

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)

# **Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia civil 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil; v. 2)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-221-0  
DOI 10.22533/at.ed.210192803

1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado.

CDD 690

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia civil.

A constante evolução na engenharia civil é movida pelo uso de novas tecnologias, que surgem a cada dia. Novos materiais, novas metodologias vão surgindo, viabilizando construções mais complexas e ocasionando uma maior produtividade nos canteiros de obras, trazendo impactos sociais relevantes.

O estudo de novas tecnologias na área de saneamento por exemplo, traz benefícios a diversas comunidades, impactando na área de saúde e consequente melhoria na qualidade de vida das pessoas atingidas.

A inovação no desenvolvimento de produtos se deve a necessidade de criação de materiais mais resistentes, proporcionando maior qualidade e segurança às obras. O desenvolvimento de materiais a partir de matéria prima reaproveitada ou de materiais que simplesmente eram descartados, têm sido amplamente utilizados e além de gerar novas soluções, proporciona benefícios ao meio ambiente e resultados econômicos satisfatórios. Nessa mesma linha de pensamento, o uso da eficiência energética também tem sido utilizado em busca de soluções sustentáveis.

O uso de tecnologias no controle e planejamento de obras permite a antecipação de diversas situações que poderiam impactar negativamente na execução das obras ou seu uso final, oportunizando seus gestores a tomada de decisões antes mesmo que elas ocorram.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, de modo que haja uma reflexão sobre os impactos que o uso de novas tecnologias proporciona à engenharia e que seu uso possa proporcionar melhorias de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TECNOLOGIA SOCIAL NO SERTÃO DO PAJEÚ: UM GANHO NA QUALIDADE DE VIDA COM A UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES	
<i>Lizelda Maria de Mendonça Souto</i>	
<i>Rafael Lucian</i>	
<i>Alexandre Nunes da Silva</i>	
<i>Avelino Cardoso</i>	
<i>Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani</i>	
<i>Sérgio Peres</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Décio Leandro Amaral Miranda</i>	
<i>Renato da Silva Couto</i>	
<i>Ronildo Alcântara Pereira</i>	
<i>Siumara Rodrigues Alcântara</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUSTENTÁVEIS COM A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS	
<i>Humberto Mycael Mota Santos</i>	
<i>Bruno Balbino da Silva</i>	
<i>Anderson Ferreira de Oliveira</i>	
<i>Daniel Oliveira Procorio</i>	
<i>Gabriel Marcelo Bortolai</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ANÁLISE DE ESTABILIDADE MARSHALL EM MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA	
<i>Rodolfo Rodrigo Ferreira Severino</i>	
<i>Yane Coutinho Lira</i>	
<i>Rodrigo Mendes Patrício Chagas</i>	
<i>Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça</i>	
<i>Milton Bezerra das Chagas Filho</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
MÉTODOS DE ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS CONFORME A NBR 15575-1/2013	
<i>Aniéli Thais de Souza</i>	
<i>Maria das Graças Monteiro Almeida de Melo</i>	
<i>Maryane Gislayne Cordeiro de Queiroz</i>	
<i>Geovani Almeida da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928035</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>53</b>
OS SELOS DE CERTIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	
<i>Marco Antonio Campos</i>	
<i>André Munhoz de Argollo Ferrão</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928036</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>64</b>
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
<i>Daniel Marcos de Lima e Silva</i>	
<i>Maísa de Castro Silva</i>	
<i>Marcelo Ferreira Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928037</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>80</b>
PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DE VIGA E PILAR METÁLICO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	
<i>Marcus da Silva Camargo</i>	
<i>Cleverson Cardoso</i>	
<i>José Raimundo Serra Pacha</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928038</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>99</b>
ANÁLISE DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDIAL APOIADA EM BIM: ESTUDO DE CASO EM COBERTURAS	
<i>Bárbara Lepca Maia</i>	
<i>Sérgio Scheer</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928039</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>118</b>
INDICADORES DE PROJETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO PIAUÍ	
<i>Ailton Soares Freire</i>	
<i>Terciana Nayala Feitosa de Carvalho</i>	
<i>Carlos René Gomes Ferreira</i>	
<i>Araci de Oliveira Parente Sousa</i>	
<i>Ronildo Brandão da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280310</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>127</b>
UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA MENSURAÇÃO DE DESPERDÍCIO EM OBRAS CIVIS	
<i>Evanielle Barbosa Ferreira</i>	
<i>Samuel Jônatas de Castro Lopes</i>	
<i>Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280311</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>139</b>
O NÍVEL DE SERVIÇO E ÍNDICE DE QUALIDADE DA CALÇADA: ESTUDO DE CASO EST-UEA	
<i>Angra Ferreira Gomes</i>	
<i>Valdete Santos de Araújo</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280312</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>146</b>
UTILIZAÇÃO DO VANT PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO DE UMA AVENIDA EM BELÉM-PA	
<i>Diogo Wanderson Borges Lisboa</i>	
<i>Ana Beatriz Sena da Silva</i>	
<i>Anna Beatriz Aguiar de Souza</i>	
<i>Eliete Santana Chaves Barroso</i>	
<i>Márcio Murilo Ferreira de Ferreira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280313</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>156</b>
CAUSAS E EFEITOS DA RESSONÂNCIA EM EDIFICAÇÕES URBANAS	
<i>Beth Luna Monteiro Moreira</i>	
<i>Biatriz Vitória da Conceição Moraes Custodio</i>	
<i>Juliana Silva de Oliveira</i>	
<i>Larissa Medeiros de Almeida</i>	
<i>Lucian Araújo da Silva</i>	
<i>Luciana de Oliveira Guimarães</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280314</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>161</b>
SISTEMA MINI TARP: UMA PROPOSTA PARA A ELIMINAÇÃO DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ENCHENTES E CONTAMINAÇÃO DO RIBEIRÃO ARRUDAS	
<i>João Carlos Teixeira da Costa</i>	
<i>Raíssa Ávila Nascimento</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280315</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>182</b>
LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS EM EDIFICAÇÕES MULTIPAVIMENTOS NA ÁREA URBANA CENTRAL DE PATOS DE MINAS - MG	
<i>Roni Alisson Silva</i>	
<i>Douglas Ribeiro Oliveira</i>	
<i>Rogério Borges Vieira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280316</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>189</b>
NOVOS PARADIGMAS E DESAFIOS NO ENSINO DE DISCIPLINAS PROFISSIONALIZANTES DE ENGENHARIA CIVIL COM BASE NA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	
<i>Henrique Clementino de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280317</b>	

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

INICIANDO A VIDA ACADÊMICA POR MEIO DO ESTUDO DAS SECÇÕES CÔNICAS  
E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

*Raimundo Nonato de Oliveira Sobrinho*

*Gabriel Alves de Abreu*

*Paulo Henrique Teixeira da Silva*

*Paulo Rafael de Lima e Souza*

**DOI 10.22533/at.ed.21019280318**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 215**

## SISTEMA MINI TARP: UMA PROPOSTA PARA A ELIMINAÇÃO DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ENCHENTES E CONTAMINAÇÃO DO RIBEIRÃO ARRUDAS

**João Carlos Teixeira da Costa**

Centro Universitário UNA

Belo Horizonte - MG

**Raíssa Ávila Nascimento**

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Belo Horizonte - MG

**RESUMO:** A água é o líquido mais importante do planeta, pois é a partir dela que ocorrem as reações necessárias para manutenção da vida. O planeta Terra é constituído, em sua grande maioria, por água e somente o Brasil possui cerca de 200mil microbacias. A cidade de Belo Horizonte - MG possui 98 bacias elementares e a precipitação intensa que ocorre na cidade, deixa todos os anos a população em alerta quanto a recorrência de inundações. Uma solução para as inundações recorrentes seria a implantação do sistema mini TARP, modelo já utilizado na cidade de Chicago.

