sub-componente denominado Parque e Controle de Cheias (PRA-01). O objetivo principal deste programa é o de: *desenvolver o controle de cheias da Região Metropolitana de Curitiba, dentro de suas restrições urbanísticas que minimizem os impactos econômicos e sociais (Tucci, 1996).*

Esse projeto foi planejado nas seguintes etapas:

- **I - Medidas Emergenciais:** essa fase envolveu os estudos e ações preliminares de curto prazo que possam minimizar os impactos das enchentes e que façam parte de planos posteriores do controle de enchentes;
- **II - Medidas de Controle de Médio Prazo:** são projetos e ações que reduzam as enchentes no rio Iguaçu no seu trecho dentro da RMC, através de estudos de alternativas técnico-econômicas;
- **III - Medidas de Longo Prazo:** planos e ações para o controle de enchentes nos afluentes, orientação sobre o desenvolvimento da macrodrenagem urbana. Nessa fase deve-se estabelecer o Plano Diretor de Macrodrenagem da RMC.

As duas primeiras fases foram planejadas e foram quase que totalmente executadas, o projeto do Parque Iguaçu está em implementação. Nas medidas de longo prazo constava o Plano Diretor de Drenagem Urbana desenvolvido neste estudo.

A experiência brasileira quanto a drenagem urbana é muito pequena principalmente no que se refere a implementação das medidas previstas nos Planos. Apenas a nível internacional pode-se encontrar experiências internacionais de execução dos planos, mas na maioria encontram-se experiências de cada cidade e muito pouco de regiões metropolitanas onde vários municípios atuam num mesmo espaço. Neste sentido, a experiência mais bem sucedida é a de Denver. Nesta região Metropolitana foi criado um Distrito de Drenagem e controle de inundações administrado por reduzido grupo de profissionais que apoiam os projetos e planos de todas as cidades da região. Os recursos para estas atividades são provenientes de 0,1% do valor de cada propriedade dentro da região.

2 GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

A gestão municipal de todos os componentes tem sido realizada desintegrada com muito pouco foco no conjunto da cidade atuando sempre sobre problemas pontuais e nunca desenvolvendo um

planejamento preventivo e indutivo. A visão moderna envolve o Planejamento integrado do sistema de drenagem ao Plano de Desenvolvimento Urbano (Figura 2.1) onde os componentes de manancial, esgotamento sanitário, resíduo sólido, drenagem urbana, inundação ribeirinha são vistos dentro de um mesmo conjunto e relacionados com a causa principal, que é a ocupação do solo urbano. Em resumo, planejando a cidade com áreas de ocupação e controle da fonte da drenagem, a distribuição do espaço de risco e o desenvolvimento dos sistemas de abastecimento e esgotamento, os custos serão muito menores do que quando ocorrem as crises onde a solução pode apresentar custos elevados e muitas vezes inviáveis para o municípios.

Figura 2.1

Gestão Municipal das Águas

A gestão integrada dos diversos componentes do ambiente urbano é pressuposto fundamental para a solução das questões relacionadas aos recursos hídricos e, particularmente, aos impactos das inundações.



3 ESTRUTURA DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

No item 1.1 deste relatório é apresentado o escopo e os objetivos do Plano Diretor de Drenagem da RMC. No presente item, é descrita a metodologia conceitual para o desenvolvimento do Plano, que serviu de orientação geral ao trabalho ora apresentado à SUDERHSA.

1. Dados de Entrada: num conjunto de informações relacionadas de acordo com o Cadastro da rede pluvial, informações hidrológicas e Características físicas das bacias: naturais e antrópicas;
2. Externalidades ao Plano: Plano de Desenvolvimento urbano da cidade, Plano de Saneamento ou esgotamento sanitário, Plano de Controle dos Resíduos Sólidos e Plano Viário. São Planos que apresentam interfaces importantes com a Drenagem Urbana;

legislação municipal relacionada com o Plano Diretor Urbano e meio ambiente; legislação estadual de recursos hídricos e legislação federal; sistema de gestão da bacia hidrográfica, estadual e federal.

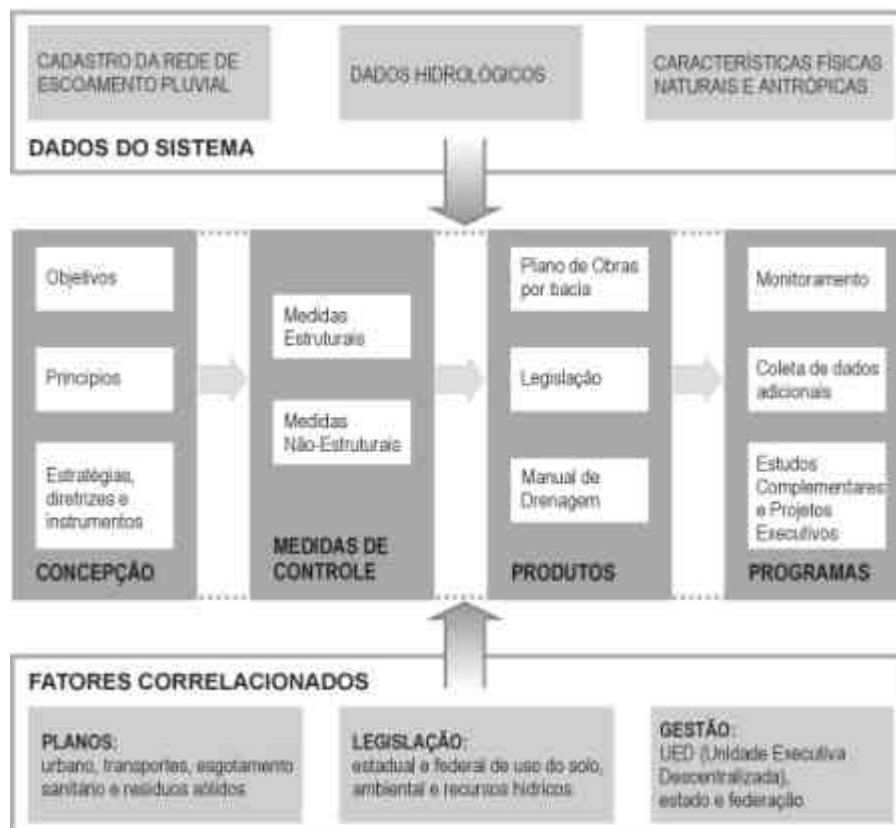
Estes elementos permitem estabelecer o núcleo do Plano que envolve:

1. **Concepção:** que trata dos elementos que definem a política de drenagem urbana, representada pelos princípios, objetivos, estratégias, diretrizes e instrumentos do Plano.
2. **Medidas:** o desenvolvimento das medidas de controle estruturais e não estruturais do Plano, do qual este relatório faz parte. As medidas não-estruturais são o destaque deste volume são caracterizadas no capítulo seguinte.
3. **Produtos:** os produtos gerados são os Planos de Ação e obras de cada bacia a proposta de legislação para o controle não-estrutural e o manual de drenagem para apoiar a implementação das medidas pelos profissionais ao longo do tempo;
4. **Programas:** trata das medidas de médio e longo prazo que complementam o Plano e tratam do monitoramento, coleta de dados adicionais não efetuadas dentro do ambiente deste plano e estudos adicionais identificados neste plano.

A Figura 3.1 a seguir, apresenta a “estrutura básica” de um Plano Diretor de Drenagem:

Figura 3.1

Estrutura Básica do Plano Diretor



4 PRINCÍPIOS DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

A Política para a Drenagem baseia-se nos seguintes princípios, fundamentados nos Elementos Norteadores para o Plano Diretor de Drenagem (Volume 1 - Sistema Institucional):

1. A bacia como sistema: um Plano de Controle de Enchentes de uma cidade ou região metropolitana deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, *os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos*. Caso isso ocorra, deve-se prever uma medida mitigadora;
2. As medidas de controle no conjunto da bacia: o controle de enchentes é realizado através de medidas estruturais e não-estruturais, que, dificilmente, estão dissociadas. As medidas estruturais envolvem grande quantidade de recursos e resolvem somente problemas específicos e localizados. Isso não significa que esse tipo de medida seja totalmente descartável. A política de controle de enchentes, certamente, poderá chegar a soluções estruturais para alguns locais, porém dentro de uma visão de conjunto de toda a bacia, onde estas deverão estar racionalmente integradas com outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o esperado desenvolvimento urbano;
3. Os meios: os meios de implantação do controle de enchentes são o Plano Diretor Urbano, as Legislações Municipal/Estadual e o Manual de Drenagem. O primeiro estabelece as linhas principais, as legislações controlam e o Manual orienta;
4. O horizonte de expansão: depois que a bacia, ou parte dela, estiver ocupada, dificilmente o poder público terá condições de responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia. Portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente através do gerenciamento, as conseqüências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município. Assim, o Plano Diretor Urbano deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas;
5. O critério fundamental de não ampliar a cheia natural: a cheia natural não deve ser ampliada por aqueles que ocupam a bacia, tanto num simples loteamento, como nas obras de macrodrenagem existentes no ambiente urbano. Isto se aplica a um simples aterro urbano, como à construção de pontes, rodovias, e à impermeabilização dos espaços urbanos. *O princípio é de que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural*;
6. O controle permanente: o controle de enchentes é um processo permanente; não basta que se estabeleçam regulamentos e que se construam obras de proteção; é necessário estar-se atento às potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo. Portanto, recomenda-se que:
 - . Nenhum espaço de risco seja desapropriado se não houver uma imediata ocupação pública que evite a sua invasão;
 - . A comunidade tenha uma participação nos anseios, nos planos, na sua execução e na contínua obediência das medidas de controle de enchentes;
7. A educação: a educação de profissionais (engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros), da população e de administradores públicos é essencial para que as decisões

públicas sejam tomadas conscientemente por todos. Também é necessário modificar, nos ensinos de graduação e de pós-graduação, a filosofia que se pode drenar toda a água sem se responsabilizar sobre os impactos a montante ou a jusante;

8. A administração: a administração da manutenção e controle é um processo local e depende dos municípios, através da aprovação de projetos de loteamentos, obras públicas e drenagens;
9. As normas: atualizar as normas brasileiras sobre drenagem urbana para contemplar a filosofia de controle da bacia e a manutenção da cheia natural nos projetos de drenagem urbana;
10. Qualidade Ambiental: os aspectos ambientais devem ser verificados na implantação do sistema de drenagem;
11. O Plano Diretor de Drenagem faz parte do Plano de Bacia Hidrográfica;
12. As diretrizes, premissas, parâmetros e medidas estabelecidos por este Plano, serão respeitados quando da elaboração dos planos diretores municipais e observados no Plano de Bacia Hidrográfica;
13. A gestão da drenagem deve proporcionar o uso múltiplo das águas;
14. A drenagem faz parte da infra-estrutura urbana, portanto deve ser planejada em conjunto com outros sistemas, tais como o plano de controle ambiental, o esgotamento sanitário, a disposição do lixo e o tráfego;
15. O Plano deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial, através da compatibilização com o planejamento do saneamento ambiental, controle do material sólido e a redução da carga poluente nas águas pluviais que escoam para o sistema fluvial externo à cidade.

5 POLÍTICAS PARA A DRENAGEM

São objetivos da Política para a Drenagem:

- Planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana, compatibilizando esse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação das áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco;
- Proporcionar melhor convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco;
- Evitar obras de macrodrenagem (medidas de controle estruturais) quando os problemas puderem ser resolvidos através de ações na microdrenagem (medidas de controle não estruturais);

- Incentivar municípios a adotarem normas e procedimentos que objetivem a manutenção de áreas permeáveis e de cobertura vegetal, bem como a implementação de dispositivos de retenção;
- Anular o impacto de novos empreendimentos nas vazões de jusante e minimizar os impactos na qualidade das águas;
- Manter a vazão existente (ou natural);
- Proporcionar incentivos à quem adotar medidas que reduzam necessidades de investimentos públicos em drenagem;
- Onerar propriedades que superem os índices de impermeabilização estabelecidos (a serem definidos pelos próprios municípios), através de multas previstas em legislação municipal para obras realizadas em desacordo com a lei ou com o projeto aprovado;
- Proporcionar condições técnicas para que municípios se tornem elegíveis para a obtenção de recursos financeiros quando necessário.

6 DIRETRIZES GERAIS E INSTRUMENTOS

Constituem diretrizes gerais de ação para a implementação da Política para a Drenagem:

- Gestão sistemática da drenagem com a gestão dos recursos hídricos, observados os aspectos de qualidade e quantidade;
- Articulação da gestão da drenagem com o planejamento municipal, regional, estadual e nacional;
- Gestão integrada da drenagem com o saneamento ambiental, com o uso e ocupação do solo, tráfego e outros planos de desenvolvimento urbano;
- Incorporação dos princípios e diretrizes do Plano Diretor de Drenagem nas legislações municipais.

A Política para a Drenagem utilizar-se-á dos seguintes instrumentos, considerando a definição do Sistema Institucional para o Plano Diretor de Drenagem:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos;
- Planos de Bacias Hidrográficas;
- Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- Cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos;
- Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;

- Manual de Drenagem;
- Legislações municipais.

