

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO ENGENHARIA SANITÁRIA E
TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**PROCEDIMENTOS E APLICAÇÕES DE
NORMAS E LEIS EM EDIFICAÇÕES VISANDO A
CONTENÇÃO DE ENCHENTES E O USO DA
ÁGUA PLUVIAL**

Daniela Moreira de Souza Ferreira

Belo Horizonte

2012

Daniela Moreira de Souza Ferreira

**PROCEDIMENTOS E APLICAÇÕES DE NORMAS E
LEIS EM EDIFICAÇÕES VISANDO A CONTENÇÃO
DE ENCHENTES E USO DE ÁGUA PLUVIAL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em **Engenharia Sanitária.**

Orientadora: Priscilla Moura

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os mestres e doutores pela dedicação e colaboração em meus aprendizados.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	VII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
3.1 DESENVOLVIMENTO URBANO	3
3.2 OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE AS BACIAS HIDROGRÁFICAS	7
3.3 PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS – PLANO DIRETOR	9
3.4 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL E O DESAFIO DE ENFRENTAR A SUA ESCASSEZ.....	12
3.4.1 INFILTRAÇÃO	15
3.4.2 RETENÇÃO DETENÇÃO E PERCOLAÇÃO.....	17
3.4.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	22
3.4.4 LIMITAÇÕES ÀS TÉCNICAS ALTERNATIVAS	23
3.5 NORMATIZAÇÕES E LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS	24
4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	27
4.1 IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL NO RIO DE JANEIRO.....	27
4.2 IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL EM JUNDIÁI - SÃO PAULO.....	32
4.3 IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL EM CONTAGEM – MINAS GERAIS.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 A SUSTENTABILIDADE E AS SOLUÇÕES APRESENTADAS	39
6 CONCLUSÕES	40
7 REFERÊNCIAS	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - DENSIDADE POPULACIONAL BRASIL.....	4
FIGURA 02 - CARACTERÍSTICA DO LEITO DE UM RIO.....	5
FIGURA 03 - PERFIL ESQUEMÁTICO DE PROCESSO DE ENCHENTE OU INUNDAÇÃO.....	5
FIGURA 04 - CICLO HIDROLÓGICO NO MEIO URBANO.....	6
FIGURA 05 - HIDROGRAMA HIPOTÉTICO.....	7
FIGURA 06 - FOTO ESTACIONAMENTO.....	8
FIGURA 07 - HIDROGRAMA PRÉ E PÓS OCUPAÇÃO IN LINE.....	11
FIGURA 08 - HIDROGRAMA PRÉ E PÓS OCUPAÇÃO OFF LINE.....	12
FIGURA 09 - TIPOS DE PISOS.....	16
FIGURA 10 - APLICAÇÃO DE PISO DRENANTE.....	17
FIGURA 11 - BACIA DE PERCOLAÇÃO.....	18
FIGURA 12 - BACIA DE RETENÇÃO.....	18
FIGURA 13 - BACIA DE DETENÇÃO.....	18
FIGURA 14 - EXECUÇÃO DE BACIA DE DETENÇÃO.....	19
FIGURA 15 - RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO EM SÃO BERNARDO DO CAMPO NA REGIÃO DO ALTO TAMANDUATEÍ.....	20
FIGURA 16 - RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO EM SÃO BERNARDO DO CAMPO NA REGIÃO DO RIBEIRÃO DO COUROS.....	20
FIGURA 17 - RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO EM DIADEMA NA REGIÃO DA CAPELA.....	21
FIGURA 18 - PERSPECTIVA DE RESIDÊNCIA COM COBERTURA VERDE.....	21
FIGURA 19 - FOTO COBERTURA VERDE.....	22
FIGURA 20 - EMPREENDIMENTO CONSTRUÍDO NO RIO DE JANEIRO.....	28
FIGURA 21 - RESERVATÓRIO TUBULARES PARA USO DE ÁGUA POTÁVEL E NÃO POTÁVEL.....	29
FIGURA 22 - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO COM CASA DE MÁQUINA.....	30
FIGURA 23 - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO EM FASE DE CONCRETAGEM.....	30
FIGURA 24 - EXECUÇÃO DO FECHAMENTO RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO.....	31
FIGURA 25 - EMPREENDIMENTO CONSTRUÍDO NA CIDADE DE JUNDIAÍ.....	32
FIGURA 26 - CROQUI DA BACIA DE CONTENÇÃO.....	34
FIGURA 27 - FOTO DA EXECUÇÃO DA BACIA DE RENTEÇÃO.....	34
FIGURA 28 - EMPREENDIMENTO EM FASE DE APROVAÇÃO NA CIDADE DE CONTAGEM.....	35
FIGURA 29 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- TAXA MÉDIA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL.....	3
TABELA 2- VOLUME TOTAL DOS RESERVATÓRIOS - RJ.....	29
TABELA 3- VOLUME TOTAL DE RETENÇÃO - SP	33
TABELA 4- PARÂMETROS DA LEGISLAÇÃO PARA CÁLCULO DA CAIXA DE CAPTAÇÃO E ÁREA PERMEÁVEL	36
TABELA 5- VOLUME TOTAL DE RETENÇÃO - MG	36
TABELA 6- RESULTADOS DOS VOLUMES - LEGISLAÇÃO E MÉTODO RACIONAL.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

AP – Águas Pluviais

APP – Área de Preservação Permanente

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L/m² - Litros por metro quadrado

m³ - metro cúbico

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PDDU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PVC – Policloreto de Vinila

TP – Taxa de Permeabilidade

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

1 INTRODUÇÃO

As grandes cidades do Brasil se desenvolveram de forma desordenada e sem qualquer planejamento por parte de seus governantes. A situação é preocupante a cada ano e com o processo de urbanização acelerado é possível perceber graves problemas sociais e a dificuldade de implantar uma gestão que atenda integralmente as necessidades de toda a população.

A drenagem urbana pode estar interligada a vários desastres naturais, e os prejuízos causados são considerados imensuráveis, pois podem apresentar danos materiais e humanos. Enchentes, deslizamentos de terra, desmoronamentos de construções, enxurradas, são alguns fenômenos e exemplos de desastres naturais que estão diretamente em ligação com a gestão da drenagem pública, e na maioria das vezes causam perdas humanas, além de vários problemas ligados à saúde pública.

Como a solução imediata ainda não é possível, devemos pesquisar medidas e soluções que minimizem perdas cada vez mais significativas.

Apesar da nossa política atual não favorecer com ações determinadas, e muitos processos ainda não serem economicamente viáveis, é possível perceber que estamos distantes de uma solução definitiva para eliminar problemas causados pelas chuvas nas cidades. O processo de urbanização sem o mínimo de gerenciamento, a ocupação inadequada de encostas e baixadas, a impermeabilização do solo e como consequência a baixa capacidade de infiltração das águas pluviais, os canais assoreados devido à grande quantidade de sedimentos e de lixo doméstico, tudo isto só favorece ao agravamento das enchentes.

Buscando medidas de controle, grandes centros urbanos estão revendo suas legislações e implantando exigências relacionadas ao combate às enchentes e o uso racional da água potável. Através de métodos construtivos, são adotados sistemas que possuem o controle no próprio terreno, através da retenção e acumulação das AP.

Para a implantação destes sistemas (retenção e acumulação), é muito importante a avaliação de métodos e atendimentos as legislações relacionadas à vigilância ambiental e sanitária, visando a melhor relação entre a água e a proteção da saúde humana.

É preciso rever as leis de uso e ocupação do solo e estas mudanças devem caminhar ao encontro das necessidades da sociedade e das cidades. É preciso adaptação à dinâmica urbana e as conseqüências de todo o crescimento desordenado. Ainda, devemos apresentar medidas que evitem novas canalizações, devemos aumentar a permeabilidade do solo, garantir a preservação das cabeceiras dos cursos d' água, além de aumentar as áreas verdes em vários pontos nas cidades.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral apresentar exemplos da aplicação de leis e métodos de retenção das águas pluviais na fonte, de forma a reduzir a vazão que será encaminhada à rede pública, minimizando ainda o volume de água a ser lançado num determinado período de chuva de pico.

Além da retenção de AP, este estudo apresenta as normas e legislações municipais que exigem e/ou incentivam novas construções a acumularem as águas de chuvas em reservatórios, visando o uso racional da água.

2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral da pesquisa, procurou-se observar as seguintes dimensões:

- Levantar as normas, leis e resoluções, implantadas por grandes centros urbanos;
- Aplicar as leis municipais e/ou estaduais que exigem a retenção e/ou acumulação das águas pluviais, buscando minimizar os problemas relacionados a impermeabilização do solo, e de incentivar o uso das águas pluviais para fins não potáveis;
- Calcular o volume do reservatório necessário para manter a vazão de lançamento após a implantação do empreendimento e comparar ao volume da edificação atendendo a legislação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Desenvolvimento Urbano

O avanço da urbanização sem as técnicas do planejamento urbano como: mapeamento geológico-geotécnico, zoneamento econômico-ecológico, estudo das bacias hidrográficas cumprimento das exigências do Código Florestal com relação as áreas de preservação permanente (APP's) e elaboração de um Plano Diretor urbano e um Plano Diretor de drenagem, sem cumprir as legislações em vigor, vem provocando significativos prejuízos para muitas cidades brasileiras durante as estações chuvosas.

O crescimento demográfico fez com que a população se aglomerasse em grandes cidades. Um dos fatores que colaboram com a taxa de urbanização é a concentração de renda em setores industriais e de serviços e em consequência a desvalorização do setor primário (agricultura).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), a taxa média de crescimento da população vem mostrando uma tendência regular ao declínio desde a última década de 50, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 1 – Taxa média de crescimento populacional.

GRANDES REGIÕES	TAXA MÉDIA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO ANUAL DA POPULAÇÃO RESIDENTE (%)				
	1950	1960	1970	1980	1991
UNIDADES FEDERAÇÃO	1960	1970	1980	1991	2000
BRASIL	2,99	2,89	2,48	1,93	1,64
NORTE	3,34	3,47	5,02	3,85	2,86
NORDESTE	2,08	2,4	2,16	1,83	1,31
SUDESTE	3,06	2,67	2,64	1,77	1,62
SUL	4,07	3,45	1,44	1,38	1,43
CENTRO OESTE	5,36	5,6	4,05	3,01	2,39

Fonte: IBGE, Censo demográfico, 1950/ 2000.

Ainda segundo dados do IBGE de 2010, a taxa de urbanização no Brasil é de 84,4%, ou seja, a proporção entre a população que vive em áreas urbanas e a população total brasileira.

