

CENTRO UNIVERSITÁRIO NEWTON PAIVA
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – FACET
CURSO ENGENHARIA CIVIL

ELLEN THUANY DOS SANTOS MARQUES

MARIELA SOUSA GOMES SILVA

SIDNEY CÉSAR ACÁCIO

**GESTÃO DE DRENAGEM URBANA NO CONTROLE DE
ENCHENTES: captação, reservação e armazenamento de águas
pluviais**

BELO HORIZONTE

2015

Ellen Thuany Dos Santos Marques
Mariela Sousa Gomes Silva
Sidney César Acácio

**GESTÃO DE DRENAGEM URBANA NO CONTROLE DE
ENCHENTES: captação, reservação e armazenamento de águas
pluviais**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Newton Paiva, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Márcio Augusto Lima Teodoro

Orientadora Metodológica: Prof. Vanderléa Martins da Rocha

Belo Horizonte

2015

A todos aqueles que defendem a ocupação de forma consciente buscando minimizar os impactos ambientais, comprometidos com as gerações futuras tendo como principais valores a ética e a disciplina.

AGRADECIMENTO

A Deus, por ter nos dado força e saúde para superar as dificuldades.

Aos nossos familiares e amigos que nos apoiaram nas horas difíceis, de desânimo e cansaço e compreenderam os momentos de nossa ausência.

Ao professor orientador Márcio Augusto Lima Teodoro, pela dedicação e acreditar no nosso potencial.

À professora Vanderléa Martins da Rocha, pelo suporte de suas correções e incentivo que tornaram possível a conclusão do TCC.

A todos os mestres do curso de Engenharia Civil da Instituição Newton Paiva, aos quais sem nominar, nossos eternos agradecimentos, na conclusão do nosso trabalho.

Ao gerente técnico Otávio Goes da Minas Arena e sua equipe, pelas informações técnicas fornecidas.

“Esta chuva passageira que não passa, e este solo aparentemente bem cuidado, mas impermeável. É a cidade urbanizada com seus efeitos e defeitos em que a natureza muitas vezes se torna inimiga.”

Sidney César Acácio

RESUMO

Com o crescimento populacional e conseqüentemente a intensificação da urbanização, muitas cidades evoluíram sem um prévio planejamento urbano-ambiental, intensificando-se os impactos causados pela ocupação antrópica em ambientes naturais, exemplo destes, mudanças no ciclo hidrológico perceptíveis no aumento e severidade de inundações. Este trabalho tem como objetivo o estudo das técnicas não convencionais no sistema de drenagem urbana, para o controle de enchentes. Serão abordados conteúdos de grande relevância tais como: diferença dos conceitos das técnicas de drenagem convencionais e não convencionais, aspectos, impactos e elementos básicos do sistema de drenagem; obras de captação, armazenamento e reuso da água pluvial. A aplicação de técnicas de reservação dos escoamentos ao invés de canalização torna-se obrigatório, com leis decretadas que fomentam o uso e ocupação sustentável para a população. A implantação dos métodos não convencionais demonstra viabilidade técnica e econômica no controle das enchentes

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Captação de Água. Armazenamento e Reuso de Águas Pluviais.

ABSTRACT

With population growth and hence the intensification of urbanization, many cities have evolved without prior urban-environmental planning, intensifying the impacts caused by human occupation in natural environments, such example, changes in the hydrological cycle noticeable on the increase and severity of floods. This work aims the study of unconventional techniques in the urban drainage system for flood control. Highly relevant content will be addressed such as: difference from the conventional concepts and techniques drainage nonconventional, aspects, effects and basic elements of the drainage system; water catchment, storage and reuse of rainwater. The application of the reservation flow techniques rather than channeling becomes binding with enacted laws that encourage sustainable use and occupation for the population. The deployment of unconventional methods demonstrate technical and economic feasibility in flood control.

Keywords: Urban Drainage. Water catchment. Storage and reuse rainwater.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADE – Área de Diretrizes Especiais

AR1 - Arquitetura_Externa

AR2 - Arquitetura_Interna-Estadio

Av - Avenida

COMFORÇAS – Comissões Populares de Fiscalização do Orçamento Participativo

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

cm – Unidade de Medida em Centímetro

COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil

CDPCM - Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural

COMPUR - Conselho Municipal de Política Urbana

CV – Sigla de Medida em Inglês quer dizer “Cavalo Vapor”

Ex - Exemplo

HID – Hidráulica

Hman – Altura Manométrica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IHE – Institute for Water Education

KSB - Fabricante da Bomba

LPUOS – Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

m² - Unidade de Medida em Metro Quadro

m³ - Unidade Medida em Metro Cubico

m.c.a – Metro de Coluna de Água

m³/h – Metro Cúbico por hora

NBR – Norma Brasileira

P – Potência

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte

PDDBH - Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte

PVC - Policloreto de Vinila

Q – Vazão (ou fluxo volumétrico)

SIG - Soluções Integrada de Gestão

SUDECAP - Superintendência de Desenvolvimento da Capital

SWITCH – Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities' Health

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UNESCO – Organização das Nações Unidas

V - Volts

ZA – Zona Adensada

ZAP – Zona Adensamento Preferencial

ZARs – Zonas de Adensamento Restrito

ZCs - Zonas Centrais

ZEs – Zona de Grandes Equipamentos

ZEISs – Zonas Especiais de Interesse Social

ZPAM – Zona de Preservação Ambiental

φ - Diâmetro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistemas para reservatórios de água de reuso.....	18
Figura 2- Cenário de risco associado a enchentes e inundações com alta energia de escoamento envolvendo assentamentos ribeirinhos de padrão construtivo precário	19
Figura 3 - Comissão Construtora da Nova Capital (1895).....	24
Figura 4 - Projeto da cidade de Belo Horizonte.....	25
Figura 5 - Obras do Boulevard Arrudas e o fechamento do Ribeirão Arrudas na altura da Rua Paracatu	26
Figura 6- Obras de cobertura do canal do Acaba Mundo no Cruzamento das Ruas Professor Moraes e Tomé de Souza em 1963	26
Figura 7-Illustração esquemática dos conceitos reservação e canalização.....	38
Figura 8 - Princípio de Armazenamento (adaptado de BAPTISTA et al, 2005).....	40
Figura 9 - Princípio de armazenamento (adaptado de BAPTISTA et al, 2005)	41
Figura 10 - Valeta de infiltração aberta	42
Figura 11 - Bacias de percolação (Portland, 2002)	43
Figura 12 - Adaptado pavimento poroso Parque Ibirapuera, São Paulo, 1996	43
Figura 13 - Pavimentos porosos – exemplos e corte típico (Portland, 2002)	44
Figura 14 - Bacia de retenção na cidade de Lagord, região de Poitou-Charentes, França	46
Figura 15 - Bacia de detenção em Santiago, Chile.	46
Figura 16 – Localização e Zoneamento do Mineirão.....	47
Figura 17 – Lona da cobertura	50
Figura 18 – Laje	50
Figura 19 - Ralo de “abacaxi” em ferro fundido	51
Figura 20- Registro de duto de entrada água do reservatório.....	51
Figura 21 - Reservatórios de água pluvial.....	51
Figura 22 – Bomba dosadora de cloro	51
Figura 23 – Filtro para água da chuva.....	52
Figura 24 – Filtro para água da chuva.....	52
Figura 25 – Sistemas para reservatórios de água de reuso.....	52
Figura 26 – Tubulação água de reuso.....	52
Figura 27– Hidrômetro	52

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Quantitativos da Macrodrenagem de Belo Horizonte	27
Tabela 2 - Ocorrências de Inundação e Alagamento no Município de Belo Horizonte	29
Quadro 1 - Conceito de canalização x conceito de reservação	39
Quadro 2 - Classificação geral dos dispositivos de infiltração.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivo específico	15
1.2 Justificativa	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Impactos ambientais da urbanização em áreas urbanas	17
2.2 Aspectos e elementos básicos do sistema de drenagem	20
2.3 Aspectos legais de gestão de águas pluviais nas cidades	29
2.4 Obras de captação e armazenamento de águas pluviais	36
2.4.1 Detenção dos escoamentos	39
2.4.2 Disposição no local	40
2.4.3 Controle de entrada.....	44
2.4.4 Detenção a jusante	45
2.5 Modernização do Estádio Governador Magalhães Pinto	46
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	53
4.1 Avaliação econômica	53
4.2 Análise Comparativa Tipo Benefício Custo	54
4.2.1 Análise estudo de casos.....	55
4.3 Melhoria do Mineirão	57
4.4 Análise e dados do questionário	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXO A	67
ANEXO B	68
ANEXO C	69
ANEXO D	70
ANEXO E	71
ANEXO F	72
ANEXO G	73
ANEXO I	75
ANEXO J	78

1 INTRODUÇÃO

A alteração das características naturais do ciclo hidrológico deve-se à alteração da condição do ambiente pré urbanização e da ocupação antrópica perto das áreas naturais de inundações. (REZENDE, 2010).

O aumento das áreas urbanizadas e, conseqüentemente, impermeabilizadas ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas às várzeas dos rios ou à beira-mar, face da necessária interação da população com os corpos hídricos, utilizados como fonte de alimento e dessedentação, além de transporte (CANHOLI, 2005, p.15).

O município de Belo Horizonte possui diversos córregos e ribeirões que circundam suas avenidas, ruas e vielas. Durante sua urbanização não foi levada em consideração sua hidrografia, “os córregos e ribeirões começaram a ser canalizados segundo o traçado das vias de tráfego, relegando-os a um papel secundário na paisagem urbana, como meros receptores de despejos sanitários” Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012 / 2015, p. 58).

O aumento das áreas urbanizadas e, conseqüentemente, impermeabilizadas ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas às várzeas dos rios ou à beira-mar, face da necessária interação da população com os corpos hídricos, utilizados como fonte de alimento e dessedentação, além de transporte (CANHOLI, 2005, p.15).

Os conceitos “inovadores” mais adotados para a readequação ou aumento da eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem têm por objetivo promover o retardamento dos escoamentos, de forma a aumentar os tempos de concentração e reduzir as vazões máximas; amortecer os picos e reduzir os volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios; e conter, tanto quanto possível, o *run-off* no local da precipitação, pela melhoria das condições de infiltração, ou ainda em tanques de contenção. Isso significa mudança radical na filosofia das soluções, pois anteriormente implantavam-se obras que acelerassem o escoamento e o afastamento rápido de picos e cheias para os corpos d’água. Atualmente, a vertente “conservacionista”, que busca reter os escoamentos pluviais nas proximidades de suas fontes, constitui o paradigma da moderna drenagem urbana (CANHOLI, 2005, p. 16).

Medidas estruturais são necessárias e mesmo essenciais para solução de um grande número de problemas de inundações urbanas. A experiência nacional e internacional mostra, entretanto, que tais medidas além de onerosas não representam por si só solução eficaz e sustentável dos problemas mais complexos de drenagem urbana (TUCCI, 2014, p.805).

Uma eficaz gestão da drenagem urbana vem se destacando na obtenção de um desenvolvimento sustentável das cidades, com políticas de desenvolvimento urbano, no planejamento do uso e ocupação do solo, com o objetivo de reduzir os impactos causados pela urbanização.

Os conceitos inovadores promovem o retardamento dos escoamentos, de forma a aumentar os tempos de concentração, por meio da retenção em reservatórios, melhorias das condições de infiltração, ou ainda em tranques de contenção. É uma mudança substancial na filosofia das soluções de enchentes, pois anteriormente implantavam-se obras que acelerassem o escoamento e o afastamento rápido de picos e cheias. (CANHOLI, 2005).

Este trabalho levantou como problemática a seguinte questão: de que forma o sistema de captação, reservação e armazenamento de águas pluviais contribuem na gestão de drenagem urbana. Pretende-se enfatizar a importância do equacionamento abrangente dos problemas de drenagem, bem como apresentar e discutir alguns conceitos deste sistema. Tais assuntos propostos foram embasados por pesquisas bibliográficas e visita técnica no Estádio Governador Magalhães Pinto, com o objetivo de conhecer as técnicas implantadas na captação, armazenamento e reuso de águas pluviais, como forma de minimizar a vazão decorrente das precipitações no sistema de drenagem urbana.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o funcionamento do sistema de drenagem urbana no controle de problemas de enchentes, com foco na contribuição de métodos não convencionais no sistema de drenagem já implantado.

1.1.2 Objetivo específico

- Descrever impactos e aspectos ambientais oriundos das urbanizações;
- Verificar o cumprimento dos aspectos legais de gestão de águas pluviais;
- Demonstrar a gestão de águas pluviais, conceitos e modelos de drenagem;
- Analisar conceitos de obras de retenção, captação e armazenamento de águas pluviais;
- Apresentar a aplicação de sistema de captação armazenamento e reuso de água pluvial;
- Analisar viabilidade de implantação de técnicas do conceito não convencional;
- Verificar o cumprimento dos aspectos legais de gestão de águas pluviais.

1.2 Justificativa

A urbanização gera conforto e comodidade para a população, mas devido ao crescimento desordenado das cidades, a minimização de áreas permeáveis impacta de forma substancial nos processos de drenagem (...), por exemplo, enchentes, desastres e deslizamentos provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas (TUNDISI, 2011, p. 68).

O acesso ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas de drenagem urbana, de conceitos não convencionais no Brasil é nascente se compararmos a outros países. Os problemas de drenagem urbana nas grandes e médias cidades brasileiras são catastróficos em virtude da frequência e gravidade das inundações e demonstram a necessidade de soluções alternativas e com conhecimento refinado dos aspectos técnicos e financeiros que envolvem para uma boa gestão da drenagem urbana.

Os sistemas de drenagem não convencionais embrionário do conceito tradicional de drenagem ou agregados a elas, para sua adaptação. Segundo Silva, (2004) estes sistemas tendem recurso, “para problemas existentes e a possibilidade de um melhor

planejamento em áreas futuramente urbanizadas, através de técnicas na melhoria das condições de infiltração de água, dentre outras¹”.

É uma área que possui pouco investimento em comparação aos países desenvolvidos e se mostra promissora para negócios já que é um assunto que vem agregando valor à sociedade, despertando iniciativas isoladas de moderadores e empresários, tanto do poder público, como por exemplo, no manejo de águas pluviais na cidade do Samba². (VIOLA, 2015).

Cidades brasileiras tem adotado o uso de legislações específicas sobre retenção da água de chuva em reservatórios no controle de enchentes. Garantindo oferecer aos municípios condições favoráveis de conforto e de segurança quando da ocorrência de eventos chuvosos.

Conforme Viola (2015), em outras partes do mundo, a captação de água pluvial se torna cada vez mais, parte importante do manejo integrado de gestão de recursos hídricos. Países como a Alemanha, mesmo com opções convencionais de abastecimento optam por usar água de chuva.

Tendo em vista as relevâncias descritas acima, o grupo visualizou tamanha importância do tema abordado. Este trabalho tem o intuito de demonstrar aos leitores o conceito da implantação de técnicas não convencionais no sistema de drenagem, as ferramentas administrativas para o cumprimento das mesmas e a viabilidade de sua implantação nos processos de gestão de drenagem urbana no controle de enchentes.

¹ <http://engenharia.anhemi.br/tcc-04/civil-20.pdf>

² <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/heitorv.pdf>

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Impactos ambientais da urbanização em áreas urbanas

A concentração demográfica desordenada aliada a necessidade de ocupação urbana, acarreta no descumprimento da legislação dos municípios, fazendo com que as regras impostas pelo plano diretor para ocupação do solo sejam ineficazes gerando vários problemas de infraestrutura.

Segundo Braga (citado por Canholi, 2005, p.23):

A maioria dos países em desenvolvimento incluindo o Brasil, experimentou nas últimas décadas uma expansão urbana com precária infraestrutura de drenagem, advindo os problemas de inundações principalmente da rápida expansão da população urbana, do baixo nível de conscientização do problema, da inexistência de planos de longo prazo, da utilização precária de medidas não estruturais e da manutenção inadequada dos sistemas de controle de cheias.

De acordo com Christofolletti (2008, p. 421) “a topografia surge como um dos principais elementos a orientar o processo de ocupação”. Entretanto com o aumento populacional, e conseqüentemente a intensificação da urbanização, muitas cidades surgiram sem um prévio planejamento urbano-ambiental a se evitar impactos no meio ambiente local.

A impermeabilização do solo aparece como um dos impactos ambientais, pela ocupação humana se dá através da construção de edificações, telhados, pavimentação de ruas e calçadas. Áreas não habitadas de regiões nativas possuem um escoamento mais lento com maior parcela de infiltração de água e conseqüente diminuição da vazão. Para regiões urbanizadas ocorre redução da parcela de infiltração forçando a água a se percolar por canais, aumentando a vazão e sua velocidade de escoamento, cujo na Figura 1 é possível visualizar este processo.