7 LEGISLAÇÃO

A regulamentação relacionada com a drenagem urbana tem como objetivo ordenar as ações futuras na cidade quanto a drenagem, visando controlar na fonte os potenciais impactos da urbanização.

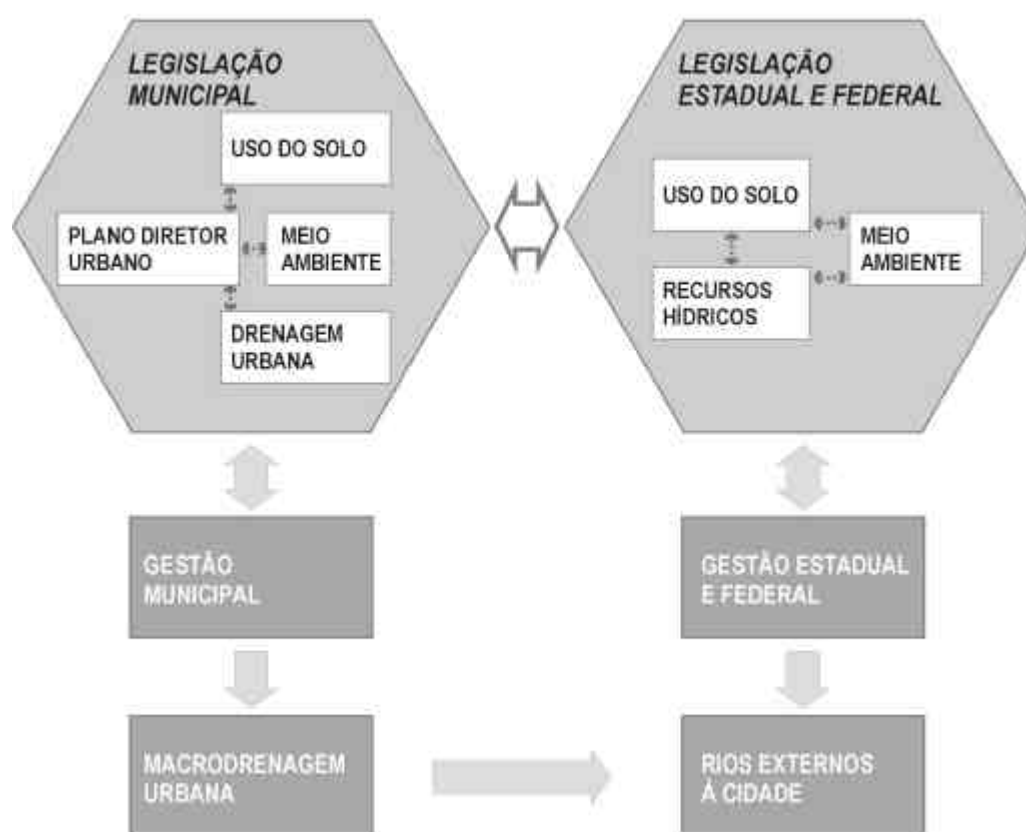
Inicialmente são destacados o espaço geográfico e a definição institucional. A seguir são analisadas as legislações estaduais e federais relacionados com os aspectos qualitativos e quantitativos da drenagem urbana, compreendendo os contornos institucionais da cidade. A seguir são destacados os artigos do Plano de Desenvolvimento Urbano relacionados com a drenagem urbana.

Os impactos da drenagem urbana podem ser analisados dentro de dois contextos espaciais diferentes, discutidos a seguir (Figura 7.1):

Figura 7.1

Contextos das Legislações

Os impactos da drenagem devem ser discutidos em nível municipal ou estadual dependendo da área de influência desses impactos.



1. Impactos que extrapolam o município, ampliando as enchentes e contaminando a rede de rios para jusante, denominado *de impacto da enchente e poluição difusiva nos rios* que envolvem as cidades.

Este tipo de impacto é a resultante das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para o seu controle podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos e geralmente são regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos federal ou estadual;

2. Impacto dentro das cidades: estes impactos são disseminados dentro da cidade, que atingem a sua própria população. O controle neste caso é estabelecido através de medidas desenvolvidas dentro do município através de legislação municipal e ações estruturais específicas.

No primeiro, o controle é realizado a nível de comitê de bacia, estabelecendo padrões a serem obtidos, recomendando o uso dos elementos básicos do Plano. O segundo, envolve a definição da legislação municipal quanto: (a) ocupação da várzea de inundação(veja item anterior); (b) sobre a impermeabilização do solo.

As legislações que envolvem a drenagem urbana e a inundação ribeirinha estão relacionadas com: recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental.

Quanto a Recursos Hídricos: A constituição Federal define o domínio dos rios e a legislação de recursos hídricos a nível federal estabelece os princípios básicos da gestão através de bacias hidrográficas. As bacias no qual se situa a Região Metropolitana de Curitiba estão no rio Iguaçu que é de domínio Federal. O trecho que envolve a RMC encontra-se totalmente dentro do estado do Paraná.

A legislação estadual de recursos estabeleceu critérios para a outorga do uso da água, mas não normaliza a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem. A legislação ambiental estabelece normas e padrões de qualidade da água para definição dos rios em classes, mas não define restrições com relação aos efluentes urbanos lançados nos rios.

Para a regulamentação do Artigo 13 da Lei 12.726/PR sobre o Sistema e a Política Estadual de Recursos Hídricos, está sendo proposto que a outorga de lançamento de efluentes de áreas urbanas que produzam alterações na qualidade e quantidade devem obedecer normas e critérios definidos pelo órgão estadual. Para atender estas normas seriam exigidos dos municípios um Plano Integrado de Bacia Hidrográfica, abrangendo o esgotamento sanitário, os resíduos sólidos e a drenagem. Este tipo de regulamentação busca criar as condições de controle dos impactos que extrapolam a cidade.

Quanto a uso do solo: Na constituição Federal artigo 30 é definido que o uso do solo é municipal. Porém os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do solo visando o meio ambiente, controle da poluição, saúde pública e da segurança. Desta forma, observa-se que no caso da drenagem urbana que envolve o meio ambiente e o controle da poluição a matéria e competência concorrente entre Município, Estado e Federação. A tendência é dos municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores urbanos, incentivados pelos Estados. No entanto, observa-se que o zoneamento relativo ao uso do solo não tem contemplado os aspectos de drenagem e inundações em praticamente todas as cidades. O que tem sido observado são legislações fortemente restritivas quanto a proteção de mananciais e

ocupação de áreas ambientais, sem que o município adquira a propriedade e ainda cobre impostos da mesma. A legislação muito restritiva somente produz reações negativas e desobediência. Portanto, não atingem os objetivos de controle da drenagem urbana. Isto ocorre na forma de invasão das áreas, loteamentos clandestinos, entre outros.

Quanto ao licenciamento ambiental: este licenciamento estabelece os limites para construção e operação de canais de drenagem, regulado pela Lei 6938/81 e resolução CONAMA n. 237/97. Da mesma forma, a resolução CONAMA 1/86 art 2º , VII estabelece a necessidade de licença ambiental para “obras hidráulicas para drenagem”.

Gerenciamento de bacias urbanas compartilhadas: a RMC envolve vários municípios. Para contornar este assunto foram adotados os distritos de controle da drenagem urbana que estabelece a regulamentação dentro de cada município, mas obedecendo o ordenamento e controle urbano dos dois lados do rio dentro da política de controle da drenagem.

A seguir apresenta-se uma síntese das restrições e orientações existentes e afetas ao controle de drenagem urbana nas legislações federal e estadual relativas ao uso do solo.

LEGISLAÇÃO FEDERAL

No tocante ao parcelamento do solo, vale lembrar que as leis municipais devem respeitar os parâmetros gerais da legislação federal, tal qual aqueles consignados na Lei federal 6766/79 e suas alterações constantes na Lei Federal 9785/99:

- Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, e expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal (Artigo 3);
- Não será permitido o parcelamento do solo (parágrafo único do Artigo 3):
 - . Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
 - . Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
 - . Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
 - . Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
 - . Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, ate a sua correção.
- As áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação, prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem (inciso I do Artigo 4);
- Os lotes terão área mínima de 125 m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 m (cinco metros), salvo quando a legislação estadual ou municipal determinar

maiores exigências, ou quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes (inciso II do Artigo 4);

- Ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias, ferrovias e dutos, será obrigatória a reserva de uma faixa "non edificandi" de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica (inciso III do Artigo 4);
- As vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local (inciso IV do Artigo 4);
- A legislação municipal definirá, para cada zona em que se divida o território do Município, os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, que incluirão obrigatoriamente, as áreas mínimas e máximas de lotes e os coeficientes máximos de aproveitamento (parágrafo 1 do Artigo 4º).

A mesma Lei 6766 estabelece ainda:

- No seu Artigo 13, que aos Estados caberá disciplinar a aprovação pelos Municípios de loteamentos e desmembramentos (conforme já comentado no item 3.1 Considerações);
- Em seu Artigo 15, que os Estados estabelecerão, por decreto, as normas a que deverão submeter-se os projetos de loteamento e desmembramento nas áreas previstas no Artigo 13, e que na regulamentação de tais normas o Estado procurará atender às exigências urbanísticas do planejamento municipal;
- No parágrafo 5 do Artigo 40, que a regularização de um parcelamento pela Prefeitura Municipal não poderá contrariar o disposto nos Arts. 3 e 4 desta Lei, ressalvado o disposto no parágrafo primeiro do Artigo 4.

A Lei Federal 4771/65 que institui o Código Florestal, atualizada pela Lei Federal 6938/81 (sobre a Política Nacional do Meio Ambiente) e pelo Decreto Federal 89.336/84 (sobre Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico), considera de preservação permanente "as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso de água desde que o seu nível mais alto em faixa marginal".

O Artigo 2 da Lei 4771/65 considera de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- Ao longo dos rios ou de qualquer curso de água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
 - . De 30 metros para os cursos de água de menos de 10 metros de largura;
 - . De 50 (cinquenta) metros para os cursos de água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
 - . De 100 metros para os cursos de água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
 - . De 200 metros para os cursos de água que tenham de 200 a 600 metros de largura;

- . De 500 metros para os cursos de água que tenham largura superior a 600 metros.
- Ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
- Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros;
- No topo de morros, montes, montanhas e serras;
- Nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais;
- Em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação.

O parágrafo único deste Artigo estabelece que, "no caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo".

A Resolução CONAMA 004/85 em seu Artigo 3º, complementa as especificações anteriormente descritas, e estabelece que são reservas ecológicas as florestas e demais formas de vegetação natural situadas "ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima será":

- "De 30 (trinta) metros para os que estejam situados em áreas urbanas";
- "De 100 (cem) metros para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos de água com ate 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros";
- "De 100 (cem) metros para as represas hidrelétricas."

LEGISLAÇÃO ESTADUAL

Em matéria de uso de solo, aos Estados cabe dispor sobre normas urbanísticas regionais e suplementares das normas gerais estabelecidas pela União, devendo os Municípios respeitá-las. Nessa linha, existem alguns diplomas legais de interesse para o presente trabalho, a seguir explicitados.

A Lei nº 8.935, de 7 de março de 1989, que dispõe sobre requisitos mínimos para as águas provenientes de bacias mananciais destinadas ao abastecimento público, estabeleceu:

- A Bacia Manancial, como a destinada ao abastecimento público, ou a área da bacia hidrográfica situada a montante do local onde exista ou se preveja futuramente construir uma barragem destinada a captação de água para abastecimento público (Artigo 1º, parágrafo único);

- A proibição da instalação de atividades industriais altamente poluentes, estabelecimentos hospitalares, depósitos médicos e parcelamento de solo de alta densidade demográfica na bacia de manancial (Artigo 3º, I,II, III e IV);
- Que todo loteamento ou projeto de urbanização previsto na bacia será submetido à aprovação prévia do órgão fiscalizador, que poderá exigir que execute suas instalações de esgotos providas de fossas sépticas anaeróbicas e separação de águas pluviais, permitindo sua ligação à rede somente após satisfeitas estas especificações (Artigo 7º, par. 1º);
- Que são indicadas para essa bacia atividades agropecuárias, com restrições ao uso de agrotóxicos, e de reflorestamento (Artigo 8º)

Mais tarde, a Lei nº 12.248, de 31 de julho de 1998, que instituiu o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC, estabeleceu:

- *As Unidades Territoriais de Planejamento – UTPs*, compostas pelas sub-bacias contribuintes dos mananciais de interesses da RMC, para facilitar o planejamento, aglutinando Municípios com especificidades a serem trabalhadas conjuntamente (Artigo 2º, II); nestas UTPs, consta a previsão de elaboração de um plano diretor de drenagem urbana, além de outros programas e medidas de gestão ambiental (Artigo 7º);
- *O Plano de Proteção e Reordenamento Territorial em Áreas de Proteção aos Mananciais – PPART*, que incorpore as diretrizes básicas estabelecidas por esta Lei e que estabeleça prazos e metas para as intervenções nas áreas de mananciais (Artigo 2º, III);
- *As bacias hidrográficas de interesse da Região Metropolitana de Curitiba*, como as destinadas a manancial de abastecimento público, ou, a área da bacia hidrográfica situada a montante do local onde exista ou se preveja futuramente construir uma barragem destinada a captação de água para abastecimento público e a área de abrangência do aquífero Karst (Artigo 6º).
- *As Áreas de Restrição à Ocupação*, como as de interesse de preservação com o objetivo de promover a recuperação e a conservação dos recursos naturais, assegurando a manutenção da biodiversidade e a conservação do ecossistema (Artigo 9º, I). São exemplos as faixas de drenagem dos corpos d'água definidas pela legislação, as áreas cobertas por matas, as áreas com declividade superior a 30%, as áreas do entorno dos reservatórios e as áreas sujeitas à inundação (Artigo 10º), que poderão ser computadas no cálculo das áreas reservadas como áreas de lazer em parcelamentos de solo, como reserva florestal ou para transferência de potencial construtivo (Artigo 12º). Nestas áreas, somente serão permitidos usos e atividades que atendam aos requisitos mínimos necessários à manutenção das águas (Artigo 11º);
- *As Áreas de Ocupação Orientada*, como as comprometidas com processos de parcelamento do solo (loteamentos urbanos), por processos de ocupação urbana, as áreas de transição entre as áreas rural e urbana, sujeitas à pressão de ocupação, que exijam a intervenção do poder público no sentido de minimizar os efeitos poluidores sobre os mananciais (Artigo 9º, II). Nestas áreas, somente serão admitidos parcelamentos, loteamentos, arruamentos, edificações, reformas, ampliações de edificações existentes, instalações de estabelecimentos, alterações de uso ou quaisquer outras formas de ocupações, se observado o disposto na lei, em seu regulamento e nas normas que dispuserem sobre os

índices urbanísticos, as taxas de impermeabilização, o percentual de cobertura vegetal e outros parâmetros a serem criados pelo Conselho Gestor (Artigo 13º); Poderão, ainda, ser instaladas indústrias não poluidoras em conformidade com os padrões técnicos e processos produtivos, estabelecidos pelo órgão ambiental do Estado do Paraná (Artigo 15º), e será admitida a implantação, ampliação ou alteração de cemitérios, em municípios que estejam totalmente dentro da APM, e em glebas consideradas adequadas com base em prévios estudos geológicos e hidrológicos e no inventário detalhado de poços, fontes e corpos de águas superficiais, entre outros critérios estabelecidos pelo órgão ambiental (Artigo 16º)

- *As Áreas de Urbanização Consolidada*, como as de interesse de consolidação da ocupação urbana, saneamento e recuperando as condições ambientais (Artigo 9º, III). Estas áreas têm possibilidade de maior adensamento em relação às outras, onde as ocupações humanas já se consolidaram e que suportem maiores densidades, conforme a disponibilidade das redes existentes de infra-estrutura ou após investimentos viáveis e necessários para sua expansão. Excepcionalmente, poderão ser criadas, através de Decreto municipal, áreas de interesse social de ocupação destinada a assentamentos habitacionais precários, atendimento habitacional das famílias residentes em áreas de risco e reassentamento de famílias removidas das áreas de Restrição à Ocupação e das áreas de Ocupação Orientada, de acordo com o Plano de Proteção Ambiental e Reordenamento Territorial da RMC e desde que aprovadas pelo Conselho Gestor dos Mananciais da RMC (Artigo 14). Poderão, ainda, ser instaladas indústrias não poluidoras em conformidade com os padrões técnicos e processos produtivos, estabelecidos pelo órgão ambiental do Estado do Paraná (Artigo 15), e será admitida a implantação, ampliação ou alteração de cemitérios, em municípios que estejam totalmente dentro da APM, e em glebas consideradas adequadas com base em prévios estudos geológicos e hidrológicos e no inventário detalhado de poços, fontes e corpos de águas superficiais, entre outros critérios estabelecidos pelo órgão ambiental (Artigo 16);
- *As Áreas Rurais*, como as destinadas à produção agro-silvo-pastoril (Artigo 9º, IV);
- Que a distribuição de usos e intensidade de ocupação do solo e a instituição de incentivos construtivos serão objeto de regulamento (Artigo 21º, I e III).

Os aspectos relativos à Lei 12.726/99 sobre a Política e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos já foram abordados no Volume 2 - Sistema Institucional.

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

No Quadro 7.1 é apresentado um resumo dos principais itens de interesse das legislações atuais dos municípios abrangidos pelo Plano Diretor de Drenagem.

O Quadro 7.2 mostra um extrato relativo ao adensamento em áreas de preservação, referente às legislações dos mesmos municípios.

A administração municipal, além de observar as restrições e orientações afetas ao controle da drenagem existentes na legislação federal e estadual, deve legislar complementarmente em função das especificidades ambientais, sociais e políticas locais. A par da legislação federal e estadual visar soluções de gestão ambiental integradas, a legislação municipal, devido a especificidades sociais e políticas locais, ainda deve, de uma maneira geral, avançar neste campo, sobretudo em termos de prevenção de enchentes.

Quadro 7.1 O Controle de Drenagem Urbana nas Legislações Municipais Atuais.

Município	Aspectos Relativos à Drenagem Abordados na Legislação								
	Faixa de Preservação para Drenagem			Incentivos Financeiros e Fiscais			Restrições à Impermeabilização		
	<u>Não</u>	<u>Sim</u> : > 4 m	<u>Sim</u> : > 15 m	<u>Não</u>	<u>Sim</u> : não regulamentados	<u>Sim</u> : com alguma regulamentação	<u>Não</u>	<u>Sim</u>	<u>Sim</u> e prevê reservatório em lotes
Curitiba		●				●		●	●
S. José dos Pinhais		●		●				●	
Pinhais		●		●				●	
Piraquara		●		●			●		
Quatro Barras			●		●		●		
Campina G. do Sul			●		●		●		
Colombo			●		●			●	
Almirante Tamandaré	●				●		●		
Araucária	●			●				●	
Fazenda Rio Grande			●	●			●		
Mandirituba		●				●		●	
Campo Largo			●				●		
Contenda		●		●			●		

Fonte: SUDERHSA

Quadro 7.2 Adensamento em Áreas de Preservação

Cidades	Prevêem Baixa Taxa de Ocupação	Prevêem Parcelamento em Grandes Lotes	Não Prevêem Restrições Nestas Áreas
Curitiba	zroc – 30 %	densid. Máx. 5 hab/há (rap)	
	zed – 30 %		
	zem – 30 %		
	z-com – 20 %	densid. Máx. 2 hab/há (rap)	
Araucária	zvr1 – 33 %	1.500 m ² ou 1.000 m ²	
	zvr2 – 20 %	4.000 m ²	
Campina Grande do Sul	setor de preservação área verde – 10 %	2.000 m ²	
Campo Largo	zbd – 5 %	5.000 m ²	
Colombo	zrue – 30 %	1.000 m ²	
	zr – 30 %	5.000 m ²	
	Preserv.1 - zp 1 – 10 %	10.000 m ²	
Contenda	Preserv.2 - – 10 %	5.000 m ²	
	- zp 2 – 10 %	–	
	zue1 – 30 %	–	
	zue2 – 30 %	1.000 m ²	
Fazenda Rio Grande	zue3 – 30 %	–	
	zue4 – 50%	450 m ²	
	pri – 10 %	5.000 m ²	
	zpal – – – –	–	
Mandirituba	zrr – 40 %	500 m ²	
	zp – – – –	–	
	zr1 – 25 %	360 m ²	
	ser2 – 45 % hab. Unifamiliar		falta estabelecer taxa de
Pinhais	– 25 % hab. Coletiva		ocupação e parcelamento
	ser1 – 45 % hab. Unifamiliar	Comercial, serviços vicinais	no setor SEFV e SEC
	– 25 % hab. coletiva		
	zr1 – 25 %	1.000 m ²	
	zt – 12,5 %	5.000 m ²	

(Continua)

Quadro 7.2 Adensamento em Áreas de Preservação (Continuação)

Cidades	Prevêem Baixa Taxa de Ocupação	Prevêem Parcelamento em Grandes Lotes	Não Prevêem Restrições Nestas Áreas
Piraquara	zpu-1 – 12,5 %	1 hab./ha	
	Preserv. urbana 3 – 12,5 %	ativ.agríc.ou parcel.≥5.000 m ²	
	zpu-3 – 15 %		
	zru – 30 %	5.000 m ²	
	zi – 30 %	2.000 m ²	
Quatro Barras	fundos vale av.parque – 30 %	2.000 m ²	
	zue4 – 50 %	5.000 m ²	
	pri – 10 %	1.000 m ²	
	zep – 0 %	-	
	zer – 5 %	10.000 m ²	
	zex – 33,3 %	10.000 m ²	
São José dos Pinhais	zea – 0,008 %	20.000 m ²	
	zr – 5 %	20.000 m ²	
	industrial – 40 %	5.000 m ²	
	serv. De apoio indúst. – 40 %	5.000 m ²	
	equip. comunitário – 40 %	450 m ²	
Almirante Tamandaré	-	-	-

FONTE: Elementos sobre legislação fornecidos pelos municípios.

OBS.: Os municípios não citados e que estão na área do Plano Diretor, não forneceram informações.

ANEXO 3
EXEMPLOS DE LEGISLAÇÕES DE PORTO ALEGRE E SÃO PAULO

ANEXO 3 EXEMPLOS DE LEGISLAÇÕES DE PORTO ALEGRE E SÃO PAULO

Para ilustrar as propostas apresentadas neste volume apresentam-se, a seguir, dois exemplos de legislação municipal que têm como objetivo direcionar o desenvolvimento urbano de forma a reduzir os impactos sobre a drenagem.

São exemplos que devem ser vistos dentro do contexto de cada cidade mas, podem servir de orientação à muitos outros municípios que ainda não possuem uma legislação que contemple as questões da drenagem.

1 ELEMENTOS DA LEGISLAÇÃO DA CIDADE DE PORTO ALEGRE

1.1 O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA/2000) da cidade de Porto Alegre prevê o controle da drenagem urbana. O seu Artigo 97 estabelece que nas zonas identificadas como problemáticas deverão ser construídos reservatórios de retenção pluvial. No seu parágrafo único define que será de atribuição do executivo a definição dos critérios através de decreto.

O parágrafo terceiro do Artigo 135 estabelece que o espaço para a drenagem urbana é faixa "não edificável", e o parágrafo sexto define que os novos empreendimentos devem manter as condições hidrológicas originais da bacia, através de amortecimento da vazão pluvial.

O Artigo 136 restringe o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundação, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas e proteção contra as cheias e inundações, assim como nos terrenos onde as condições geológicas e hidrológicas não aconselham edificações.

O Artigo 137 reserva áreas para os equipamentos urbanos, entre os quais a drenagem urbana.

O Artigo 163, das disposições transitórias, destaca a necessidade de decreto do legislativo para a definição e dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais.

Para a regulamentação da drenagem, são propostos alguns princípios que baseiam-se no controle na fonte do escoamento pluvial através do uso de dispositivos que amortecem o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recuperem a capacidade de infiltração através de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração.

Considerando a legislação municipal que institui o PDDUA, analisada anteriormente, apresenta-se a seguir uma proposta de decreto que regulamenta o Artigo 97 como previsto em seu parágrafo único, e o Artigo 163 das disposições transitórias. Além disso, deve-se destacar que no Artigo 135, parágrafo 6 do parcelamento do solo, a lei também prevê estas mesmas condições para novos empreendimentos. Esta proposta, cujo texto ainda não foi analisado juridicamente e não foi ainda

aprovado pela Prefeitura de Porto Alegre, baseia-se na padronização de elementos básicos para a regulamentação, que são:

- A vazão máxima de saída a ser mantida em todos os desenvolvimentos urbanos como novas edificações ou parcelamentos;
- O volume de retenção necessário à manutenção da vazão máxima citada no item anterior;
- Deixar espaço para uso de pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana pelos empreendedores;
- Faixa de domínio e condicionantes para novos parcelamentos.

1.2 Proposta de Decreto *

A proposta a seguir foi extraída do Plano Diretor de Drenagem de Porto Alegre que está sendo elaborado pelo IPH- Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

-- -- -- --

DECRETO...

Regulamenta o controle da drenagem urbana

O Prefeito Municipal de ... , usando de suas atribuições legais e tendo em vista os artigos 97 e 135 da Lei ... de ... de ... e considerando que:

- *Compete ao poder público prevenir o aumento das inundações devido à impermeabilização do solo e canalização dos arroios naturais;*
- *O impacto resultante da impermeabilização produz o aumento de frequência da inundação, piora da qualidade da água e transporte de material sólido, degradando o ambiente urbano;*
- *Deve ser responsabilidade de cada empreendedor urbano a manutenção das condições prévias de inundação nos arroios da cidade, evitando transferir para o restante da população o ônus da adequada compatibilização da drenagem urbana;*
- *A preservação da capacidade de infiltração das bacias urbanas é prioridade para a conservação ambiental dos arroios e rios que compõem a macrodrenagem, além dos rios receptores do escoamento da cidade de Porto Alegre.*

Artigo 1 - Toda edificação que resulte em superfície impermeável , aprovada pelo poder público municipal, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para rede pública de pluviais igual a 20,8 l/(s.ha)

§1 A vazão máxima de saída é calculada multiplicando a vazão específica pela área total do terreno no qual se insere a edificação.