A Densidade demográfica, densidade populacional ou população relativa é a medida expressa pela relação entre a população e a superfície do território. Segundo dados do IBGE o Brasil em 2010 possuía 190.732.694 de habitantes em uma área de 8.514.215,3 Km²,

ou seja, uma densidade demográfica de 22,40 habitantes por quilômetro quadrado. Na figura abaixo podemos verificar a densidade populacional do território brasileiro para cada estado.



Figura 01 – Densidade Populacional Brasil
Fonte: IBGE, 2010.

A ocupação irregular das bacias hidrográficas vem aumentando os picos de vazão da água pluvial drenada que por consequência provocam uma série de eventos como enchente, inundações, desequilíbrio no balanço hídrico dos sistemas de águas subterrâneas, aumento de sedimentos depositados nos canais fluviais e diminuição na qualidade da água destes corpos hídricos (TUCCI, 2005). Estes fenômenos são resultado da impermeabilização da superfície que aumenta o escoamento superficial e diminui o processo de infiltração das águas e também pela ineficiência dos sistemas de drenagem projetados para estas áreas ocupadas. Segundo Tucci, para um maior entendimento a respeito dos impactos provocados pelas chuvas nos centros urbanos, é importante a definição de alguns conceitos como:

- Inundação: são cheias excepcionais, fazendo com que os rios extravasem o seu leito, ocupando áreas maiores, formando os chamados leitos maiores; se as margens foram ocupadas, as águas invadem ruas, avenidas, indústrias, residências.
- Enchente: aumento das vazões nos rios que podem ocorrer naturalmente ou devido ao aumento do escoamento superficial (chuva excedente ou parcela da chuva que não infiltra). Ocorrem no período chuvoso (no hemisfério sul, de outubro a março).

A figura a seguir apresenta as características do leito de um rio e a ocupação da população em áreas de risco de inundação.

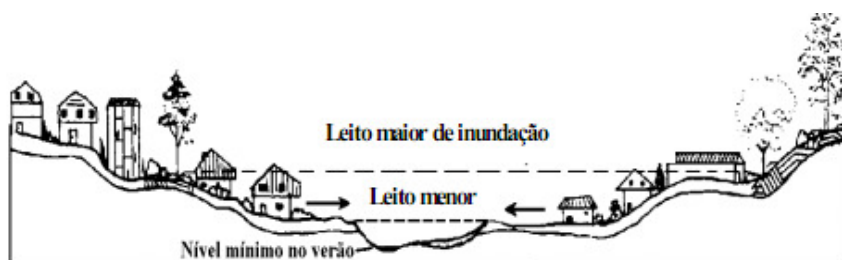


Figura 02 – Característica do leito de um rio, TUCCI, 2005

Leitos fluviais:

- a) Leito Vazante = que está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas, acompanhando o talvegue;
- b) Leito Menor = bem delimitado encaixa-se entre as margens;
- c) Leito Maior Periódico ou Sazonal = regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez ao ano;
- d) Leito Maior Excepcional = por onde ocorrem as cheias mais elevadas.

Na figura abaixo verificamos a ocupação irregular da população e a projeção de ocupação do leito em um período de cheia.



Figura 03: Perfil esquemático processo de enchente e inundação, Min. das cidades/IPT (2005)

Estes fenômenos, embora possam ocorrer naturalmente em áreas conhecidas como planícies de inundação, de sedimentação fluvial e em locais de baixa energia potencial dos canais, podem e são agravados e acelerados pelo processo de urbanização que além de aumentar a carga de água que chega aos canais hídricos através do aumento nos picos de vazão, demandam de todo um planejamento estrutural buscando a diminuição do escoamento superficial da água e de sua velocidade, a redução da concentração de água em alguns pontos,

redução dos impactos na rede pluvial e, principalmente para evitando que ocorram enchentes e inundações em áreas já ocupadas.

Conforme CHRISTOFOLETTI (1981), a delimitação entre esses tipos de leito nem sempre é fácil, pela falta de nitidez de seus limites. A existência dos distintos tipos de leito e as relações entre eles podem variar de um curso de água para outro ou um setor a outro do mesmo rio. O mesmo autor sugere a seguinte definição: “o débito de margens plenas (bankfull discharge) é de grande significação geomorfológica, sendo definido como o débito que preenche, na medida justa, o canal fluvial, e acima do qual ocorrerá transbordamento para a planície de inundação” (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Na figura abaixo, podemos verificar a interferência da urbanização no ciclo hidrológico. As áreas permeáveis deixaram de contribuir para a recarga do lençol freático, além de aumentar o escoamento e lançamento das águas em cursos d’água.

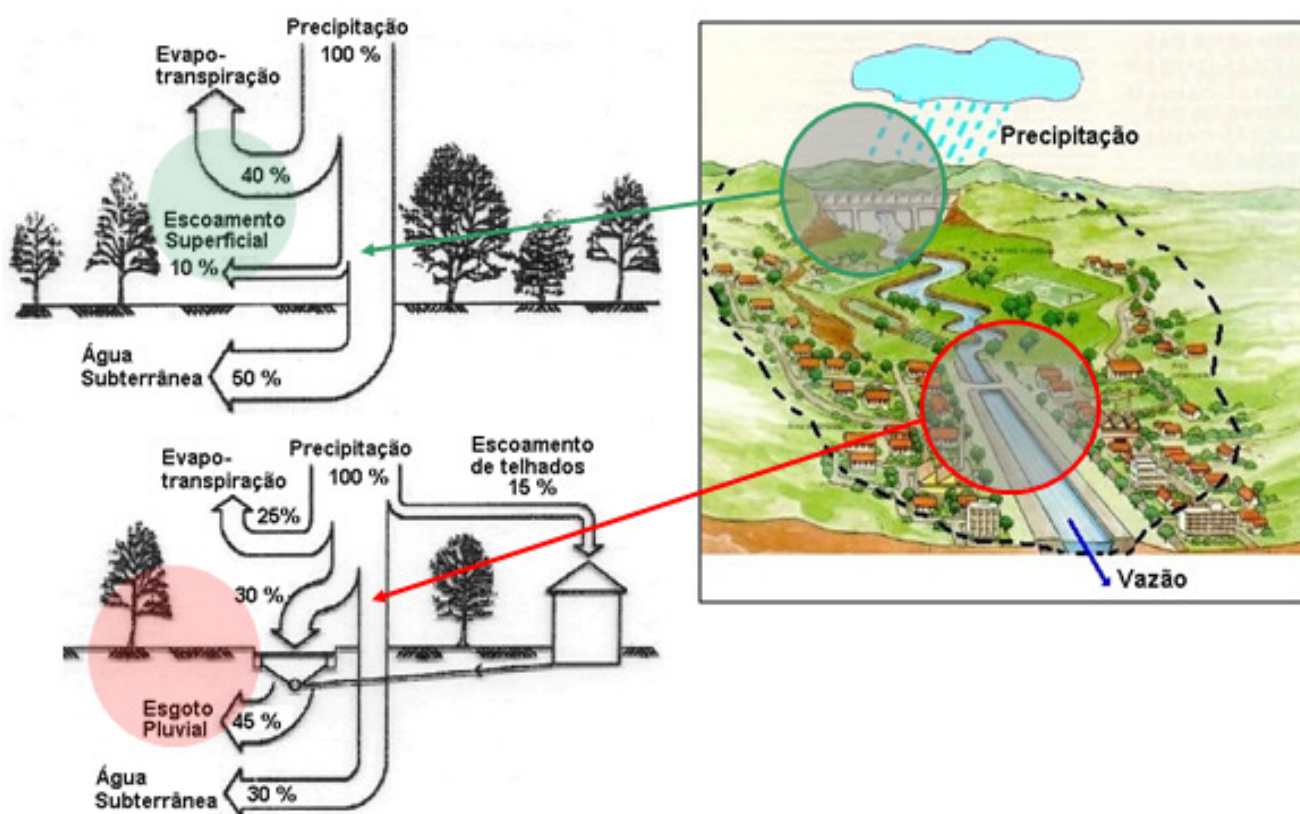


Figura 04 – Ciclo hidrológico no meio urbano.

Fonte: Netto, 2004.

A precipitação que não é infiltrada, evaporada, ou interceptada por vegetações, é escoada superficialmente e conforme topografia local é conduzida a níveis a jusante, formando assim cursos d'água que deságuam em rios e lagos. Quanto mais urbanizada a região, maior o volume de água é escoada superficialmente.

3.2 Os impactos da urbanização sobre as bacias Hidrográficas

O processo de urbanização e seus resultados podem ser observados na figura a seguir, onde podemos observar os hidrogramas que comparam os picos de vazão ao longo do processo de ocupação das bacias hidrográficas:

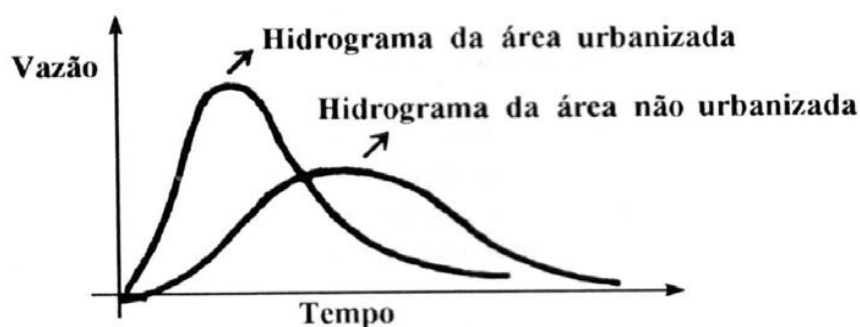


Figura 05 – Hidrograma hipotético

Fonte: TUCCI, 1984.

Durante a urbanização acelerada, o processo construtivo executado não se preocupou com a impermeabilização de vias públicas e terrenos residenciais e/ou comerciais. Com isso toda a água é escoada superficialmente, aumentando a quantidade e a velocidade com que ela chega na rede de drenagem, e em conseqüência no seu deságüe final em canais, córregos e leitos fluviais. O asfalto em estacionamentos é um exemplo de impermeabilização. Soluções técnicas deveriam ser implantadas, transformando grandes áreas impermeabilizadas em áreas executadas com piso drenante, a figura a seguir apresenta uma área de estacionamento impermeabilizada.



Figura 06 – Exemplo de impermeabilização do solo. Fonte: www.brasiliano.com.br (2010)

Outro impacto resultante da impermeabilização do solo e bacias hidrográficas está no balanço hídrico dos sistemas subterrâneos de água, pois a infiltração das águas é consideravelmente reduzida.

As enchentes e inundações estão também relacionadas aos sistemas de drenagem existentes que apenas transferem para a jusante grandes cargas de água que irão se concentrar em pequenos pontos provocando as cheias nestes locais.