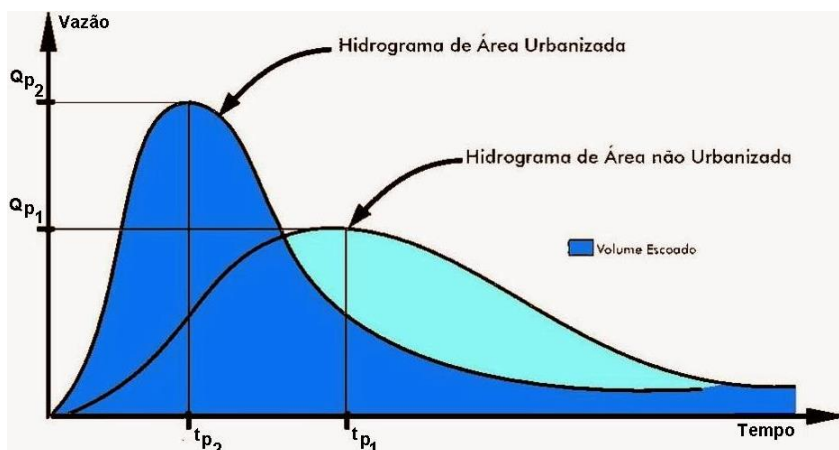


Figura 1 – Sistemas para reservatórios de água de reuso

Fonte: <http://aengenharianosensina.blogspot.com.br/> (ALVES, 2013)

É possível visualizar as alterações no ciclo hidrológico principalmente em dias de forte chuva, onde a água escoa pelas calhas dos telhados e pista de rolagem de ruas e avenidas direcionadas por canaletas gerando inundações de regiões mais baixas pelo grande volume de água em curto espaço de tempo.

Segundo Arlindo Philippi Jr (2008, pg.229)

Um dos problemas urbanos diretamente ligados à questão das inundações urbanas envolve a falta de habitação para parcela significativa da população, a qual vive num estado de extrema pobreza. O problema habitacional tem levado à criação de um número muito grande de favelas nas cidades, principalmente nas zonas de periferia das cidades. As favelas em geral se estabelecem em áreas públicas sujeitas a risco, principalmente áreas marginais de córregos e rios, que não deveriam ser ocupadas, uma vez que elas devem ser protegidas para dar vazão às cheias.

Conforme Figura 2, é possível visualizar o impacto gerado nas grandes cidades pela ocupação desordenada de áreas ribeirinhas, os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoa na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada dois anos. Devido à violação do leito maior dos rios surgem as chamadas inundações ribeirinhas.



Figura 2- Cenário de risco associado a enchentes e inundações com alta energia de escoamento envolvendo assentamentos ribeirinhos de padrão construtivo precário

Fonte: IPT, 2010.

Com a ocupação humana de forma desordenada, surgem também as inundações localizadas, que segundo Philippi (2008) são provocadas por diversos fatores dentre eles:

- a) os processos de urbanização realizados sem cumprir os pré-requisitos estabelecidos pela lei de Uso e Ocupação do solo acabam acarretando os sistemas de drenagem, pois ao invés da água da chuva infiltrar no solo, ela escoar em grande volume para os canais de drenagem que não foram construído para receber todo esse volume de uma vez só;
- b) o aumento de sedimentos nos canais drenadores devido à ocupação irregular do solo é feito sem controle da erosão causando o assoreamento dos canais e diminui a capacidade de transporte da água pelo sistema de drenagem;
- c) conforme as leis municipais e o plano diretor existem planejamentos, investimentos e execuções das obras para controle das enchentes nas áreas urbanas, só que após as execuções das obras civis, não é realizada sua manutenção;
- d) a falta de informação e conscientização da população para o problema da drenagem contribui para o aumento de resíduos sólidos lançados em diversas regiões da cidade.

2.2 Aspectos e elementos básicos do sistema de drenagem

Segundo Porto (*et al.*, 2007)

A drenagem urbana durante anos tinha como principal objetivo retirar as águas pluviais das áreas urbanizadas de maneira mais rápida possível com o intuito de evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações, para isso eram utilizadas 21 medidas estruturais, sendo essas medidas onerosas e não representam por si só solução eficaz e sustentável dos problemas mais complexos da drenagem urbana.

Através do estudo do ambiente urbano é possível encontrar melhores soluções para o sistema de drenagem, no entanto não se descarta o valor de um conhecimento diligente de um responsável pela esfera na tomada de decisões, mas basicamente envolver aspectos, institucionais, sociológicos, tecnológicos e legais.

A drenagem urbana alcançou novas esferas além do setor da engenharia tornando se um problema de cunho gerencial, com elementos sociais e políticos.

No plano de canalização de um curso d'água é importante que se decida as espécies de contornos a ser analisada nos projetos, isso através da consolidação de todos os requisitos básicos e principais restrições existentes.

Os principais aspectos básicos a serem considerados são:

Confluências e Desemboque no Curso Principal

Uma vez que para as condições de vazões excepcionais podem representar importantes sobrelevações localizadas do nível d água. Por outro lado, sua concepção é sempre muito condicionada ao espaço disponível, muitas vezes restrito.

Pontos Baixos

É sempre conveniente efetuar uma identificação inicial de todos os pontos baixos ao longo das duas margens do curso d'água, de modo a ser possível estabelecer os correspondentes perfis longitudinais que deverão orientar o arranjo básico a ser adotado para o projeto do canal ou galeria. Nos casos em que seja impraticável manter a linha d'água de projeto do canal abaixo de um ou mais pontos baixos marginais, é necessário conceber soluções particulares de drenagem dos mesmos que deverão ser tratadas separadamente, seja mediante condutos paralelos ao canal principal até um ponto mais baixo a jusante, seja mediante conduto descarregando diretamente no canal, porém dotado de "*flap gate*" na saída ou, em último caso, um sistema localizado de drenagem por bombeamento.

Pontes

Nos casos em que as pontes constituem restrições ao escoamento é conveniente verificar a possibilidade de melhorias, tais como: adequação hidrodinâmica de pilares, alteamento de tabuleiro e, se possível, revestimento do fundo em concreto e a inclusão de vãos adicionais.

Travessias

“As intervenções possíveis de serem efetuadas para melhoria das condições de escoamento são semelhantes ao caso das pontes”.

Estrangulamentos

Ocorrem num curso d'água causados por construções muito próximas ao leito, do mesmo que implicam em limitações bastante sérias para a veiculação das vazões máximas desejáveis. Nesses casos, mesmo concebendo soluções de canal ou galeria com maior eficiência hidráulica, as capacidades máximas possíveis podem estar aquém das necessidades reais. Em situações com restrições dessa natureza, a busca de soluções pode envolver a possibilidade de um conduto paralelo de reforço.

Drenagem Lateral

Num trecho de curso d'água a canalizar é também de grande importância efetuar uma análise prévia de todo o sistema de drenagem lateral, tanto no que se refere à microdrenagem, como nos pontos de desemboque de condutos de médio e grande porte como, por exemplo, o caso de galerias. Neste sentido, é necessário compatibilizar altimetricamente as características do canal a projetar com os diferentes condutos afluentes, de modo a garantir as condições de escoamento desses condutos.

Benfeitorias e Edificações Importantes

“Ocorre muitas vezes situadas nas margens de um dado curso d'água que, embora não constituam propriamente restrições à obra de canalização podem ter certo peso no arranjo geral das obras de canalização”.

Restrições a Jusante

É também importante ter presente, nos projetos de canalização eventuais restrições à jusante do trecho a canalizar, que podem limitar as vazões que venham a ser veiculadas pelo trecho objeto de estudo. Em tais casos a necessidade de criar reservatórios de detenção a montante pode ser uma imposição a ser considerada no projeto.

Os elementos básicos do sistema pluvial, segundo Botelho (2008 citado por Farias 2008, p.17) são:

- a) sarjetões: “são ligações entre as vias através de soluções superficiais (sem Bocas de Lobo e sem galerias enterradas)”;
- b) sarjetas: “são feitas de concreto simples, são utilizadas para fixar as guias e para formar a base de escoamento da água”;
- c) guias: “são construídas de granito ou concreto simples, também chamadas de meio fio”;
- d) bocas de lobo: “consiste, no rebaixamento da sarjeta, guia de chapéu, caixa de captação, tampa de cobertura e conexão da caixa à galeria pluvial, pode ser utilizado em sequência o que consiste em bocas de lobo múltiplas”;
- e) caixas com grelhas ou ralos: “são captações verticais, usadas em locais planos, em frente às edificações onde há acesso aos automóveis”;
- f) bocas contínuas de captação: “são semelhantes às bocas de lobo, com custo de construção maior, no entanto, possibilitam ligação direta com o curso receptor próximo”;
- g) canaletas de topo e de pé de talude: “São construídas para oferecer proteção de topo e pé de taludes”;
- h) galerias de condução de águas pluviais: “formada pelo conjunto de tubulações de diâmetros de 300 mm a 1.500 mm”;
- i) poços de visita: “permitem a inspeção e desobstrução das galerias enterradas, são instalados no cruzamento de ruas, na mudança de diâmetro das tubulações da galeria, no início das 23 redes e em trechos muito longos onde não existe forma de inspeção”;
- j) rampas e escadarias hidráulicas: “canais utilizados para condução das águas de áreas mais elevadas para pontos mais baixos, com pequena extensão”;

k) dispositivos de chegada de águas pluviais nos córregos ou rios: “minimizam a ocorrência de perturbações ou erosões no corpo receptor”;

l) revestimentos de taludes: “são utilizados artifícios para impedir que ocorra erosão em taludes, para tanto são construídas canaletas de topo e de pé e o talude é revestido com asfalto, concreto, paver, grama ou outro material”.

2.2.1 Modelos de drenagem urbana

O sistema de drenagem é um “conjunto de medidas tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável” (TUCCI, 2014, p. 803).

Esses conjuntos são compostos por: “galeria; poço de visita, bocas-de-lobo, tubos de ligações, sarjetas, sarjetões; condutos forçados; estações de bombeamento, entre outros” (SILVEIRA, 2002, p. 25).

Procurando apresentar-se o sistema de drenagem urbana, o presente artigo destina-se a discorrer sobre a viabilidade e os benefícios da implantação dos modelos de drenagem do município de Belo Horizonte.

A macrodrenagem do município é composta pelos ribeirões da Onça, e Arrudas, sendo o sistema de drenagem natural e as nascentes de ambos se situam no município de Contagem. Predomina a drenagem por canalizações e retificações dos cursos d'águas naturais, constituído por “uma rede de macrodrenagem de aproximadamente 113 km de canais não canalizado, canalizado (aberto + fechado) 207 km e hidrografia não cadastrada 350 km” (Plano de Saneamento de Belo Horizonte, 2012 / 2015, p. 61).

A bacia do Ribeiro da Onça, com área total de 211,63 km², pode ser dividida em áreas iguais por causa da Lagoa da Pampulha, que amortece as enchentes urbanas e retém os sedimentos. A bacia é composta por, 28 afluentes diretos, estando destacado entre eles o Ribeirão Isidoro.

O Ribeirão Arrudas, possui uma bacia com área de 207,76 km², sendo formado pelos riachos Jatobá e Barreiro.

O Rio das Velhas é o responsável pela drenagem dos afluentes diretos, localizado em Belo Horizonte, com extensão 10,50 km². Conforme informações obtidas no Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012/ 2015):

Os cursos d'água de Belo Horizonte desenvolvem no sentido oeste – leste, em direção ao Rio das Velhas. Suas nascentes se encontram nos municípios de Contagem e Belo Horizonte, sendo que o Ribeirão Arrudas ainda cruza o município de Sabará. A proporção de áreas ocupadas pelas bacias dos córregos, por município, perfaz uma área total de 429,89 km².

A concepção higienista predominante no final do século XIX nos países europeus trouxe motivação para os governantes quando Belo Horizonte foi construída, pois os mesmos se preocupavam com os sistemas sanitários e de abastecimento.

Em 1885 foi elaborada pela Comissão Construtora, conforme Figura 3 a planta geral, coordenada pelo Engenheiro chefe Aarão Reis, foi aprovada analisando a concepção geométrica do espaço urbano, com ruas cortadas por avenidas na diagonal, quarteirões quadrados dimensões regulares cortados por largas avenidas arborizadas e uma avenida em seu perímetro.



Figura 3 - Comissão Construtora da Nova Capital (1895)

Fonte: <http://www.duniverso.com.br/fotos-da-antiga-belo-horizonte-de-volta-ao-passado/>

O engenheiro sanitário Saturnino de Brito, encarregado pela implantação dos serviços de saneamento, indagou-se com falta de um traçado sanitário para ligar o sistema natural de escoamento das bacias urbana e elaborou um projeto alternativo, conforme mostrado nas Figura 4 (a) e (b) (DRUMMOND, 2012).

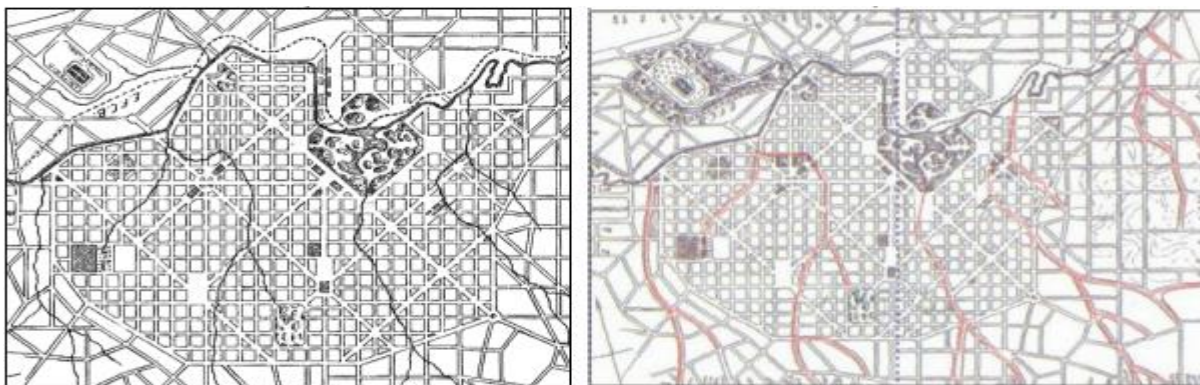


Figura 4 - Projeto da cidade de Belo Horizonte

a) Projeto original

b) Projeto criado pelo Eng. Saturnino

Fonte: Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG: Avaliação Hidráulica E Hidrológica (2012, p.17)

Para a construção de Belo Horizonte foi adquirido as mais recentes tecnologias inglesas e francesas da época, como as tubulações em ferro fundido e aço, “modernos” sistemas de bombeamento de água movidos a vapor e o sistema *tout à l’égout*, ou unitário, que coletava as águas pluviais e residuais simultaneamente, seguindo os modelos das cidades britânicas e francesas.

Devido ao alto índice pluviométrico registrado no território brasileiro, a implantação do sistema unitário seria totalmente inviável segundo Saturnino Brito; o ideal seria a instalação do sistema separador defendido pelo mesmo. Mesmo mediante a estes argumentos, a execução do sistema unitário foi instalado em parte da cidade, sendo logo substituído pelo sistema separador absoluto, devido ao mau funcionamento (DRUMMOND, 2012).

Os problemas no sistema de drenagem só surgiram na inauguração da capital mineira, pois os trabalhadores empregados na construção da cidade, sem lugar para ficar, formaram ocupações desordenadas, além dos limites da Avenida do Contorno, conforme projeto original, sendo agravado conforme relatos obtidos através do Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012/ 2015, p. 58):

A concepção urbanística inicial de Belo Horizonte seguiu a orientação racionalista do domínio da natureza pelo homem e a planta urbana foi desenhada sem que a hidrografia da região fosse considerada, como mostra o projeto original. Os córregos e ribeirões começaram a ser canalizados segundo o traçado das vias de tráfego, relegando-os a um papel secundário na paisagem urbana, como meros receptores de despejos sanitários.

Conforme relatado por Drummond (2012), Belo Horizonte abrange um vasto histórico de enchentes, que se iniciou nos anos de 1908 e 1916, sendo tomadas como iniciativa a canalização do ribeirão Arrudas e a construção de barragens para amortização das cheias.

A Figura 6 ilustra obras de cobertura para ampliações das vias, e com o intuito de acabar com o mau odor, o risco de doenças e as inundações a Prefeitura de Belo Horizonte tomou a decisão de implantar a canalização fechada nos cursos d'água, conforme na Figura 5.