* Os valores constantes nesta proposta são adequados para o caso de Porto Alegre
SUD0102RP-WR001-FI

§2 A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas e sarjetas, excetuando o previsto no parágrafo 3 deste artigo.

§3 As áreas de recuo poderão drenar o escoamento de até 20% da sua superfície diretamente para a sarjeta das ruas, descontando a área drenada da área total do terreno referida no parágrafo 1.

Artigo 2 - Todo novo parcelamento do solo deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica disposto no Art, 1 deste decreto.

Artigo 3 - A manutenção das condições de pré-desenvolvimento no lote ou no parcelamento do solo deve ser demonstrada através de estudo hidrológico específico.

§1 Quando a área for menor que 100 hectares e o controle adotado utilizado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório é determinado através de

$$v = 4,25 AI$$

onde v é o volume por unidade de área de terreno em m³/hectare e AI é a área impermeável da área edificada em %.

§2 O volume necessário para áreas superiores a 100 hectares devem ser realizados com estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto com probabilidade de uma em dez vezes em qualquer ano.

§3 Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitem a infiltração da água para o sub-solo, como existente antes da construção.

§4 Pavimentos permeáveis poderão ser considerados como áreas permeáveis desde que atendido o previsto no parágrafo 3 deste artigo.

Artigo 4 - Na edificação dos lotes, resultante do parcelamento a partir deste decreto, a área impermeável deve ser menor ou igual a prevista para o lote e para o seu sistema viário prevista no projeto de drenagem do parcelamento aprovado de acordo com os artigos 2 e 3.

Artigo 5 - Após a aprovação por parte da Prefeitura, do projeto de drenagem urbana da edificação ou do parcelamento é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície.

Parágrafo Único - A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção do volume adicional gerado.

Artigo 6 - Está vedada edificação que cubra trecho do sistema público de drenagem pluvial, mesmo em trecho de propriedade privada.

Artigo 7 - Para novo parcelamento do solo deverá ser preservada a faixa de domínio dos arroios urbanos, de acordo com o código florestal, como prevê o Artigo 134, parágrafo 4 da lei Municipal ... de ... 1999.

Parágrafo Único - a área correspondente a faixa de domínio somente poderá ser incluída no percentual de área pública se na referida faixa for implementado um parque linear de acordo com definições da Secretaria de Meio Ambiente.

Pode-se observar no texto acima que não foi prevista uma área mínima. Este condicionamento deve ficar a critério do município dentro dos seus condicionantes de área crítica e necessidade de controle da densificação.

2 LEI DE RESERVAÇÃO NOS LOTES EM SÃO PAULO

Trata-se de uma lei recentemente promulgada no município de São Paulo. Tem como características sua simplicidade e objetividade. Não pretende solucionar o problema das inundações da cidade mas, além de ter um efeito benéfico sobre a drenagem urbana, tem sido motivo de debates sobre a questão que acabam por exercer um efeito educacional sobre empreendedores e sobre o público em geral.

LEI Nº 13.276, 04 DE JANEIRO DE 2002 (reproduzida do Diário Oficial do Município) **PROJETO DE LEI Nº 706/01, DO VEREADOR ADRIANO DIOGO - PT**

Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

HÉLIO BICUDO, Vice-Prefeito, em exercício no cargo de Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, faz saber que a Câmara Municipal, em sessão de 27 de dezembro de 2001, decretou e eu promulgo a seguinte lei:

Artigo 1º - Nos lotes edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500m² deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992.

Artigo 2º - A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na seguinte equação:

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$$

V = volume do reservatório (m³)

A_i = área impermeabilizada (m²)

IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h

t = tempo de duração da chuva igual a um hora.

§1º Deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório.

§2º A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.

Artigo 3º - Os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, deverão ter 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

§1º A adequação ao disposto neste artigo deverá ocorrer no prazo de 90 (noventa) dias.

§2º Em caso de descumprimento ao disposto no "caput" deste artigo, o estabelecimento infrator não obterá a renovação do seu alvará de funcionamento.

Artigo 4º - O Poder Executivo deverá regulamentar a presente lei no prazo de 60 (sessenta) dias.

Artigo 5º - Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, aos 04 de janeiro de 2002, 448º da fundação de São Paulo.

HÉLIO BICUDO, Prefeito em Exercício

ILZA REGINA DEFILIPPI DIAS, Respondendo pelo Cargo de Secretária dos Negócios Jurídicos

FERNANDO HADDAD, Respondendo pelo Cargo de Secretário de Finanças e Desenvolvimento Econômico

ARLINDO CHINAGLIA JÚNIOR, Secretário de Implementação das Subprefeituras

LUIZ PAULO TEIXEIRA FERREIRA, Secretário da Habitação e Desenvolvimento Urbano

JORGE WILHEIM, Secretário Municipal de Planejamento Urbano

Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 04 de janeiro de 2002.

RUI GOETHE DA COSTA FALCÃO, Secretário do Governo Municipal

ANEXO 4
BASES PARA ELABORAÇÃO DE LEI MUNICIPAL DE CONTROLE DE
DRENAGEM URBANA PARA OS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

ANEXO 4 BASES PARA ELABORAÇÃO DE LEI MUNICIPAL DE CONTROLE DE DRENAGEM URBANA PARA OS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

Este anexo trata de orientar a elaboração da legislação municipal de controle da drenagem urbana para as cidades da RMC. As orientações aqui apresentadas devem ser utilizadas dentro da especificidade de cada realidade. As informações aqui contidas devem ser complementadas com dados existentes no Manual de Drenagem Urbana, Volume 6 deste Plano.

1 JUSTIFICATIVA DA LEGISLAÇÃO

O controle das inundações desenvolvido neste Plano consideram dois espaços nas cidades:

- áreas ocupadas e impactadas;
- áreas a serem desenvolvidas.

No primeiro caso, medidas estruturais são necessárias para controlar os impactos já existentes. Para as áreas a serem desenvolvidas é possível utilizar da regulamentar através da legislação para evitar que venham a gerar impactos futuros.

A gestão da água do escoamento urbano será mais eficiente quanto mais cedo se iniciar a implantação das medidas de controle. Além disso, medidas estruturais e não-estruturais são complementares no que se refere ao controle desejado. Devem, ser levadas em conta as características hidrológicas, topográficas e pedológicas da bacia para a escolha das medidas a serem adotadas e, no caso de não haver experiência local, pode, sempre, ser selecionada uma área-piloto para testes de eficiência das ações pretendidas.

2 OBJETIVOS DA LEGISLAÇÃO

O objetivo principal da legislação é *de minimizar o impacto resultante do desenvolvimento de qualquer novo espaço urbano sobre a população e ao meio ambiente urbano.*

Especificamente os objetivos são:

- Controlar a vazão de pós-desenvolvimento das áreas construídas;
- Preservar o máximo de áreas permeáveis no ambiente urbano;
- Reduzir os impactos da qualidade da água e da produção de resíduos sólidos;
- Minimizar o impacto das inundações ribeirinhas.

3 PROGRAMA PARA IMPLANTAÇÃO DE LEGISLAÇÃO MUNICIPAL DE CONTROLE DE DRENAGEM URBANA NOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

Este programa consiste na listagem das atividades que deverão ser desenvolvidas para que os municípios da Bacia do Alto Iguaçu sejam estimulados a implantar, em seus territórios, uma legislação de controle e incentivos que promova o controle da drenagem urbana em harmonia com o desenvolvimento urbano.

Trata-se de uma sugestão que deverá ser adaptada e detalhada, pelo gestor do Plano Diretor de Drenagem, às condições sócio-políticas vigentes e às realidades de cada município.

3.1 Objetivo do Programa

Estimular e assessorar os municípios da bacia do Alto Iguaçu a implantar uma legislação voltada ao controle do desenvolvimento urbano levando em consideração: os impactos desse desenvolvimento sobre o sistema de drenagem e a importância da redução das inundações no município.

3.2 Desenvolvimento do Programa

Divulgação

Diagnóstico

- Análise detalhada da legislação do uso do solo e do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município;
- Levantamento das posturas já existentes relativas à impermeabilização do solo e controle da drenagem
- Levantamento dos pontos críticos, complementando a pesquisa apresentada no Plano Diretor de Drenagem

Proposta de Lei

- complementação das leis já existentes
- restrições técnicas pertinentes
- análise jurídica

Assessoria na fase de tramitação da lei

Treinamento

- setores técnicos

- fiscalização

4 EXEMPLO DE REGULAMENTAÇÃO PARA AS ÁREAS RIBEIRINHAS

Artigo 3º Para o efeito de aplicação da presente lei, são adotadas as seguintes definições:

Parágrafo 4º - Dos termos gerais

.....

l) área de risco de inundação: é a área com cota igual ou inferior a da cheia de 19xx (ou de 100 anos), denominado aqui de Nxx (N100).

Artigo 9º A permissão para a localização de qualquer atividade considerada como perigosa, nociva ou incômoda, dependerá da aprovação do projeto completo, se for o caso, pelos órgãos competentes da União, do Estado e Município, além das exigências específicas de cada caso.

Parágrafo Único:

.....

g) armazenagem ou processamento, nas áreas de risco de inundação, de material que misturado com a água seja prejudicial a saúde humana.

Art 14º Fica determinada a Zona Central como correspondente à área central e seu entorno, definida pelos níveis da cota de enchente ***da cheia de 19xx (Nxx)*** (ou de tempo de retorno de 100 anos N100).

Art 15º Fica determinada a Zona de Baixa Densidade como correspondente à área situada entre as cotas de enchente xx m e xx m.

Parágrafo Único - Para esta zona, ficam estabelecidos os seguintes objetivos e instrumentos:

.....

g) retirar o imposto para os imóveis com os seguintes usos: agrícola, parques ou praças privados; áreas esportivas; estacionamento; áreas de carregamento; áreas de armazenamento de material facilmente removível ou não sujeitos a danos de enchentes.

Inserir um artigo depois do Artigo 22, denominado aqui de Artigo 22'

Art 22' Todos os projetos de construções localizadas na áreas de risco de inundação devem ser fiscalizados quanto ao seguinte:

- a) estabelecimento de, pelo menos, um piso com nível superior Nxx (cota da cheia de 19xx);***
- b) uso de materiais resistentes à submersão ou contato com a água;***
- c) equipamentos elétricos em cota acima da cota Nxx. Prever o desligamento do sistema de alimentação durante o período de cheia;***
- d) proteção dos aterros contra erosões;***
- e) prever os efeitos das enchentes nos projetos de esgotos pluvial e cloacal;***

- f) estruturalmente, as construções devem ser projetadas para resistir a: (i) pressão hidrostática, que pode causar problemas de vazamento; (ii) empuxos e momentos; (iii) erosão.**
- g) fechamento de aberturas como portas, janelas e dispositivos de ventilação quando é desejado proteger o piso submetido a inundação;**
- h) estanqueidade e reforço das paredes de porões e pisos sujeito a inundação;**
- i) ancoragem de paredes contra deslizamentos;**
- j) para os pisos previstos que inundem, prever o escoamento através da obra, evitando o desmoronamento de paredes;**
- h) prever o transporte de material de valor para pisos superiores e a habitação por até três meses nos pisos superiores.**

5. MINUTA DE LEI PROPOSTA

Esta proposta, cujo texto ainda não foi analisado juridicamente, baseia-se na padronização de elementos básicos para a regulamentação. Embora esteja apresentada sob a forma de artigos, não deve ser considerada como se já estivesse na forma de lei, o que exigirá, posteriormente, a revisão complementar por parte de um advogado.

Decreto Municipal N°.....

Súmula: Regulamenta as diretrizes municipais para a drenagem e o controle de cheias.

O Prefeito Municipal de, no uso de suas atribuições,

Decreta:

Capítulo I

Disposições Gerais

Artigo 1º - Para efeito de aplicação do presente decreto, considera-se que:

§ 1º - compete ao Poder Público prevenir contra as graves conseqüências advindas das freqüentes inundações e/ou alagamentos que ocorrem periodicamente em áreas urbanizadas ;

§ 2º - a impermeabilização das bacias hidrográficas resultantes das edificações, pavimentações e demais obras causam impactos diretos no sistema drenante, acarretando, por parte do Poder Público, investimentos cumulativos no sistema de jusante;

§ 3º - o Poder Público, não dispõe de receita suficiente a fim de executar obras de galerias que permitam adequar todo o sistema na totalidade do Município ;

§ 4º - a ocupação das várzeas gera danos de grande monta aos ocupantes destas áreas e, também, às populações a jusante e montante, afetados pelas elevações de níveis decorrentes da obstrução do escoamento natural;

§ 5º - o impacto resultante da impermeabilização produz o aumento da frequência da inundação, piora da qualidade da água e transporte de material sólido, degradando o ambiente urbano;

§ 6º - deve ser responsabilidade de cada empreendedor urbano a manutenção das condições prévias de inundação nos arroios da cidade, evitando transferir para o restante da população o ônus da adequada compatibilização da drenagem urbana;

§ 7º - a preservação da capacidade de infiltração das bacias urbanas é prioridade para a conservação ambiental dos arroios e rios que compõem a macrodrenagem, além dos rios receptores do escoamento da cidade;

§ 8º - a nova filosofia do Poder Público Estadual e Municipal, no que diz respeito ao controle de cheias e alagamentos baseia-se no controle na fonte do escoamento pluvial através do uso de dispositivos que amortecem o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recuperem a capacidade de infiltração através de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração;

- Acumular, o máximo possível, os excedentes hídricos a montante, possibilitando assim o retardamento do pico de enchentes para as chuvas de curta duração e maior intensidade.
- Recuperar, gradativamente a situação existente, anterior a urbanização, ou seja, o coeficiente de escoamento superficial (runoff).