Segundo CANHOLI (2005), a canalização está voltada a implantação de galerias, canais de concreto e ao tamponamento dos córregos, e além de retificar os traçados originais, existe um aumento na declividade e velocidade do escoamento, que resulta no aumento significativo de vazão a jusante às canalizações.

A canalização apenas oculta um problema urbano, sem os obstáculos naturais dos córregos naturais, as águas escoam mais rápido. Evitam-se enchentes em um determinado ponto, mas pode se tornar destruidora mais a frente. Por ser impermeabilizada, a água não infiltra no solo então não recarregam o lençol freático.

À medida que a bacia vai sendo ocupada, a compatibilização das capacidades de recepção da água vai se tornando cada vez mais inviável pela própria ocupação urbana do local, que dificulta a implantação de estruturas de retenção da água e retardamento de sua vazão, e ainda inviabiliza a aplicação de novas diretrizes de ocupação.

De uma maneira geral podemos listar os principais impactos provocados pela urbanização e pela ocorrência de enchentes nas cidades tanto pelos aspectos quantitativos como o aumento dos picos de vazão nos canais receptores quanto nos aspectos qualitativos da água pluvial drenada nos centros urbanos. Segundo (TUCCI, 2000) ocorrem os seguintes impactos:

- Aumento da produção de sedimentos;
- Degradação da qualidade da água drenada pelas redes pluviais;
- Contaminação de aquíferos, principalmente os superficiais;
- Erosão provocada pelas estruturas de drenagem;
- Transmissão de moléstias de veiculação hídrica;
- Perda de bens, benfeitorias e maior custo das utilidades públicas.

3.3 Planejamento e gerenciamento das águas pluviais – Plano Diretor

O planejamento dos sistemas de drenagem das águas pluviais deve levar em consideração os aspectos regionais, ambientais, sociais e técnicos para que possa ser transformado em um sistema eficiente. As leis de uso e ocupação do solo devem definir parâmetros de como deve ser realizado o processo de ocupação de cada construção, limitando o tipo de ocupação, visando o gerenciamento das principais regiões das cidades. As divisões das regiões das bacias hidrográficas, o direcionamento do uso do solo adequado às condições naturais do local e cadastramento de dados relevantes de redes de drenagem existentes e redes a serem implantadas, devem ser controlados e gerenciados, de forma a minimizar os problemas das enchentes enfrentados pelas cidades.

Uma das ferramentas importantes para o controle das enchentes é o plano diretor de drenagem urbana, o PDDU. Segundo Tucci (2004), a hidrologia urbana pode ser definida como o estudo dos processos hidrológicos em ambientes afetados pela urbanização. Os autores salientam ainda, a importância do estudo adequado de cada caso.

O planejamento consiste em determinar as características da bacia, simular situações atuais e futuras, identificar as medidas estruturais e não-estruturais, quantificar resultados em várias simulações, delinear a área de inundação, benefícios e eficiência da consecução dos objetivos,

pois a síntese de todo o problema está na alocação de espaço para a água proveniente da precipitação, como afirma Tucci (2004).

O levantamento destes dados pode ser feito através de diferentes fontes:

A) Dados climáticos que serão utilizados para o dimensionamento das estruturas de drenagem e que permitirão o levantamento de informações como as precipitações diárias, intensidade e duração das chuvas e períodos de maior ocorrência destas chuvas:

- Estações Climatológicas;
- Estações Pluviométricas;
- Estações Fluviométricas;
- Radar meteorológico;
- Sensoriamento Remoto.

B) Bancos de dados já existentes:

- Institutos climatológicos;
- Centros meteorológicos;
- Estudos climatológicos já existentes do local.

C) Estudos e cálculos necessários para a projeção da rede de drenagem:

- Tempo de concentração na bacia: Tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída que pode ser influenciado por alguns fatores como a forma da bacia, declividade média da bacia, tipo de cobertura vegetal, tipo de piso, comprimento e declividade do curso principal e afluente, distância horizontal entre o ponto mais afastado da bacia e sua saída, condições do solo em que a bacia se encontra no início da chuva;
- Período de retorno: É o intervalo médio de ocorrência (em anos) entre eventos que igualam ou superam uma dada magnitude. O período de retorno indica a probabilidade de um evento chuvoso de grandes proporções, voltar a acontecer;
- Cálculo da vazão: Pode ser calculada pelo método racional em pequenas áreas através da fórmula:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A, \quad (1)$$

e para áreas maiores através de programas de simulação;

- Coeficiente de escoamento superficial: O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de runoff representa a porcentagem da chuva que excede a interceptação mais armazenamento nas depressões e mais a infiltração e se escoam livremente pela superfície;
- Estimativa da chuva de projeto: Com o período de recorrência e o tempo de concentração estabelecido, a chuva de projeto deve ser obtida preferencialmente pelas equações das chuvas intensas, ou quando não há disponibilidade deste tipo de recurso, dados de frequência e altura ou intensidade da localidade mais próxima podem ser empregados.

Devem ser estudados e avaliados sistemas de infiltração e retenção que, preferencialmente, mantenham a vazão de pré-ocupação e pós-ocupação, minimizando os impactos já estabelecidos em áreas urbanizadas.

Os hidrogramas a seguir apresentam situações que devem ser implantadas visando a retenção de vazão das chuvas intensas. O hidrograma de pré e pós-ocupação in line, ou seja na linha principal do sistema, tem a função de retardar o escoamento e reduzir as vazões de pico. Já o hidrograma de pré e pós-ocupação off line, são implantado em paralelo, de forma a desviar o escoamento, seu objetivo é retirar parcialmente os volumes que excedem a capacidade de escoamento, que podem causar inundações.

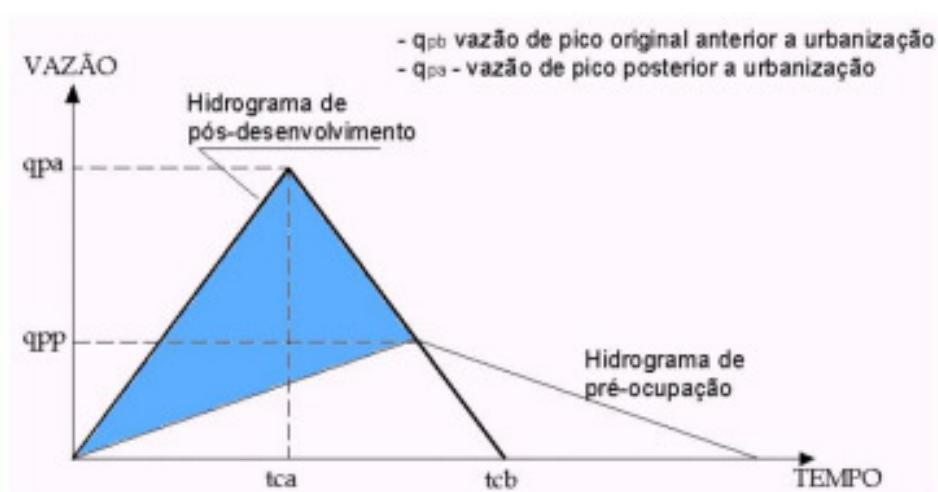


Figura 07 – Hidrograma de pré e pós ocupação – in line.

Fonte: PDDU Porto Alegre, 2000.

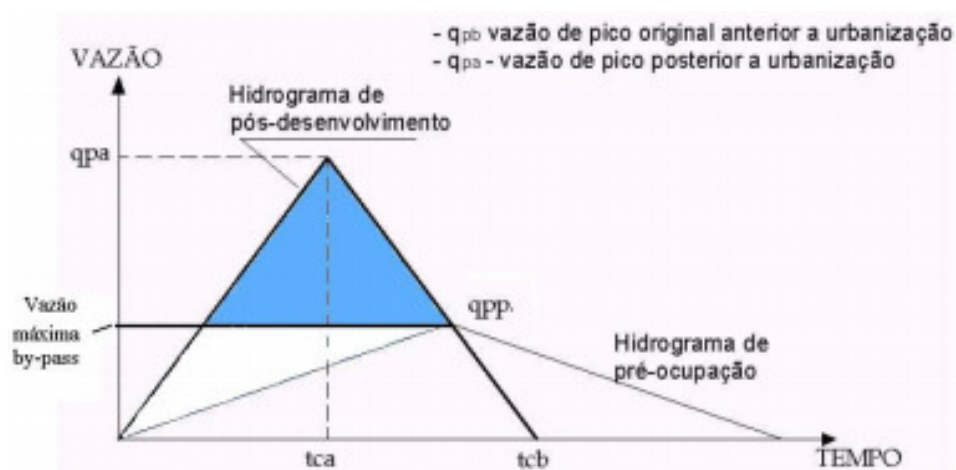


Figura 08 – Hidrograma de pré e pós ocupação – off line.

Fonte: PDDU Porto Alegre, 2000.

3.4 Utilização de água pluvial e o desafio de enfrentar a sua escassez

A crise de abastecimento de água nos núcleos urbanos gera a necessidades de serem buscadas alternativas capazes de reverter o atual estado de uso irracional da água. Entre essas alternativas estão as **“alternativas de gerenciamento da demanda”** as quais englobam ações, medidas, práticas ou incentivo que contribuam para o uso eficiente da água para a sociedade, sem prejudicar os atributos de higiene e conforto dos sistemas originais (Silva et al, 1999).

Segundo (Von Sperling, E, 2003) a distribuição de água em nosso planeta indica a existência de um baixo percentual relativo de água doce. Possuímos uma porcentagem pequena de água doce, mas que atenderia a demanda necessária gerada no uso doméstico, agrícola e industrial, ou seja, seria possível atender toda a nossa necessidade sem a falta do recurso hídrico. Mas, por estarem distribuídos de forma irregular e desproporcional, o planeta apresenta regiões onde o recurso hídrico é escasso, e regiões onde ele apresenta de forma abundante.

Algumas regiões são favorecidas pela grande disponibilidade de água, mas na grande maioria pode-se dizer que existe uma enorme escassez, ou seja, ambientes onde seres humanos estão competindo pela água, onde a sua disponibilidade é insuficiente para atender a demanda.

A escassez dos recursos hídricos pode estar ligada diretamente as condições econômicas e sociais, por isso é importante atentar para as necessidades de um uso consciente. As

alternativas que nos levem a uso de águas pluviais com o intuito de atender áreas que não possuem acesso a água tratada, além do uso em atividades que não dependem do tratamento da água, são métodos de uso racional e de combate a escassez.

O gerenciamento da demanda representa uma nova abordagem a tradicional prática da expansão contínua da oferta que busca o atendimento às demandas apenas através da construção de açudes, poços, barragens e transposição de vazões, práticas que em muitas regiões têm se mostrado não sustentáveis nos aspectos financeiros, sócio-econômico e ambiental (Silva et al, 1999).