**PALAVRAS-CHAVE:** TARP. Enchente. Esgoto. Drenagem

### 1 | INTRODUÇÃO

A água é o líquido mais importante do planeta Terra, a partir dela, iniciam as reações químicas necessárias para a realização de funções básicas de praticamente todos os seres

vivos tais como vírus, bactérias, plantas, fungos e seres humanos. As civilizações através da evolução dos tempos se instalaram ao redor dos rios, para a promoção das navegações, irrigação de pastagens, cultivos, pesca para alimentação e criação de animais. Tem-se deste modo, que a água dê de os primórdios da humanidade desempenha, não somente a função de alimentar e cultivar, mas também é um potencial natural de extrema importância para o desenvolvimento econômico das populações ao redor do mundo (BRESSANI, 2010).

A maior parte do planeta Terra é constituído por água, sendo que 12% de toda a água doce do mundo está no Brasil, são cerca de 200 mil microbacias espalhadas em seis regiões hidrográficas, incluindo a bacia Amazônica. O Brasil, desta forma torna-se um enorme potencial hídrico produzindo volumes de água dezenove vezes acima do mínimo estipulado pela Organização das Nações Unidas (ONU) (MMA, 2018).

Neste cenário, está Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, um dos grandes polos econômicos da região sudeste, contando com uma população aproximada de 2,3 milhões de habitantes. Belo Horizonte possui microbacias hidrográficas que integram importantes bacias no estado de Minas Gerais

como a do Ribeirão Arrudas que compõe o Rio das Velhas. Em quase todo o seu percurso, principalmente nos trechos que passa pela cidade, recebe esgoto de forma clandestina por falta de monitoramento adequado e em todos os anos incorre em grandes enchentes causando prejuízos para a população (IBGE, 2018).

É de extrema importância a reavaliação dos sistemas de drenagem em Belo Horizonte bem como a educação da população, além de uma maior fiscalização por parte do poder público em monitoramento de emissão de esgotos em rios e mananciais, para conduzir a cidade à uma melhor qualidade de vida, reduzindo riscos de enchentes, assim como vem sendo realizado na cidade de Chicago, Illinois nos Estados Unidos. Conforme Vestena (2008), é importante para a população e para o meio ambiente o estudo aprofundado das bacias hidrográficas no Brasil e no mundo para a realização de planos que contenham enchentes e agentes poluidores para aumentar a qualidade de vida de todos.

Neste contexto, foi proposto uma solução no sistema antigo de drenagem e esgotamento sanitário do trecho canalizado do Ribeirão Arrudas na cidade de Belo Horizonte, através do estudo de sua bacia hidrográfica e na proposta de implantação de um modelo simplificado do sistema TARP atualmente utilizado na cidade de Chicago nos Estados Unidos. Para atingir este objetivo foram realizados a determinação das vazões de projeto do sistema de drenagem conforme manual técnico da cidade de Belo Horizonte, foi inserido um sistema adaptado da cidade de Chicago como proposta para redução dos impactos de enchentes e contaminações por esgotos e os resultados foram comparados com os valores obtidos através do modelo atual de drenagem para avaliar a sua eficácia.

## **2 | REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Belo Horizonte**

#### *2.1.1 Demografia*

Como pode ser observado nas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) presentes na Tabela 01 do ANEXO B, 96,2% da população de Belo Horizonte recebe serviços relativos a esgotamento sanitário e 44,2% das residências possuem processo de urbanização completo (bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). É possível concluir com base nestas informações, que Belo Horizonte é uma cidade urbanizada e necessita manter um processo de atualização constante dos modelos hidrológicos e de saneamento, minimizando os impactos de grandes enchentes, consequentemente reduzindo desta maneira os índices de poluição de seus rios (IBGE, 2018).

#### *2.1.2 Hidrologia*

Belo Horizonte possui 98 bacias elementares e 256 sub-bacias que integram

um importante conglomerado de regiões banhadas por importantes rios como o Rio das Velhas e o Ribeirão do Onça, como podemos ver na figura 01, segundo dados da Secretaria de Drenagens Urbanas (DRENURBS, 2010).

A precipitação acumulada do mês de março no ano de 2018 ultrapassou números acima de 50% em relação à média histórica da cidade, dados demonstrados na Figura 01 segundo informações do Instituto Nacional de Meteorologia (2018). Este fato coloca a população sob alerta, pois transtornos recorrentes de inundações causam desastres todos os anos e leva a população a questionar a eficiência do sistema de drenagem principalmente na região do Ribeirão Arrudas onde, além da destruição, provoca contaminação por dejetos presentes em suas águas (MENDES, 2013).

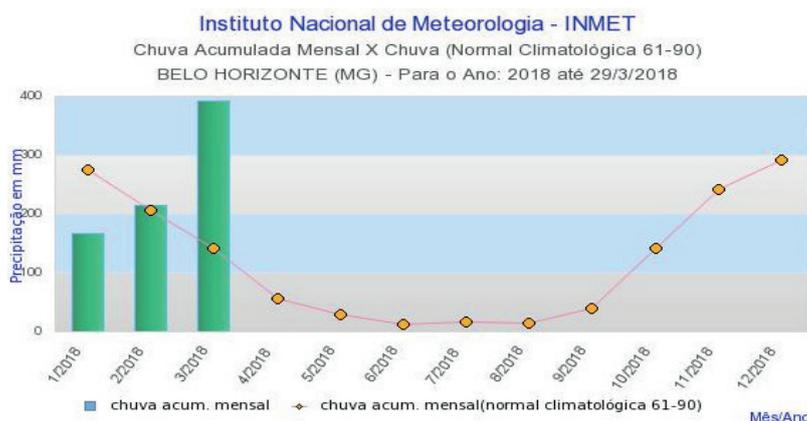


Figura 01: Precipitação média acumulada

Fonte: INMET

### 2.1.3 Mecanismo básico das enchentes e suas consequências

Grande parte dos rios e córregos da cidade incluindo trechos do Ribeirão Arrudas, sofreram profundos processos de modificações, tais como canalizações, estreitamento entre as margens e receberam cobertura de pavimentação ou concreto. Estas modificações além de alterarem a paisagem, são responsáveis por modificações de ciclos hidrológicos de extrema importância, como a evapotranspiração e a vazão superficial dos escoamentos que equilibram os índices de precipitações, pois, a água que antes evaporava dos rios atualmente cobertos, não consegue garantir ao ambiente índices de umidade relativa satisfatórios para proporcionar constância nas chuvas e regular a vazão superficial (VESTENA, 2008).