Artigo 2º - Para efeito de aplicação do presente Decreto, são adotados os princípios, conceitos, parâmetros e diretrizes estabelecidos no Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba e no seu respectivo Manual de Drenagem.

§ 1º - O controle técnico de projetos e obras de drenagem, nos termos do inciso V do Artigo 31º da Lei/PR 12.726 e do inciso X do Artigo 4º do Decreto/Pr 2.317/00, far-se-á com base no estabelecido no Manual de Drenagem.

§ 2º - São parâmetros de controle técnico de projetos e obras que interferem nos sistemas hídricos: área de contribuição, coeficiente de escoamento superficial e vazão natural.

§ 3º - Os dispositivos legais referentes à drenagem devem constar das guias de licenciamento para empreendimentos.

§ 4º - Entende-se por empreendimento, qualquer parcelamento de solo urbano, desmembramento ou loteamento, ou a edificação em lote urbano que necessite de licenciamento.

§ 5º - Visando à integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental e a gestão e proteção dos mananciais, os projetos de parcelamento do solo deverão atender aos requisitos ora estabelecidos, relativos à drenagem.

Artigo 3º - A vazão específica gerada por qualquer novo empreendimento imobiliário aprovado pelo poder público municipal, não poderá aumentar a vazão máxima de saída em relação à essa mesma vazão nas condições atuais (condições de pré-desenvolvimento) da área, nem transferir vazões de cheias para jusante do empreendimento.

§ 1º - A manutenção das condições de pré-desenvolvimento no lote ou no parcelamento do solo deve ser demonstrada à Prefeitura através de estudo hidrológico específico.

§ 2º - Todo novo parcelamento do solo, aprovado pelo poder público municipal, deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica de 27,1 l/(s.ha).

§ 3º - A vazão máxima específica de saída para a rede pública pluvial de toda edificação que resulte em superfície impermeável, aprovada pelo poder público municipal, não poderá exceder 27,1 l/(s.ha).

§ 4º - Na edificação dentro de cada lote, a área impermeável deve ser menor ou igual à prevista para cada lote aprovada pela Prefeitura na implantação do loteamento.

§ 5º - Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitem a infiltração da água para o sub-solo, como existentes antes da construção.

§ 6º - Após a aprovação do projeto de drenagem urbana da edificação ou do parcelamento, é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície, salvo se houver a retenção do volume adicional gerado.

Artigo 4º - As bacias de retenção, reservatórios construídos para não secar entre uma enxurrada e outra, retendo a água permanentemente numa parcela do seu volume e servindo não só para o controle de cheias, mas também para melhorar a qualidade da água das enxurradas, deverão obedecer aos requisitos essenciais :

- a- Apresentar volume adequado, compatível com a área contribuinte de montante e dimensionadas em conformidade com os elementos de hidráulica e hidrologia obtidos nas fórmulas clássicas já utilizadas para esse fim, ou com os novos conceitos que possam surgir de técnicas mais aprimoradas.
- b- O retardamento, bem como o volume armazenado, deve ser aprovado pelo Poder Público, através do órgão competente.

Artigo 5º - As cisternas de acumulação deverão ser dimensionadas para cada caso podendo ser instaladas nas próprias áreas dos imóveis, ou interligadas de forma a acumular as vazões em áreas adjacentes, dependendo do interesse e da viabilidade econômica.

Artigo 6º - As vias de circulação públicas ou privadas, executadas com pavimento permeável, estarão minimizando o acréscimo de vazão e, portanto, diminuindo o volume do reservatório de retenção.

§ 1º - Para efeito de cálculo, o coeficiente de escoamento superficial (runoff) dos pavimentos permeáveis terá o valor de 0,30

§ 2º - Os corredores de acesso de condomínios, conjuntos residenciais ou residências em série transversais ao alinhamento predial e os estacionamentos descobertos serão com pavimento permeável.

§ 3º - Nos casos em que o piso receber revestimento impermeável, deverá ser adotado dispositivo de controle compensatório.

Artigo 7º - Os empreendimentos já aprovados e/ou construídos, cujo empreendedor proprietário adotar as medidas previstas, receberá incentivos fiscais. *(cabe a Prefeitura Municipal verificar a viabilidade de aplicação deste instrumento, bem como, definir prazo e percentual de desconto na contribuição de melhoria relativa à drenagem urbana, ou no IPTU).*

Artigo 8º - A utilização de dispositivos para o controle do escoamento de águas pluviais deverá obedecer ao Manual de Drenagem da RMC.

Artigo 9º - Para efeito de pré-dimensionamento, poderão ser utilizadas as seguintes tabelas:

- Tabela I com o tempo de retorno para o cálculo de vazão em função da área de contribuição de drenagem; e
- Tabela II, onde são fornecidos, para áreas de até 1 ha, os volumes dos reservatórios e os respectivos diâmetros de saída, para áreas com permeabilidades de 50% e 25%.

Tabela I Tempo de Retorno a ser adotado para o cálculo da vazão relacionado a Área de Contribuição de Drenagem

Área de contribuição	Tempo de Retorno (anos)
até 1 ha.	2
1 ha a 10 ha	5
10 ha a 10 km ²	10
10 ha a 100 km ²	25
> 100 km ²	100

Tabela II Volume dos Reservatórios para área com permeabilidade 25% e 50% e respectivos diâmetros de saída considerando TR = 2 anos, t = 1 h e I = 42,84 mm/h (curva IDF do Prado Velho por Fendrich, 1989)

Área do lote (m ²)	Permeabilidade 25%		Permeabilidade 50%	
	Volume do Reservatório (m ³)	Diâmetro de Saída do Reservatório – Dcomercial (mm)	Volume do Reservatório (m ³)	Diâmetro de Saída do Reservatório – Dcomercial (mm)
160	0,31	25	0	25
200	1,60	25	0	25
250	3,21	25	0,53	25

Tabela II Volume dos Reservatórios para área com permeabilidade 25% e 50% e respectivos diâmetros de saída considerando TR = 2 anos, t = 1 h e I = 42,84 mm/h (curva IDF do Prado Velho por Fendrich, 1989) (Continuação)

Área do lote (m ²)	Permeabilidade 25%		Permeabilidade 50%	
	Volume do Reservatório (m ³)	Diâmetro de Saída do Reservatório – Dcomercial (mm)	Volume do Reservatório (m ³)	Diâmetro de Saída do Reservatório – Dcomercial (mm)
330	5,78	25	2,24	25
360	6,74	25	2,88	25
450	9,63	25	4,81	25
500	11,24	25	5,88	25
550	12,36	25	6,76	25
600	13,48	25	7,37	25
650	14,61	25	7,99	25
700	15,73	25	8,60	25
750	16,85	25	9,21	25
800	17,98	40	9,83	40
850	19,10	40	10,44	40
900	20,22	40	11,06	40
1000	22,47	40	12,28	40
1200	26,96	40	14,74	40
1500	33,71	40	18,43	40
2000	44,94	50	24,57	50
2500	56,18	50	30,71	50
3000	67,41	50	36,85	50
3500	78,65	75	43,00	75
4000	89,88	75	49,14	75
5000	112,35	75	61,42	75
6000	134,82	75	73,71	75
7000	157,30	100	85,99	100
8000	179,77	100	98,28	100
9000	202,24	100	110,56	100
10000	224,71	100	122,85	100

§ 1º - Para áreas superiores a 1 ha, o cálculo dos volumes dos reservatórios deverá ser feito com a utilização das seguintes fórmulas, também apresentadas no Manual de Drenagem:

- $V = (22,48 C^{1/2} T^{0,129} - 1,21 q_s^{1/2})^2$ (Manual de Drenagem, página 85)
- $V = 2,456 T^{0,332} A_{imp} A$ (Manual de Drenagem, página 85)

Artigo 10º - Nas zonas identificadas com o tipo de solo pouco permeável, deverão ser construídas medidas de controle do tipo armazenamento. As medidas de controle de armazenamento normalmente têm por objetivo primordial o retardo do escoamento pluvial para a sua liberação defasada, e com pico amortecido, ao seu destino, que poderá ser um ponto de captação de uma rede pluvial existente. Reservatórios residenciais em lotes, bacias de retenção e detenção nos loteamentos ou na macrodrenagem são exemplos típicos destes dispositivos de armazenamento.

§ 1º - O executivo definirá os critérios através de decreto.

Artigo 11º - Nas zonas identificadas com o tipo de solo de alta e muito alta capacidade de infiltração deverão ser construídas medidas do tipo infiltração e percolação.

§ 1º - Para o caso de áreas já ocupadas e na falta de rede de esgotos implantada e operando, as medidas deverão ser substituídas pelo tipo de armazenamento.

§ 2º - O executivo definirá os critérios através de decreto, considerando também o nível do lençol freático.

Artigo 12º - Nenhum conduto, que conduza efluentes com grande poluição ou alta carga de sedimentos, poderá se conectar com as medidas de controle implantadas.

§ 1º - Para haver o lançamento de águas de drenagem nas medidas de controle, há necessidade de estruturas de pré-tratamento e/ou decantação a montante.

Artigo 13º - Nas zonas com alta e muito alta capacidade de infiltração, os bosques e florestas são consideradas de utilidade às terras que revestem e bens de interesse comum, ficando seu uso permitido somente através de técnicas de manejo que garantam a sua perpetuidade, a critério da autoridade ambiental, após estudo e avaliação do impacto ambiental provocado pelo processo.

Artigo 14º - Deverão ser mantidas faixas de preservação permanente nos cursos de água de acordo com o Código Florestal.

§ 1º - São consideradas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo de rios ou de outro qualquer curso d'água em faixa marginal mínima estabelecida pela Lei Federal 4771 - Código Florestal;
- b) ao longo de rios ou de outro qualquer curso d'água em faixa marginal mínima estabelecida como área de risco de enchentes pelo Plano Diretor de Drenagem;
- c) as demais, de acordo com a Lei Federal.

§ 2º - Os córregos, e/ou linhas de drenagem não poderão ser retificados ou canalizados.

Artigo 15º - O espaço para a drenagem urbana é faixa não edificável.

§ 1º - É vedada edificação que cubra trecho do sistema público de drenagem pluvial, mesmo em trecho de propriedade privada.

Artigo 16º - Na zona para a passagem das enchentes não será permitida a construção de aterros.

§ 1º - Ocupações irregulares situadas em zonas de passagem de enchentes não poderão ser regularizadas, enquanto persistir a condição de alto risco.

§ 2º - Em caso de lote existente, resultante de loteamento ou desmembramento de solo urbano, aprovado pelo poder público, admitir-se-á a construção de habitação unifamiliar ou comércio/serviço, com mais de um piso, onde o piso superior ficará situado sobre pilotis, no mínimo, no limite do nível da enchente e estruturalmente protegida contra enchentes.

§ 3º - Independentemente da área construída pretendida, deverão ser apresentados, além do projeto arquitetônico, o projeto estrutural e responsabilidade técnica.

§ 4º - Equipamentos comunitários, públicos ou privados, de educação e saúde não serão permitidos nas zonas de risco.

§ 5º - Em caso de uma eventual autorização para aterro, o mesmo deverá ser compensado através da implantação de reservatório de acumulação.

Artigo 17º - O parcelamento do solo que estiver em terrenos sujeitos a inundação não é permitido, salvo se tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas e proteção contra as cheias e inundações de montante, de jusante e do próprio terreno.

Artigo 18º - Novos parcelamentos do solo urbano deverão preservar a faixa marginal dos rios e córregos enquanto área de risco de enchente.

§ 1º - A vegetação natural situada nesta é considerada de preservação permanente.

§ 2º - A faixa é considerada não edificável.

§ 3º - Não será permitida a construção de aterros que obstruam o escoamento na passagem das enchentes.

§ 4º - A área correspondente à faixa de domínio somente poderá ser incluída no percentual de área pública se na referida faixa for implementado um parque linear de acordo com definições da Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

§ 5º - O loteamento ou desmembramento do solo urbano somente receberá o laudo de conclusão, a permissão para construir, ou a licença de operação após concluídas todas as obras, inclusive as medidas estruturais de controle de cheias. Como garantia o município valer-se-á da caução de lotes em valor correspondente a todos os serviços e obras previstos no projeto aprovado.

Artigo 19° - Uma gleba sujeita a inundação poderá ser parcelada caso o empreendedor implante, às suas expensas, medida de controle a montante, tornando a área não inundável, além das outras medidas necessárias ao controle de vazão do empreendimento.