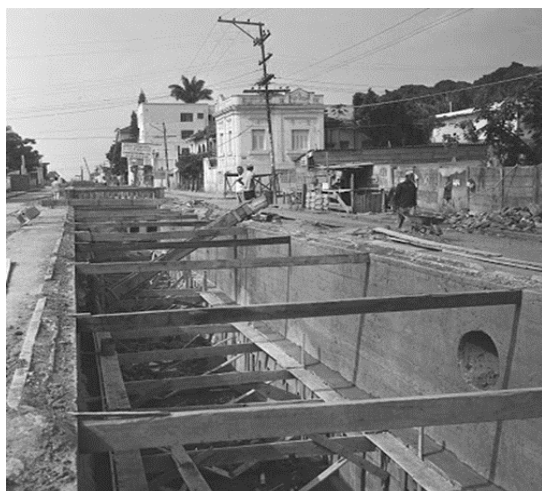


Figura 5 - Obras do Boulevard Arrudas e o fechamento do Ribeirão Arrudas na altura da Rua Paracatu

Fonte: <http://www.curraldelrei.blogspot.com.br/2010/11/qualquer-semelhanca-nao-e-mera.html>



Figura 6- Obras de cobertura do canal do Acaba Mundo no Cruzamento das Ruas Professor Moraes e Tomé de Souza em 1963

A Tabela 1 retrata os quantitativos das extensões dos córregos da Macrodrenagem de Belo Horizonte.

Tabela 1 - Quantitativos da Macrodrenagem de Belo Horizonte

Bacia	Características	L (km)
Arrudas	Não Canalizado	42,1
	Canalizado(Aberto + Fechado)	119,5
	Hidrografia Não Cadastrada	163,00
Onça e Isidoro	Não Canalizado	66,6
	Canalizado (Aberto + Fechado)	87,4
	Hidrografia Não Cadastrada	153,00
Velhas	Não Canalizado	4,9
	Canalizado (Aberto + Fechado)	1,0
	Hidrografia Não Cadastrada	34,00
Total		671,50

Fonte: Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012 / 2015, p. 61).

O sistema de microdrenagem do município é composto por sarjetas, bocas de lobo, caixas de passagens e rede de águas pluviais, sistema separador. Em algumas áreas do município o sistema não foi implantado, sendo o escoamento das águas pluviais realizado diretamente pelas ruas até o sistema de macrodrenagem.

Em 1996 foram criados o Plano Diretor Urbanístico do município e a Lei de Parcelamento nº7.165, Ocupação e Uso do Solo nº 7.166. Esses instrumentos indicaram diretrizes para a drenagem urbana e restringiram a impermeabilização do solo, normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município e determinaram, em alguns casos, a implantação de caixas de retenção, soluções de controle de águas pluviais na fonte.

O inciso XV art. 18 da Lei nº 7.165, de 1996 salienta que a pavimentação das vias locais, mistas e de pedestres estabelecidas na classificação viária deve conter revestimento com a maior capacidade possível de permeabilização, devidamente compatibilizados com o solo local e o sistema de drenagem previsto, devendo ser emitido atestado por profissional habilitado.

Segundo a Lei Nº 7.165, De 27 De Agosto De 1996 que Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte “Art. 27 Parágrafo único – O Executivo deverá elaborar e implementar o Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte (PDDBH), abrangendo as bacias dos ribeirões Arrudas e Onça, que deverá ter uma abordagem integrada”.

Com a criação do Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte (PDDBH) conforme

exigida pela Lei Nº 7.165, De 27 De Agosto De 1996 Art. 27 foram exigidas algumas diretrizes relativas à drenagem urbana:

- I – promover a adoção de alternativas de tratamento de fundos de vale com a mínima intervenção no meio ambiente natural e que assegurem acessibilidade, esgotamento sanitário, limpeza urbana e resolução das questões de risco geológico e de inundações;
- II – elaborar o cadastro completo do sistema de drenagem, que deverá contar com mecanismos de atualização contínua e permanente;
- VI – inibir ações que impliquem na expansão de áreas impermeáveis;
- VII - implantar tratamento urbanístico e paisagístico nas áreas remanescentes de tratamentos de fundos de vale, privilegiando as soluções de parques;
- VIII - elaborar diagnóstico da drenagem urbana no Município, enfocando os aspectos relacionados à prevenção e controle de inundações, às condições de risco à saúde, ao risco geológico e à expansão do sistema viário;
- X - implementar um sistema de monitoramento que permita definir e acompanhar as condições reais de funcionamento do sistema de macrodrenagem;
- XI - buscar alternativa de gestão que viabilize a auto sustentação econômica e financeira do sistema de drenagem urbana.

Em 2000 foi viabilizada, através do Plano Diretor de Drenagem, a realização do cadastro das redes e canais de drenagem no Município. Como as obras de drenagem foram executadas por diferentes órgãos e sem projetos, e não realizam do *as built*, dificultaram a atualização do cadastro.

Tal situação só foi solucionada “através da expansão e atualização do SIG (Soluções Integrada de Gestão) - Drenagem, criando uma plataforma web e recursos para a atualização.” Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012/2015, p. 62).

A partir da expansão e atualização do SIG-Drenagem, foi elaborada:

O plano de inspeção de canais revestidos tendo como principal objetivo identificar, no município de Belo Horizonte, os pontos/trechos da macrodrenagem, cujos canais de concreto apresentam uma aceleração significativa do processo de desgaste estrutural. O reconhecimento destes pontos tornará possível o estudo da relação entre as inundações, porventura ocorridas em determinado trecho, com a situação da estrutura existente, afim de que possam ser propostas intervenções de manutenção preventiva e corretiva de curto, médio e longo prazo. Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012/2015, p. 64).

A partir do Plano Diretor de Drenagem (PDD), foi possível estabelecer princípios de planejamento integrado de infraestrutura urbana em áreas suscetíveis a enchentes e o cadastramento de abastecimento de água. Como exemplo, o levantamento dos

canais revestidos e fechados da Regional Pampulha (anexo E), contendo sua localização, extensão levantada em campo, mancha de inundação, limite das bacias, limite divisa regional, curso d'água em leito natural, curso d'água canalizado aberto, curso d'água canalizado fechado, curso d'água em seção tubular e curso d'água não cadastrado.

No período de 390 dias, foram executadas obras de revestimentos dos canais das regionais do município de Belo Horizonte, foram investido R\$ 900.000,00 (Anexo D) mão de obra / veículos e equipamentos, entre outros serviços.

A gravidade dos efeitos das inundações pode ser exemplificada através dos dados relativos às ocorrências devido à inundação e alagamento, fornecidos pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Belo Horizonte (Comdec), desde 1995, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Ocorrências de Inundação e Alagamento no Município de Belo Horizonte³

REGIONAL	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS							
	1995a 1988	1999a 2000	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (até 25/03/14)
BARREIRO	177	22	171	16	19	62	10	12
CENTRO SUL	88	22	19	8	16	16	23	2
LESTE	167	45	19	7	13	72	40	4
NORDESTE	465	180	70	48	37	69	154	22
NOROESTE	158	31	10	14	24	46	14	0
NORTE	248	201	15	21	26	10	59	1
OESTE	292	91	21	44	51	312	43	0
PAMPULHA	252	114	16	29	55	334	149	6
VENDA NOVA	307	390	15	33	35	41	20	36
TOTAL	2.154	1.096	356	220	276	1.58	512	83

Fonte: Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2012/2015.

2.3 Aspectos legais de gestão de águas pluviais nas cidades

Com a expansão das áreas urbanas, tornou-se inviável refazer os sistemas de drenagens devido ao alto investimento a ser realizado.

³http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicassurbanas&tax=35461&lang=pt_BR&pg=5562&taxp=0& (PMS 2014)

Conforme informações obtidas pela Assembleia Legislativa de São Paulo, em 02 de Janeiro de 2007, foi aprovada a LEI Nº 12.526⁴ que estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Essa lei obriga que todo lote edificado ou não com superior a 500m², execute o sistema de captação e retenção das águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas ou áreas descobertas. O intuito é diminuir a velocidade do escoamento às bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto índice de impermeabilização do solo, e fazer o reuso dessa água captada para serviços que não é necessário o uso de água tratada.

No dia 26 de Novembro de 2007, foi publicada nos sistemas de Leis municipais de Curitiba Paraná a lei nº 10.785/03⁵ que dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências. A lei nº 10.785/03 determina “para o licenciamento de construções no Município, fica obrigatória que no projeto de instalações hidráulicas seja prevista a implantação de mecanismo de captação das águas pluviais” determina que todo projeto seja ele multifamiliar ou unifamiliar, sendo de responsabilidade do proprietário para construção do mesmo.

Na Câmara Municipal de Belo Horizonte por sua vez, existe o projeto de Lei nº 1381/14⁶ que estabelece a política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção. O projeto de Lei nº 1381/14 estabelece:

Art. 49 A liberação do alvará para construção e habite-se estão sujeitos a implantação da captação, o armazenamento e o aproveitamento de águas pluviais dos novos projetos de construção públicos e privados, destinados aos usos habitacionais, industriais, comerciais e de serviços, inclusive quando se tratar de edificações de interesse social, com área construída superior a 300m².

A aprovação desta Lei exigirá que os responsáveis pelas novas edificações, sejam obrigados a fazerem captação e armazenamento das águas pluviais, aliviando o acarretamento do sistema de drenagem no pico chuvoso.

⁴ <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>

⁵ <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2006/29/293/decreto-n-293-2006-regulamenta-a-lei-n-10785-03-e-dispoe-sobre-os-criterios-do-uso-e-conservacao-racional-da-agua-nas-edificacoes-e-da-outras-providencias-2006-03-22.html>

⁶ http://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/pl_1381-14_-_inicial.pdf

Conforme publicado no dia 03 de Fevereiro de 2015 na página do Diário Oficial (Ano XXI - Edição N.: 4737) ⁷os parlamentares se mobilizam pelo uso racional da água. No dia 09 de Junho de 2015 na página oficial da Câmara Municipal de Belo Horizonte “a proposta já recebeu pareceres favoráveis nas comissões de Legislação e Justiça e de Meio Ambiente e Política Urbana ⁸e segue para a votação do Plenário em 1º turno”.

Localizada na Região Sudeste da República Federativa do Brasil Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais, com área aproximadamente 330,23 km² quase totalmente urbanizada, com uma população estimada do município para o ano de 2015, levantada pelo IBGE equivalente a 2.502.557 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 7.167,00 hab./km².⁹

A cidade teve uma ocupação de forma acelerada e desordenada, além dos limites da região planejada (Avenida do Contorno), conforme projeto original, e em muitos casos, a malha urbana desenvolveu-se em áreas sujeitas a inundações, nos vales estreitos dos cursos de água e áreas instáveis nas encostas. Quanto aos aspectos físicos o regime pluviométrico de Belo Horizonte é típico de clima subtropical com precipitações intensas no verão e inverno seco. A precipitação de Janeiro á Junho de 2015 foi na ordem de 114 mm concentrada, conforme informações (anexo C) do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sendo os meses Fevereiro e Março com as maiores precipitações.

O PDD-BH teve o propósito de executar uma nova política de gestão voltada para amenizar ações de impactos negativos da urbanização no escoamento das águas pluviais. O pleiteio de diretrizes para medidas estruturais mais adequadas ao funcionamento real do sistema e menos danosas ao meio ambiente, e a admissão de medidas não estruturais com característica corretiva e preventiva a serem introduzidas ao planejamento urbano.

⁷ <http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1136667>

⁸ <http://www.cmbh.mg.gov.br/noticias/2015-06/proposta-de-captacao-e-reuso-de-agua-pluvial-recebe-parecer-favoravel>

⁹ <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310620&search=minas-gerais|belo-horizonte>

Também, buscando fortalecer novas concepções em drenagem urbana, Belo Horizonte, entre os anos de 2006 e 2010, ingressou como sócio do Projeto SWITCH, liderado pelo instituto IHE (UNESCO) ¹⁰, tendo como propósito mais importante o progresso, aplicação e avaliação de soluções tecnológicas e coordenadas voltadas ao manejo de águas urbanas. Além de ser favorecer com ações relacionadas ao planejamento e a gestão integrada informativa de águas urbanas, Belo Horizonte pode justapor e avaliar os resultados de técnicas não convencionais de drenagem urbana de águas pluviais como “as trincheiras de infiltração, valas de retenção, coletores de águas pluviais e *wetlands*¹¹” (XIX Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, p. 4).

O Projeto SWITCH é uma associação constituída por 32 instituições de 15 países, do qual fazem parte a Prefeitura de Belo Horizonte e a UFMG. Comandado pelo instituto IHE (UNESCO), o projeto foi avaliado por um edital de pesquisa e desenvolvimento na área de recursos hídricos urbanos, lançado pela União Europeia em 2004. O principal propósito do SWITCH “corresponde ao desenvolvimento, aplicação e avaliação de soluções tecnológicas e gerenciais voltadas ao manejo de águas urbanas”. (PBH / SUDECAP / Projeto SWITCH).

As Leis de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS) estabelecem as instruções para execução do parcelamento do solo, propõe os parâmetros para as obras de edificações e localiza os usos e funcionamento de atividades buscando ordenar a estrutura urbana. O território do Município de Belo Horizonte é considerado área urbana, dividindo-se em Zonas e Zoneamento. (Art. 4º, da Lei 7.166/96).

As Zonas ou Zoneamento são diferenciados segundo as possibilidades de adensamento construtivo e populacional e as demandas de preservação e proteção ambiental, histórica, cultural, arqueológica ou paisagística (art. 5º, da Lei 7.166/96), seguem diretrizes específicas às quais podem orientar sobre a possibilidade de adoção de técnicas.

¹⁰http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=sudecap&lang=pt_BR&pg=5581&tax=17761

¹¹https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/466b6d12c23aa383252c325bf6beae3f_2415e902d4462cb815385f915ef3ad9d.pdf

- a) ZPAM - Zona de Preservação Ambiental Zona de Preservação Ambiental – Regiões destinadas à preservação e à recuperação de ecossistemas visando, sendo taxa permeabilidade mínima (TP) 95%. (Art. 7º, da Lei 7.166/96);
- b) ZPs - Zonas de Proteção – “Regiões sujeitas a critérios urbanísticos de parcelamento, ocupação e uso especiais. Taxa de Permeabilidade, TP mínimo 70% ou 30%, dependendo da sua ocupação” (Art. 7º, inciso I, da Lei 7.166/96);
- c) ZARs - Zonas de Adensamento Restrito – regiões em que a ocupação é desestimulada, em razão da ausência ou deficiência de infraestrutura de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, de precariedade ou saturação da articulação viária interna ou externa ou de adversidade das condições topográficas. (Art. 8º, da Lei 7.166/96);
- d) ZA - Zona Adensada – Regiões onde o adensamento deve ser contido, por apresentarem alta densidade demográfica e intensa utilização da infraestrutura urbana, de que resultam, sobretudo, problemas de fluidez do tráfego, principalmente nos corredores viários. (Ex: Bairros circundantes à Av. do Contorno, Cidade Nova, Coração Eucarístico) (Art. 9º, da Lei 7.166/96);
- e) ZAP - Zona Adensamento Preferencial – “Regiões passíveis de adensamento, em decorrência de condições favoráveis de infraestrutura e de topografia” (Art. 10, da Lei 7.166/96);
- f) ZCs - Zonas Centrais – “Regiões configuradas como centros de polarização regional, municipal ou metropolitana” (art. 11, da Lei 7.166/96);
- g) ZEs - Zonas de Grandes Equipamentos – “Regiões ocupadas ou destinadas a usos de especial relevância na estrutura urbana, como áreas destinadas às Estações de BHBUS” (Art. 13, da Lei 7.166/96 e art. 46, da Lei 8.137/00);
- i) ZEISs - Zonas Especiais de Interesse Social – “Regiões edificadas, em que tenham sido ocupadas de forma espontânea, onde há interesse público em

ordenar a ocupação por meio de programas habitacionais”. (Art.12, da Lei 7.166/96).

A taxa de permeabilidade mínima é 10% para os demais zoneamentos com terrenos com área inferior a 360 m² e 20% para terrenos com área superior a 360 m². ¹²Para os terrenos situados na ADE Pampulha (Área de Diretrizes Especiais da Bacia Hidrográfica da Pampulha, que, em função das diretrizes para preservação ambiental da lagoa da Pampulha), a taxa de permeabilidade mínima é de 30% independente do zoneamento.

A lei permite a impermeabilização de até 100% da área do terreno, exceto nos localizados em ZPAM e ZPs, desde que nelas haja área descoberta, equivalente à área de permeabilidade mínima, dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio climático e que seja construída caixa de captação e drenagem (30 L/m² de terreno impermeabilizado que exceda do limite previsto) para o retardo do lançamento das águas pluviais provenientes desta área. Ainda segundo este dispositivo legal, pode ser dispensado a taxa prevista neste artigo por meio de parecer técnico atestando que seja desaconselhável a impermeabilização do terreno.

A Lei nº 9.959 de 20/07/2010 que institui o Plano Diretor de Belo Horizonte determina: obras de captação e armazenamento de águas pluviais, para que as mesmas não sejam escoadas ao sistema drenagem no período chuvoso.