O avanço das áreas pavimentadas das camadas do solo da cidade, cada vez mais urbanizada, reduz a capacidade de infiltração do mesmo. Este fenômeno é apresentado na Figura 02. A água que esco na superfície impermeabilizada segue o curso natural da microbacia, partindo das partes mais altas da cidade até as partes mais baixas, encontrando o leito do ribeirão. Com a capacidade de infiltração do solo reduzida, a vazão superficial da bacia é alterada e esco com maior força e volume (MENDES, 2013).

Esta situação é melhor explicada por Bressani (2010). O rio possui dois leitos,

sendo o primeiro o leito menor ou o leito natural e o segundo leito, denominado leito maior ou limite de inundação, aonde as cheias, a cada dois anos, extravasam o limite e impactam em grandes destruições.



Figura 02: Característica de inundações

Fonte: BRESSANI

Somados a estes fatores, conforme afirma Mendes (2013), o Ribeirão Arrudas sofreu intensas modificações ao longo dos anos e muitas destas, ocorreram através de obras de engenharia que foram potencializadoras de problemas referente as inundações, são elas:

- Fechamento do curso do rio em trechos que ele compete curvas com grandes avenidas, como a Tereza Cristina;
- A quantidade de terra e gramíneas implantadas após as obras de canalização são insuficientes para absorver o volume das chuvas e segurar a força da água;
- Canalização do curso natural do rio e alteração na intensidade da sinuosidade de seu traçado.

#### 2.1.4 Mecanismo básico de manejo incorreto de efluentes e suas consequências

A cidade conta com o sistema de separação total. Este sistema funciona por meio de sarjetas, grelhas e bocas de lobo espalhadas pela cidade que transferem as águas de origem pluvial até leitos de rios, incluindo o Arrudas por meio de galerias pluviais. O esgoto das casas, é conduzido pelo coletor público de efluentes e é destinado até as ETE's da região através de coletores de diâmetros que variam ao longo dos trechos conforme a vazão (PBH, 2014).

O problema está no avanço da população em conjunto com o crescimento desorganizado, que faz com que os antigos sistemas hidráulicos de esgotamento e captação de águas pluviais de Belo Horizonte se tornem sobrecarregados do ponto de vista técnico, não sendo capazes desta maneira, de desafogar o ribeirão do esgoto produzido diariamente pelos moradores. Atualmente o Ribeirão Arrudas conta com uma estação de tratamento de efluentes (ETE), denominada ETE Arrudas, onde 92%

da água que passa pela estação é tratada. O processo da estação de tratamento de esgoto do Ribeirão Arrudas separa a parte líquida da sólida para tratar cada uma delas. O sistema de tratamento das águas do Arrudas é notavelmente ineficaz, como podemos ver na Figura 02 do ANEXO A, pois com a falta de monitoramento, a cidade ainda possui problemas com a carga de esgotos clandestinos derramados sobre suas águas (MENDES, 2013).

### 2.1.5 Ribeirão Arrudas

A Tabela 01 apresenta dados hidrológicos da bacia do Ribeirão Arrudas conforme informações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH). Estes dados são utilizados para o dimensionamento de sistemas hidráulicos como a ETE e ações de minimização de enchentes ao redor do rio (CBH, 2016).

Dados Hidrológicos	Valor	Unidades
Área Total da Bacia	228,37	Km <sup>2</sup>
Extensão do rio	43,41	Km
Vazão média de longo período	5,9	m <sup>3</sup> /s
Vazão mínima (Q7,10)	1,57	m <sup>3</sup> /s

Tabela 01: Dados Hidrológicos da Bacia Arrudas

Fonte: CBH

### 2.1.6 Estruturas hidráulicas de condução em Belo Horizonte

Os recursos hídricos são de fundamental importância para a sociedade contemporânea, pois sendo eles transportados, conduzidos e armazenados de forma adequada, impactam diretamente na qualidade de vida da população. Desta maneira, a hidráulica se preocupa com constantes aperfeiçoamentos técnicos, para garantir o aproveitamento destes recursos com maior segurança e eficiência (BAPTISTA e LARA, 2014).

Os elementos hidráulicos de reservação e condução objeto de estudo deste trabalho são:

- Canais em leito aberto;
- Sarjetas;
- Galerias pluviais.

Os elementos acima citados são componentes da microdrenagem de Belo Horizonte. Tais elementos possuem a finalidade de conduzir as águas precipitadas que acumulam sobre as superfícies pavimentadas ou obstruídas até o seu destino final, neste caso, o canal aberto do Ribeirão Arrudas (PBH, 2014). A drenagem de área urbanizada é definida como a interceptação ou captação dos escoamentos superficiais

provenientes de precipitações em áreas urbanas pavimentadas desprovidas de infraestrutura para drenagem, parceladas ou não (PBH, 2014).

## 2.2 Considerações em relação a Chicago

A população de Chicago é, atualmente, em torno de 3 milhões de habitantes, esse crescimento acelerado proporciona o aumento dos índices de processos modificadores do sistema hidrológico na região, como a impermeabilidade do solo, a redução de áreas verdes e a poluição de importantes rios, ao exemplo do Rio Chicago que desagua no Rio Michigan. Esta poluição deve-se a semelhante condição do Ribeirão Arrudas, pois com o aumento da população ocorre a liberação de maiores índices de dejetos e a carga de esgoto despejada não consegue ser eliminada com o curso natural de suas águas. O sistema de drenagem combinado desta importante cidade, aonde o esgoto sanitário e a drenagem pluvial percorrem através dos mesmos veículos (galerias e túneis), favorecem a poluição e contaminação extensa ao longo da microbacia hidrográfica. (BRESSANI, 2010).

A diferença entre Belo Horizonte e Chicago é que nesta última, ocorre a mitigação dos recursos públicos para elaboração de modelos de drenagem cada vez mais eficazes tais como o TARP sistem, a elaboração de leis estaduais rígidas capazes de esquematizar projetos de uso e ocupação do solo visando a redução de impactos com enchentes e principalmente, na educação da população para melhorias na relação homem-natureza (BRESSANI, 2010).

### 2.2.1 O sistema TARP

O TARP-sistem (Tunnel and Reservoir Plain) foi desenvolvido por setores municipais responsáveis pela elaboração de sistemas hidrológicos e de esgotamento sanitário da cidade de Chicago na década de 70 como plano de alto impacto para a redução de epidemias por contaminação por efluentes e prejuízos provenientes de enchentes. Este período foi marcado por grandes cheias nos rios Chicago e Fox que compõem a bacia do Rio Michigan. A população sofreu diretamente com os resultados de inundações constantes pois, com o sistema combinado, o esgoto transportado até o curso do rio não era eliminado e contaminava as fontes de água da cidade (BRESSANI, 2010).