§ 1° - As disposições quanto a parcelamento aplicam-se também a condomínios.

Artigo 20° - Poderá ser autorizado pelo órgão competente a transferência do potencial construtivo de um imóvel doado ao município para outro imóvel, desde que o imóvel doado atenda as seguintes funções:

- A proteção e preservação do patrimônio ambiental no município,
- A instituição de unidades de conservação;
- A manutenção das faixas de preservação permanente;
- O uso adequado das faixas de drenagem;
- A implantação de medidas de controle de enchentes; e
- A criação de espaços de uso público de lazer.

Artigo 21° - Fica determinada como ZONA DE RESTRIÇÃO A URBANIZAÇÃO, aquela definida pela predominância de solos hidromórficos e aluviais.

§1° - Para esta zona ficam estabelecidos os seguintes objetivos e instrumentos:

- I. Desestimular o adensamento para que se garantam o escoamento das águas e a minimização dos prejuízos decorrentes das enchentes;
- II. Preservar a vegetação natural, e em especial a mata ciliar;
- III. Recuperar a mata ciliar para controlar processos erosivos e contribuir na recuperação do ecossistema;
- IV. Possibilitar a transferência de potencial construtivo nos imóveis de interesse ambiental;
- V. Aproveitar as depressões naturais como lagoas de retenção/detenção;
- VI. Possibilitar a implantação de parques lineares ou laterais aos rios para amortecimento das enchentes e retenção dos sedimentos;
- VII. Reter volumes de cheias, notadamente a solução de bacias de retenção, em pontos de montante das sub-bacias.

§ 2° - Os lotes urbanos situados integralmente em zona de passagem das cheias serão considerados imóveis de interesse ambiental e objeto de transferência do domínio ao poder público com a transferência do potencial construtivo.

ANEXO 5
MAPEAMENTO DAS ÁREAS PROPÍCIAS À IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS
NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE CHEIAS

ANEXO 5

MAPEAMENTO DAS ÁREAS PROPÍCIAS À IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE CHEIAS

1 INTRODUÇÃO

Este anexo tem como objetivo apresentar critérios para a identificação das áreas da Bacia do Alto Iguaçu onde a implantação das medidas não-estruturais de controle de cheias gera os melhores resultados.

Um dos princípios básicos do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu é o chamado *controle na fonte* ou controle do escoamento junto à sua origem. Dentro deste princípio, todo novo empreendimento deverá implantar medidas de controle para mitigação dos impactos sobre a drenagem. Essas medidas, em síntese, consistem em dispositivos de infiltração ou reservatórios projetados para reduzir ou eliminar as diferenças entre as *chuvas precipitadas* e a *chuvas efetivas*.

O poder público deverá zelar para que essas medidas sejam efetivamente aplicadas sob pena inviabilizar o Plano Diretor. Como medida não-estrutural deverá adaptar ou complementar as legislações vigentes de uso do solo para que os novos empreendedores sejam obrigados a cumprir essa determinação, conforme proposto no Plano. Como medida estrutural deverá implantar as obras propostas para o sistema de macrodrenagem e que também têm como princípio o armazenamento dos excessos de vazão.

O controle na fonte gera uma economia considerável à administração pública e aos cidadãos mas ainda é uma novidade para a maioria dos administradores. Poucas cidades, em nosso país, têm se preocupado em desenvolver um planejamento efetivo de controle das enchentes baseado nesse princípio. Na maioria das vezes buscam soluções estruturais dentro do conceito de *afastamento* do excesso de águas pluviais. Essas soluções consistem geralmente na ampliação da capacidade hidráulica dos rios com a eliminação de singularidades, aumento de seções transversais e redução das rugosidades. São soluções efetivas na redução das inundações das áreas adjacentes e a montante dos trechos onde são aplicadas. Entretanto, provocam o aumento das vazões escoadas pelo sistema de drenagem, aumentando o risco de inundação em áreas a jusante. Surgem então novas áreas inundáveis e a necessidade de obras estruturais maiores que aumentem a capacidade do sistema de drenagem.

Nas nossas cidades é muito comum a canalização de córregos atrair uma população cada vez maior para as regiões ribeirinhas, reduzindo o espaço destinado ao escoamento das vazões de cheia, confinando o sistema hídrico a um espaço cada vez mais reduzido.

Por se tratar também de intervenções que melhoram o aspecto sanitário e urbanístico de uma região e que abrem novos espaços, muitas vezes utilizados para implantação de vias de fundo de vale, a canalização de córregos acaba também funcionando como mais um indutor de crescimento urbano. Há então o adensamento da urbanização e, por conseqüência, o aumento da impermeabilização da bacia, alimentando o círculo vicioso das inundações.

Esse ciclo coloca o administrador muitas vezes em uma situação difícil. A urbanização de uma bacia, associada à canalização de seus cursos de água, provoca impactos a jusante pelo aumento

das vazões. Para mitigar esses impactos, de acordo com os procedimentos tradicionais, aumenta-se a capacidade dos cursos de água a jusante. Estimula-se assim a ocupação das várzeas originalmente destinadas à absorção das cheias, criando-se novos indutores de adensamento urbano que acabam por provocar a impermeabilização de novas áreas e assim por diante.

A experiência mostra que existe uma cultura arraigada na sociedade que torna difícil o rompimento desse ciclo. Entretanto, nas comunidades onde o controle da drenagem na fonte tem alcançado sucesso, a sociedade passou por um processo de informação e convencimento que mostrou que o ônus desse ciclo vicioso acaba sendo absorvido pela própria sociedade.

As medidas e ações não-estruturais do Plano Diretor de Drenagem dão ênfase ao controle do uso do solo e à mitigação dos impactos gerados pela urbanização. Embora a legislação proposta para o controle do escoamento seja uma medida de caráter administrativo, sua aplicação se traduz em ações físicas que reduzem as vazões de cheias.

No presente anexo é feita uma aplicação dos conceitos hidrológicos do Plano Diretor visando a gestão dos impactos sobre a macrodrenagem causados pela urbanização. Para tanto é desenvolvido um método que permite avaliar, em primeira aproximação, quais são as áreas da RMC onde o controle da urbanização pode gerar resultados mais eficazes.

O método consiste em estabelecer uma relação entre densificação urbana, medida pela densidade demográfica, e volumes de águas pluviais a serem armazenados para que essa densificação cause impacto nulo sobre a macrodrenagem. Apresentam-se também custos estimativos desse armazenamento e o mapeamento, em base SIG, dessas áreas.

2 VOLUME DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O balanço hídrico do ciclo hidrológico pode ser sintetizado por meio da seguinte equação:

$$VE = VP - VA - VR - VI \quad (1)$$

com:

VE = Volume de água que escoar pela superfície

VP = Volume de água precipitado nas chuvas

VA = Volume que retorna à atmosfera pela evaporação e pela evapotranspiração

VR = Volume retido em depressões no terreno, na vegetação e em outros locais

VI = Volume que infiltra no subsolo

Ao volume VE, que representa o volume de água que escoar pelo sistema de drenagem, dá-se o nome de *chuva efetiva*.

Conforme mostra a equação (1), para um determinado volume de chuva VP, o volume VE que escoar é tanto maior quanto menores forem os volumes VA, VR e VI. Assim sendo, quando as características de uma determinada região forem favoráveis à evaporação, à retenção e à

infiltração, a diferença entre o volume de água precipitado em uma determinada chuva, e o volume que escoou pela superfície, é maior do que a mesma diferença em uma região onde as condições não são tão favoráveis.

Nas regiões que sofrem um processo de urbanização a vegetação original é reduzida, as características do solo são modificadas, parte das depressões naturais do terreno é eliminada e uma parcela do terreno é impermeabilizada. Como resultado, diante de uma tormenta, a chuva efetiva aumenta em relação à chuva efetiva produzida na mesma área nas condições de pré-desenvolvimento.

Para a quantificação do volume VE, o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu, adota o método do Soil Conservation Service, conforme descrito no Volume 3. Com esse método é possível calcular o volume VE pela seguinte equação:

$$VE = \frac{(VP - 5080/CN + 50,8)^2}{VP + 20320/CN - 203,2} \quad (2)$$

onde:

VE = volume de chuva efetiva (mm)

VP = volume de chuva (mm)

CN = Curve Number

Comparando-se as equações (1) e (2), observa-se que o parâmetro CN encerra, em um único número, todos os fatores envolvidos na produção do deflúvio. CN varia de acordo com o uso do solo e com a tipologia hidrológica do solo e, quanto maior for, maior a chuva efetiva produzida. Por isso geralmente os CNs de bacias não-urbanizadas são menores que os de bacias urbanizadas onde parte considerável do solo é impermeabilizada.

Para a determinação dos CNs de áreas urbanizadas (CN_{AU}) estabeleceu-se, no Plano Diretor, uma relação com a taxa de área impermeável (AI):

$$CN_{AU} = \frac{1}{100} \times [98 \times AI + (100 - AI) \times (CN_A \times A + CN_B \times B + CN_C \times C + CN_D \times D + CN_E \times E)] \quad (3)$$

CN_{AU} = CN da área urbanizada

AI = taxa de área impermeabilizada (%)

98 = CN adotado para a área impermeável

CN_A, CN_B, \dots, CN_E = são os CNs correspondentes à cada grupo hidrológico de solo para a cobertura ou uso do solo local. Para a bacia do Alto Iguaçu trabalhou-se, no Plano de Drenagem, com 6 categorias de uso identificadas a partir de imagem de satélite. Essas categorias e os respectivos CNs são apresentadas no Quadro 2.1.

A, B, ... E = distribuição dos grupos hidrológicos de solo presentes no solo local (%).

$A+B+C+D+E = 100\%$

Quadro 2.1 – CN por Tipologia de Solo e por Uso

Uso do Solo	CN por Grupo Hidrológico de Solo				
	CN _A	CN _B	CN _C	CN _D	CN _E
Água	99	99	99	99	99
Campo	45	66	77	83	83
Cultura	62	71	78	81	81
Mata	25	55	70	77	77
Solo exposto	68	79	86	89	89
Urbano	74	80	86	90	92

Fonte: IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Na bacia do Alto Iguaçu foram identificados dezesseis tipos hidrológicos de solo, cada qual representado por um número, conforme metodologia apresentada no Volume 3.

A tabela de Grupos Hidrológicos de Solos, que correlaciona os diferentes tipos de solos da área de interesse aos grupos hidrológicos, contendo a proporção de cada um dos cinco grupos fundamentais (A, B, C, D e E), é apresentada no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 Tabela de Proporções dos Tipos Hidrológicos de Solo Identificados na Bacia do Alto Iguaçu

Nº do Solo	Proporção (%) por Grupo Hidrológico				
	A	B	C	D	E
25	5	35	10	20	30
26	0	20	30	30	20
27	0	10	40	20	30
27 ^A	0	10	40	30	20
28	0	0	50	15	35
29	5	30	15	20	30
30	0	15	30	25	30
31	0	5	30	20	45
31/30	0	10	20	30	40
32	0	0	50	10	40
33	0	0	90	0	10
34	0	0	40	5	55
35	45	50	5	0	0
36	5	25	10	40	20
36 A	10	30	30	15	15
40/33	0	10	70	10	10
41/13	0	10	40	25	25

Fonte: CH2M HILL. Desenvolvido e transposto para a bacia do Alto Iguaçu com base em *Tentativa de Avaliação de Escoamento Superficial de Acordo com o Solo e seu Recobrimento Vegetal nas Condições do Estado de São Paulo*, Setzer e La Laina Porto, 1979

Segundo pesquisas desenvolvidas por diversos autores, verificou-se que existe uma relação entre densidade demográfica (D) e índice de impermeabilização (AI). Para a avaliação das áreas impermeáveis da RMC no Plano Diretor, foi utilizada a expressão proposta por Tucci (1998):

$$\text{Para } 14 \text{ hab/ha} < D < 128 \text{ hab/ha: AI} = 0,57 \times D - 8 \quad (4)$$

$$\text{Para } D \geq 128 \text{ hab/ha: AI} = 65 \% \quad (5)$$

Para o cálculo do volume de chuva (VP) é utilizada no Plano Diretor a equação Intensidade x Duração x Freqüência da estação do Prado Velho situada em Curitiba a qual foi adaptada para o cálculo do volume em m³/ha conforme é mostrada a seguir:

$$VP = 1000 \times \frac{t_d}{60} \times \frac{3221,07 \times T^{0,258}}{(t_d + 26)^{1,01}} \quad (6)$$

com:

T = período de retorno em anos

t_d = tempo de duração da chuva em minutos

VP = volume precipitado em m³/km²

Com as equações (2), (3), (4), (5) e (6) é então possível calcular o volume de chuva efetiva para diversas condições de precipitação, de uso do solo e de tipo de solo. Também é possível determinar o volume incremental gerado pelo adensamento urbano da seguinte forma:

$$\Delta VE = VE_U - VE_P \quad (7)$$

com:

ΔVE = Volume incremental

VE_U = Volume de chuva efetiva para as condições de pós adensamento urbano

VE_P = Volume de chuva efetiva para as condições de pré adensamento urbano

O volume incremental representa portanto o acréscimo de água superficial decorrente de uma transformação do uso do solo. Quanto maior o impacto sobre o sistema de macrodrenagem dessa transformação, maior o volume incremental.