Apesar de a legislação atual revelar uma preocupação relativa aos impactos das áreas impermeáveis no sistema de drenagem, segundo SUDECAP (2001) as exigências legais não são capazes de restringir a ampliação da vazão gerada pelas superfícies impermeáveis. A exigência de caixas de retenção restringe-se aos percentuais de área para os quais é exigida a permeabilidade, ou seja, a impermeabilização permitida pela lei (área total do terreno menos a área permeável mínima) não é mitigada.

Desde 2006, Belo Horizonte é uma das nove áreas urbanas que comprova o funcionamento do projeto, através de ações relacionadas os seguintes campos:

¹²<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=79227&chPlc=79227&&pldPlc=&app=salanoticias>

Planejamento e gestão integrada e participativa de águas urbanas; gestão de risco de inundações e desenvolvimento de planos de prevenção de risco (zoneamento de áreas inundáveis, planos de contingência, medidas locais de redução do risco de inundação); desenvolvimento de indicadores de qualidade e sustentabilidade da gestão de águas urbanas; desenvolvimento, aplicação e avaliação de desempenho de técnicas não convencionais de drenagem urbana de águas pluviais; modelagem hidrológica para fins de gestão de águas urbanas; constituição de alianças de aprendizagem para difusão de conhecimento, formação e treinamento de grupos interessados (PBH / SUDECAP / Projeto SWITCH).

De um lado, o projeto tem dedicando-se ao desenvolvimento, aplicação e avaliação de tecnologias pouco conhecidas pela população em geral e pouco empregadas pelos técnicos que atuam em empresas públicas e privadas. Nesse sentido, modelos baseados em trincheiras de infiltração, valas de detenção, coletores de águas pluviais e *wetlands* tem sido desenvolvidos pela equipe local do projeto e testados em diferentes áreas de Belo Horizonte. Até o presente momento, foram instalados os seguintes experimentos: um coletor de águas pluviais na Escola Municipal *Anne Frank*; um coletor de águas pluviais no Jardim Produtivo do Barreiro; uma vala de detenção e uma trincheira de infiltração no Campus Pampulha da UFMG. Além disso, estão previstas a criação de uma *wetland* no Vilarinho e do Centro de Referência das Águas, que deve reunir no Parque Fazenda Lagoa do Nado todas as tecnologias desenvolvidas pelo projeto.

Conjuntamente à instalação das ações, tem sido executado um intenso trabalho social voltado à propagação das tecnologias junto às comunidades que as recebem sejam regiões, bairros, escolas ou parques. Esse trabalho comunitário é designado, dentro do projeto, como Alianças de Aprendizagem, tem como propósito mais notável encorajar o interesse, a envoltura e o amparo da sociedade civil em relação a questões referentes à gestão de águas urbanas.

Destacam-se ainda os cursos voltados aos integrantes das COMFORÇAS (Comissões Populares de Fiscalização do Orçamento Participativo), que tem dispersado, entre todas as regionais da cidade, a visão e as tecnologias protegida pelo Projeto SWITCH. Esses cursos oferece uma capacidade multiplicadora incalculável, “uma vez que são oferecidos aos cidadãos responsáveis pela proposição, aprovação e acompanhamento das obras realizadas dentro do

Orçamento Participativo, um dos principais programas de obras da Prefeitura de Belo Horizonte” (PBH).

Ao estabelecer um contato direto com um grande número de lideranças locais (presidentes de associações de bairro e líderes comunitários, por exemplo), o Projeto SWITCH conquista novos parceiros na luta por uma gestão sustentável dos recursos hídricos da cidade.

Mesmo com a implantação de projetos sociais, limpeza das sarjetas, campina, canalização, entre outras benfeitorias realizadas na região, não foi possível amenizar o estrago causado no dia 27 de outubro de 2015 na região de Venda Nova.

O temporal que atingiu Belo Horizonte nesta terça-feira (27) causou muitos estragos. Em quase uma hora, choveu o equivalente a 40% de toda a chuva esperada para o mês inteiro na cidade. Na Avenida Vilarinho, vários carros foram levados pela correnteza. Depois que a água escoou, 30 carros ficaram empilhados. Em 40 minutos choveu 57 milímetros na região, o equivalente a mais de 40% do esperado para todo o mês de outubro, segundo a Defesa Civil. (G1 Minas Gerais).

2.4 Obras de captação e armazenamento de águas pluviais

Para o planejamento de drenagem urbana é necessário escolher uma política de atuação que determine as decisões presentes e futuras (CANHOLI, 2005).

São importantes várias informações para elaboração de um projeto de drenagem urbana como: dados da bacia hidrográfica, topografia do terreno, dados cartográficos e critérios gerais do projeto, manutenção e operação do mesmo. Os critérios se modificam de região para região.

O plano de drenagem deve delinear alguns objetivos, como manter as regiões ribeirinhas ainda não urbanizadas em condições que minimizem as interferências com a capacidade de escoamento e armazenamento do talvegue; reduzir gradativamente o risco de inundações a que estão expostas pessoas e propriedades, reduzir o nível existente de danos por enchentes; assegurar que os projetos de prevenção e correção sejam consistentes com

os objetivos gerais do planejamento urbano; minimizar problemas de erosões e assoreamentos; controlar a poluição difusa; e incentivar a utilização alternativa das águas de chuvas coletadas, para uso industrial, irrigação e abastecimento (CANHOLI, 2005. p. 24).

Os projetos convencionais de drenagem urbana, baseados na rápida retirada de água por canalização em áreas com alto grau de impermeabilização foram praticados por várias décadas. Em primeiro momento eram considerados tecnicamente corretos, mas perdem a eficiência por não atenderem o crescimento da infraestrutura necessária na medida em que a área urbana cresce. O sistema de drenagem atual propõe mitigar os impactos das águas pluviais não infiltradas devido à impermeabilização solo através do processo de urbanização, por meio de dispositivos de aumento da infiltração e retenção de águas, buscando a regeneração das condições hidrológicas pré-urbanização (REZENDE, 2010).

As soluções não convencionais de drenagem urbana têm por objetivo reduzir os escoamentos através de estruturas de controle de águas pluviais em pequenas unidades. Desta forma o controle é realizado na fonte.

Para adotar soluções atuais de drenagem urbana é necessário o entendimento dos conceitos de canalização e reservação, ilustrados pela Figura 7. Segundo REZENDE, (2010):

a) canalização: é voltada a canalização convencional que inclui obras de canais de concreto, com aumento da declividade de fundo e afastamento rápido dos escoamentos, como:

- projetos de grandes galerias;
- cortes de meandros e retificações;
- mudança de declividade do leito do curso;
- canalização.

b) reservação: utiliza dispositivos para o aumento do tempo de concentração e redução da vazão de pico e amortecimento da onda cheia, como:

- redução das vazões – reservatórios;
- redução dos volumes - técnicas de infiltração.

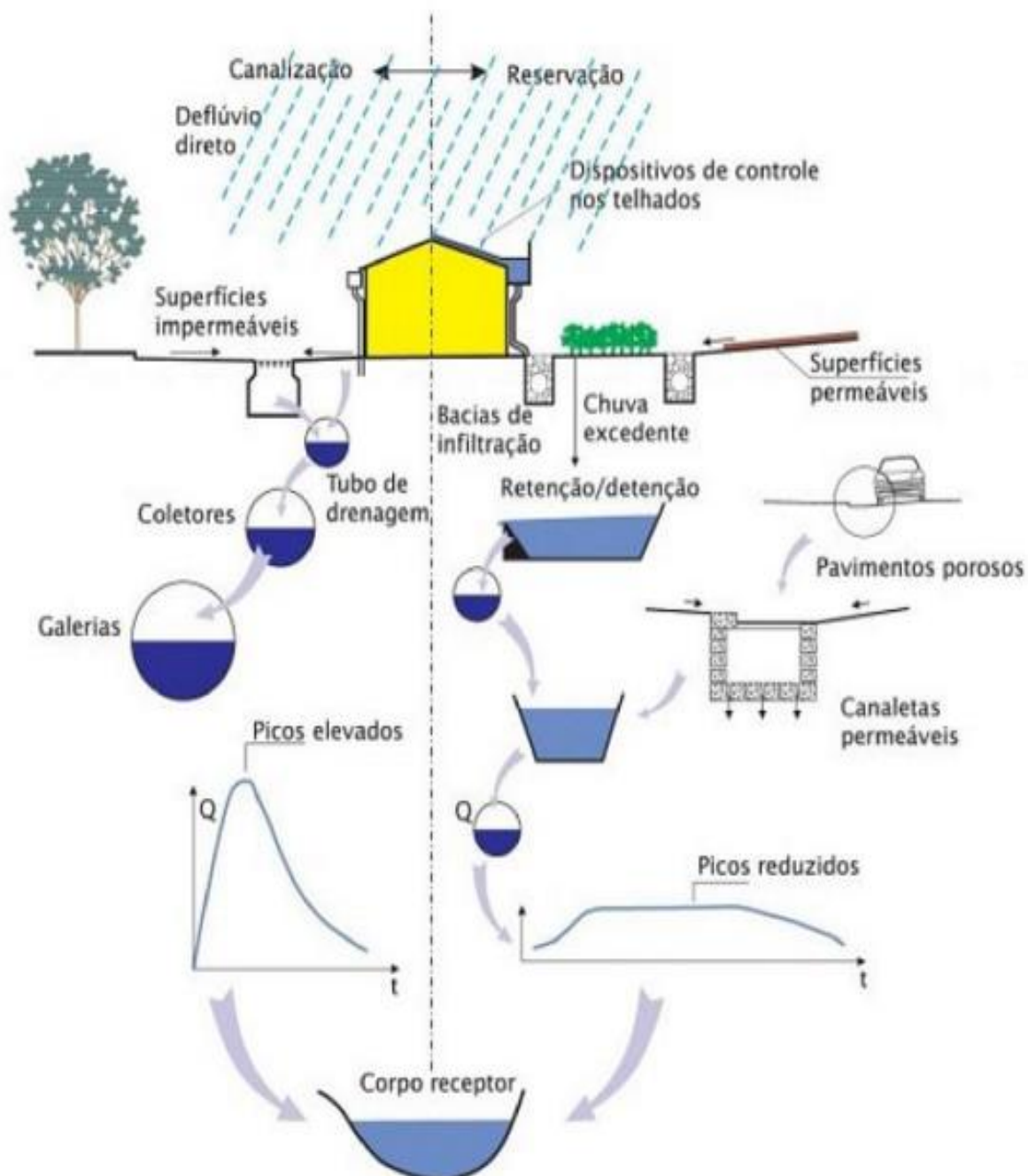


Figura 7-Ilustração esquemática dos conceitos reservação e canalização
 Fonte: CANHOLI (2005, p.36)

No Quadro 1 é possível esclarecer o conceito dessas duas técnicas através de componentes principais da estrutura, aplicabilidade, impactos e manutenção/operação de ambos.

Quadro 1 - Conceito de canalização x conceito de reservação

Característica	Canalização	Reservação
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre Reservatórios subterrâneos Retenção superficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas Construção por fases Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas (em implantação) Construção por fases Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior Maiores obras nos sistemas de jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) Reabilitação de sistemas podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica Necessária fiscalização Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção Desinfecção eventual de insetos
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

Fonte: CANHOLI (2005, p. 32)

2.4.1 Detenção dos escoamentos

Os dispositivos que favorecem a reservação dos escoamentos abrangem o conceito mais significativo de soluções não convencionais de drenagem urbana. Esta solução visa reduzir o pico das enchentes por amortecimento das ondas de cheia (Figura 7), alcançada pelo armazenamento parcial do volume escoado. Pode-se separar em dois tipos de contenção: na fonte e a jusante.

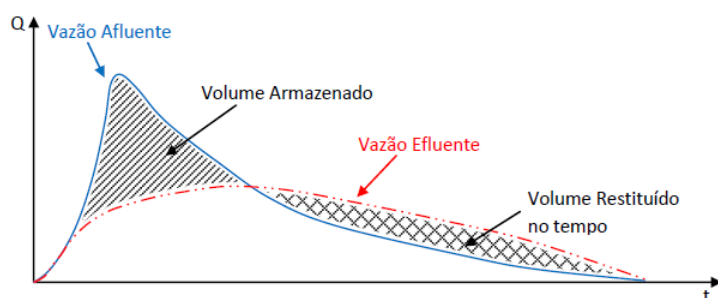


Figura 8 - Princípio de Armazenamento (adaptado de BAPTISTA et al, 2005)
 Fonte: REZENDE(2010, p. 41)

Na fonte

São estruturas pequenas que ficam perto da fonte onde o escoamento é gerado. São compostos em geral, por pequenas unidades de reservação. Facilitam a percolação e infiltração, restringem água na rede de drenagem como, por exemplo, por válvulas nos telhados e reservatórios pequenos para armazenamento temporário.

A jusante

Compreendem a obras para controlar deflúvios provenientes de partes significativas da bacia, Canholi 2005. São reservatórios de maior porte, possibilita a reabilitação de sistemas existentes.

Os reservatórios são classificados, de acordo com o seu posicionamento e função nos sistemas de drenagem, em *on-line*, ou seja, na linha principal do sistema ou a ele conectado em série, e *off-line*, quando implantados em paralelo, para desvio dos escoamentos (CANHOLI, 2005. p. 37).

2.4.2 Disposição no local

Com uso crescente nos últimos anos este tipo de reservação de água pluvial tem por objetivo reduzir os picos das vazões que seguem para a rede de drenagem. São obras e ferramentas que promovem ou melhoram a percolação e infiltração da água coletada. Seu principal objetivo é reduzir os picos das vazões direcionadas para a rede de drenagem. É possível promover a recarga de aquíferos e aproveitamento da água para usos diversos.

Segundo Canholi (2005), pesquisas realizadas a partir das conclusões do Fifth European Junior Scientist Workshop on Stormwater Infiltration, Klinthom na Dinamarca, em 1992 demonstraram a eficiência na solução de drenagem urbana, por métodos não convencionais.

Foram comparadas as soluções de incremento da infiltração com outros métodos. Implantou-se uma área experimental com diversos dispositivos de infiltração adiante descritos, na bacia do rio Shirako, Japão. As medições demonstraram que o sistema de infiltração reduziu os picos de vazão em 60% e o volume total dos deflúvios em cerca de 50%, em comparação aos sistemas convencionais. O custo final desse sistema correspondeu a 33% do custo da solução por retenção em bacias abertas (CANHOLI, 2005. p. 39).

Dispositivos de infiltração

São dispositivos que incrementam a infiltração e podem ser classificados conforme Quadro 2 em dois grupos: métodos dispersivos, cuja água superficial infiltra-se no solo e métodos em poços que há recarga do lençol freático por água da superfície.