O TARP atualmente gerido pela Metropolitan Water Reclamation District of Greater (MWRDG), manteve o tradicional sistema combinado de esgotos e drenagem pluvial, porém, como proposta a redução de enchentes, foi elaborado um plano de construção de túneis subterrâneos abaixo do nível do Rio Chicago por onde a água drenada é transmitida até um reservatório após ser tratada em subestações de tratamento de esgoto ao longo do percurso do túnel. A água armazenada tem a finalidade de atuar como redutor de vazão, reduzindo significativamente o fluxo de água que anteriormente transbordava provocando cheias e inundações. Esta água é bombeada de volta ao rio

após ser tratada e descontaminada, conforme é ilustrado na Figura 03 do ANEXO A, e a disposição dos túneis em conjunto com as estações são mostradas na Figura 04 do ANEXO A. As informações relativas ao sistema TARP são públicas e o laboratório de hidrologia Ven Te Chow Hydrosystems Lab (VTCHL) da universidade de Illinois detém o acervo (VTCHL, 2018).

### **2.3 Proposta para a solução de enchentes e despoluição do Ribeirão Arrudas**

Como possíveis soluções para o problema de esgotamento de efluentes no seio do ribeirão, é proposto a elaboração de um complexo de pequenas estações de tratamento de esgotos (ETE's) distribuídas ao longo dos bairros das cidades, pelas quais dividem espaço com o Arrudas e a renaturalização dos cursos d'água, que irá transformar trechos do ribeirão em parques naturais garantindo assim uma melhor absorção de água pelo solo, evitando enchentes (MENDES, 2013).

Dentro do mesmo contexto, para contensão de enchentes e redução de índices de efluentes despejados em rios, o TARP-sistem é a melhor opção custo-benefício a médio e longo prazo, conforme afirma Bressani (2010), pois este sistema de túneis e reservatórios possui um custo de implantação de 45 milhões de dólares, para um reservatório com capacidade de 1325 milhões de litros, impactando na queda de 1730 milhões com o custo de perdas por danos provocados pelas enchentes (BRESSANI, 2010).

## **3 | METODOLOGIA**

### **3.1 Lista de Software utilizados**

Os softwares utilizados no presente trabalho são descritos a seguir:

- Google Earth;
- Microsoft Office Excel;
- AutoDesk AutoCad 2016.

### **3.2 Definição do modelo mini-TARP**

O sistema mini-TARP, é uma adaptação do modelo de drenagem da cidade de Belo Horizonte em conjunto com o sistema TARP da cidade de Chicago. Foi esquematizado através das proposições de Bressani (2010) e Mendes (2013). No presente trabalho, foi abordado apenas os parâmetros relativos à drenagem e o sistema é composto por:

- Reservatório de extravasamento

Possui a finalidade de armazenar volume suficiente de água drenada para evitar que o Ribeirão Arrudas transborde;

- Túneis-galeria

É o sistema de túnel adaptado para o contexto de Belo Horizonte. Será dimensionado como uma galeria de águas pluviais, porém será executado a aproximadamente 100 metros de profundidade e conduzirá água previamente tratada pelas UTE's dos bairros até o reservatório e a velocidade do escoamento deverá ser limitada entre 0,72m/s e 12,00m/s.

- Unidades de tratamento de efluentes bairro a bairro (UTE b-b)

Tem por finalidade fornecer tratamento prévio a água pluvial, seja ela proveniente de efluentes, efluente combinado com água pluvial ou puramente pluvial;

- Estação de tratamento e recalque

Será elaborada de maneira estratégica próxima ao reservatório de extravasamento para bombear a água após o tratamento final, devolvendo água potável ao Ribeirão Arrudas.

### 3.3 Métodos de cálculo

Os parâmetros de cálculo segundo a PBH (2014) e Baptista e Lara (2014) são da seguinte maneira definidos:

- Área de drenagem (A)

É a área relativa ao plano de empoçamento das águas no local e foi calculada ao redor do Ribeirão Arrudas com auxílio da plataforma *Google Earth* conforme mostra a figura 05 do ANEXO A, por meio do método da delimitação geomorfológica.

- Período de recorrência (T)

Período em que determinada precipitação máxima de uma região é ultrapassada estatisticamente;

- Tempo de concentração (tc)

Tempo que a bacia leva para escoar toda a água precipitada sobre a mesma;

- Vazão De Projeto (QP)

Por vazão de projeto entende-se o valor máximo relacionado diretamente ao hidrograma de cheia, calculado de forma indireta a partir da transformação da chuva de projeto em vazão do escoamento superficial.

As vazões de projeto para o sistema de microdrenagem foram calculadas pelo Método Racional, proveniente da seguinte fórmula:

$$Qp = 0,00278. C. I. A$$

Aonde C é o coeficiente de escoamento superficial, I é intensidade da chuva de projeto e A é a área de drenagem;

- Vazão de máximo rendimento em canais abertos (Qc)

Foi calculada a vazão de máximo rendimento do canal do Ribeirão Arrudas pelo método do rendimento máximo bem como as dimensões do reservatório de extravasamento do sistema mini-TARP, conforme a equação (02). Os parâmetros geométricos dos mesmos foram adotados conforme a Figura 06 do ANEXO A e a largura do canal estimada com auxílio da plataforma *Google Earth* conforme apresentado na Figura 07 do ANEXO A.

$$Q_c = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{p^{2/3}} I p^{1/2}$$

Aonde  $Q_c$  é o valor da vazão de máximo rendimento do canal e foi utilizada também para cálculo do volume do reservatório,  $A$  é a área da seção transversal de canal aberto,  $n$  o coeficiente de Manning relativo ao tipo de material que compõe o canal,  $p$  é o perímetro molhado e  $I$  é a declividade de fundo;

- Sistema de recalque

As bombas possuem a finalidade de produzir energia cinética a água, para atingir alturas manométricas capazes de vencer obstáculos e a sua potência é dada pela equação:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

Aonde,  $P$  é a potência requerida,  $\gamma$  é o peso específico da água,  $Q$  a vazão que a bomba deverá fornecer e foi utilizado o valor da vazão de projeto calculada pela equação 01,  $H$  é a altura manométrica (perdas de carga localizada, contínua e altura geométrica) e  $\eta$  o rendimento do motor. Para efeito didático foi assumido o valor de rendimento  $\eta=100\%$  e altura manométrica igual ao dobro da lâmina d'água do reservatório do mini-TARP.