A captação da água de chuva se enquadra nas ações de gerenciamento da demanda, juntamente com o reúso da água residencial e industrial, além do controle de vazamentos na rede pública.

Existem muitos estudos e trabalhos realizados nos últimos tempos, e em várias regiões do mundo, com características diferentes, mas com a mesma deficiência de água. Técnicas de aproveitamento da água de chuva foram desenvolvidas, e podem ser avaliadas de forma muito positiva, principalmente quando se trata de uma única opção de abastecimento.

Atualmente, o manejo e aproveitamento da água para uso doméstico, industrial e agrícola estão ganhando espaço em quase todo o mundo, sendo avaliado por especialistas como um meio simples e eficaz para se atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo.

A captação de água de chuva pode ser realizada através da coleta, condução e armazenamento em reservatórios de águas pluviais, sendo que as áreas de interceptação podem ser telhados, pisos impermeáveis e vias públicas. A quantidade de água coletada depende da área de coleta, do volume do reservatório e da quantidade e distribuição temporal de chuva. A recarga artificial de aquíferos, à qual geralmente está associada a construção de barragens subterrâneas, ainda tem o objetivo de controlar a degradação ambiental devido ao excessivo aproveitamento de águas subterrâneas, além de freqüentemente diminuir a salinidade dos aquíferos.

Novos conceitos de manejo de água para mitigar a escassez vêm sendo propostos em alguns estados, principalmente em regiões que possuem um longo período de estiagem. Baseados na

aplicação de técnicas alternativas de aproveitamento e uso das águas provenientes de precipitações, pequenas comunidades e municípios incentivam a acumulação das águas em cisternas, para uso no período de seca.

Em estudo apresentado ao departamento de pós graduação em saneamento da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, sobre a qualidade da água de chuva para a satisfação das necessidades humanas, Palhares, C. A. (2008), pode avaliar a importância dos trabalhos desenvolvidos, sobretudo nas áreas rurais do semiárido nordestino. Segundo a autora há experiências bem sucedidas de construção de cisternas para abastecimento humano em municípios sem acesso ao abastecimento de água para o consumo humano, além de irrigações em pequenas plantações, muitas vezes para o próprio consumo.

É importante ressaltar também que captar água de chuva significa não só economia nas contas, mas combate aos ciclos de escassez e de enchentes de cidades. Ao se armazenar água de chuva, boa parte deixa de escoar para os encanamentos pluviais, diminuindo o impacto das enchentes.

O abastecimento de água, a coleta e disposição de esgotos, de resíduos sólidos e drenagem urbana, são responsáveis pela qualidade de vida das pessoas, e está diretamente ligada a saúde pública. Com o investimento em saneamento evitamos consequências graves para a qualidade de vida da população. As pessoas de nível social menos favorecido são as mais afetadas, pois suas moradias acabam sendo localizadas em margens de rios, represas e lagos contaminado.

A conscientização da população visando à redução do desperdício de água é muito importante, e as companhias de saneamento devem investir em manutenção e substituição de redes de abastecimento, eliminando em quase a totalidade dos vazamentos. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), mais de 40% das águas disponibilizadas para o consumo são desperdiçadas.

É de grande importância o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de águas de abastecimento, águas residuárias (esgoto), resíduos sólidos (lixo e biossólidos), manejo de águas pluviais urbanas, uso racional de água e energia, que sejam de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção, bem como visem à recuperação ambiental dos corpos d'água e à melhoria das condições de vida da população.

Dentre algumas soluções podemos citar a prevenção e proteção das bacias, de forma a minimizar, ou até mesmo eliminar qualquer tipo de poluição e desmatamento. É preciso revisar as leis de uso e ocupação do solo, para preservar as bacias e reabilitar outras, protegendo contra a poluição e a devastação da cobertura vegetal.

Outra solução seria permitir o aumento da água disponível por meio do acréscimo da capacidade de armazenamento com a construção de grandes barragens, esta tem sido a opção escolhida em muitas regiões do mundo. Porém, seus custos econômicos e ambientais têm sido apontados como causas da diminuição na taxa de construção dessas estruturas.

A gestão sustentável dos Recursos Hídricos é hoje uma das metas do gerenciamento de águas pluviais. As alternativas às formas tradicionais de drenagem das águas pluviais são, entre outras: a infiltração, a retenção e o aproveitamento.

Estas alternativas de Gerenciamento auxiliam na:

- Prevenção de enchentes;
- Recarga de águas subterrâneas;
- Redução dos custos com manutenção e ampliação de redes de drenagem;
- Prevenção da escassez.

As alternativas sugeridas que serão abordadas neste trabalho é o armazenamento de água pluvial em empreendimentos, além da retenção das águas pluviais.

3.4.1 Infiltração

A infiltração é o processo pelo qual a água penetra nas camadas superficiais do solo, se move através da ação da gravidade, pelos vazios, até atingir uma camada impermeável, formando assim um lençol d'água (Pinto, et al, 1976).

Em áreas com cobertura vegetal são mais permeáveis que um solo desmatado. Quanto maior a área impermeabilizada menor será a infiltração superficial e profunda e maior será o escoamento superficial das águas pluviais.

A água que infiltra no solo contribui para a formação e recarga de aquíferos subterrâneos. A infiltração também vai auxiliar na redução de processos de enchentes, pois quanto maior a área permeável para infiltração das águas pluviais menor será o escoamento superficial.

Através da definição do tipo de piso a executar e dos métodos construtivos, é possível tornar a urbanização sustentável. Além de reduzir a impermeabilização do solo, os pisos drenantes favorecem a infiltração do solo. Os pavimentos permeáveis podem ser construídos com vários materiais. Na figura a seguir é possível verificar exemplos de pisos.

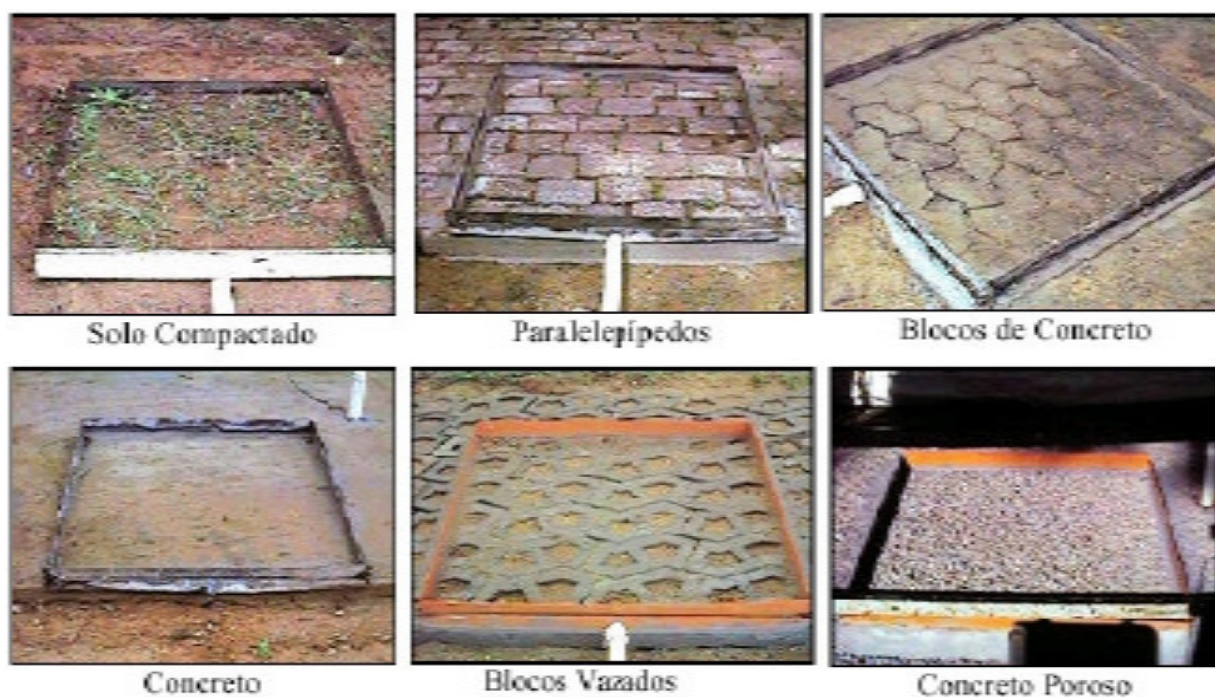


Figura 09- Tipos de pisos, Araújo, et al., 2000.



Figura 10- Aplicação piso drenante, Araújo, et al., 2000

Várias técnicas de infiltração para controle de enchentes podem ser adotadas na fonte, e essas técnicas são relacionadas a pequenas superfícies de drenagem, tais como trincheiras de infiltração, valas e valetas de armazenamento e/ou infiltração e micro reservatórios individuais. (Baptista et al, 2005).

Essas técnicas podem ser adotadas em loteamentos, empreendimentos residenciais e comerciais, onde os reservatórios e/ou trincheiras de infiltração, são escavados e utilizados para recarga da água subterrânea e retenção de águas pluviais. São soluções adequadas, mas dependem de manutenção para o bom funcionamento do sistema. (Tomaz, 2010).

3.4.2 Retenção, detenção e percolação

Outra técnica, ou forma eficaz de combater os problemas da drenagem urbana excessiva consiste no controle de vazão na própria fonte, através da utilização de bacias de percolação, retenção e detenção. As vantagens relativamente às soluções apresentadas anteriormente

consistem na sua grande capacidade volumétrica, absorvendo assim problemas de grandes áreas urbanas. Porém, são soluções que geralmente apresentam elevados custos e menor integração ao meio ambiente.

Estas soluções técnicas podem ser feitas através de:

- Cisternas;
- Reservatórios subterrâneos;
- Coberturas das edificações;
- Áreas permeáveis;
- Bacias e trincheiras para contenção.

Veja-se abaixo como funciona essas técnicas de retenção, detenção e percolação:

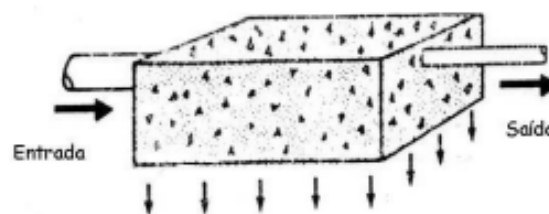


Figura 11- Bacia de percolação, UFMG, 2005.

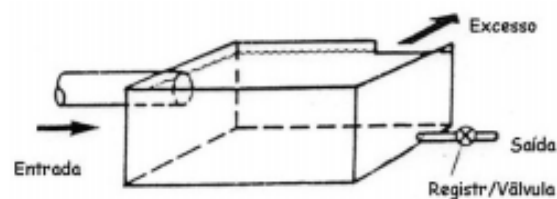


Figura 12- Bacia de retenção, UFMG, 2005.