Conforme visto, o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu tem como princípio estabelecer diretrizes para que os impactos de novos desenvolvimentos urbanos sobre o sistema de macrodrenagem sejam nulos ou próximos de zero. Isto significa que o volume incremental gerado por esses desenvolvimentos deverá de alguma forma ser controlado. Para tanto o Plano propõe, como medidas estruturais, a implantação de reservatórios de amortecimento de cheias.

Os reservatórios de amortecimento são dispositivos que armazenam os volumes em excesso de chuva efetiva durante a cheia. Passado o pico de enchente descarregam esse volume na macrodrenagem provocando um efeito de retardamento e de abatimento dos hidrogramas. Ou

seja: permitem que o volume de água excedente, que normalmente geraria enchentes, seja descarregado aos poucos na macrodrenagem reduzindo assim as vazões.

As medidas estruturais propostas são obras que requerem investimentos da administração pública, seja para sua implantação, seja para sua manutenção. São investimentos vultuosos que, segundo uma primeira estimativa, deverão atingir cerca de R\$ 500 à R\$ 600 milhões.

Com a implantação das medidas não-estruturais propostas nesse relatório esses investimentos poderão ser reduzidos consideravelmente. O controle das vazões na fonte, quando remetido aos próprios empreendedores responsáveis pela geração de volumes adicionais de deflúvio, reduz a necessidade de investimentos públicos para a implantação desse mesmo controle, desonerando a sociedade como um todo.

3 AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DO IMPACTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO SOBRE A MACRODRENAGEM

3.1 Critérios de Cálculo

O impacto potencial sobre a macrodrenagem decorrente do desenvolvimento urbano é estimado nesse trabalho com base nos volumes incrementais definidos pela equação (7). Para a avaliação desses volumes adotaram-se as seguintes hipóteses:

- Os volumes de chuva efetiva nas condições de pré-desenvolvimento (VE_P) foram calculados para uma chuva de $t_d = 120$ min, $T = 25$ anos e tipo de uso do solo determinado na classificação da imagem de satélite utilizada para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos do Plano Diretor;
- Os volumes de chuva efetiva nas condições de pós-desenvolvimento urbano (VE_U) foram calculados para a mesma chuva mas considerando uma ocupação de 100 hab/ha o que, conforme a equação (4), equivale à um índice de impermeabilização de 49%.

Para a chuva de 120 minutos de duração e 25 anos de período de retorno, segundo a equação (6), o volume total produzido é de $96.317 \text{ m}^3/\text{km}^2$.

Com esses dados foram calculados, com a equação (3), os CN de pré e pós-desenvolvimento; com a equação (6), o volume total de chuva precipitada em m^3/km^2 e, com as demais equações, os volumes as chuvas efetivas (VE_P e VE_U) para as condições de pré e pós-desenvolvimento. Pela diferença $VE_U - VE_P$ foram então obtidos os volumes incrementais (ΔVE).

Para cada tipologia hidrológica de solo e para cada padrão de uso de solo atual, obteve-se assim os volumes de controle (em m^3/km^2) necessários para a contenção do volume adicional produzido por um adensamento de 100 hab/ha para a chuva adotada, representados pelos respectivos volumes incrementais.

Multiplicando-se os volumes incrementais pelo custo médio estimado (em $\text{R}\$/\text{m}^3$) de obras de armazenamento, pode-se avaliar os investimentos públicos correspondentes.

Um levantamento feito nos planos diretores de drenagem de Porto Alegre, da bacia do Alto Tietê, complementado com dados dos orçamentos preliminares das medidas de controle estruturais da bacia do Alto Iguaçu mostrou que o custo médio de reservação nesse universo é de R\$ 96,00/m³.

3.2 Resultados obtidos

Os resultados obtidos são apresentados nos Quadros 3.1 e 3.2 a seguir.

Quadro 3.1 Volumes Incrementais Gerados por Adensamento ou Expansão Urbana na - Bacia do Alto Iguaçu, de acordo com o Tipo Hidrológico e Uso do Solo

Tipo de Solo	Uso do Solo Pré-Desenvolvimento	CN Pré-Desenvolvimento	CN Pós-Desenvolvimento	Chuva Total (m ³ /km ²)	Chuva Efetiva (m ³ /km ²)		Volume Incremental (m ³ /km ²)
					Pré-Desenvolvimento	Pós-Desenvolvimento	
35	campo	57,1	87,6	96.317	13.581	63.498	49.917
35	cultura	67,3	87,6	96.317	26.308	63.498	37.189
35	mata	42,3	87,6	96.317	1.932	63.498	61.566
35	solo exposto	74,4	87,6	96.317	37.389	63.498	26.109
35	urbano	77,6	87,6	96.317	43.022	63.498	20.476
33	campo	77,6	92,2	96.317	43.022	74.564	31.542
33	cultura	78,3	92,2	96.317	44.310	74.564	30.253
33	mata	70,7	92,2	96.317	31.378	74.564	43.185
33	solo exposto	86,3	92,2	96.317	60.576	74.564	13.988
33	urbano	86,6	92,2	96.317	61.244	74.564	13.319
40/33	campo	77,1	92,1	96.317	42.114	74.305	32.191
40/33	cultura	77,9	92,1	96.317	43.571	74.305	30.733
40/33	mata	69,9	92,1	96.317	30.147	74.305	44.158
40/33	solo exposto	85,9	92,1	96.317	59.691	74.305	14.614
40/33	urbano	86,4	92,1	96.317	60.798	74.305	13.507
36A	campo	72,3	91,1	96.317	33.913	71.877	37.964
36A	cultura	75,2	91,1	96.317	38.758	71.877	33.119
36A	mata	63,1	91,1	96.317	20.623	71.877	51.255
36A	solo exposto	83,0	91,1	96.317	53.509	71.877	18.368
36A	urbano	84,5	91,1	96.317	56.656	71.877	15.221
26	campo	77,8	92,5	96.317	43.388	75.343	31.955
26	cultura	78,1	92,5	96.317	43.940	75.343	31.403
26	mata	70,5	92,5	96.317	31.068	75.343	44.275
26	solo exposto	86,1	92,5	96.317	60.132	75.343	15.211

(continua)

Quadro 3.1 – Volumes Incrementais Gerados por Adensamento ou Expansão Urbana na Bacia do Alto Iguaçu, de acordo com o Tipo Hidrológico e Uso do Solo (cont.)

Tipo de Solo	Uso do Solo Pré-Desenvolvimento	CN Pré-Desenvolvimento	CN Pós-Desenvolvimento	Chuva Total (m ³ /km ²)	Chuva Efetiva (m ³ /km ²)		Volume Incremental (m ³ /km ²)
					Pré-Desenvolvimento	Pós-Desenvolvimento	
26	urbano	87,2	92,5	96.317	62.596	75.343	12.748
36	campo	76,3	92,2	96.317	40.595	74.693	34.098
36	cultura	77,3	92,2	96.317	42.385	74.693	32.308
36	mata	68,2	92,2	96.317	27.609	74.693	47.084
36	solo exposto	85,2	92,2	96.317	58.053	74.693	16.640
36	urbano	86,7	92,2	96.317	61.468	74.693	13.225
40/34	campo	77,5	92,4	96.317	42.748	75.083	32.334
40/34	cultura	78,0	92,4	96.317	43.755	75.083	31.327
40/34	mata	70,2	92,4	96.317	30.606	75.083	44.477
40/34	solo exposto	86,0	92,4	96.317	59.911	75.083	15.171
40/34	urbano	87,0	92,4	96.317	62.143	75.083	12.939
41/13	campo	78,9	92,8	96.317	45.431	76.260	30.829
41/13	cultura	78,8	92,8	96.317	45.243	76.260	31.017
41/13	mata	72,0	92,8	96.317	33.430	76.260	42.830
41/13	solo exposto	86,8	92,8	96.317	61.693	76.260	14.567
41/13	urbano	87,9	92,8	96.317	64.195	76.260	12.064
25	campo	74,6	91,8	96.317	37.644	73.661	36.017
25	cultura	76,3	91,8	96.317	40.595	73.661	33.066
25	mata	66,0	91,8	96.317	24.481	73.661	49.180
25	solo exposto	84,2	91,8	96.317	55.913	73.661	17.748
25	urbano	85,9	91,8	96.317	59.691	73.661	13.970
29	campo	75,1	92,0	96.317	38.586	74.047	35.461
29	cultura	76,6	92,0	96.317	41.217	74.047	32.830
29	mata	66,8	92,0	96.317	25.528	74.047	48.519
29	solo exposto	84,5	92,0	96.317	56.656	74.047	17.390
29	urbano	86,2	92,0	96.317	60.354	74.047	13.693
27	campo	78,9	92,9	96.317	45.431	76.391	30.961
27	cultura	78,8	92,9	96.317	45.243	76.391	31.148
27	mata	72,0	92,9	96.317	33.430	76.391	42.961
27	solo exposto	86,8	92,9	96.317	61.693	76.391	14.699
27	urbano	88,0	92,9	96.317	64.426	76.391	11.965

Quadro 3.1 – Volumes Incrementais Gerados por Adensamento ou Expansão Urbana na Bacia do Alto Iguaçu, de Acordo com o Tipo Hidrológico e Uso do Solo (cont.)

Tipo de Solo	Uso do Solo Pré-Desenvolvimento	CN Pré-Desenvolvimento	CN Pós-Desenvolvimento	Chuva Total (m ³ /km ²)	Chuva Efetiva (m ³ /km ²)		Volume Incremental (m ³ /km ²)
					Pré-Desenvolvimento	Pós-Desenvolvimento	
30	campo	78,7	92,8	96.317	44.962	76.260	31.298
30	cultura	78,6	92,8	96.317	44.869	76.260	31.391
30	mata	71,6	92,8	96.317	32.792	76.260	43.468
30	solo exposto	86,6	92,8	96.317	61.244	76.260	15.015
30	urbano	87,9	92,8	96.317	64.195	76.260	12.064
28	cultura	79,5	93,3	96.317	46.567	77.317	30.750
28	mata	73,5	93,3	96.317	35.878	77.317	41.438
28	solo exposto	87,5	93,3	96.317	63.278	77.317	14.038
28	urbano	88,7	93,3	96.317	66.055	77.317	11.262
32	campo	80,0	93,3	96.317	47.525	77.449	29.924
32	mata	73,5	93,3	96.317	35.878	77.449	41.571
32	solo exposto	87,5	93,3	96.317	63.278	77.449	14.171
32	urbano	88,8	93,3	96.317	66.290	77.449	11.160
31	campo	80,4	93,5	96.317	48.203	77.982	29.779
31	cultura	79,6	93,5	96.317	46.758	77.982	31.224
31	solo exposto	87,6	93,5	96.317	63.507	77.982	14.475
31	urbano	89,2	93,5	96.317	67.234	77.982	10.748
34	campo	80,6	93,7	96.317	48.690	78.383	29.693
34	cultura	79,8	93,7	96.317	47.141	78.383	31.243
34	mata	74,2	93,7	96.317	37.050	78.383	41.333
34	urbano	89,5	93,7	96.317	67.948	78.383	10.435
27A	campo	78,9	92,8	96.317	45.431	76.128	30.698
27A	cultura	78,8	92,8	96.317	45.243	76.128	30.885
27A	mata	72,0	92,8	96.317	33.430	76.128	42.698
27A	solo exposto	86,8	92,8	96.317	61.693	76.128	14.436
31/30	campo	80,1	93,4	96.317	47.718	77.715	29.997
31/30	cultura	79,4	93,4	96.317	46.376	77.715	31.339
31/30	mata	73,4	93,4	96.317	35.712	77.715	42.003
31/30	solo exposto	87,4	93,4	96.317	63.050	77.715	14.665
31/30	urbano	89,0	93,4	96.317	66.761	77.715	10.954

Fonte: CH2M HILL

Quadro 3.2 – Volumes Incrementais e Custos Estimados de Reservação Organizados em Ordem Crescente

Tipo Hidrológico de Solo	Uso do Solo Pré-Desenvolvimento	Volume Incremental (m ³ /km ²)	Custo de Reservação (R\$ 1.000,00/km ²)
35	Mata	61.566	5.910,33
36A	Mata	51.255	4.920,44
35	Campo	49.917	4.792,00
25	Mata	49.180	4.721,23
29	Mata	48.519	4.657,80
36	Mata	47.084	4.520,05
40/34	Mata	44.477	4.269,77
26	Mata	44.275	4.250,40
40/33	Mata	44.158	4.239,16
30	Mata	43.468	4.172,90
33	Mata	43.185	4.145,79
27	Mata	42.961	4.124,26
41/13	Mata	42.830	4.111,63
27A	mata	42.698	4.099,02
31/30	mata	42.003	4.032,31
31	Mata	41.604	3.993,98
32	Mata	41.571	3.990,84
28	Mata	41.438	3.978,09
34	Mata	41.333	3.967,97
36A	Campo	37.964	3.644,57
35	Cultura	37.189	3.570,16
25	Campo	36.017	3.457,65
29	Campo	35.461	3.404,26
36	Campo	34.098	3.273,44
36A	Cultura	33.119	3.179,42
25	Cultura	33.066	3.174,34
29	Cultura	32.830	3.151,68
40/34	Campo	32.334	3.104,09
36	Cultura	32.308	3.101,54
40/33	Campo	32.191	3.090,31
26	Campo	31.955	3.067,72
33	Campo	31.542	3.028,00
26	Cultura	31.403	3.014,72

Quadro 3.2 – Volumes Incrementais e Custos Estimados de Reservação Organizados em Ordem Crescente (cont.)