O diâmetro de recalque foi encontrado pelo método da potência, considerando o tempo de uso da bomba igual a 24 horas (uso contínuo). Este cálculo foi realizado por meio da equação (04) a seguir.

$$D_r = K \sqrt{Q}$$

Aonde  $D_r$  é o diâmetro de recalque,  $K$  é o fator de Bresse, foi adotado  $K=1,2$  por ser desconhecida informações econômicas mais detalhadas sobre a região e  $Q$  é a vazão de projeto previamente definida.

- Diâmetro de túnel-galeria

O diâmetro do túnel foi obtido pela equação (5).

$$A_1 U_1 = A_2 U_2 = Q$$

Aonde  $A_1$  e  $A_2$  são o valor das áreas de seções distintas de um mesmo condutor transportando líquido a vazão constante,  $U_1$  e  $U_2$  são as velocidades do escoamento e  $Q$  é a vazão, que neste caso foi igualada ao valor da vazão de projeto ( $Q_P$ ).

Os parâmetros anteriormente explicados, estão descritos na Tabela 02 do ANEXO A e foram adotados conforme os autores citados.

### 3.4 Modelagem ideal de funcionamento

O sistema mini-TARP, deverá ocasionar no cenário hidrológico de Belo Horizonte o modelo ideal de drenagem apresentado no diagrama da Figura 03, levando em consideração o aumento das perdas nas águas armazenadas no reservatório por evaporação e o retorno das águas do sistema combinado tratadas antes de chegar ao rio.

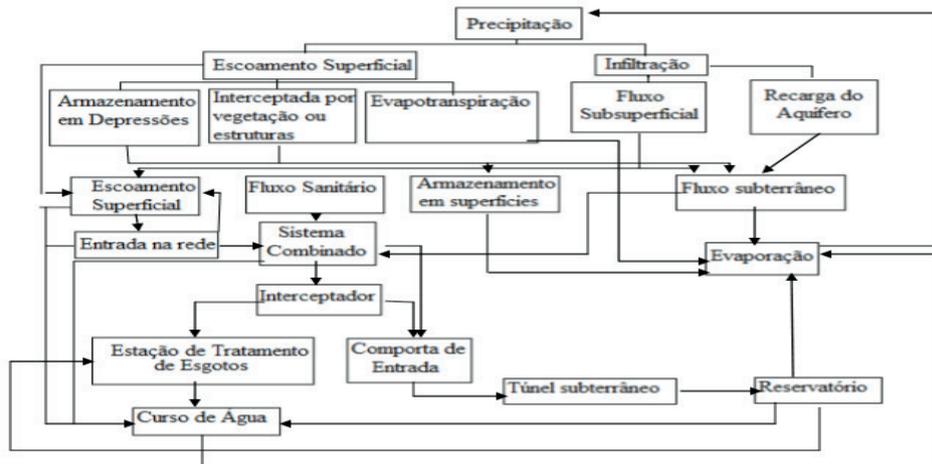


Figura 03: Modelo hidrológico ideal com aplicação do mini-TARP

Fonte: BRESSANI

### 3.5 Avaliação de dados

A avaliação dos resultados, foi realizada por meio do *software Microsoft Excel*, inserindo como dados de entrada, as vazões obtidas pelos métodos descritos no tópico 3.3 e a capacidade de drenagem de sarjetas conforme são definidas pela PBH (2014), para a realização de análise quantitativa percentual das vazões do sistema mini-TARP.

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 Geometria e vazões de canal

Geometria	Figura/ANEXO	Resultado	Unidades
A	08/A	1,5	ha
B	07/A	10,0	m
y	06/A	5,0	m
Parâmetros	Equação	Resultado	Unidades
QP	1	0,82	m <sup>3</sup> /s

Qc	2	276,0	m³/s
----	---	-------	------

Tabela 02: Resultados de geometria e vazões do canal

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

O resumo dos resultados do dimensionamento do canal e da geometria do Ribeirão Arrudas são mostrados na Tabela 02 e foram obtidos através de aplicação direta das fórmulas anteriormente descritas no tópico 3.3 e nas figuras dos respectivos anexos. Os cálculos foram descritos no ANEXO C

#### 4.2 Geometria de reservação, tuneis-galeria, recalque e potência de bomba

Os resultados mostrados na Tabela 03, foram obtidos de modo semelhante ao tópico 4.1 anteriormente descrito e os cálculos são apresentados no ANEXO C.

Reservatório	Figura/ANEXO	Resultado	Unidades
Volume mínimo	06/A	300,0	m³
Comprimento	06/A	20,0	m
Lâmina mínima de água	06/A	15,0	m²
Sistema de recalque	Equação	Resultado	Unidades
Dr	4	1000,0	mm
H	3	30,0	m
P	3	250	KW
Tuneis-galeria	Equação	Resultado	Unidades
Diâmetro do túnel	5	422	mm

Tabela 03: Dimensionamento de reservatório, recalque e túnel

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

O funcionamento do sistema é melhor ilustrado nas Figuras 09 e 10 do ANEXO A, demonstrando a posição de serviço dos elementos anteriormente dimensionados.

#### 4.3 Análise de resultados

Os valores demonstrados nas Tabelas 04 e 05, representa a capacidade de armazenamento de água durante uma chuva de projeto com intensidade  $I=195\text{mm/h}$ . Este resultado reduz o volume total de água que escoaria superficialmente sobre o trecho do Ribeirão Arrudas escolhido para análise. Esta redução é proveniente da capacidade do reservatório de absorver uma quantidade mínima de trezentos metros cúbicos de água ( $300,0\text{ m}^3$ ), pois no caso de sua ausência, tal volume ficaria retido na superfície da bacia pavimentada e desaguaria direto no leito do ribeirão. O ribeirão, por sua vez, não conseguiria dar vazão a este volume devido à velocidade do escoamento superficial originado pela precipitação, fazendo com que o nível de suas águas se

elevassem provocando inundações (BRESSANI, 2010).

Outro papel fundamental do sistema é o controle da evapotranspiração. A água armazenada, passa a desenvolver este processo, reduzindo o volume do reservatório através da perda de parte de suas águas para o ambiente, melhorando as condições de umidade e favorecendo as precipitações de maneira que elas, somadas a redução adequada do escoamento superficial passem a ocorrer de forma menos impactante para a população (VESTENA, 2008).

Para efeito de comparação, os valores das capacidades máximas de suporte de vazão das sarjetas, atualmente implantadas no município de Belo Horizonte estão descritas na Tabela 04. As sarjetas são denominadas pelo seu tipo, variando de A à C conforme a sua capacidade de drenagem de águas pluviais. Os valores apresentados, são referentes à mesma intensidade de projeto de 195mm/h utilizada para o dimensionamento do sistema mini-TARP e conseqüentemente a mesma declividade de projeto de canais  $I_p=0,002$  (PBH, 2014).