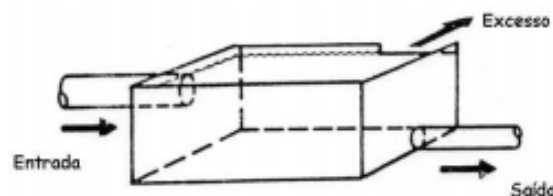


Figura 13- Bacia de detenção, UFMG, 2005.

Hoje em dia é muito comum se falar em piscinões para controle de enchentes, e esse método está sendo adotado em grandes centros urbanos. Os objetivos da detenção e retenção são:

- Conter as enchentes urbanas causadas pela crescente impermeabilização dos solos (ruas, construções, etc.);
- Cumprir a dupla função de reter a chuva e permitir que a água estocada (antes filtrada) substitua boa parte da água encanada, minimizando os custos de drenagem.



Figura 14 - Execução de bacia de detenção
Fonte: Maccaferri, 2011

Com a ampliação da detenção de águas pluviais como medida de combater as enchentes urbanas causadas pela impermeabilização do solo, é possível apenas reparar as galerias pluviais, sendo assim aplicado um custo muito inferior ao de implantação de novos sistemas de drenagem urbana.

As figuras 15, 16 e 17, apresentam reservatórios de detenção de águas pluviais implantadas em São Bernardo do Campo e Diadema, resultados de investimentos públicos com o objetivo de minimizar problemas causados pelas enchentes.



Figura 15 - Reservatório de detenção em São Bernardo do Campo na região do Alto Tamanduatei.
Fonte: DAEE, 2000.



Figura 16 - Reservatório de detenção em São Bernardo do Campo na região do Ribeirão do Couros
Fonte: DAEE, 2008



Figura 17 - Reservatório de retenção em Diadema, na região do Ribeirão Capela
Fonte: DAEE, 2008

Os telhados verdes também estão sendo muito utilizados visando a retenção de águas de chuva, e além destes benefícios apresentam também, entre eles:

- Conforto ambiental - redução o uso de ar condicionado;
- Conforto acústico – isolantes de som;
- Qualidade do ar;
- Redução do impacto pluvial.

Nas figuras a seguir, a previsão de utilização do telhado verde em uma residência, e edificações com o uso do telhado verde, é possível verificar os benefícios do seu uso.



Figura 18 – Perspectiva de residência com cobertura verde, Brasília, Arquitetura sustentável 4d, 2010



Figura 19 – Foto de coberturas verdes. Paocologia, 2011.

3.4.3 Aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento das águas pluviais representa um alerta para a importância do incentivo ao uso racional da água potável. Além disto, o uso da água da chuva minimiza o seu escoamento nas redes de drenagem urbana.

A captação das águas pluviais para aproveitamento em usos não potáveis hoje são adotadas em vários empreendimentos, de forma que tornou-se um uso sustentável e que apresenta pode ser realizada por empreendimentos: residenciais, comerciais, industriais e rurais.

Para fins Residenciais, as águas pluviais podem ser utilizadas:

- Limpeza de piso;
- Irrigações de jardins;
- Uso para descarga de mictórios e bacias sanitárias.

Para fins industriais e comerciais

- Limpeza de pisos;
- Irrigações de jardins e áreas verdes;
- Uso para desde mictórios e bacias sanitárias;
- Reservatórios com reserva técnica para prevenção e combate a incêndios;

- Lavagem roupas - hotel e lavanderias;
- Lavagem veículos;
- Uso para recirculação e resfriamento de máquinas e equipamentos entre outros.

Nas áreas rurais, é utilizada água de chuva para a irrigação de lavouras.

3.4.4 Limitações às técnicas alternativas

As técnicas alternativas podem ser consideradas soluções ideais para mitigar a escassez de água, reduzir o desperdício das águas potáveis, além de melhorar a eficiência das redes de drenagem urbana. Mas devemos ressaltar a necessidade de manutenções em todos os sistemas de forma a manter sua eficiência, além de avaliar quais são os maiores impactos dessas técnicas nas regiões vizinhas.

As vantagens de adotar sistemas de gerenciamento de águas pluviais são:

- Redução do consumo de água potável, e com isto a redução do custo de captação, tratamento e fornecimento;
- Controle e distribuição da água de chuva no sistema de drenagem urbana, fazendo um maior controle de cheias.

As desvantagens de adotar estes sistemas são:

- Custo de instalação do sistema de retenção de água pluvial e do sistema de aproveitamento;
- Para o funcionamento do sistema é necessário o acompanhamento técnico durante a sua operação, além de manutenção regular do sistema;
- A utilização de máquinas e equipamentos para operação do sistema;
- Riscos a saúde pública, relacionados à falta de manutenção e limpeza do sistema;
- Falta de treinamento dos usuários;
- Falta de parâmetros técnicos de projeto para atendimento a demanda;
- Diminuição da captação da água no período de estiagem.

Porém, mais do que as razões operacionais, o maior obstáculo ao uso dessas técnicas pode estar relacionado à falta de um gerenciamento eficiente da água. É preciso divulgar e orientar sobre a importância dessas técnicas a população.

3.5 Normatizações e legislações Brasileiras

No Brasil, alguns municípios preocupados com a questão de drenagem, escassez da água, e a possível cobrança pelo uso da água conforme a Lei 9433 - Lei das águas, já incluiu no Código de Obras do Município legislação referente a obrigatoriedade de retenção ou acumulação das águas pluviais dentro do próprio lote, como por exemplo em alguns municípios citados a seguir:

- São Paulo (Projeto Padim) – Lei nº 13.276 – 05/01/2002;
- Guarulhos - Lei 5617 de 9 de novembro de 2000, publicado no Diário Oficial do Município de Guarulhos na terça-feira, 14 de novembro de 2000, Ano I, nº 25. E lei 6511 de 09 de junho de 2009 – que institui o programa de uso racional da água potável e dá outras providências;
- Rio de Janeiro – Resolução Conjunta nº 001 de 27 de janeiro de 2005;
- Belo Horizonte – Lei de parcelamento, uso e ocupação do solo. Além do projeto de Lei apresentado dia 16/01/2012 apresentado pela Deputada Liza Prado para contenção de enchentes;
- Contagem/ MG – Lei complementar nº 081, de 07 de janeiro 2010;
- Curitiba – Lei nº. 10785 de 18 de setembro de 2003. - Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações;
- Goiânia – Lei Nº 3.917 de 06 de julho de 2006 – sistema de captação e acumulação de água da chuva;
- Brasília - Lei nº 4181 de 21 de julho de 2008 - sistema de captação e acumulação de água da chuva.

Com o objetivo de controle e prevenção de enchentes, algumas cidades brasileiras já transformaram em lei a captação e retenção da água pluvial. Com o objetivo de demonstrar à aplicação e até mesmo a eficiência destes sistemas as leis comentadas serão, respectivamente, Rio de Janeiro, São Paulo e Contagem MG.

O estado do Rio de Janeiro – Cria a Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005 que obriga os empreendimentos novos, públicos e privados, que tenham área impermeabilizada igual ou superior a quinhentos metros quadrados, a construção de reservatório de retardo destinado ao acúmulo das águas pluviais e posterior descarga para a rede de drenagem e de outro reservatório de acumulação das águas pluviais para fins não potáveis, quando couber.

No caso de novas edificações residenciais multifamiliares, industriais, comerciais mistas, públicas, ou privadas que apresentem área do pavimento do telhado igual ou superior a quinhentos metros quadrados, e no caso de residenciais multifamiliares com cinquenta ou mais unidades, será obrigatória a construção do reservatório de acumulação de águas pluviais e uso para fins não potáveis e, pelo menos um ponto de água destinado a essa finalidade, sendo a capacidade mínima do reservatório calculada em relação às áreas de captação do telhado.

Esta resolução ainda estabelece as fórmulas para cálculo do volume dos reservatórios de retardo e acumulação, e ainda o cálculo para o orifício de descarga, descritos a seguir:

$$V = K \times A_i \times h, \quad (2)$$

Onde:

V = Volume do reservatório em m³;

K = Coeficiente de abatimento, correspondente a 0,15;

A_i = Área do telhado (m²);

h = Altura de chuva (metro), correspondente a 0,06m nas Áreas de Planejamento 1, 2 e 4 e a 0,07m nas Áreas de Planejamento 3 e 5.

$$S = \frac{Q}{C_d \sqrt{2gh}} \quad (3)$$

Sendo:

h - carga sobre o centro do orifício (m);

S – área do orifício (m²);

C_d – coeficiente de descarga = 0,61;

Q – vazão de águas pluviais gerada no lote anteriormente à impermeabilização, conforme as normas de Drenagem urbana da Secretaria Municipal de Obras.

A lei estadual de São Paulo nº. 13276 de 05 de janeiro de 2002 torna obrigatória a execução de reservatórios para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

A lei estabelece que toda área impermeável deverá conter um sistema para condução das águas captadas para o reservatório, e ainda orienta o tipo de reservatório, que preferencialmente deverá 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.

O reservatório de acumulação deve atender a capacidade calculada com base na seguinte equação:

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t; \quad (4)$$

Sendo:

V = volume do reservatório em metros cúbicos;

A_i = área impermeabilizada em metros quadrados;

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

t = tempo de duração da chuva igual a 1 (uma) hora.

A lei municipal de Contagem, MG, nº. 081 de 07 de janeiro de 2010 altera os artigos relacionados a taxa de permeabilidade na sua lei de uso e ocupação dos solo.

As taxas de permeabilidades foram alteradas e definidas de acordo com o mapeamento das áreas de risco. A área mínima deverá ser mantida permeável, sendo vedada a pavimentação, a implantação de edificação ou de qualquer elemento construtivo que impeça a infiltração de água no solo. Esta área permeável mínima obrigatória será dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio climático, podendo nela serem computadas as faixas de proteção dos cursos d' água.

Complementando a área permeável, será necessário ou não (de acordo com a localização e o zoneamento do terreno) a construção de caixa de captação e drenagem descrito na lei, que

deverá possibilitar a retenção de, no mínimo, 25 (vinte e cinco) litros de água pluvial por metro quadrado de terreno, como resultante da aplicação da taxa mínima correspondente à referida caixa, de forma que o lançamento das águas pluviais na rede de drenagem seja efetivamente retardado.

Para dimensionamento de reservatórios e orientações para aproveitamento de água pluvial foi desenvolvida a norma NBR-15527, Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis de 24 de setembro de 2007, emitido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que prevê os requisitos para o aproveitamento da água pluvial coletada em coberturas de áreas urbanas e aplica-se a usos não potáveis em que as águas podem ser utilizadas após o tratamento adequado. Apresentando métodos de dimensionamentos de reservatórios de acumulação, além de orientar sobre a questão construtiva para o armazenamento de água.