Quadro 2 - Classificação geral dos dispositivos de infiltração

Métodos Dispersivos	Métodos em poços
Superfícies de infiltração	
Valetas de infiltração abertas	Poços de infiltração secos
Lagoas de infiltração	Poços de infiltração úmidos
Bacias de percolação	
Pavimentos porosos	

Fonte: CANHOLI (2005, p. 40)

a) superfícies de infiltração - Existem vários tipos, de acordo com a disposição do local. São superfícies cobertas por vegetação que permitem a percolação das águas superficiais em sua maioria oriundas de áreas impermeáveis como telhados e pátios (Figura 9);



Figura 9 - Princípio de armazenamento (adaptado de BAPTISTA et al, 2005)
Fonte: REZENDE (2010, p.41)

b) valetas de infiltração aberta - Dispositivos de drenagem laterais revestidas com vegetação, que ficam adjacentes a estradas e ruas que promovem o processo de infiltração no solo. A proteção das valetas com vegetação, normalmente com grama, é importante, pois contribui para que a camada permeável do solo permaneça. Eventuais limpezas são necessárias para que a capacidade de infiltração no solo seja restabelecida, devido processo de colmatção, que é a decantação de partículas finas. O seu volume deve ser o suficiente para não ocorrer alagamentos principalmente após precipitação considerável, pois a capacidade de infiltração à medida que a água escoar se atenua. Em alguns pontos da valeta podem ser construídos dispositivos de infiltração chamados de trincheiras de percolação que são constituídos de camadas de areia e brita que auxiliam na infiltração da água para o subsolo;



Figura 10 - Valeta de infiltração aberta
Fonte: CANHOLI (2005, P.42)

c) lagoas de infiltração - Pequenas bacias de retenção projetadas com nível d'água permanente e volume de espera, que facilitam a infiltração pela dilatação do tempo de residência das águas pluviais. (CANHOLI, 2005);

d) bacias de percolação (Figura 11) - É construída por escavação de uma valeta preenchida com brita ou cascalho e a sua superfície posteriormente é reaterrada. A brita ou o cascalho que promovem a reservação temporária do

escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para as camadas internas do solo (CANHOLI, 2005);



Figura 11 - Bacias de percolação (Portland, 2002)
Fonte: CANHOLI (2005, p.43)

e) pavimentos porosos (Figuras 12 e 13) - Elemento de retenção na fonte que contribui na redução os picos e volume dos deflúvios. Normalmente são constituídos de concreto ou asfalto convencionais sem as partículas mais finas desses compostos. São construídos sobre camadas permeáveis de material granular (brita). O pavimento poroso pode ser obtido também com módulos de blocos de concretos vazados. Estudos realizados na experiência de Harada e Ichikawa na Universidade de Tóquio (1994) mostraram que quanto maior camada de material granular, maior a ampliação nos tempos de concentração, ou seja, maior a reservação;



Figura 12 - Adaptado pavimento poroso Parque Ibirapuera, São Paulo, 1996
Fonte: CANHOLI (2005, p.43)

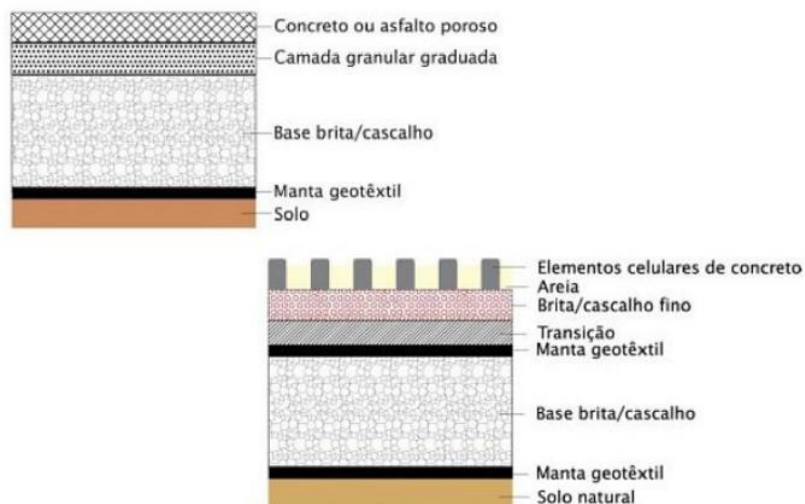


Figura 13 - Pavimentos porosos – exemplos e corte típico (Portland, 2002)
 Fonte: CANHOLI (2005, p. 44)

f) poços de infiltração - Quando não há área suficiente ou quando a urbanização existente já está instalada não viabiliza a construção de medidas dispersivas de aumento de infiltração a solução adotada é o poço de infiltração. Para uma operação eficiente dos poços, é necessário que o nível freático se encontre suficientemente baixo em relação à superfície do terreno e que o subsolo possua camadas arenosas. A qualidade da água drenada é outro fator que pode restringir a implantação de poços.

2.4.3 Controle de entrada

Os dispositivos de controle de entrada operam para restringir a entrada dos escoamentos de água pluvial no sistema de drenagem, promovendo sua reservação (CANHOLI, 2005). Pode ser temporária, como um retardamento do fluxo, ou permanente para que a água reservada possa ser utilizada posteriormente.

a) controle dos telhados - Sistema de calhas e condutores com capacidade de armazenamento, controlado por válvulas especiais, telhas e estruturas de cobertura de concreto, com capacidade de armazenar águas pluviais, para posterior reuso. A água coletada pode ser utilizada para lavagem de pisos e irrigação e em sistemas de descarga de sanitários. Este tipo de controle será exemplificado pela obra de modernização do Estádio Governador Magalhães Pinto (Mineirão), na cidade de Belo Horizonte/MG, que depois de sua

modernização, implantou-se um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para reuso em suas dependências;

b) controle em áreas impermeabilizadas - locais com grandes áreas impermeabilizadas geram elevados picos de deflúvios, devido redução da capacidade de infiltração natural do solo. Para controle desses picos, é recomendável ampliar áreas permeáveis, ou implantar dispositivos que reservem a água precipitada. Para o controle de entrada da vazão nas captações da rede de drenagem, é interessante projetar dispositivos que mantenham um alagamento controlado. A lei Municipal de São Paulo nº 13.276 do ano de 2002, regulamentada pelo decreto nº 41.814 do ano de 2002, obriga a construção de reservatórios para águas pluviais de coberturas e pavimentos de lotes superiores a 500 m². Esta lei foi um gatilho para implantação de sistemas de armazenamento de águas pluviais em edificações residenciais, comerciais e industriais com volume proporcional à área impermeabilizada;

c) detenção *In Situ* – medida preventiva que controla o aumento do pico de vazão natural gerado pelas chuvas em áreas a serem urbanizadas através de leis restritivas. A liberação de novas áreas a serem urbanizadas está condicionada a requisitos por força de instrumentos legais (CANHOLI, 2005).

2.4.4 Detenção a jusante

Reservatórios de maior porte que permitem o armazenamento de volumes significativos da bacia que através da reservação do volume escoado, permite o amortecimento dos picos das enchentes. Segundo Rezende (2010), é dividido em dois grupos: reservatório *online*, quando implantados no eixo do sistema de drenagem e reservatórios *offline* quando posicionados fora do eixo.

De acordo com Rezende (2010), são dispositivos de detenção:

a) bacias de retenção (Figura 14): possuem lâmina de água permanente, que podem ser integradas ao espaço urbano como lagos;



Figura 14 - Bacia de retenção na cidade de Lagord, região de Poitou-Charentes, França
Fonte: REZENDE(2010, p. 23)

b) bacias de detenção (Figura 15): possuem água pluvial somente quando há precipitação, podendo possuir outros usos quando estão secas, como quadras esportivas e quadras de lazer;



Figura 15 - Bacia de detenção em Santiago, Chile.
Fonte: REZENDE (2010, p. 22)

c) bacias de sedimentação: são bacias projetadas para reter os sólidos em suspensão.

2.5 Modernização do Estádio Governador Magalhães Pinto

Os anos que antecederam a copa do mundo de futebol de 2014, foram de grande importância para a mudança de paradigmas nos segmentos de engenharia e arquitetura, devido a implantação de procedimentos sustentáveis e de sistemas

tecnológicos inovadores caracterizado pelo desempenho e mais autonomia nas edificações. A Copa de 2014, que foi sediada no Brasil, teve a finalidade de referenciar este grande acontecimento como a primeira “copa verde” do mundo com a recomendação de que todos os estádios estejam certificados no *Leed – Leadership in Energy and Environmental Design*.

É um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. (<http://gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>, 02/11/15).

O terreno do Estádio de futebol Governador Magalhães Pinto, vulgo Mineirão, pertencente ao município de Belo Horizonte e na zona ZE (Zonas Especial), conforme Figura 16.

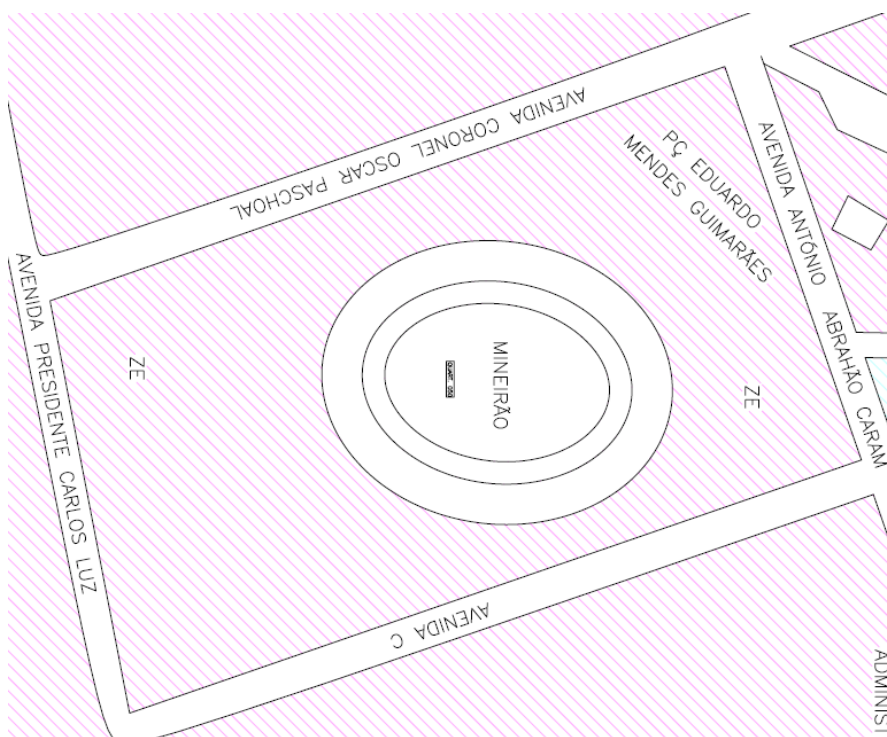


Figura 16 – Localização e Zoneamento do Mineirão
Fonte – Projeto 053 / 2009

No dia 07 de outubro de 2015 foi realizada uma visita técnica ao estádio de futebol Governador Magalhães Pinto, com o intuito de conhecer o esquema construtivo implantado para captação, armazenamento e o reuso de águas pluviais ou

simplesmente chuva, coletado pela cobertura do mesmo e o reuso utilizado em descargas de vasos sanitários, mictórios e irrigação do gramado.

Para implantação do esquema construtivo foram dimensionados: reservatórios em concreto armado, área de captação de água pluvial, tipos e quantidades de materiais na execução, que serão abordados a partir dos projetos concedidos pela Minas Arena.

O objetivo da implantação do projeto é reutilizar mais de 5 milhões de água da chuva armazenada, quantidade suficiente para suprir a demanda das bacias sanitárias, mictórios e irrigação de gramado durante 3 meses em caso de estiagem. Atualmente, a água de reuso é mais utilizada que a água potável em dias de jogos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Marconi e Lakatos (2010, p. 166) a pesquisa bibliográfica abrange:

(...) toda bibliografia tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc, até meios de comunicação oral: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.

O presente trabalho busca analisar a importância do equacionamento abrangente dos problemas de drenagem, bem como apresentar e discutir alguns conceitos “inovadores”, como captação, reservação e armazenamento de águas pluviais.

Conforme Lakatos (2010), a metodologia é o estudo dos métodos, especialmente dos métodos das ciências. É um processo utilizado para dirigir uma investigação da verdade, no estudo de uma ciência ou estudo de casos.

Para tanto foi associado dissertações, artigos científicos, teses, sites especializados, livros e textos técnicos relacionados à drenagem urbana, criando uma base de dados sobre as principais técnicas implantadas na captação, armazenamento e reuso de águas pluviais.

Para analisar a aplicabilidade dos conceitos obtidos a partir da pesquisa bibliográfica, foi realizada visita técnica, no dia 07 de outubro de 2015, no Estádio Governador Magalhães Pinto, vulgo Mineirão, localizado Avenida Antônio Abrahão Caram, 1001 - São José (Pampulha), Belo Horizonte, ministrada pelo gerente técnico Otávio Oliveira Goes, da empresa Minas Arena, a que foi contratado para acompanhar a obra.

A Metodologia científica aborda as principais regras para uma produção científica, fornecendo as técnicas, os instrumentos e os objetivos para melhorar desempenho do trabalho científico.

Foi realizado, ainda, um questionário estruturado direcionado aos seguintes profissionais, público graduando em Engenharia (25) e aos professores da instituição Newton Paiva (03), Engenheiro (01) e outros (03), com perguntas relacionadas ao

sistema de drenagem urbana de Belo Horizonte, a contribuição das obras para captação, armazenamento de águas pluviais no sistema de drenagem e o embasamento das disciplinas ministradas no curso de engenharia no sistema de drenagem.

Segundo MARCONI e LAKATOS (20015, p.86), questionário “é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas.”

Na visita técnica o gerente técnico Otávio explicou a funcionalidade de todo processo para a capacitação, armazenamento e reuso da água chuva. Através da cobertura de lona (Figura 17) em parte do estádio é realizado a captação da água da chuva, o material utilizado na sua fabricação é o PVC do fabricante Birdair, e sua manutenção é feita através de um tencionamento anual, sendo autolimpante e com durabilidade de 25 anos. A água captada pela cobertura se dirige para o ponto mais baixo, através da laje (Figura 18), até o ralo “abacaxi” de ferro fundido.



Figura 17 – Lona da cobertura



Figura 18 – Laje

Para evitar que os detritos sólidos presentes na cobertura, como folhas e objetos, entrem na tubulação e conseqüentemente nos reservatórios, é colocada a primeira proteção do sistema na conexão entre a laje e a tubulação, podendo ser essa proteção um ralo hemisférico, conforme Figura 19. Após a passagem da água pelo ralo hemisférico, a mesma é direcionada para os registros de duto (Figura 20) de entrada água do reservatório.



Figura 19 - Ralo de "abacaxi" em ferro fundido



Figura 20- Registro de duto de entrada água do reservatório

Os reservatórios de água pluvial, tem capacidade de armazenar 5 milhões litros, conforme Figura 21. Essa água é reutilizada para molhar o gramado, dar descargas em mictórios e sanitários. Quando está chovendo muito e as bombas (instalada na lateral do reservatório) do ladrão são acionadas tendo a capacidade dos reservatórios atingida, a água de chuva excedente é descartada por gravidade na rede pluvial (lagoa da Pampulha). A finalidade da bomba dosadora (Figura 22) é para fazer a injeção de cloro na água de reuso.



Figura 21 - Reservatórios de água pluvial



Figura 22 – Bomba dosadora de cloro

O equipamento demonstrado na Figura 23 é responsável pela filtragem da água de chuva e o hidrômetro ligado ao sistema quantifica a água de chuva reaproveitada. A finalidade das bombas (Figura 24) é fazer o recalque da água de reuso tratada para os reservatórios superiores.



Figura 23 – Filtro para água da chuva



Figura 24 – Filtro para água da chuva

Estes sistemas (Figura 25) possuem dois reservatórios de água de reuso tratada, que através de três bombas (1 reserva) e duas redes de recalque bombeiam a água para o reservatórios superiores. Os registros permitem que sejam feitas manobras entre os reservatórios, entre bombas e entre as redes de recalque.

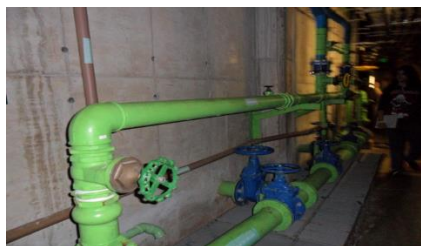


Figura 25 – Sistemas para reservatórios de água de reuso



Figura 26 – Tubulação água de reuso



Figura 27 – Hidrômetro

Este hidrômetro (Figura 27) quantifica a água de chuva reaproveitada. São duas redes, esta é a reserva, não passa pelo filtro.

As tubulações com a água de reuso são identificadas através de etiquetas com Figura 26, no decorrer de toda edificação.

4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Para a escolha das técnicas de drenagem urbana, convencionais ou não, é necessário um estudo comparativo das soluções possíveis. Devem-se mensurar além dos investimentos econômicos aplicados, aspectos ambientais, sociais e operacionais.

4.1 Avaliação econômica

Custos

Segundo Canholi (2015), os custos podem ser divididos em 3 parcelas no que tangem um sistema de drenagem: investimento, operação e manutenção. O custo de investimento compreende no dinheiro aplicado para estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações, indenizações, ou seja, implantação da obra. Os custos de operação e manutenção são despesas de mão de obra, equipamentos, combustíveis e todo processo de execução dos reparos, limpezas inspeções durante a vida útil do elemento de drenagem. Os custos de riscos correspondem aos valores estimados dos danos relativos a cada período de retorno ou pelos custos de recuperação de uma área afetada. Para o cálculo preliminar utilizam-se tabelas de custos unitários de obras e serviços especializados em engenharia ou secretarias municipais.

Benefícios

É a quantificação do retorno pela implantação de uma obra de drenagem, no que tangente aos danos evitados a bens e propriedades, atrasos de viagens, prejuízos no comércio e serviços, entre outros. Também são quantificados os benefícios ligados à melhoria da saúde pela redução dos índices de mortalidade e doenças. Custos e benefícios são mensurados monetariamente a partir de um valor de mercado dos bens e serviços relacionados a cada um. Quando não possuem esse valor, são chamados de intangíveis. (CANHOLI, 2015).

Riscos de projeto

É comum os órgãos gerenciadores utilizarem um nível de garantia a ser adotado nos projetos. O risco de falha, também chamado de risco de excedência (R), em porcentagem, de uma obra de drenagem dimensionada para uma vazão ou volume com recorrência igual a TR, prevista para operar n anos, é definido por:

$$R = 100x \left[1 - \left(1 - \frac{1}{TR} \right)^n \right]$$

4.2 Análise Comparativa Tipo Benefício Custo

Valor monetário esperado

“As incertezas associadas aos eventos hidrológicos, presentes nos projetos de drenagem urbana, podem ser quantificadas em termos das distribuições de probabilidades e dos custos associados.” (CANHOLI, 2005, p. 183).