Tipo de sarjeta	Vazão	Unidades
A	0,040	m <sup>3</sup> /s
B	0,080	m <sup>3</sup> /s
C	0,120	m <sup>3</sup> /s

Tabela 04: Capacidade máxima de vazão de sarjetas em Belo Horizonte

Fonte: PBH (adaptada)

Para melhor ilustrar a relação entre a capacidade das sarjetas em relação a vazão de projeto e a vazão de projeto em relação a vazão de máximo rendimento anteriormente calculada, foram elaborados os gráficos ilustrados nas Figuras 04 e 05. Com base nas informações neles contidas, observa-se que a diferença entre a capacidade de vazão a ser drenada para o reservatório do sistema proposto é expressivamente maior que a capacidade de drenagem das sarjetas para uma mesma vazão de projeto utilizada para o dimensionamento de sarjetas, reservatório e galerias. Este resultado mostrou através da análise quantitativa percentual que a capacidade de armazenamento do mini-TARP é de 97% para a precipitação de intensidade pluviométrica prescrita para o município de Belo Horizonte.

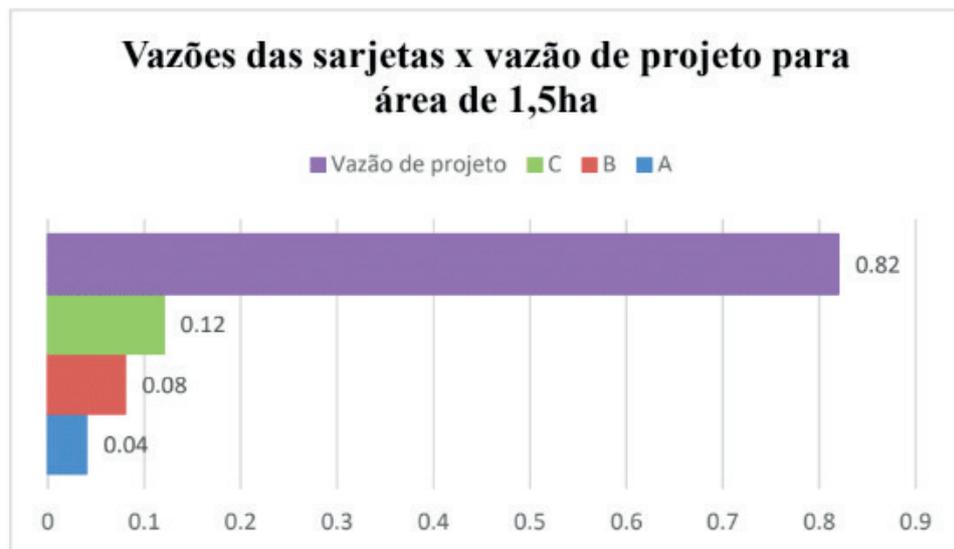


Figura 04: Relação vazão de projeto x capacidade de sarjetas

Fonte: PRÓPRIO AUTOR



Figura 05: Porcentagem de rendimento

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

## 5 | CONCLUSÃO

O modelo proposto demonstrou ser uma alternativa satisfatória para o problema recorrente de enchentes no entorno do Ribeirão Arrudas.

Somados a minimização de enchentes, a culturalização da responsabilidade da sociedade sobre os impactos que circundam o escopo da preservação de rios é de extrema importância para a redução das consequências sócio-ambientais provenientes da má utilização dos recursos hídricos de grandes cidades como Belo Horizonte.

A implantação de um novo modelo de drenagem e a educação acerca do tema, além de um maior acompanhamento dos órgãos governamentais para fiscalizar e acompanhar de forma mais próxima as ações tanto da população quanto do próprio governo, é peça fundamental para o desenvolvimento sustentável e tecnológico no campo da hidrologia impactando diretamente de forma positiva na sociedade como um todo.

## REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B; LARA, M. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**, 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

BRESSANI, Daniela de Almeida. **Hidrologia Urbana: Discussão do fenômeno, comparação Brasil e EUA e aplicação de modelo a Chicago**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, 2010.

CBH. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. **Unidade territorial estratégica Ribeirão Arrudas**. Cartilha digital. Belo Horizonte, 2016. Disponível em <[https://issuu.com/cbhriodasvelhas/docs/cartilha\\_arrudas\\_22\\_5x27cm\\_2016\\_04\\_](https://issuu.com/cbhriodasvelhas/docs/cartilha_arrudas_22_5x27cm_2016_04_)> Acesso em Abril 2018.

DRENURBS. Secretaria de Drenagem Urbana de Belo Horizonte. **Bacias elementares de BH**. Mapas. Belo Horizonte, 2010. Disponível em <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias>> Acesso em Março de 2018

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Panorama 2018**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>> Acesso em: Março de 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Belo Horizonte: Infográficos 2018**. Gráficos Estações Pluviométricas do Cercadinho e Pampulha. Belo Horizonte, 2018. Disponível em <[http://www.inmet.gov.br/sim/abre\\_graficos.php](http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php)> Acesso em: Março de 2018.

MENDES, Giulia. **Arrudas: 1 Km de pureza, 46 Km de esgoto**. Cartilha Arrudas. Publicado por Jornal METRO. Belo Horizonte, Segunda-feira, 22 de abril de 2013.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Água. Texto digital. Brasília, 2018. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/agua>> Acesso em: Março de 2018.

PBH. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte**. Manual técnico de projeto. Belo Horizonte. MG. 2014, 53 pg.

VESTENA, Leandro Redin. **A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais**. Artigo científico. Publicado por *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 4 N. 1 Jan./Abr. 2008, 11 pág.

VTCHL, Ven Te Chow Hydrosystems Lab. **Tunnel and reservoir plan**. Cartilha digital. Chicago. Illinois. 2018. Disponível em <<http://vtchl.illinois.edu/tunnel-and-reservoir-plan/>> Acesso em: Abril 2018.