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Utilizando exemplos de obras comerciais implantadas em algumas cidades do Brasil será possível apresentar exemplos de aplicações atendendo as legislações locais.

Os empreendimentos se caracterizam em condomínios logísticos, comerciais e industriais, com a finalidade de armazenagem e distribuição de produtos em geral.

4.1 Implantação de sistema de drenagem pluvial no Rio de Janeiro

O empreendimento construído na cidade do Rio de Janeiro foi projetado atendendo a Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005.

Trata-se de condomínio de galpão comerciais e logísticos, para armazenagem e distribuição de produtos em geral.

Área terreno = 90.970,06 m²;

Área de projeção construída = 35.502,22m²;

Área permeável= 20.013,41m².

O empreendimento atende a área permeável (área verde) mínima, exigida pela Lei de uso e ocupação do solo do Rio de Janeiro, que é de 20% (vinte por cento). Além da área verde, nos pátios e estacionamentos foi adotado pavimento drenante, que apesar de não ser considerada na legislação como área que atenda o percentual de permeabilidade, foi considerada importante na concepção do projeto buscando minimizar os impactos da edificação. O piso em bloco de concreto corresponde a 36% (trinta e seis por cento) da área do terreno.

A figura a seguir exemplifica a perspectiva da implantação do empreendimento.

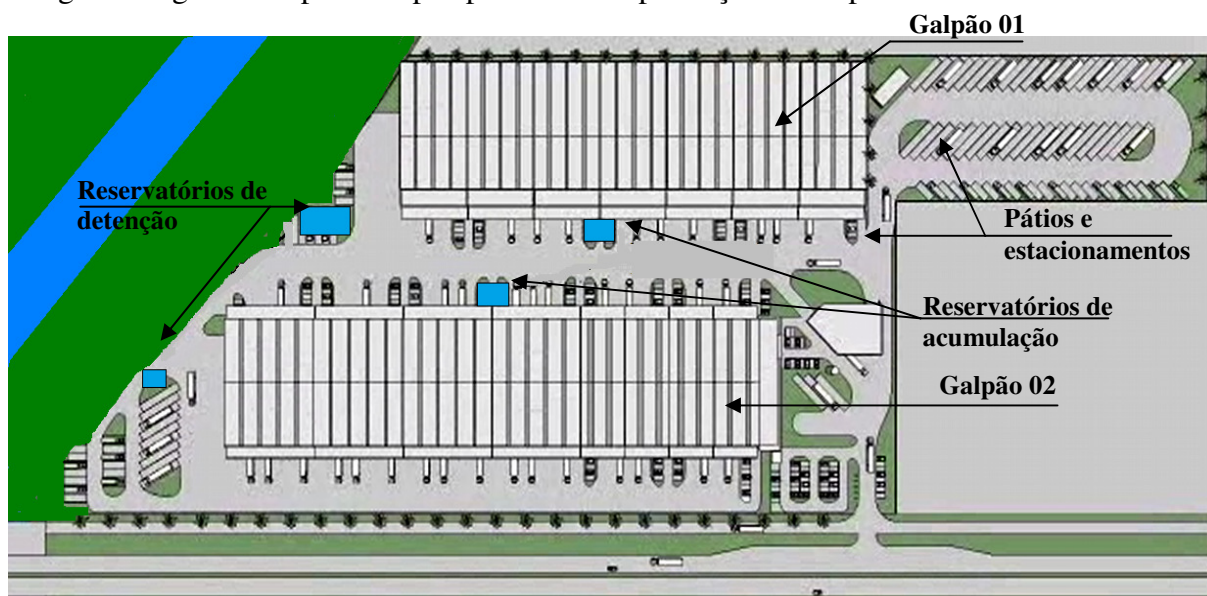


Figura 20 – Empreendimento Construído na Cidade Rio de Janeiro/RJ
Fonte: SGO Construções Ltda, 2010.

O sistema de drenagem do empreendimento foi executado através de dispositivos, como canaletas de concreto, bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visita, além de condutores em PVC e o PVC RIB LOC, onde as águas provenientes das chuvas são conduzidas a caixas de acumulação ou caixas de detenção.

Conforme a resolução, toda água pluvial coletada dos telhados foram conduzidas a caixas de acumulação, e toda água pluvial coletada de pátios e estacionamentos foram conduzidas a dois reservatórios de detenção de AP.

Utilizando as equações fornecidas pela resolução chegamos aos seguintes valores de volumes dos reservatórios:

Tabela 2- Volume total dos Reservatórios atendendo a legislação - RJ

Item	Descrição	Área (m ²)	Volume útil (m ³)
01	Reservatório de Acumulação 01	17.656,11	186,00
02	Reservatório de acumulação 02	17.656,11	186,00
03	Reservatório de Retenção 01	27065,10	285,00
04	Reservatório de Retenção 02	12.188,30	128,00

Os reservatórios foram projetados e construídos em concreto armado. Para o aproveitamento das águas de chuva o sistema possui filtragem através de caixa gradeada, além de um tratamento preliminar, em seguida é feito bombeamento para uma caixa d'água elevada conforme figura a seguir.



Figura 21 – Reservatórios tubulares para uso de água potável e não potável.
Fonte: SGO Construções, 2011.

A figura 21 apresenta o croqui de construção de um dos reservatórios.

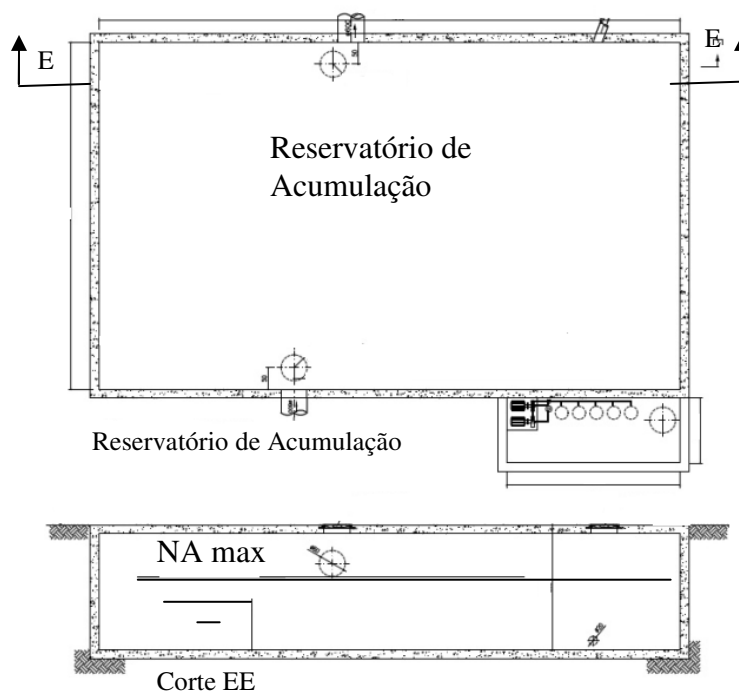


Figura 22 – Reservatório de acumulação com casa de máquinas.
Fonte: SGO Construções, 2011.

Abaixo é possível verificar fotos do reservatório de acumulação, em fase de execução.



Figura 23- Reservatório de acumulação em fase de concretagem
Fonte: SGO Construções, 2011



Figura 24 – Execução do fechamento reservatório de acumulação

Fonte: SGO Construções, 2011.

O empreendimento conta ainda com dois reservatórios tubulares metálicos onde o primeiro possui o volume de 60m^3 utilizado especificamente para água potável e o segundo reservatório possui o volume de 30m^3 com a finalidade do uso de água para fins não potável. Este reservatório é abastecido pela água captada das coberturas dos galpões, e são utilizados para descargas de bacias sanitárias e mictórios, limpeza de piso, e irrigação de jardins.

No ano de 2010 foi possível fazer uma avaliação através de informações fornecidas pelos funcionários do condomínio, onde foi constatado que somente durante o mês de setembro, foi necessária a utilização do fornecimento de água da companhia CEDAE para fins não potáveis, o que significou em uma economia mensal de aproximadamente 500.000 Litros por mês.

Ou seja, considerando aproximadamente 600 funcionários, e um consumo de 25 litros por dia de água para fins não potável, obtemos o total de 15.000 L/dia , ou seja, 450.000 L/mês .

A manutenção dos reservatórios é feita de três em três meses, fazendo-se a limpeza das caixas gradeadas e do filtro. Como são dois reservatórios a manutenção não interfere na operação dos mesmos, pois sua instalação foi feita em by pass.

Apesar da lei de uso e ocupação do solo do município do Rio de Janeiro não considerar o piso intertravado como permeável, de acordo com os ensaios realizados com a eficiência de pavimentos permeáveis, podemos considerar o coeficiente de escoamento aproximadamente em 60% (sessenta por cento) de permeabilidade, (Araújo, 1999).

4.2 Implantação de sistema de drenagem pluvial em Jundiáí - São Paulo

O empreendimento construído na cidade de Jundiáí/SP foi projetado atendendo a legislação estadual de São Paulo nº. 13276 de 05 de janeiro de 2002.

Trata-se de um condomínio de galpões logísticos, para armazenagem e distribuição de produtos em geral.

Área terreno = 76.998,67 m²;

Área projeção construída = 31.500,00m²;

Área permeável= 21.999,62m².

O empreendimento obedece a Lei de uso e ocupação do solo de Jundiáí, e a área permeável atende a porcentagem mínima de 20% (vinte por cento). A pavimentação externa foi em piso drenante de blocos de concreto, buscando minimizar os impactos da construção.

A figura a seguir exemplifica a perspectiva da implantação do empreendimento.