A quantificação dessas incertezas pode ser feita com a determinação de um valor monetário esperado da solução de drenagem, ou da avaliação econômica de cada intervenção quando for adotado em um sistema já implantado. O valor esperado de um projeto é o produto da probabilidade de excedência da vazão de projeto pelos custos ou pelos danos evitados (benefícios).

$$VME_x = P_x \cdot V_x$$

onde:

VME_x - valor monetário esperado da alternativa ou nível de proteção (x);

P_x - probabilidade de excedência da vazão de projeto ou de ocorrência do dano, associada a aplicação da alternativa ou nível de proteção;

V_x - valor do custo-benefício e/ou dos danos evitados da alternativa ou proteção.

É necessário definir racionalmente os riscos de projeto (tempos de recorrência e tempos de excedência), comparar soluções alternativas e quantificar monetariamente

os custos e benefícios esperados para verificar a viabilidade de um projeto de drenagem. Ao longo da vida útil há custos de operação e manutenção que devem ser incluídos no cálculo total dos custos.

De acordo com Canholi (2005, p.192):

Os valores monetários esperados para os custos de cada alternativa, para cada nível de proteção, são comparados com os benefícios esperados, calculados também para cada frequência. A comparação entre custo e benefícios leva ao ponto ótimo da intervenção pretendida.

Economicamente, os custos não podem superar os benefícios tangíveis. As relações de comparação entre benefícios e custos podem auxiliar na determinação do melhor dimensionamento de um sistema de drenagem urbana e definir a melhor alternativa de muitas possíveis.

4.2.1 Análise estudo de casos

Para exemplificação do método de análise comparativa tipo benefício custo, foram levantados três casos em áreas críticas na cidade de São Paulo ¹³que foram apresentados neste trabalho de forma sintética, das bacias do Córrego Cabuçu de Baixo, Córrego Pacaembu e Sistema Água Espriada/dreno do Brooklin, áreas urbanizadas, que eram alvo de frequentes inundações.

Devido à urbanização dessas áreas e da canalização e retificação dos córregos (derivados de metodologias convencionais), os coeficientes de escoamentos superficiais aumentaram e reduziram-se os tempos de retenção das águas pluviais. Conseqüentemente as vazões de cheia com o passar do tempo se tornaram mais elevadas. O objetivo destes estudos de casos foi definir o conjunto de obras de drenagem mais interessantes de cada região, no ponto de vista financeiro e técnico. Um ponto a ser destacado para estes casos é que por solução convencional, além do alto investimento, provocaria grande transtorno para a população, devido a

¹³ Estudos de casos retirados para exemplificação: CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2005 São Paulo – Oficina de Textos.

interferência das obras de drenagem provocando realocação de cabos telefônicos, cabos elétricos, adutoras e a própria rede de coleta de águas pluviais.

Foram realizados estudos hidráulicos hidrológicos de cada região para a caracterização das mesmas, do ponto de vista técnico do problema, que correspondem basicamente na definição do volume de deflúvio a ser considerado no dimensionamento das estruturas de proteção, vazões de pico e capacidade de vazão das canalizações existentes. Em ambas as regiões confirmou-se que o sistema de drenagem não estava contribuindo para uma operação harmoniosa, ou seja, a capacidade de vazão é inferior à necessária. Com base nesses estudos foram identificados os gargalos de cada região a serem tratados.

Em todos os estudos de casos, foram implantados como solução, reservatórios de amortecimentos de cheias. De acordo com Canholi (2005), a aceleração dos escoamentos resultante das canalizações torna-se mais deletéria quanto ao potencial de provocar inundações do que a própria impermeabilização da bacia. O retardamento da onda é a redução da velocidade média do escoamento, aumentando o tempo de concentração da bacia, conseqüentemente reduzindo os picos de vazão. Pode-se observar que nos três casos a implantação de reservatórios, um dos dispositivos de drenagem urbana não convencional, no sistema de drenagem ineficiente já existente, representaram soluções econômica e ambientalmente adequadas.

No estudo de caso Córrego Pacaembu, a implantação do reservatório garantiu, sem muitos transtornos à população e em prazo relativamente curto, a solução do controle de cheias desta bacia. A economia foi estimada em US\$ 27 milhões, se comparada à solução proposta anteriormente em túnel (conceito convencional). A redução das vazões a jusante foi destaque nesta bacia, já que propicia economia e viabilidade técnica no controle de enchentes dos coletores maiores da bacia. Se fosse adotada a solução tradicional de túneis, as vazões a jusante iriam aumentar, inviabilizando a solução das inundações.

Na avaliação do estudo de caso do Sistema Água Espriada/dreno do Brooklin, foram apresentadas três alternativas de soluções, dentre elas, uma seria manter o projeto original de drenagem. A solução adotada obteve cerca de US\$ 24 milhões, em

comparação ao projeto original (alternativa de método convencional), destacando também a redução nos prazos de execução da obra e de menores interferências e na utilização da área para lazer, com quadras de esportes e equipamentos utilizados pela população.

E por último, na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo, adotou-se a implantação de 2 reservatórios e reforço parcial da galeria já existente para adequação da vazão de recorrência de 25 anos. Após a implantação das soluções adotadas, as inundações foram praticamente eliminadas. O custo da implantação das soluções foi cerca de 66% do valor em comparação à solução com valor intermediário, dentre três apresentadas, com economia estimada de US\$ 20 milhões.

4.3 Melhoria do Mineirão

Para implantação do sistema de captação e armazenamento de água pluvial do Estádio Governador Magalhães Pinto, foi necessário ter em mãos os projetos (anexo J) de Hidráulica - Locação de Espaços Técnicos HID-Locação Espaços Técnicos, Hidráulica - Água Pluvial HID-Água Pluvial, onde foram executados os dimensionamentos dos reservatórios e Arquitetura Interna AR2-Arquitetura Interna-Estádio, onde foi efetuado o seguinte levantamento:

- a) reservatório 1 construído em concreto armado, área da base aproximadamente 248,11 m², altura interna 3,90 m, altura do nível da água 3,60 m e volume aproximadamente 893,20 m³, com tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (na laje teto). Esse reservatório que receberá as águas pluviais da metade da cobertura, contará também com septos especiais para gradeação fina (separação de sólidos), sedimentação e bomba dosadora de cloro para assegurar os padrões de reuso conforme NBR – 13969, além de vertedouro (extravasor);

- b) reservatório 2 destinado a reserva de águas pluviais para consumo nos vasos sanitários e mictórios, reservatório inferior (apoiado) em concreto armado, área da base aproximadamente 287,05 m², altura interna 3,90 m e

altura nível da água 3,60 m contendo o volume de aproximadamente 1.033,38 m³, com tampão de acesso em chapa de aço 80x80 cm (laje do teto);

c) reservatório 3 reserva de água potável, utilizada para combate a incêndio, o reservatório é inferior (apoiado) em concreto armado, com duas câmaras com volume aproximadamente de 85 m³ cada, com dimensões internas aproximadas de largura de 3,80 m, comprimento 6,00 m, altura 3,90 m e altura nível da água 3,75 m, contém tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (laje do teto);

d) reservatório 4 reserva de água potável fornecido pela COPASA para consumo humano, o mesmo está localizado inferiormente (apoiado) em concreto armado, com duas câmaras com volume aproximadamente 150 m³ cada com dimensões internas aproximadas de largura 6 m, comprimento 7 m, altura 3,90 e altura do nível da água 3,6 m, possui também tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (na laje do teto);

e) reservatório 5 reserva de águas pluviais para consumos em mictórios e sanitários, ele se encontra na parte inferior (apoiado) em concreto armado, área da base igual aproximadamente 347,80 m², altura interna 3,90 m, altura do nível da água 3,60 m e volume aproximadamente 1252,08 m³, com tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (na laje teto).

Esse reservatório que receberá as águas pluviais da metade da cobertura, contará também com septos especiais para gradeação fina (separação de sólidos), sedimentação e bomba dosadora de cloro para assegurar os padrões de reuso conforme NBR – 13969, além de vertedouro (extravasor);

f) reservatório 6 sua reserva é de águas pluviais para consumos nos vasos sanitários e mictórios, inferior (apoiado) em concreto armado, área da base igual aproximadamente 419,85 m², altura interna 3,90 m, altura do nível da água 3,60 m e volume aproximadamente 1511,46 m³, com tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (na laje teto);

g) reservatório 7 sua reserva é de águas pluviais para consumos nos vasos sanitários e mictórios, inferior (apoiado) em concreto armado, área da base igual aproximadamente 279,15 m², altura interna 3,90 m, altura do nível da água 3,60 m e volume aproximadamente 1004,94m³, com tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (na laje teto);

h) reservatório 8 sua reserva é de potável e pluvial para irrigação do gramado, localizado na parte inferior (apoiado) em concreto armado, com duas câmaras com área da base igual aproximadamente 279,15 m², altura interna 3,90 m, altura do nível da água 3,60 m e volume aproximadamente 273,60m³ e 275,04 m³, com tampão de acesso em chapa de aço de 80x80 cm (na laje teto). Esse reservatório contém válvulas de altitudes nas entradas de água potável da COPASA para se assegurar o abastecimento, na falta de águas pluviais.

Além dos reservatórios o sistema é composto eletrobombas equipadas com dispositivos de interface para automação e controle, contendo as seguintes descrições:

a) 02 eletrobombas centrifuga horizontal, Q= 40m³/h, Hman= 45 m.c.a, P= 15 CV -3φ 220/380 V da KSB (uma reserva);

b) 02 eletrobombas centrifuga horizontal, Q= 30m³/h, Hman= 35 m.c.a, P= 7,5 CV -3φ 220/380 V da KSB (uma reserva);

c) 02 eletrobombas centrifuga horizontal, Q= 60m³/h, Hman= 70 m.c.a, P= 30 CV -3φ 220/380 V da KSB (uma reserva);

d) 02 eletrobombas centrifuga horizontal, Q= 40m³/h, Hman= 45 m.c.a, P= 15 CV -3φ 220/380 V da KSB (uma reserva);

e) 02 eletrobomba P= ¼ CV dosadora de cloro (uso simultâneo);

f) 02 eletrobombas P= ¼ CV dosadora de azul de metileno (uso simultâneo);

g) 02 eletrobombas $Q= 30\text{m}^3/\text{h}$, $H_{\text{man}}= 70 \text{ m.c.a}$, $P= 15 \text{ CV}$ -3 ϕ 220/380 V (irrigação do campo).

A capacidade de armazenamento dos reservatórios são de 5 milhões de litros de água da pluvial para reuso. Essa quantidade garante o abastecimento no período de 3 meses. O revestimento da cobertura foi executado em policarbonato com uma área de aproximadamente 14.700 m^2 . No cronograma da obra foram determinados 650 dias após assinatura do contrato para finalização dos acabamentos, dentre os serviços contemplavam as instalações hidro-sanitária e a cobertura. Foram destinados 2,21% do custo total da obra para realização das instalações hidráulicas, irrigação e drenagens.

Segundo o gerente técnico Otávio Goes, “ao longo do ano o consumo de água de chuva é mais de 70% do consumo do mensal e a média no ano corresponde de 50% a 60%, devido a escassez no período sem chuva.” Os materiais utilizados na execução do sistema encontra-se anexo G.

4.4 Análise e dados do questionário

Foi aplicado um questionário ao público graduando em Engenharia e aos professores da Instituição Newton Paiva, Engenheiro e outros, com perguntas relacionadas ao sistema de drenagem urbana de Belo Horizonte, a contribuição das obras para captação, armazenamento de águas pluviais no sistema de drenagem e o embasamento das disciplinas ministradas no curso de engenharia no sistema de drenagem.

O objetivo do questionário é demonstrar o quão à sociedade acadêmica está esclarecida à parcela da implantação das técnicas não convencionais no sistema de drenagem urbana, através dos resultados conforme anexo I. Os resultados apontam que os entrevistados tem conhecimento sobre o assunto, que são necessárias ações mais efetivas do poder público no controle de enchentes e expressam a deficiência do aceleramento de políticas ligadas ao desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias no sistema de drenagem, visando o retorno esperado do dinheiro público aplicado para este fim, ou seja, é necessário rever e compreender as técnicas

aplicadas no sistema de drenagem para solução de alagamentos constantes. A incorporação de técnicas de retenção de escoamento é uma possibilidade para essa solução, pois as interferências na população devido a sua implantação são bem menores do que técnicas convencionais de drenagem. Podendo se destacar também a relação custo benefício, tanto tecnicamente quanto nos recursos aplicados, mostra-se viável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão de curso foram explanadas através do conteúdo, as técnicas de drenagem urbana, convencionais, método de canalização; e não convencional método de retenção dos escoamentos. É possível concluir que a implantação dessas técnicas é de suma importância para o controle de enchentes, por serem obras de baixo impacto para a população em razão da sua forma de incorporação no sistema de drenagem e mostrarem significativos resultados positivos nos aspectos técnicos e financeiros, que garantem a eficiência nas medidas de proteção após a operação dos dispositivos efetivada. Sua implantação é tão significativa junto ao planejamento urbano, que existem leis sendo aprovadas em diversos estados brasileiros para garantir a eficiência no desenvolvimento do sistema de drenagem urbana.

Foi incorporada ao trabalho uma visita técnica, cuja finalidade foi verificar a aplicabilidade e funcionalidade de sistema de captação, armazenamento e reuso de água pluvial. Os resultados da implantação do sistema foram expressivos, comparados ao método convencional, que além de garantir um funcionamento estável do estabelecimento durante o período de estiagem, houve uma redução significativa quanto ao custo gerado pelo fornecimento de água pela companhia distribuidora da região.

Os resultados do questionário aplicado aos professores e acadêmicos de Engenharia, mostraram que os problemas de drenagem urbana são perceptíveis a todos e que ações para minimização do mau funcionamento deste sistema se fazem necessárias. É de conhecimento também que obras de captação (reuso), reservação e armazenamento de água pluvial contribuem significativamente para o bom funcionamento da gestão de drenagem urbana.

Para futuras pesquisas sobre sistemas de captação, armazenamento e retenção de águas pluviais, seria interessante realizar um estudo direcionado aos impactos gerados pelo não cumprimento de leis decretadas abrangendo o uso e ocupação antrópica.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, M. H. C. **Instalações Hidráulicas Prediais**. 3º ed. 2010 São Paulo - Blucher.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades** 3º ed. 2011 – Editora Edgar

CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE - PROJETO DE LEI Nº /38/2014 **Estabelece a Política Municipal de Captação, Armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção**: documentação: artigo publicado Belo Horizonte, 2014. Disponível em: http://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/pl_1381-14inicial.pdf. Acesso em 30 ago 2015.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2005 São Paulo – Oficina de Textos.

CHAMPS, J.R.B.; PEREZ, S.T.C; FRÓES, C.M.V. **O Planejamento do Sistema de Drenagem Urbana na Cidade de Belo Horizonte**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21 p. João Pessoa, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/brasil/ix-011.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2015.

COSTA, H.S.M; BONTEMPO, V.; KNAUER, S. **Programa Drenurbs**: uma discussão sobre a constituição de alianças de aprendizagem na Política de Saneamento de Belo Horizonte. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, XVI,2008, Caxambu. Disponível: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/docsPDF/ABEP2008_1146.pdf Acesso em: 27 out. 2015.

PHILIPPI, A. JR. **Saneamento, Saúde e Ambiente**. 1º ed. 2005 – Rio de Janeiro.

DRUMOND, Pedro de Paula. **Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG**: Avaliação hidráulica e hidrológica. 184 f. Área de concentração: Saneamento - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2012.

GRIBBIN, John E. **Hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 2º ed. 2009 – São Paulo.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**, 7ª Ed. - Editora Atlas S.A. 2010. São Paulo.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. **Técnicas de Pesquisa**, 7ª Ed. - Editora Atlas S.A. 2010. São Paulo.

MIGUEZ, M.G.; VERÓL, A.P.; SOUSA, M.M.; REZENDE, O.M. (2015). “**Urban Floods in Lowlands—Levee Systems, Unplanned Urban Growth and River Restoration Alternative: A Case Study in Brazil.**” Sustainability 7, no. 8: 11068-11097. Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2015/08/sustainability-07-11068.pdf>. Acesso em 29 set 2015.

PARDO, Aluiso Canholt **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2º ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

PBH / SUDECAP / PROJETO SWITCH. **Gestão Sustentável das Águas para a Melhoria da Qualidade de Vida das Cidades do Futuro**. Disponível em: http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=sudecap&lang=pt_BR&pg=5581&tax=17761. Acesso em 27 out. 2015.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sergio Avelino. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>. Acesso em 29 set 2015.