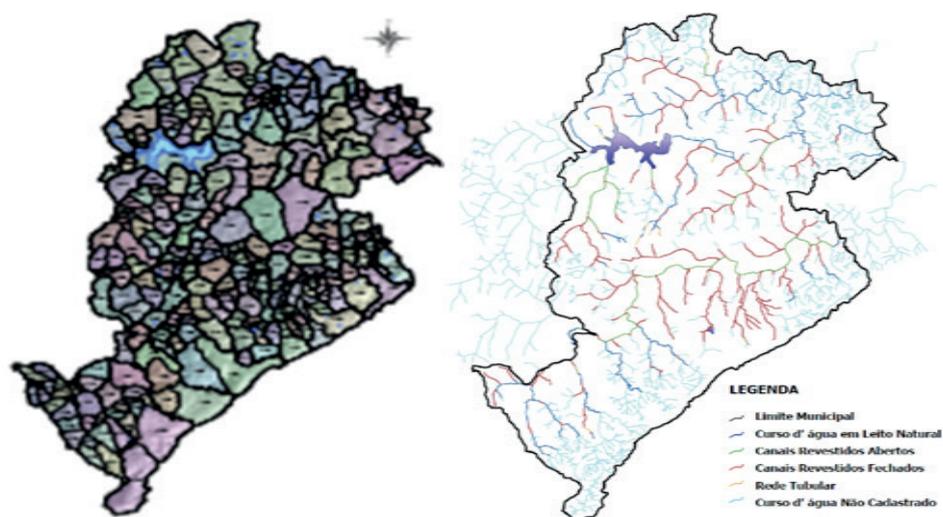


Figura 01: Delimitação de bacias e cursos d'água do município de BH

Fonte: DRENURBS



Figura 02: Esgoto clandestino no Ribeirão Arrudas

Fonte: MENDES

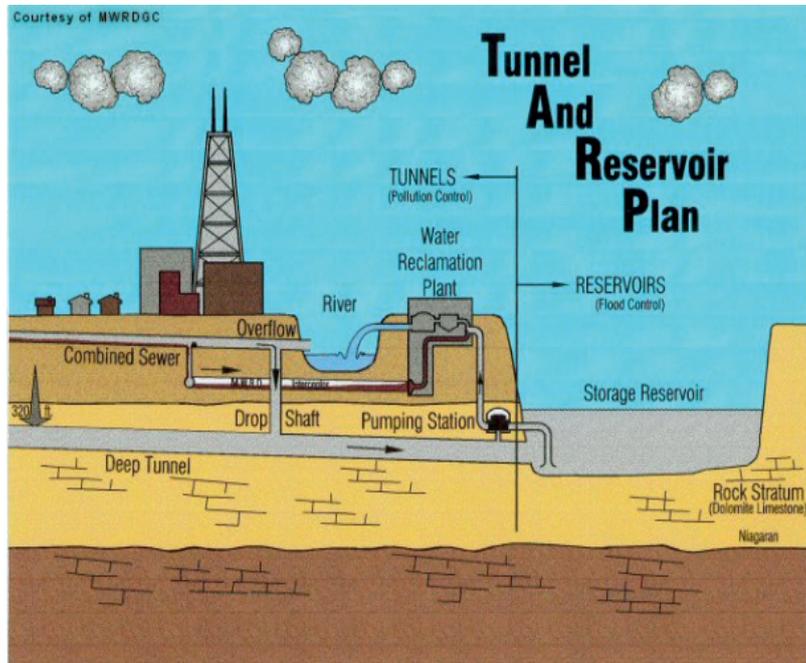


Figura 03: Ilustração do funcionamento do sistema TARP

Fonte: VTCHL

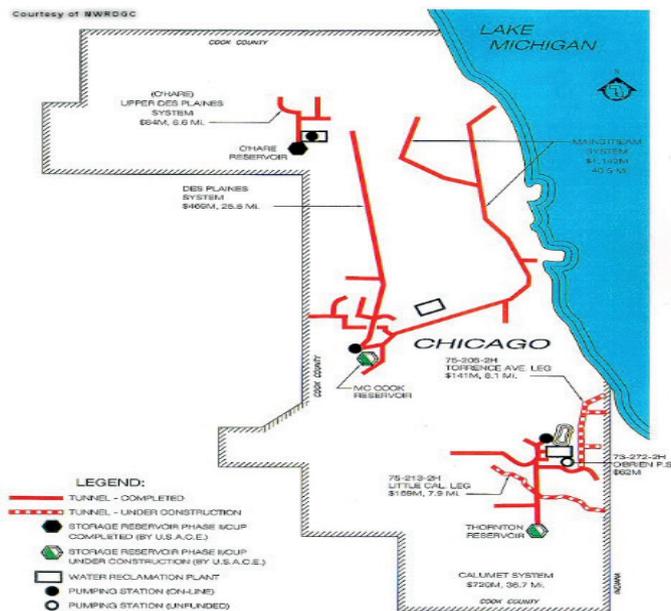


Figura 04: Disposição de túneis e estações em Chicago

Fonte: VTCHL



Figura 05: Local de estudo da bacia do Ribeirão Arrudas

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

**Quadro 13.1 – Características das seções de máxima eficiência hidráulica**

Forma	Seção	Geometria Ótima	Profundidade Normal (y)	Área (A)
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y$	$0.968 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$
Retangular		$B = 2y$	$0.917 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$
Circular		$D = 2y$	$1.00 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[ \frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$