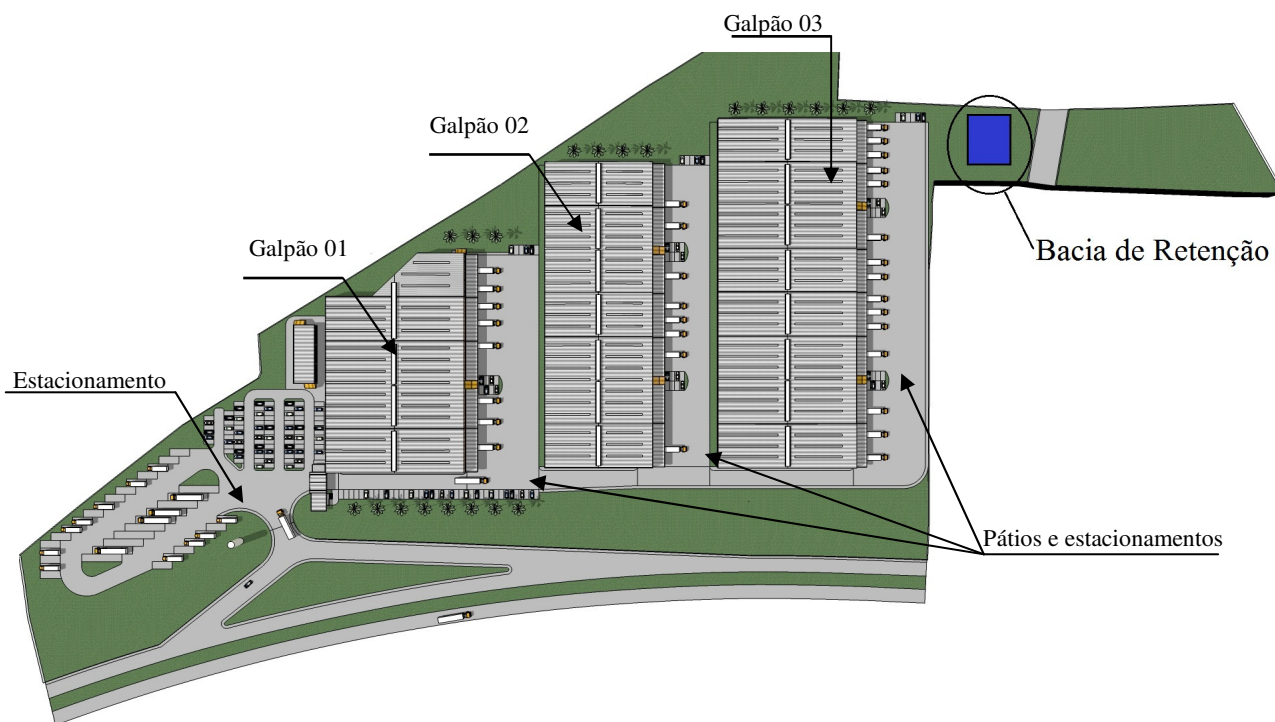


Figura 25 – Empreendimento Construído na Cidade de Jundiáí/SP

Fonte: SGO Construções Ltda, 2011

O sistema de drenagem do empreendimento foi executado através de dispositivos como canaletas de concreto, bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visita, além de condutores em PVC e em concreto armado, até serem conduzidos a uma bacia de retenção de AP.

Conforme legislação, toda água pluvial captada de área impermeável (telhados, pátios e estacionamento), serão conduzidas a uma bacia de retenção de águas pluviais, com a finalidade de reduzir a vazão de pico.

Tabela 3- Volume total de retenção – Jundiáí.

Item	Descrição	Área (m ²)	Volume útil (m ³)
01	Bacia de Retenção	54.999,05	495,00

Neste empreendimento não foi possível implantar o sistema de uso de águas pluviais, pelo seu elevado custo na fase de implantação.

Para definição da estrutura de retenção e do cálculo do volume útil da bacia de retenção foram analisados os seguintes parâmetros:

- Estudo da planialtimetria do terreno;
- Estudo do solo para definição da escavação e taludes;
- Análise de custo da implantação do sistema;
- Espaço disponível;
- Manutenção.

Após análise de custo, prazo de execução e disponibilidade de espaço físico, foi possível adotar a bacia de retenção. O volume foi calculado pela equação do volume do tronco da pirâmide (Geórgia, 2001) conforme indicada a seguir.

$$V = (d/3) [A1 + (A1 \times A2)^{0,5} + A2]/3 \quad (5)$$

Sendo:

V= volume do tronco de pirâmide (m³);

A1= área 1 (m²);

A2= área 2 (m²);

D= altura entre as áreas A1 e A2 (m).

A figura a seguir apresenta o croqui de execução da bacia de retenção.

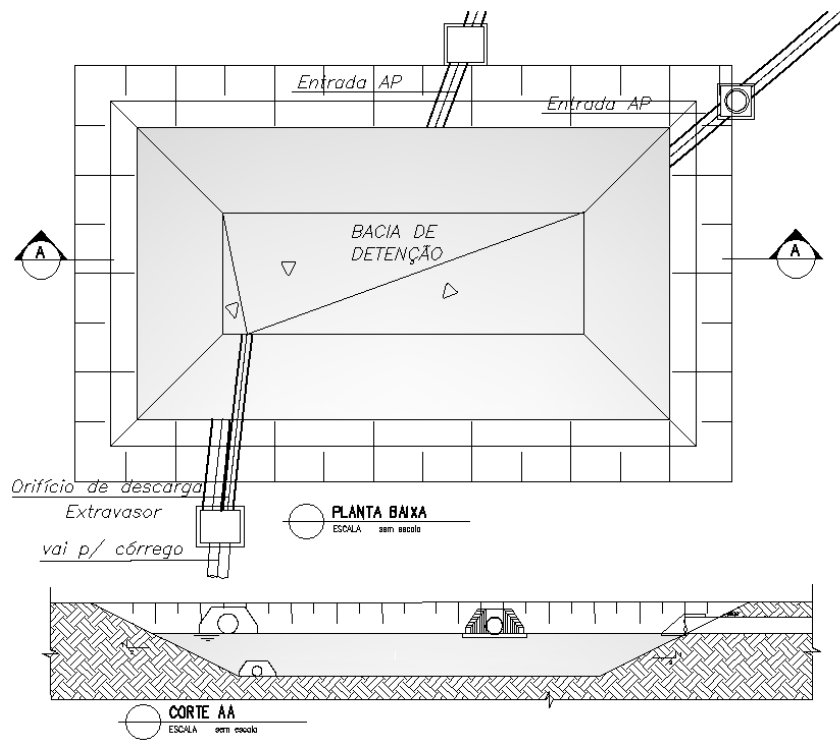


Figura 26 – Croqui da bacia de contenção.
SGO Construções, 2011

A figura abaixo ilustra o croqui e a execução da bacia de retenção do empreendimento.



Figura 27- Foto da execução da bacia de retenção
Fonte: SGO Construções, 2011

4.3 Implantação de sistema de drenagem pluvial em Contagem – Minas Gerais

O empreendimento será construído na cidade de Contagem- MG, atendendo a Lei nº. 081 de 07 de janeiro de 2010.

Trata-se de galpão comercial e logístico, para armazenagem e distribuição de produtos em geral.

Área terreno = 12.265,00 m²;

Área projeção construída = 5.568,75m²;

Área permeável= 3.679,50m².

A figura a seguir exemplifica a perspectiva da implantação do empreendimento.

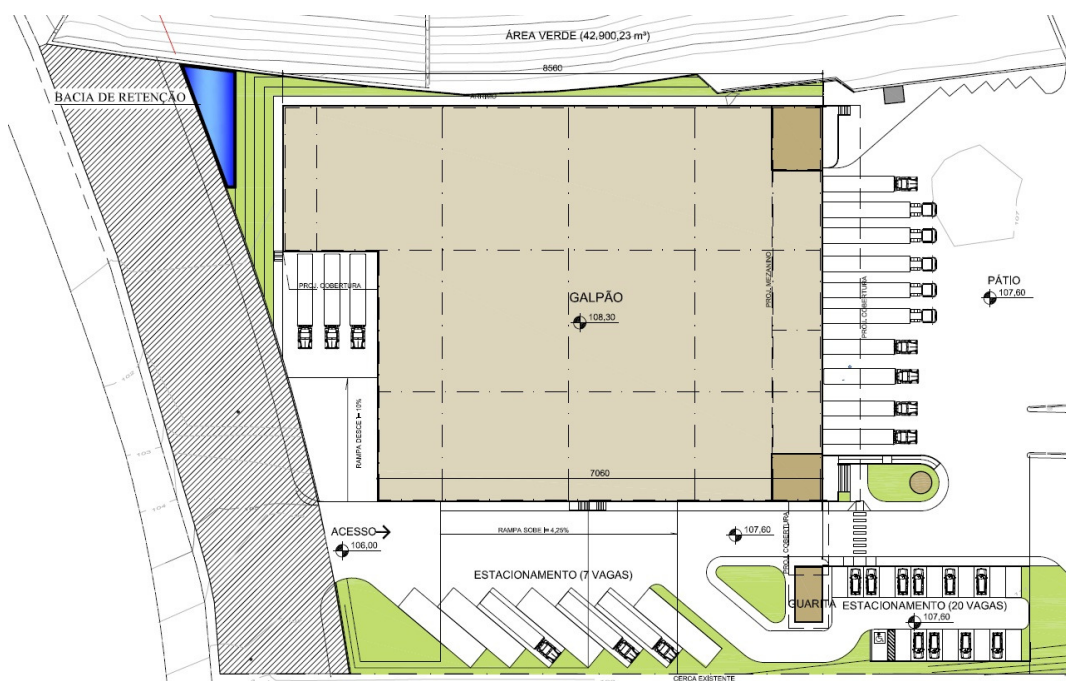


Figura 28- Empreendimento em fase de aprovação na Cidade Contagem/MG

Fonte: SGO Construções Ltda, 2011

O sistema de drenagem do empreendimento será executado com dispositivos como canaletas de concreto, bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visita, além de condutores em PVC e em concreto armado, até serem conduzidos a uma bacia de retenção de AP.

O empreendimento obedece a Lei de uso e ocupação do solo, e a área permeável atende a porcentagem mínima de 30% (trinta por cento). A pavimentação externa foi em piso drenante de blocos de concreto, buscando minimizar os impactos da construção.

A legislação disponibiliza uma tabela indicando a localização do terreno (bacia hidrográfica e zoneamento), área do terreno e taxa de permeabilidade a cumprir, sendo em alguns casos a caixa de captação e retardo dispensado.

A tabela a seguir apresenta um resumo da tabela anexa à legislação aplicada para o empreendimento:

Tabela 04 – Parâmetros da legislação para cálculo da caixa de captação e área permeável.

LOCALIZAÇÃO TERRENO		ÁREA TERRENO	TAXA DE PERMEABILIDADE		
			TP % DA ÁREA DO TERRENO		
Bacia Hidrográfica	Zona/Área especial		TP Mínima Obrigatória (TP=A+B)	TP a cumprir com Área permeável (A)	TP a cumprir com caixa de captação e drenagem (B)
Vargem das Flores	ZEU1	> 5.000m ²	60%	≥ 30%	60% - A

Fonte: Prefeitura de Contagem, 2010.

Tabela 5- Volume total de retenção - MG

Item	Descrição	Área total(m ²)	Área a considerar (m ²)	Volume útil (m ³)
01	Bacia de Retenção	12.265,00	3.679,50	92,00

O cálculo do volume foi realizado, multiplicando-se a área a considerar por 25 L/m², conforme §4º do artigo 1º da Lei Complementar 081, de 07 de janeiro de 2010.

A bacia de contenção será executada conforme croqui abaixo, atendendo o volume útil para retenção das águas pluviais.