PICARELLI, Sophia. **Kit de Treinamento SWITCH** – Estudo de Caso Minas Gerais Brasil. Disponível em: http://www.switchtraining.eu/fileadmin/template/projects/switch_training/files/Modules/Modules_Portuguese/Case_studies/Estudo_de_caso_Belo_Horizonte.pdf. Acesso em: 27 out. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PMBH)a. **Plano Diretor de Drenagem**, [200-]. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/contents> Acesso em 29 set.2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PMBH)c. **Programas e Projetos, [200-]**. Disponível em: http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=programaseprojetos&tax=12065&lang=pt_BR&pg=6080&taxp=0&%3E. Acesso em: 29 set. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – Lei **Municipal n. 9.845, de 8 de abril de 2010**. Altera a Lei nº 8.616/03, que contém o Código de Posturas do Município

de Belo Horizonte, e dá outras providência. Diário Oficial do Município, Belo Horizonte, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – **Lei Municipal n. 9.959, de 20 de julho de 2010**. Altera as leis nº 7.165/96 - que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte - e nº 7.166/96 - que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município. Diário Oficial do Município, Belo Horizonte, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – **Deliberação Normativa nº69, de 30 de agosto de 2010**. Estabelece normas para o plantio de árvores em logradouros públicos, em substituição à Deliberação Normativa nº 09, de 08 de julho de 1992. Diário Oficial do Município, Belo Horizonte, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, SUDECAP - **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2012/2015** – Volume I/II, Belo Horizonte, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Diretrizes Básicas Para Projetos De Drenagem Urbana No Município de São Paulo**. Disponível em: http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf
Acesso 27 out 2015.

SECRETARIA MUNICIPAL DE POLÍTICAS URBANA – SMURBE. **Estudos Urbanos: Belo Horizonte 2008** – Transformações recentes na estrutura urbana. 516 p. Prefeitura Municipal, Belo Horizonte, 2008.

SILVA A. B, CARVALHO E. T., FANTINEL L. M., ROMANO A. W., VIANA C.S. **Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos E Geoambientais Integrados No Município De Belo Horizonte**: Projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica do município de Belo Horizonte. 150 p. Relatório final. FUNDEP/UFMG-IGC, Belo Horizonte, 1995.

SMARU, SMSU. **Manual Técnico Aplicado a Edificações**. Versão 2. 558p. Prefeitura Municipal, Belo Horizonte, 2012.

SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital. **Caderno de Encargos. 3ª Edição**. 624 p. Prefeitura Municipal, Belo Horizonte, 2008.

SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital. **Plano De Inspeção Em Galerias**. 9 p. Prefeitura Municipal, Belo Horizonte, 2009.

SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital; Magna Engenharia Ltda.

Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte – primeira etapa. Análise Integrada do Sistema de Drenagem. v. 1. 193p. Prefeitura Municipal, Belo Horizonte, 2001.

VIOLA, Heitor: **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da Cidade do samba**. Disponível em:

<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/heitorv.pdf>. Acesso em 30 de agos.2015.

RAMOS, M.H.D. **Drenagem Urbana**: Aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em Belo Horizonte. 91 p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

REZENDE, Osvaldo Moura. **Manejo De Águas Pluviais – Uso De Passagens Multifuncionais**: Em Drenagem Urbana Para Controle Das Inundações. 104 f. Obtenção do título de Especialista em Engenharia Urbana – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, Luciano Castro da. **Sistemas de Drenagem Urbana Não Convencionais**. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso Universidade Morumbi de São Paulo, 2004.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. **Drenagem Urbana – Aspectos de Gestão**: Gestores Regionais De Recursos Hídricos. 70 f. Curso – Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

SUDECAP e PBH (Prefeitura de Belo Horizonte). **Procedimento para Elaboração de Projeto de Ligação Predial ao Sistema Público de Drenagem Pluvial**. 28 P.

TAYLOR e FRANCIS (2015) – Research Article - **System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green**

Infrastructure. Disponível em:

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2015.1036083>. Acesso em 20 set 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4º ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos Hídricos no Século XXI**. 2º ed. 2011 São Paulo Oficina de textos.

ANEXO A

PROPORÇÃO DE ÁREAS DAS BACIAS, POR MUNICÍPIO¹⁴

Município	Bacia	Área (km ²) (*)	Total (km ²) (*)	Percentual (%)
Contagem	Arrudas	28,96		
	Onça	53,45	82,41	19,17
Belo Horizonte	Arrudas	163,70		
	Onça	102,57	332,38	77,32
	Isidoro	55,61		
	Rio das Velhas	10,50		
Sabará	Arrudas	15,10	15,10	3,51

Fonte: Plano de Saneamento de Belo Horizonte (2012 / 2015, p. 60).

¹⁴http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicaurbanas&tax=35461&lang=pt_BR&pg=5562&taxp=0&

ANEXO B

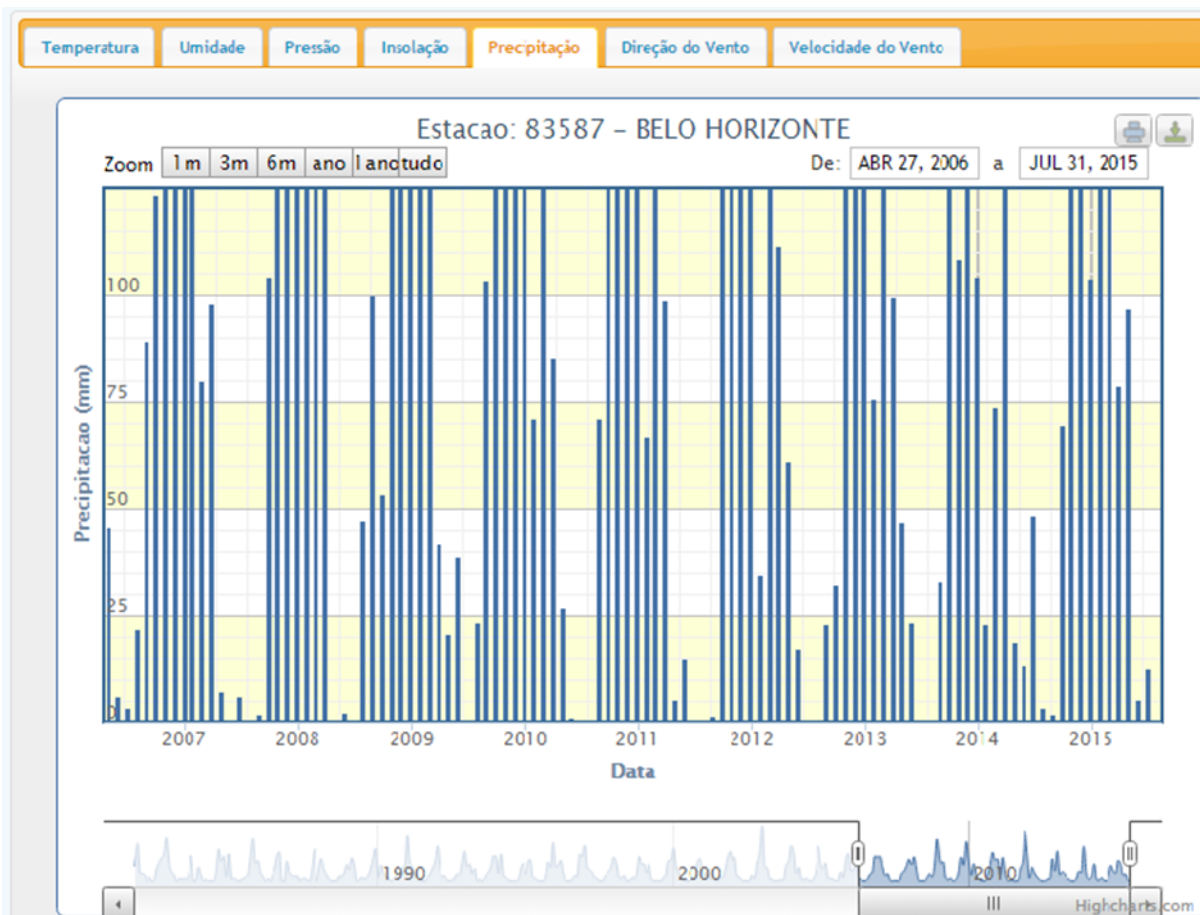
IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO – REGIONAL PAMPULHA

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO - CARTA DE INUNDAÇÃO DE BELO HORIZONTE				
CÓRREGO	LOCALIZAÇÃO	EMPREENHIMENTOS PARA REDUÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO	PONTO CRÍTICO	FIGURA CI
REGIONAL PAMPULHA				
AVENIDA HUM	Rua Luiz Lopes	Obras em licitação: Tratamento de Fundo de Vale	Todo o trecho	7
	Rua Joaquim Henrique Cardoso até Rua Ecologia			5
FLOR D'ÁGUA	Rua Frei Martinho Burnier até o Córrego Ressaca	Obras executadas: Ampliação do canal do Córrego rressaca. Obra a licitar: Complementação das intervenções executadas	Todo o trecho	5
RESSACA	Rua João Alves da Silva até Rua Andorra	Obras executadas: Ampliação do canal do Córrego rressaca. Obra a licitar: Complementação das intervenções executadas	Todo o trecho	5
MERGULHÃO	Rua C até Rua 14	Obras executadas: Tratamento do canal	Todo o trecho	7
ENGENHO NOGUEIRA	Anel Rodoviário até Av. Perimetral	Obras executadas: Tratamento de Fundo de Vale da Bacia do Córrego Engenho Nogueira	Todo o trecho	8
	Cruzamento da Av. Antonio Carlos com Av. Abraão Caram	Obras em execução : Implantação de bacia de detenção - Córrego São Francisco (Av. Assis das Chagas)	Todo o trecho	3
PAMPULHA	Beco São Tomás/Beira Mundo/Beira Muro	Obras em execução: Vila Viva (Vilas São Tomaz/ Aeroporto)	Todo o trecho	3
	Rua Rita Alves Castanheira até Rua Modelos		Todo o trecho	4
SUZANA	Rua Bento Mendes Castanheira até o Ribeirão Pampulha		Todo o trecho	4
BARAUNAS	Rua Manoel Ferreira Cardoso até Lagoa da Pampulha		Todo o trecho	1;2
OLHOS D'ÁGUA	Rua Carlos Lacerda até Rua Adolfo Lipe Fonseca		Todo o trecho	1
AV. VIRGÍLIO M. FRANCO	Rua Abeillard Pereira até Córrego Borges	Obras em andamento : Av Várzea da Palma 3ª etapa	Todo o trecho	9

Fonte: Portal PBH - Políticas Urbanas,(2015)

ANEXO C

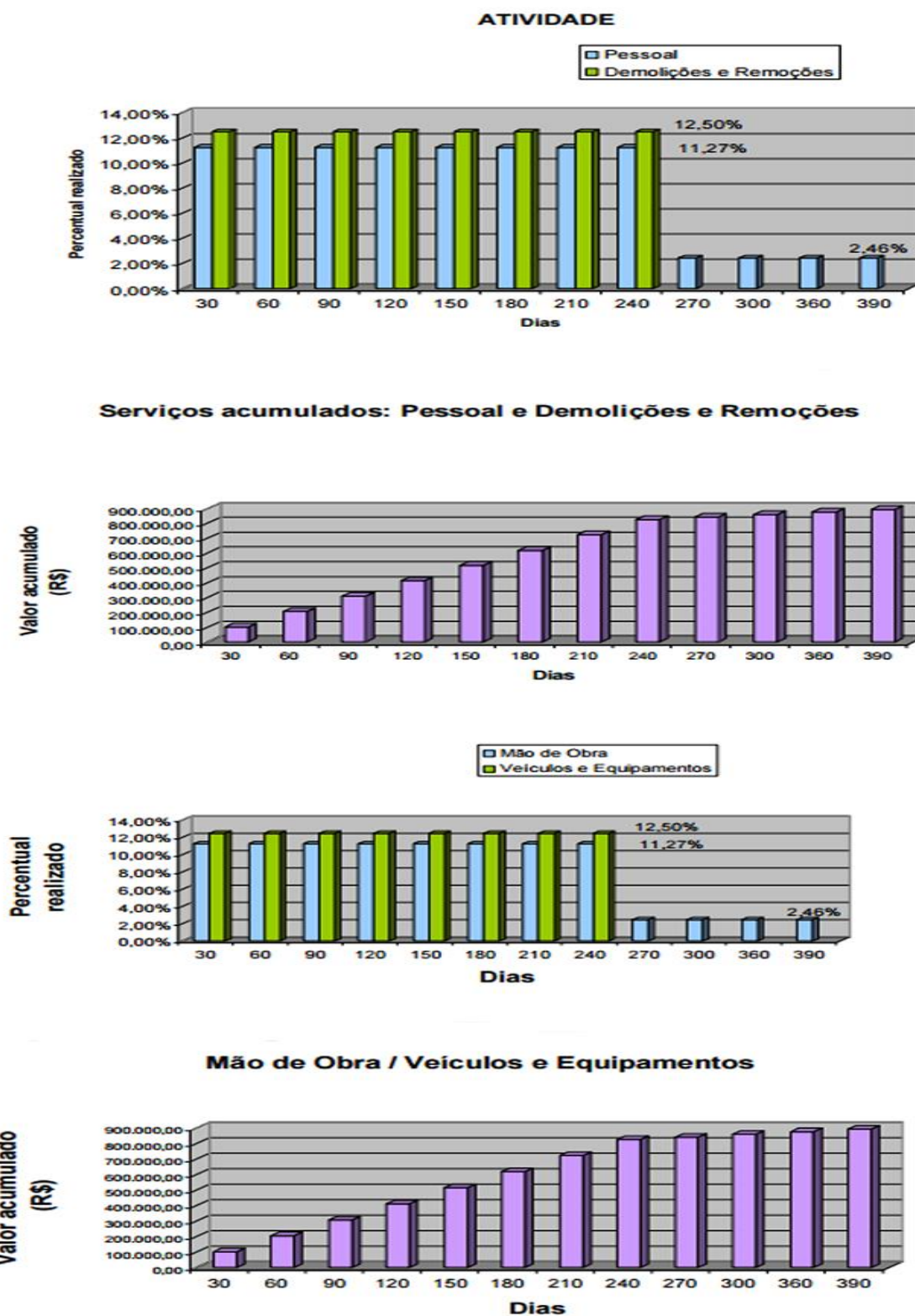
PRECIPITAÇÕES CONCENTRADAS ABRIL DE 2006 Á JULHO 2015



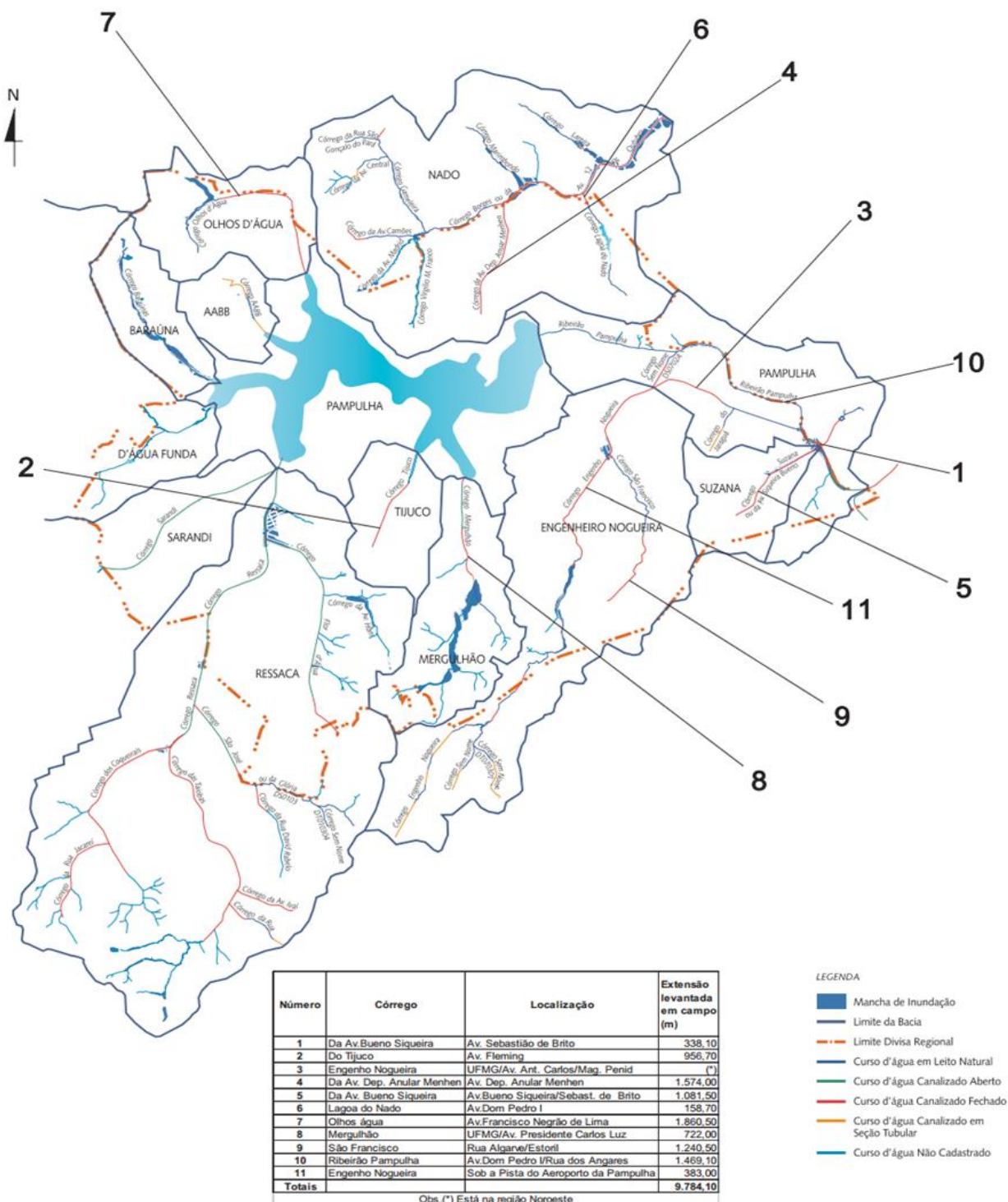
Fonte: Inmet, Abril de 2006 á Julho 2015.