Figura 06: Parâmetros geométricos em canais

Fonte: BAPTISTA e LARA

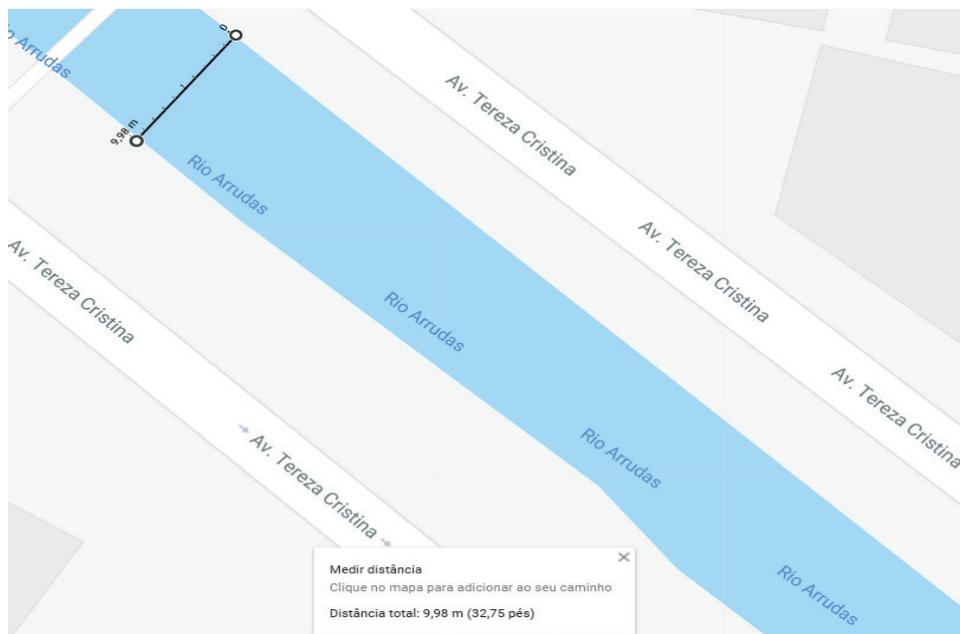


Figura 07: Largura do canal

Fonte: PRÓPRIO AUTOR



Figura 08: Área de contribuição no entorno do Arrudas

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

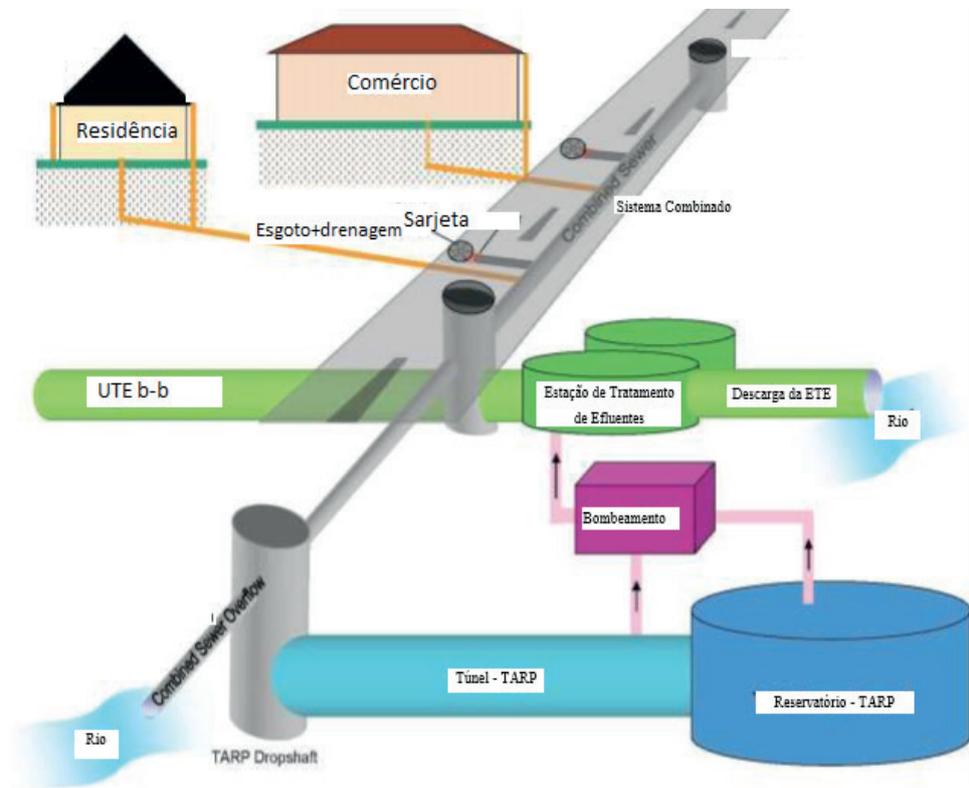


Figura 09: Sistema TARP  
 Fonte: BRESSANI (adaptada)

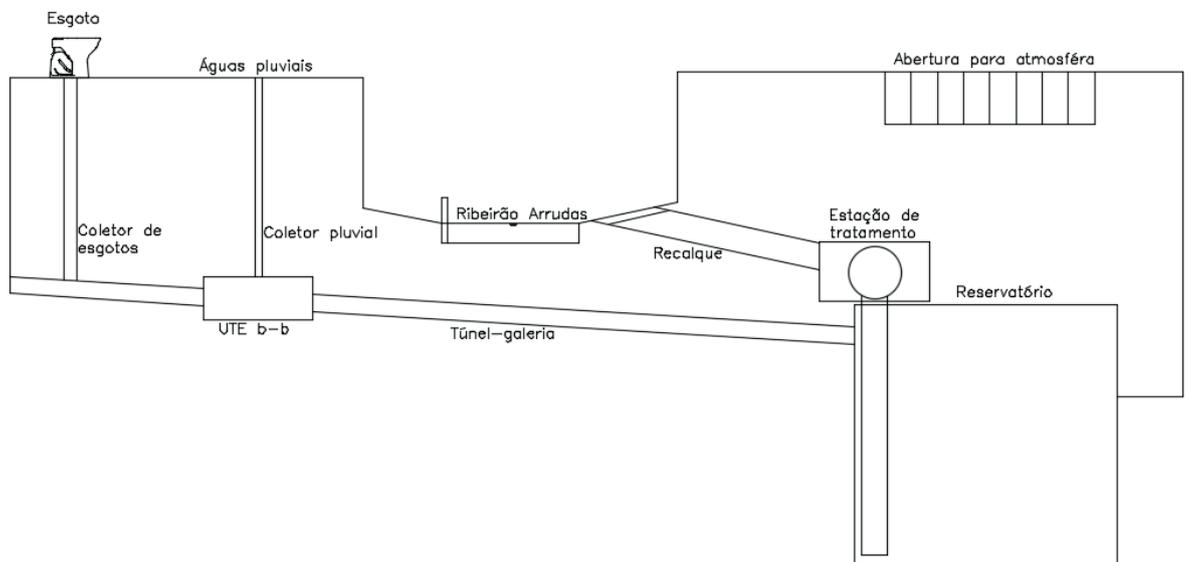


Figura 10: Sistema TARP  
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR

## ANEXO B

### TABELAS

População (Hab)	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área relativa urbanizada (%)	Esgotamento sanitário (%)
2.375.151	331	44,2	96,2

Tabela 01: Dados de Belo Horizonte

Fonte: IBGE

Parâmetro	Valor adotado	Unidade
Peso específico da água	10	KN
Tempo de recorrência (T)	10	anos
Tempo de concentração (tc)	10	minutos
Intensidade pluviométrica (I)	195	mm/h
Coefficiente de escoamento superficial (C)	1,00	adimensional
Coefficiente de Manning (n)	0,015	adimensional
Declividade de projeto (Ip)	0,002	m/m

Tabela 02: Parâmetros para cálculo

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

## ANEXO C

### MEMORIAL DE CÁLCULO

1- Profundidade média do canal y

$$B = 2y$$

$$y = \frac{B}{2}$$

$$y = \frac{10}{2} = 5,0m$$

2-Vazão de Projeto (QP)

$$QP = 0,00278x(195)x(1,5ha) = 0,82m^3/s$$

3- Vazão de máxima eficiência

$$Qc = \frac{1}{0,015} \times \frac{50^{5/3}}{20^{2/3}} \times 0,002^{1/2} = 275,8 = 276,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4- Volume mínimo

$$\text{Vol. min(reservatório)} = \text{Vol. max(escoado)}$$

$$\text{Vol. min(reservatório)} = 276 \text{ m}^3 \approx 300,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 5-Comprimento do reservatório

Adotado=20,0m

#### 6- Lâmina d'água do reservatório

$$\text{Lâmina} = 75\% \times \text{comprimento} = 0,75 \times 20 = 15 \text{ m}$$

#### 7- Diâmetro de recalque

$$Dr = K\sqrt{QP} = 1,2\sqrt{0,82} = 1,00 \text{ m} \approx 1000 \text{ mm}$$

#### 8- Potência de bomba

$$P = 10000 \times 0,82 \times 30 = 246000 \approx 250 \text{ KW}$$

#### 9- Diâmetro do túnel-galeria

Para o cálculo do diâmetro, foi considerado que o túnel será circular e a velocidade média do escoamento no túnel que pode variar entre os valores 0,75m/s e 12m/s conforme descrito no tópico 3.2 foi igualada a 6m/s. fazendo  $U_1=6\text{m/s}$  e  $Q=QP$  (vazão de projeto) temos:

$$A_1 U_1 = A_1 \times 6 = 0,82$$

$$A_1 = \frac{0,82}{6} = 0,14$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = 0,14$$

$$D = \sqrt{0,178} = 0,422 \text{ m} \approx 422 \text{ mm}$$

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-221-0