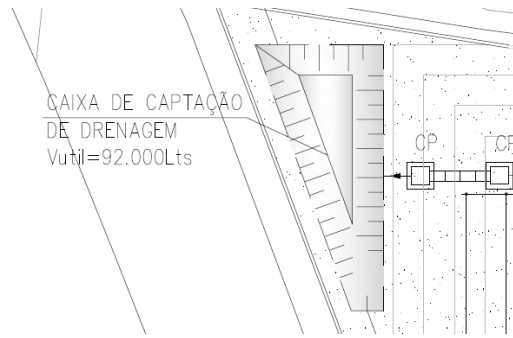


Figura 29 – Bacia captação de água de chuva.
Fonte: SGO Construções, 2011.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela a seguir apresenta os dados comparativos dos empreendimentos e os volumes de retenção calculados pelo método racional, onde são indicados os valores de retenção necessários, e os adotados atendendo as legislações locais.

Os valores de volume de retenção necessários foram calculados através da comparação da vazão de contribuição do terreno natural e a vazão de contribuição do terreno construído, ou seja (Tomaz, 2010):

$$V_s = 0,5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times t_b \quad (5)$$

Sendo:

V_s – volume necessário;

$Q_{pós}$ – vazão após construção;

$Q_{pré}$ – vazão anterior a construção;

$t_b = 3 \times t_c$;

t_c – tempo de concentração (pós ocupação).

A intensidade pluviométrica utilizada para os cálculos foram definidas a partir de equações de chuvas intensas de cada região, sendo adotadas para o Rio de Janeiro foi adotado a equação de chuvas intensas do Rio de Janeiro (Alcântara, 1976), para Jundiaí a equação fornecida pela estação pluviométrica de Campinas-SP, (1997) e para o empreendimento em Contagem foi adotado a equação de chuvas intensas para a região metropolitana de Belo Horizonte, (IDF Pinheiro-Naghetini,1997).

$$i = \frac{1239 * T_R^{0,15}}{(t_c + 20)^{0,74}} \quad (6)$$

$$i = \frac{2524,86 * T_R^{0,1429}}{(t_c + 15)^{0,9483}} \quad (7)$$

$$i_{T,d} = 0,76542 * D^{-0,7059} * P^{0,5360} * \mu_{T,d} \quad (8)$$

Sendo:

i – intensidade pluviométrica (mm/h);

T – tempo de retorno (anos);

t_c – tempo de concentração (min);

D – duração da chuva (horas);

P – precipitação média anual (mm);

μ_{T,d} - quantil adimensional frequência regional associado ao período de retorno **T** e à duração **d** (tabelado).

Nos três casos foram comparados o Período de retorno (*T*) de 5 (cinco), 10 (dez), e 25 (vinte e cinco) anos e tempo de concentração (*t_c*), de 10 minutos.

Tabela 6 – Resultados de volumes através da legislação e método racional.

LOCALIZAÇÃO	ÁREA / COEFICIENTE (M²)			ÁREA TOTAL (m²)	ÁREA FINAL (m²)	VOLUME DE RETENÇÃO NECESSÁRIO (m³)		VOLUME DE RETENÇÃO ADOTADO (m³)
	COBERTURA	PÁTIO / ESTACIONAMENTO	ÁREA PERMEÁVEL			T=10	T=25	
RIO DE JANEIRO	35312,22	35644,43	20013,41	90970,06	53639,12	1252,7	1437,26	785
JUNDIAÍ	31500	23499,05	21999,62	76998,67	43699,35	1173,7	1337,84	495
CONTAGEM	5568,75	3016,75	3679,5	12265	7000,95	221,3	251,31	92

Através dos volumes apresentados na tabela acima, comparando o volume necessário e volume adotado, podemos verificar que o período de retorno adotado pelos municípios é

inferior a 10 anos. Podemos avaliar que a implantação da legislação nos municípios é uma forma de minimizar os problemas causados pela urbanização.

A legislação busca uma implantação de sistema de drenagem que pode ser considerada insuficiente se for apresentada como a única solução utilizada pelo município. Mas, podemos avaliar que a implantação da legislação nos municípios é uma forma de minimizar os problemas causados pela urbanização. E para trabalhar com uma eficiência completa dos sistemas de drenagem, os municípios devem adotar, em paralelo, planos de gerenciamento e medidas complementares, buscando novas tecnologias e soluções que minimizem os casos de enchentes.

5.1 A sustentabilidade e as soluções apresentadas

Após as aplicações de sistemas de drenagem atendendo às legislações, foi possível fazer um diagnóstico geral dos empreendimentos, e com isso, avaliamos a necessidade em implantarmos tecnologias para o uso racional de águas pluviais, visando assim o ciclo de consumo de água.

Após a implantação do sistema de uso de água pluvial no empreendimento do Rio de Janeiro, houve uma avaliação positiva tanto pelos empreendedores, quanto pelo mercado. Desta forma buscamos a implantação destes sistemas em grande parte de nossos projetos. Hoje, diversos empreendimentos que estão em fase de aprovação, possuem projetos para o aproveitamento das águas de chuva para fins menos nobres, como por exemplo, limpeza de piso, irrigação de jardins e descarga em vasos sanitários e mictórios. Ainda implantamos o reuso de águas em empreendimentos localizados em municípios onde não possuímos disponibilidade de rede de esgoto para lançamento dos efluentes. Assim, os efluentes provenientes de ETE's (Estações de tratamento de efluentes), são utilizados em limpeza de pisos e principalmente, em irrigação de jardins e áreas verdes.

São adotadas também, algumas tecnologias para a redução do consumo de água e energia, são elas:

- Torneiras de lavatórios, pias e chuveiros com temporizadores;
- Utilização caixas de descargas com duplo fluxo e mictórios com baixo consumo de água;
- Aquecimento solar nos vestiários.

O lançamento das águas pluviais, em quase a totalidade dos novos empreendimentos, é realizado buscando medidas alternativas e tecnologias de condução das águas pluviais. As soluções com o objetivo de retenção e detenção do lançamento são aplicadas, conscientes dos problemas de inundações, enchentes e impermeabilização.

Desta forma, é de grande importância que a melhor situação implantada deve ser ampliada em outros municípios. A legislação deve atender ao controle das águas pluviais e ao uso consciente da água.

6 CONCLUSÕES

Para que fosse atingido o objetivo geral deste trabalho foram levantados métodos de gerenciamento e controle das águas pluviais.

Através de levantamentos das normas e legislações, foi possível verificar que vários centros urbanos estão implantando medidas de controle de enchentes e de incentivo ao uso das águas pluviais para fins não potáveis.

Através de exemplos e aplicações das legislações em novas construções, foi possível avaliar a importância de aprovação de novos projetos adotando o uso da água pluvial, além das medidas de contenção e controle de enchentes na fonte, desta forma, tornando uma prática mais comum, a implantação de projetos e obras sustentáveis. Com a demonstração das vantagens apresentadas, tal recurso deve-se tornar uma prática mais comum, a ponto de novos projetos e construções sustentáveis serem desenvolvidos adotando estas medidas, exigidas ou não pelos municípios.

Com a escassez cada vez maior da água, e com o elevado índice de desperdício de água potável, é muito importante o incentivo do uso de água pluvial.

Verifica-se, também, a importância dos governantes em adotarem medidas preventivas aumentando investimentos na área de drenagem urbana e infra estrutura, visando a redução de desastres que vem ocorrendo com elevada frequência, através de sistemas de controle na fonte somados aos controles adotados pelos municípios.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, de 24 de setembro de 2007.

ARAÚJO, P.R. Análise experimental da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre-RS. 1999.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. ABRH, Porto Alegre, 2005. 266 p.

CONTAGEM, Lei Municipal complementar de Contagem Nº 081 de 07/01/2010. Lei altera e dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo no Município de Contagem. Disponível em: <<http://www.novocontagem.mg.gov.br/legislacao=659179>> Acesso em: 20 maio 2011.

CURITIBA, Lei Municipal de Curitiba Nº 10485 de 18/09/2003. Programa de Conservação e uso Racional da Água nas Edificações. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/>> Acesso em: 20 maio 2011.

GOIÂNIA Lei Municipal de Goiânia Nº 3.917 de 06/07/2006. Programa de sistemas de captação e acumulação de água da chuva. Disponível em: <<http://www.goiania.go.gov.br/>> Acesso em: 20 maio 2011.

GUARULHOS, Lei Estadual de Guarulhos Nº 6511 de 09/06/2009. Programa de uso racional da água potável e dá outras providencias. Disponível em: <<http://www.guarulhos.sp.gov.br/>> Acesso em: 06 janeiro 2011.

GUARULHOS, Lei Estadual de Guarulhos Nº 5617 de 09/11/2000. Programa retenção de águas pluviais para contenção de enchentes. Disponível em: <<http://www.guarulhos.sp.gov.br/>> Acesso em: 06 janeiro 2011.

IBGE, Caracterização da População. Disponível em <www.ibge.gov.br/> Acesso em 16 de junho de 2011.

MASATO, KOBIYAMA; MENDONÇA, MAGALY; MORENO D. A.; OLIVEIRA, I. P. V. MARCELINO, EMERSON; GONÇALVES, EDSON FOSSATTI, BRAZETTI, LETÍCIA BRAZETTI; GOERL, ROBERTO, MOLLERI, GUSTAVO, RUDORFF, F. M. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos – Florianópolis: Ed. Organic Trading , 2006. 109p.

PALHARES, CÍNTIA AVELAR. A qualidade da água de chuva para a satisfação das necessidades humanas. 2008 45f. Monografia (Especialização em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de Minas Gerais – DESA UFMG.

PINTO Nelson L. de Souza , *et al*, Hidrologia Básica. Editora Edgar Blücher Ltda. 6.^a Edição, São Paulo, 1998.

RIO DE JANEIRO, Resolução Conjunta Nº 001 de 27/01/2005. Programa de retenção águas pluviais e uso racional da água potável. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/>> Acesso em: 06 janeiro 2011.

SÃO PAULO, Lei Estadual de São Paulo Nº 13.276 de 05/01/2002. Programa Retenção de águas pluviais. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/>> Acesso em: 14 abril 2011.

SILVA, CELSO. Caracterização da bacia do Rio Fiúza para aplicação na prevenção de enchentes. 2006. 52f. Monografia (Conclusão curso de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Ijuí, RS.

SILVEIRA, BRUNA QUICK. Reuso da água pluvial em edificações residenciais. 2008. 43f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG.

TOMAZ Plínio, TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de Água de Chuva. 2ª Edição. São Paulo: Navegar Editora, 2003.180p.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas - Drenagem Urbana. Porto Alegre: Universidade. UFRGS, 1995. Coleção ABRH de Recursos Hídricos.

VON SPERLING, MARCOS. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; Vol.1. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005, 241p.