Tipo Hidrológico de Solo	Uso do Solo Pré Desenvolvimento	Volume Incremental (m ³ /km ²)	Custo de Reservação (R\$ 1.000,00/km ²)
30	Cultura	31.391	3.013,56
31/30	cultura	31.339	3.008,55
40/34	Cultura	31.327	3.007,42
30	Campo	31.298	3.004,59
34	Cultura	31.243	2.999,30
31	Cultura	31.224	2.997,55
27	Cultura	31.148	2.990,25
41/13	Cultura	31.017	2.977,62
27	Campo	30.961	2.972,22
27A	cultura	30.885	2.965,01
32	Cultura	30.883	2.964,73
41/13	Campo	30.829	2.959,59
28	Cultura	30.750	2.951,98
40/33	Cultura	30.733	2.950,41
27A	campo	30.698	2.946,97
33	Cultura	30.253	2.904,33
31/30	campo	29.997	2.879,72
32	Campo	29.924	2.872,71
28	Campo	29.791	2.859,96
31	Campo	29.779	2.858,81
34	Campo	29.693	2.850,56
35	Solo Exposto	26.109	2.506,45
35	Urbano	20.476	1.965,67
36A	Solo Exposto	18.368	1.763,31
25	Solo Exposto	17.748	1.703,83
29	Solo Exposto	17.390	1.669,47
36	Solo Exposto	16.640	1.597,41
36A	Urbano	15.221	1.461,20
26	Solo Exposto	15.211	1.460,25
40/34	Solo Exposto	15.171	1.456,45
30	Solo Exposto	15.015	1.441,47
27	Solo Exposto	14.699	1.411,06
31/30	solo exposto	14.665	1.407,86

Quadro 3.2 – Volumes Incrementais e Custos Estimados de Reservação Organizados em Ordem Crescente (cont.)

Tipo Hidrológico de Solo	Uso do Solo Pré Desenvolvimento	Volume Incremental (m ³ /km ²)	Custo de Reservação (R\$ 1.000,00/km ²)
40/33	Solo Exposto	14.614	1.402,93
41/13	Solo Exposto	14.567	1.398,43
31	Solo Exposto	14.475	1.389,64
27A	solo exposto	14.436	1.385,81
34	Solo Exposto	14.418	1.384,12
32	Solo Exposto	14.171	1.360,43
28	Solo Exposto	14.038	1.347,68
33	Solo Exposto	13.988	1.342,83
25	Urbano	13.970	1.341,10
29	Urbano	13.693	1.314,53
40/33	Urbano	13.507	1.296,65
33	Urbano	13.319	1.278,63
36	Urbano	13.225	1.269,57
40/34	Urbano	12.939	1.242,19
26	Urbano	12.748	1.223,76
27A	Urbano	12.163	1.167,65
41/13	Urbano	12.064	1.158,18
30	Urbano	12.064	1.158,18
27	Urbano	11.965	1.148,67
28	Urbano	11.262	1.081,12
32	Urbano	11.160	1.071,33
31/30	Urbano	10.954	1.051,63
31	Urbano	10.748	1.031,79

Fonte: CH2M HILL

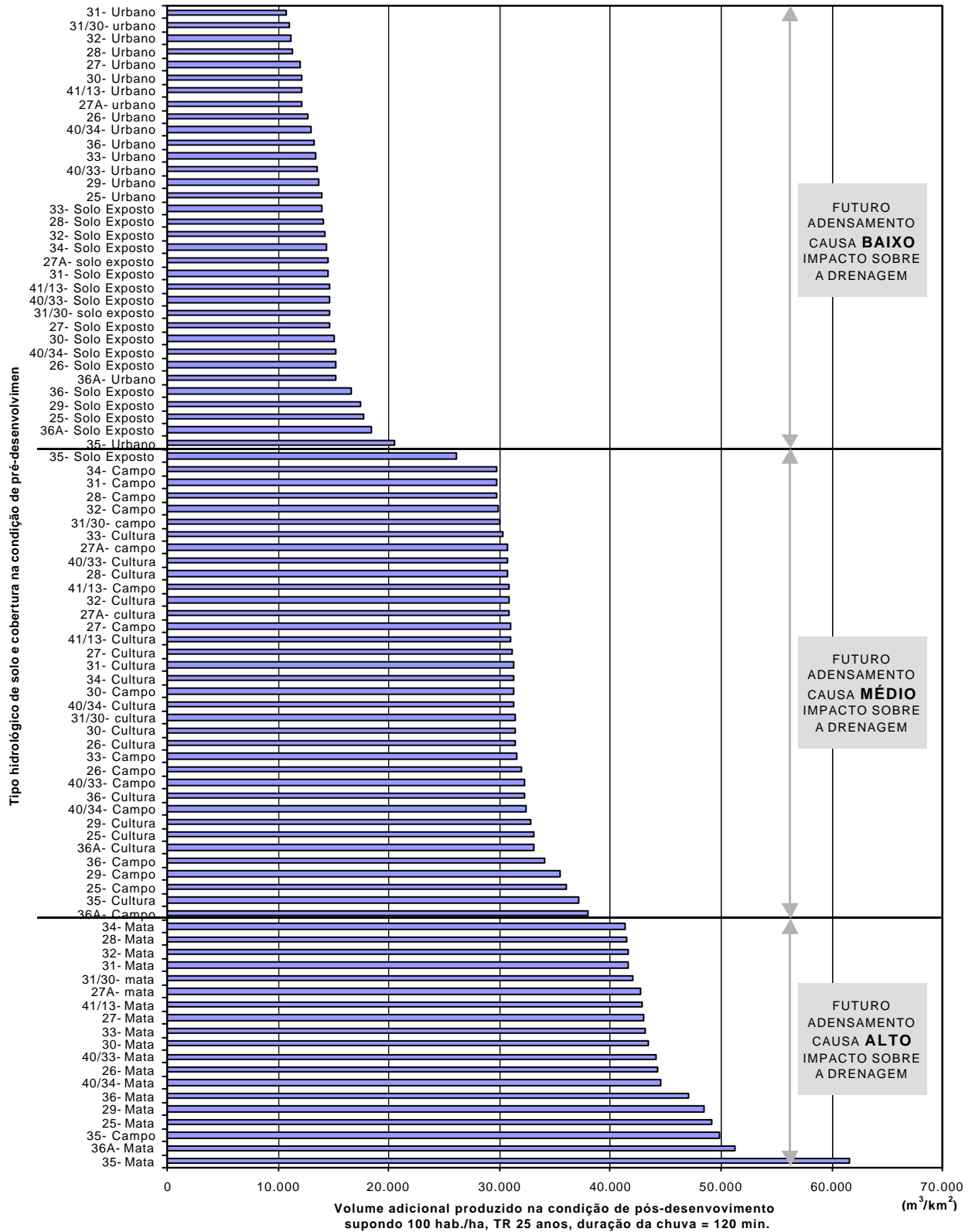
A Figura 3.1 apresenta graficamente os resultados ordenados, do menor para o maior volume incremental específico obtido.

A partir desses dados foram selecionadas três faixas de tipo e uso de solo, quanto ao nível de impacto do futuro adensamento sobre a drenagem, conforme também indicado na Figura 3.1.

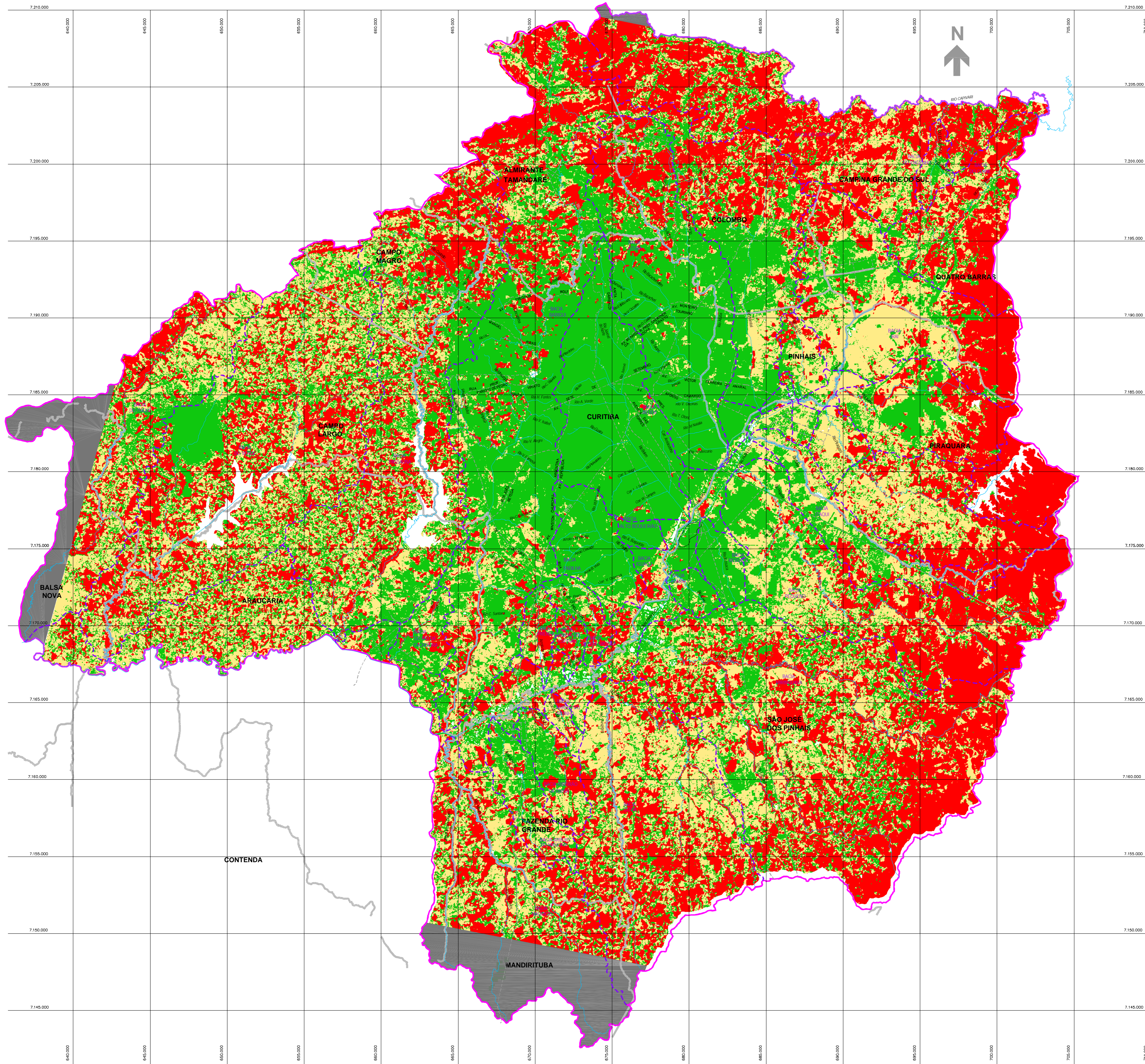
Figura 3.1

Nível de Impacto Sobre o Sistema de Drenagem de acordo com a Tipologia Hidrológica e Uso do Solo

Os impactos são crescentes quanto maior a capacidade de retenção e infiltração do solo na situação de pré-desenvolvimento.



ANEXO 6
DESENHO: NÍVEL DE IMPACTO DO ADENSAMENTO
OU EXPANSÃO URBANA SOBRE A MACRODRENAGEM



CONVENÇÃO
 NÍVEL DE IMPACTO DO ADENSAMENTO OU
 EXPANSÃO URBANA SOBRE A MACRODRENAGEM

- LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO – CONFORME SIGRH
- HIDROGRAFIA
- BAIXO IMPACTO – O volume incremental de águas pluviais decorrente do adensamento ou da expansão urbana causa baixo impacto sobre o sistema de macrodrenagem.
- MÉDIO IMPACTO – O volume incremental de águas pluviais decorrente do adensamento ou da expansão urbana causa médio impacto sobre o sistema de macrodrenagem.
- ALTO IMPACTO – O volume incremental de águas pluviais decorrente do adensamento ou da expansão urbana causa alto impacto sobre o sistema de macrodrenagem.
- Represas, lagos e áreas alagadas
- Áreas não cobertas pela imagem de satélite

NOTA : Esta carta foi elaborada a partir das bases cartográficas da COMEC escalas 1:10000 e 1:50000, imagem de satélite SPOT de maio/99 e grade de densidades demográficas de 1.999 dos estudos da mancha urbana do Plano Diretor de Drenagem.



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC
ÁREA DE ESTUDO
 Nível de Impacto do Adensamento ou Expansão Urbana Sobre a Macrodrenagem