ANEXO D

CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO



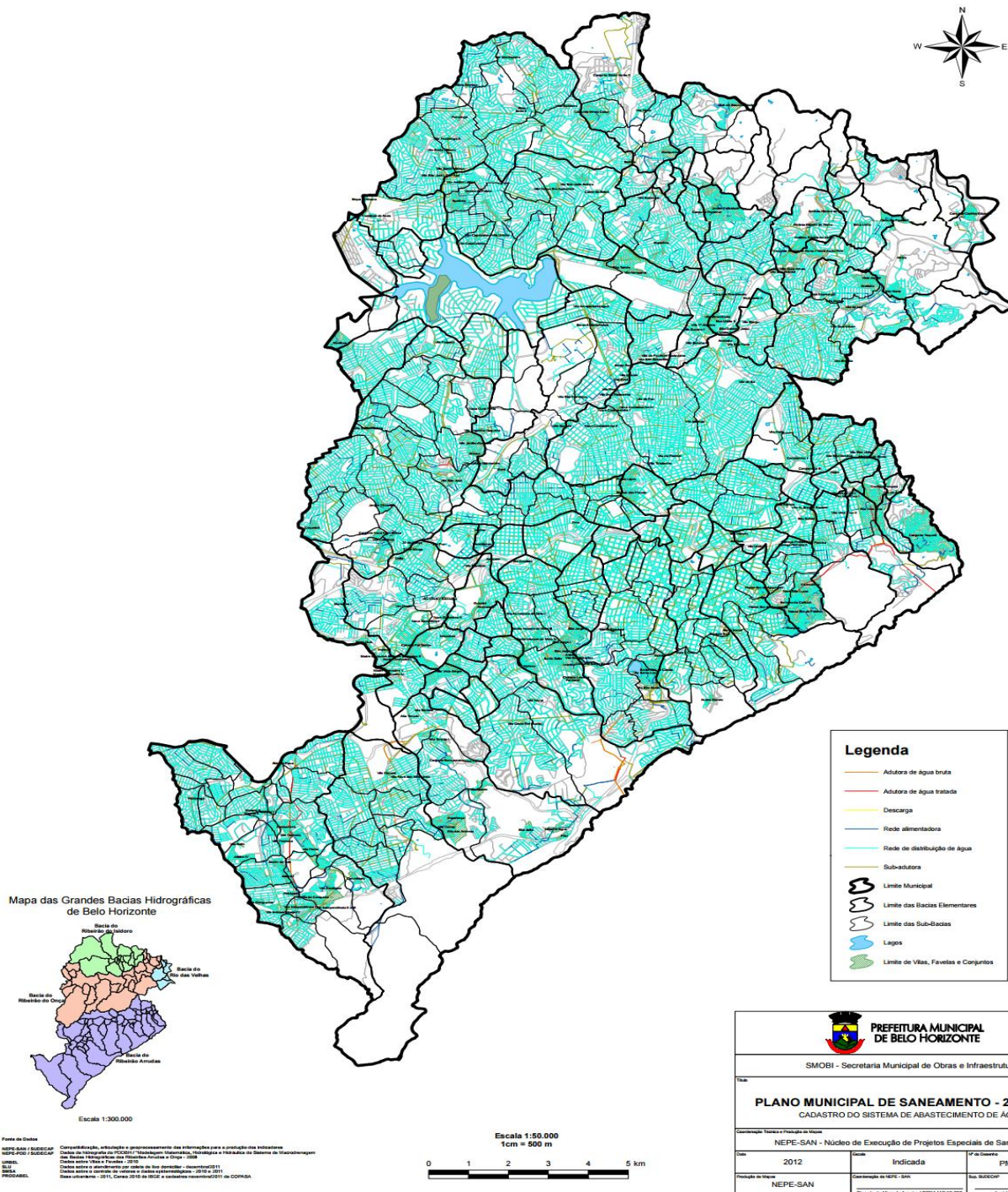
ANEXO E

CANAIS REVESTIDOS E FECHADOS DE BELO HORIZONTE – REGIONAL
PAMPULHA

ANEXO F

INSPEÇÃO DE CANAIS NA REGIONAL PAMPULHA

Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte
PMS 2012 - 2015
CADASTRO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA



Fonte: Plano de Saneamento de Belo Horizonte, 2012/2015.

ANEXO G

MATERIAIS UTILIZADOS NA EXECUÇÃO DO SISTEMA

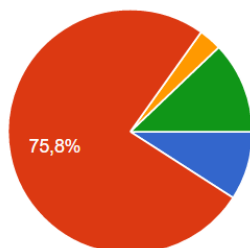
Nº: MINAS ARENA-HIP-PLQ-001-AREINT				FOLHA: 01/04	
PROJETO: ÁGUAS PLUVIAIS				DATA: : 19/09/2011	
ÁREA: INTERNA				REV : 03	
PLANILHA DE QUANTIDADES					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
1	Tubo de PVC ponta e bolsa, junta elástica, série VINILFORT da TIGRE ou similar				
1.1	Ø250mm	m	300		
1.2	Ø200mm	m	384		
1.2	Ø300mm	m	90		
2	Tubo de PVC rígido, ponta e bolsa com anel de borracha, série reforçada (PVCR) da TIGRE ou similar				
2.1	Ø100mm	m	66		
3	Joelho 90° de PVC, série reforçada (PVCR) da TIGRE ou similar				
3.1	Ø100mm	pç	30		
4	Grelha em aço carbono, galvanizada a fogo, malha 25 x 50mm, altura de 25mm, tipo GS-B2-252 com largura = 310mm, assentada em cantoneira de aço "L" 1" x 2" x 1/8" e pintada de verde-folha, da SELMEC ou similar				
4.1	Instalação no entorno do gramado junto ao fosso (Drenagem Superficial do Gramado)	m	480		
4.2	Instalação nos Acessos de Caminhões ao Campo	m	10		
5	Manilha de concreto armado, ponta e bolsa, classe CA-1 da ARTEC ou similar				
5.1	Ø1000mm	m	52		
5.2	Ø800mm	m	219		
6	Caixa de passagem/inspeção (CPA e PVA) em alvenaria de blocos de concreto com laje de tampa e fundo em concreto armado e com o tampão de ferro fundido Ø600mm com inscrição "ÁGUA PLUVIAL" e dimensões internas médias de:				
Nº: MINAS ARENA-HIP-PLQ-001-AREINT				FOLHA: 02/04	
PROJETO: ÁGUAS PLUVIAIS				DATA: : 19/09/2011	
ÁREA: INTERNA				REV : 03	
PLANILHA DE QUANTIDADES					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
	60 x 60cm, prof = 0,95m(CPA)	cj	2		
	140 x 140cm, prof= 1,65m(PVA)	cj	2		
7	Caixa de passagem/inspeção em concreto armado com tampão de concreto revestido com grama sintética com dimensões internas médias de:				
	100 X 100cm, prof= 1,10m(CP)	cj	2		
	60x60 cm, prof.=0,85m(CP)	cj	2		
8	Caixa de passagem/inspeção (CPG) do fosso em alvenaria de blocos de concreto com laje de fundo e Tampa em concreto armado(dimensões internas Medidas abaixo), dotada de grelha de aço carbono Galvanizada a fogo de 60 x 60cm, malha 25 x 50mm, Altura de 25mm, assentada em cantoneira de aço "L" 1" x 2" x 1/8" da SELMEC ou similar:				
	60 x 60cm, prof = 0,95m	cj	16		
	120 x 120cm, prof = 1,45m	cj	11		
9	Tubo de PVC rígido, tipo VINILFER, DEF°F°, para conexões de ferro fundido, TIGRE ou similar				
9.1	Ø400mm	m	312		
9.2	Ø300mm	m	162		
9.3	Ø250mm	m	540		
9.4	Ø200mm	m	552		
9.5	Ø150mm	m	2.025		
10	Conexões de ferro fundido com bolsas e anéis de borracha da SAINT GOBAIN ou similar				
10.1	Curva 90°				
10.1.1	Ø400mm	pç	8		
10.1.2	Ø300mm	pç	4		

Nº: MINAS ARENA-HIP-PLQ-001-AREINT				FOLHA: 03/04	
PROJETO: ÁGUAS PLUVIAIS				DATA: 19/09/2011	
ÁREA: INTERNA				REV : 03	
PLANILHA DE QUANTIDADES					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
10.1.3	Ø250mm	pç	26		
10.1.4	Ø200mm	pç	44		
10.1.5	Ø150mm	pç	180		
10.2	Curva 45°				
10.2.1	Ø400mm	pç	4		
10.2.2	Ø300mm	pç	2		
10.2.3	Ø250mm	pç	70		
10.2.4	Ø200mm	pç	22		
10.2.5	Ø150mm	pç	180		
10.3	Tê com bolsas				
10.3.1	Ø400 x 250mm	pç	12		
10.3.2	Ø400 x 200mm	pç	8		
10.3.3	Ø300 x 250mm	pç	6		
10.3.4	Ø250 x 250mm	pç	26		
10.3.5	Ø200 x 150mm	pç	44		
10.3.6	Ø150 x 150mm	pç	88		
10.3.7	Ø150 x 100mm	pç	8		
10.3.8	Ø150 x 50mm	pç	8		
10.4	Luva dupla com bolsas				
10.4.1	Ø400mm	pç	8		
10.4.2	Ø300mm	pç	4		
10.4.3	Ø250mm	pç	30		
10.4.4	Ø200mm	pç	44		
10.4.5	Ø150mm	pç	88		
10.5	Redução ponta e bolsa				
10.5.1	Ø400 x 300mm	pç	4		
10.5.2	Ø300 x 250mm	pç	2		
10.5.3	Ø250 x 200mm	pç	44		
10.5.4	Ø200 x 150mm	pç	220		
Nº: MINAS ARENA-HIP-PLQ-001-AREINT				FOLHA: 04/04	
PROJETO: ÁGUAS PLUVIAIS				DATA: 19/09/2011	
ÁREA: INTERNA				REV : 03	
PLANILHA DE QUANTIDADES					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
10.6	Tê com bolsas JGS e flange PN-10				
10.6.1	Ø250 x 80mm	pç	22		
10.6.2	Ø150 x 80mm	pç	88		
10.7	Flange cego em ferro fundido, PN-10, com parafusos porcas e junta, SAINT GOBAIN ou similar				
10.7.1	Ø80mm	pç	110		
10.8	Ralo hemisférico (tipo abacaxi) em ferro fundido WALTER METAIS ou similar				
10.8.1	Ø150mm	pç	176		
11	Pintura de tubulação	verba	-		
12	Apoios e suportes	verba	-		
	Observações:				
1	Deverão estar inclusos em todos os itens acima, todos os acessórios para a perfeita montagem das tubulações tais como, juntas, fitas, teflon, zarcão, anéis de borracha, soldas etc.				
2	Todas as tubulações enterradas deverão incluir escavação, reaterro compactado de valas e, se necessário, escoramento de valas.				
3	Todas as tubulações embutidas em alvenaria deverão incluir abertura e fechamento dos rasgos nas mesmas.				
4	Deverão ser previstos testes hidrostáticos conforme normas da ABNT e especificações nos projetos.				

ANEXO I

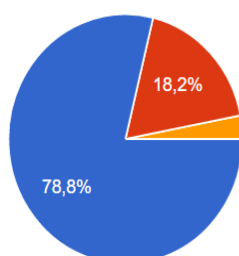
QUESTIONÁRIO APLICADO

Identificação do profissional



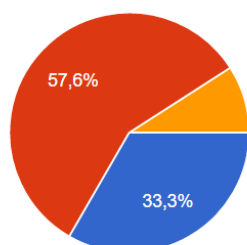
Engenheiro e/ou Professor Universitário	3	9.1%
Graduando(a) em Engenharia	25	75.8%
Engenheiro(a)	1	3%
Outros	4	12.1%

- Na sua percepção qual a contribuição das obras de captação, reservação e armazenamento de águas pluviais no sistema de drenagem urbana?



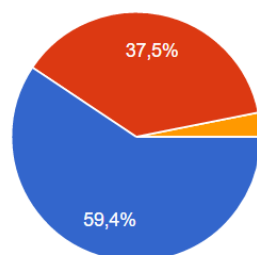
Totalmente relevante	26	78.8%
Relevante	6	18.2%
Parcialmente	1	3%
Não contribuem	0	0%

É perceptível na gestão do poder público do município de Belo Horizonte, tratando-se do sistema de drenagem urbana, ações efetivas para os problemas relacionados à este sistema como, elaboração de planejamento, direcionamento de recursos, técnicas eficientes e planos de ação para tratamento dos mesmos?



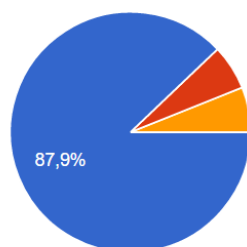
Sim	11	33.3%
Não	19	57.6%
Não soube responder	3	9.1%

Na sua opinião, qual a classificação da gravidade dos problemas relacionadas ao mau funcionamento da drenagem urbana do município de Belo Horizonte nos últimos 4 anos (2012 a 2015)?



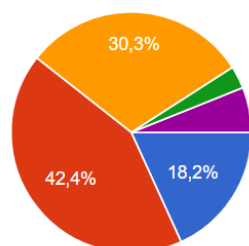
Muito grande	19	59.4%
Grande	12	37.5%
Médio/Pequeno	1	3.1%
Não ocorreram catástrofes	0	0%

Você como profissional da área de Engenharia tem interesse em acelerar as políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias no sistema de drenagem urbana, visando o retorno esperado do dinheiro público aplicado para este fim?



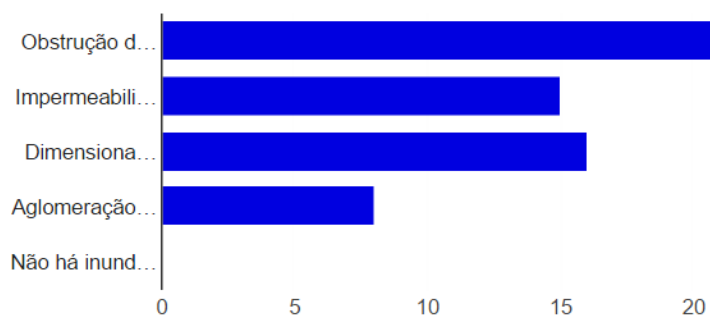
Sim	29	87.9%
Não	2	6.1%
Não soube responder	2	6.1%

Na sua percepção as disciplinas ofertadas nos cursos de Engenharias como, Instalações Hidráulicas, Hidrologia, Saneamento, Hidráulica Geral e Topografia, apresentam embasamento teórico para soluções técnicas e inovadoras direcionadas ao sistema drenagem urbana?



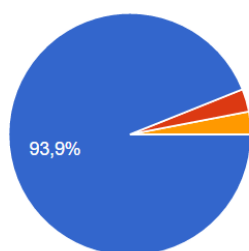
Totalmente relevante	6	18.2%
Relevante	14	42.4%
Parcialmente	10	30.3%
Não contribuem	1	3%
Outros	2	6.1%

Quais as principais causas das inundações da cidade de Belo Horizonte



Obstrução de elementos como: bueiros, galerias e canais.	23	69.7%
Impermeabilização do solo, devido a atividade antrópica	15	45.5%
Dimensionamento equivocado do sistema de drenagem urbana.	16	48.5%
Aglomeração de pessoas em áreas ribeirinhas.	8	24.2%
Não há inundações.	0	0%

Sendo este trabalho de conclusão de curso, direcionado ao tema **Gestão de Drenagem Urbana no Controle de Enchentes: Captação, Reservação e Armazenamento De Águas Pluviais**, com seu conhecimento técnico e acadêmico do assunto, acha que este trabalho poderá contribuir para outros estudantes de Engenharia, ou cursos afins, para sua formação acadêmica?



Sim	31	93.9%
Não	1	3%
Não soube responder	1	3%

ANEXO J
PROJETOS